



**RÉGION
BOURGOGNE
FRANCHE
COMTE**

PNR DU HAUT JURA

Combe d'Ain entre le barrage de Blye et Pont-de-Poitte (39)

Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière

Rapport

Réf : CEAUCE210618 / REAUCE05342-01

GUR-CLMA / SGE / FRBO

27/03/2023



GINGER
BURGEAP



PNR DU HAUT JURA

Combe d'Ain entre le barrage de Blye et Pont-de-Poitte (39)

Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport provisoire	22/04/2022	01	C.MALINVAUD G.ROUSSEAU S.GRANGE 	S.GRANGE	F.BONNET
Rapport final	27/03/2023	02	C.MALINVAUD G.ROUSSEAU S.GRANGE 	S.GRANGE 	F.BONNET P.O. 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CEAUCE210618 / REAUCE05342-01
Numéro d'affaire :	A55436
Domaine technique :	ES01

BURGEAP Agence Centre-Est • Bâtiment A "Hermès" - 2, rue du tour de l'eau – 38400 Saint-Martin-D'Heres

Tél : 04.76.00.75.50 • Fax : 04.76.00.75.69 • burgeap.grenoble@groupeginger.com

SOMMAIRE

Introduction	7
1. Contexte géologique et hydrogéologique : étude bibliographique	8
1.1 Contexte géologique	8
1.2 Contexte hydrogéologique	12
2. Etude des captages AEP en place	16
2.1 Usage de la nappe	16
2.2 L'Alimentation en Eau Potable sur la plaine alluviale de l'Ain	17
2.3 Qualité des eaux souterraines	21
2.3.1 Puits de Mesnois	22
2.3.2 Puits Nord – SIE Vouglans	24
2.3.3 Puits Centre – SIE Vouglans	26
2.3.4 Puits Sud – SIE Vouglans	28
2.3.5 Puits de Blye	29
3. Etude approfondie du fonctionnement hydrogéologique de la plaine.. 31	31
3.1 Mise en place d'un réseau piézométrique complémentaire	31
3.1.1 Implantation du réseau piézométrique	31
3.1.2 Réalisation des piézomètres	31
3.2 Géométrie des alluvions de l'Ain	34
3.3 Piézométrie générale de la vallée	37
3.3.1 Hautes eaux (15/07/2021)	38
3.3.2 Basses eaux (02/09/2021)	39
3.4 Essais de pompages sur les ouvrages	40
3.5 Suivi piézométrique longue durée	40
3.5.1 Secteur Nord : déconnexion de l'Ain et zone humide du Sauget	42
3.5.2 Secteur du puits de Blye : piézométrie de la rive droite médiane	43
3.5.3 Zone médiane de la rive gauche : captages Nord et Centre et zone humide Béreau	44
3.5.4 Zone médiane-sud de la rive gauche et droite : captage Sud et méandre de la place à bois	45
3.5.5 Zone sud de la rive droite : relations avec le captage de Mesnois	46
4. Construction et calage d'un modèle hydrogéologique sur la nappe 48	48
4.1 Principes de la modélisation et utilité pour le projet	48
4.2 Choix de l'outil et construction du modèle	48
4.3 Calage du modèle	50
5. Accompagnement dans le choix des scénarios de restauration..... 57	57
5.1 Evolution morphologique passée et actuelle de la rivière	57
5.1.1 Evolution du profil en long du lit et de la bande active de la rivière	57
5.1.2 Dynamique actuelle de la rivière	59
5.2 Conséquences de l'évolution morphologique de l'Ain sur le fonctionnement de la nappe alluviale et les usages en eau potable	60
5.3 Définition des enjeux et principes de restauration de l'Ain	61
5.3.1 Objectifs de restauration	61
5.3.2 Principes d'action	61
5.3.3 Enjeux vis-à-vis de la ressource en eau potable	62
5.3.4 Protection contre l'érosion des captages d'eau potable	62
5.4 Scénarios étudiés par DYNAMIQUE HYDRO	63
5.5 Simulations réalisées	65
5.5.1 Résultats des simulations	65
5.5.2 Situation de référence (basses et moyennes eaux)	66

5.5.3	Scénario 1 A minima.....	67
5.5.4	Scénario 2 Optimal.....	69
5.5.5	Synthèse et commentaires des résultats des simulations.....	71
5.6	Scénario retenu	75
6.	ANALYSE DE L'AVANT-PROJET ET RECOMMANDATIONS VIS-A-VIS DE LA RESSOURCE EN EAU POTABLE.....	76
6.1	Synthèse de l'avant-projet de restauration de DYNAMIQUE HYDRO (mars 2023)	76
6.2	Analyses des impacts et recommandations	80
6.2.1	Arasement des zones riveraines	80
6.2.2	Abatage sélectifs.....	80
6.2.3	Creusement de chenal	80
6.2.4	Connexions de zones humides	81
6.2.5	Création des zones humides et prélèvement en lit majeur.....	81
6.2.6	Remblai en lit mineur	83
6.2.7	Plantation de ripisylve	83
6.2.8	Zones de prélèvement et d'entretien.....	83
6.2.9	Zone d'injection des sédiments provenant de l'amont.....	83
6.3	Recommandations techniques complémentaires	84
6.3.1	Analyses de l'état initial.....	84
6.3.2	Comptabilités avec les DUP des captages.....	84
6.3.3	Principes des précautions en phase chantier vis-à-vis des pollutions accidentelles	86
6.4	Recommandations sur la pérennité des captages d'eau potable menacés par l'érosion des berges	87

TABLEAUX

Tableau 1 : Volumes pompés annuellement sur les 5 captages de la plaine (données BNPE)	17
Tableau 2 : Présentation des captages AEP, de leurs DUP et des volumes autorisés	18
Tableau 3. Données historiques sur les puits	19
Tableau 4 : Planche photographique des puits AEP de la Combe d'Ain (30 et 31/03/2021).....	20
Tableau 5 : Comparaison des niveaux piézométriques mesurés et simulés	51
Tableau 6 : Perméabilités retenues à l'issue du calage	55
Tableau 7 : Perméabilités horizontales des alluvions issues du calage du modèle et issues de la bibliographie	55
Tableau 8 : Sensibilité à la recharge	56
Tableau 9 : Bilan de flux du modèle	56
Tableau 10 : Simulations hydrogéologiques	65
Tableau 11 : Synthèse des gains piézométriques (en mètres) pour les captages AEP	71
Tableau 12 : Synthèses des gains sur la tranche d'eau disponible pour le scénario a minima (hors influence des pompages).....	72
Tableau 13 : Synthèses des gains sur la tranche d'eau disponible pour le scénario optimal.....	73
Tableau 14 : Synthèses des gains piézométriques (en mètres) pour les annexes fluviales.....	74
Tableau 15 : Grands types d'intervention dans le périmètre de projet (Extrait de l'avant-projet de DYNAMIQUE HYDRO).....	76

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des cinq puits d'eau potable	7
Figure 2 : Derniers maxima glaciaires du Riss et du Wurm (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)	9
Figure 3 : Contexte de la zone d'étude lors du dernier maximum glaciaire (Würm) (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)	10
Figure 4 : Bloc-diagramme géomorphologique de la Combe d'Ain (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)	11
Figure 5 : Contexte géologique de la combe d'Ain entre Blye et Pont-de-Poitte (carte géologique vectorisée harmonisée, BRGM)	12
Figure 6 : Observations de l'incision de l'Ain dans les argiles glacio-lacustres en aval du barrage de Blye (BURGEAP – 31/03/2021)	13
Figure 7 : Carte des profondeurs des limons et des alluvions au niveau des points de la BSS	14
Figure 8 : Transition entre les terrasses d'alluvions anciennes et récentes (Photo BURGEAP – 31/03/2021)	14
Figure 9 : Localisation sur fond IGN des 3 principales îles (anciens méandres plus ou moins déconnectés de l'Ain) : le Sauguet Amont, l'île Béreau et le Sauguet Aval	15
Figure 10 : Localisation sur fond IGN et géologique des 5 puits d'alimentation en eau potable de la zone d'étude	16
Figure 11 : Localisation des captages AEP et de leurs périmètres de protection	18
Figure 12 : Implantation des piézomètres forés	32
Figure 13 : Illustration des travaux : marteau fond de trou à gauche, Sonic à droite, détail (au centre) de l'interface alluvions (sables, graviers et galets) et argiles glacio-lacustres identifiées sur PzA. En bas : photo des moraines argilo-graveleuses sèches (sur PzC)	33
Figure 14 : Localisation des profils géophysiques réalisés par le CD39 et des étudiants en 2019	34
Figure 15 : Carte des isohypses du mur des alluvions de la combe d'Ain	35
Figure 16 : Coupes hydrogéologiques au droit de la Combe d'Ain. <i>Les coupes sont localisées sur la carte ci-avant</i>	37
Figure 17 : Carte piézométrique en situation de hautes eaux, du 15/07/2022	38
Figure 18 : Carte piézométrique en situation de basses eaux, du 02/09/2022	39
Figure 19 : Points de suivi du niveau de nappe en continu dans la combe d'Ain	41
Figure 20 : Suivi piézométrique de la terrasse nord-est	42
Figure 21 : Suivi piézométrique de la boucle alluviale de Blye en rive droite	43
Figure 22 : Suivi piézométrique de la zone médiane de la rive gauche	45
Figure 23 : suivi piézométrique de la zone médiane-sud en rives gauche et droite	46
Figure 24 : Suivi piézométrique de la zone Sud en rive droite	47
Figure 25 : Emprise du modèle hydrodynamique (Source : Infoterre, complété par BURGEAP)	50
Figure 26 : Comparaison des niveaux piézométriques mesurés et simulés	51
Figure 27 : Carte piézométrique calée	52
Figure 28 : Evolution du profil en long et volume déstockés entre 1920 et 2020 (correction faite de la suppression du seuil de Mesnois, DYNAMIQUE HYDRO)	57
Figure 29 : Evolution des bandes actives (DYNAMIQUE HYDRO)	58
Figure 30 : Localisation des érosions à proximité des captages AEP (DYNAMIQUE HYDRO)	59
Figure 31 : Effet de la crue de février 2021 sur certains berges érodées, en amont des captages AEP (DYNAMIQUE HYDRO)	60
Figure 32 : Objectif de ligne restaurée des scénarios A minima et Optimal (DYNAMIQUE HYDRO)	64
Figure 33 : Simulation de la piézométrie pour la situation de référence actuelle (avant travaux) en conditions de moyennes eaux	66
Figure 34 : Simulation de la piézométrie pour la situation de référence actuelle (avant travaux) en conditions de basses eaux	66
Figure 35 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 1 en conditions de basses eaux par rapport à la situation avant travaux	67
Figure 36 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 1 en conditions de basses eaux	67

Figure 37 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 1 en conditions de moyennes eaux	68
Figure 38 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 1 en conditions de moyennes eaux par rapport à la situation avant travaux	68
Figure 39 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 2 en conditions de basses eaux.....	69
Figure 40 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 2 en conditions de basses eaux par rapport à la situation avant travaux	69
Figure 41 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 2 en conditions de moyennes eaux	70
Figure 42 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 2 en conditions de moyennes eaux par rapport à la situation avant travaux	70
Figure 43 : Interventions prévues sur le tronçon 1.1 amont (DYNAMIQUE HYDRO)	77
Figure 44 : Interventions prévues sur les tronçons 1.2 et 1.3 médians (DYNAMIQUE HYDRO, complété)	78
Figure 45 : Interventions prévues sur les tronçons 1.3 et 2.1 (DYNAMIQUE HYDRO, complété)	79
Figure 46 : Travaux prévus dans les périmètres de protection de captage (DYNAMIQUE HYDRO, complété par BURGEAP)	85
Figure 47 : Réflexions sur les zones potentielles de déplacement des captages AEP	87

ANNEXES

Annexe 1. Compte-rendu des visites des 5 captages les 30 et 31/03/2021

Annexe 2. Coupes des piézomètres forés

Annexe 3. Présentation des scénarios (Document de synthèse de DYNAMIQUE HYDRO, janvier 2022)

Annexe 4. DUP des captages AEP

Introduction

Le PNR du Haut Jura souhaite restaurer la rivière d'Ain dans son haut bassin versant, plus précisément entre les barrages hydroélectriques de Blye en limite amont et le seuil à Pont-de-Poitte, en amont du barrage de Vouglans. Ce linéaire correspond à la masse d'eau « FRDR501 » dont l'objectif environnemental, fixé dans le SDAGE du bassin Rhône-Méditerranée, est l'atteinte du bon état écologique à échéance 2027.

L'étude du projet de restauration hydromorphologique de la rivière est en cours. Des enjeux importants vis-à-vis de la ressource en eau potable dans la plaine alluviale, en bordure du cours d'eau, ont déjà été identifiés.

Le PNR du Haut Jura souhaite associer à la réflexion en cours sur la restauration du cours d'eau, la question de la sécurisation de la ressource en eau (**Figure 1**), via une étude hydrogéologique dont les objectifs sont les suivants :

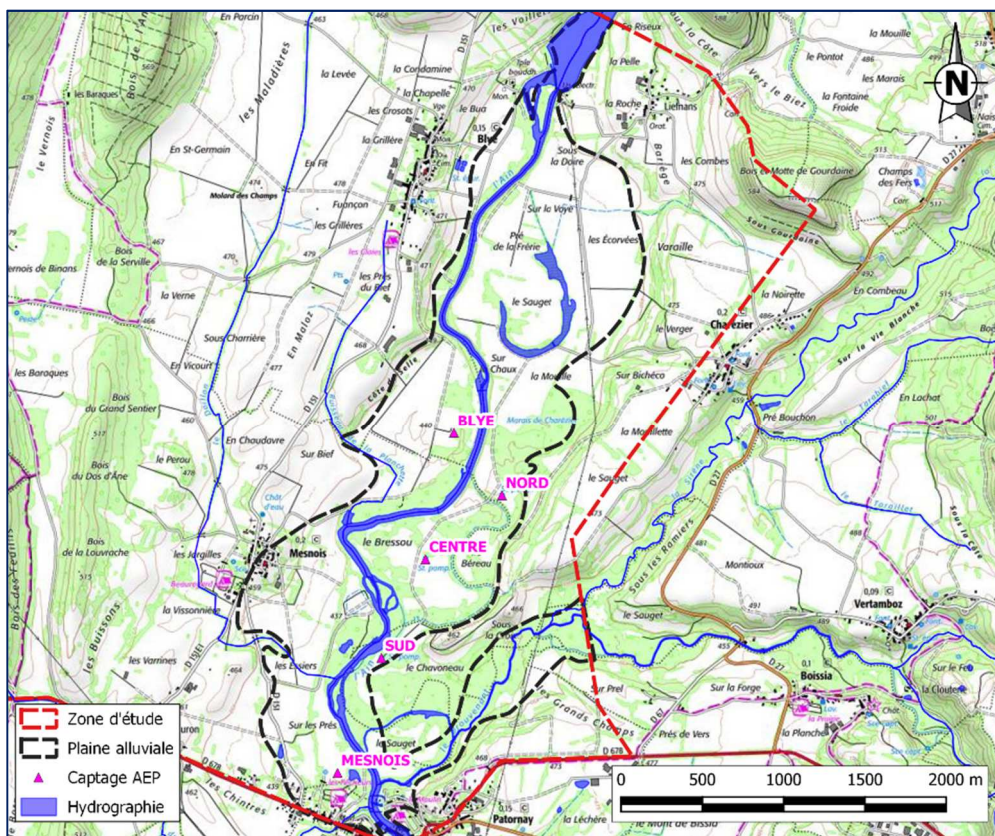
- Etablir un état des lieux de la ressource en eau du secteur ;
- Etablir un état des lieux des modalités d'exploitation de la ressource ;
- Evaluer l'impact des évolutions morphologiques de l'Ain sur la ressource en eau.

La présente étude se déroule en trois phases, selon le déroulé suivant :

- **Phase 1** : Etablissement du contexte général
- **Phase 2** : Etude approfondie du fonctionnement phréatique, dont une modélisation hydrogéologique
- **Phase 3** : Accompagnement et propositions d'action

Le présent rapport constitue la restitution de l'ensemble des 3 phases de la mission.

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude et des cinq puits d'eau potable



1. Contexte géologique et hydrogéologique : étude bibliographique

Le site de Blye est situé au cœur d'une dépression de 25 km de long et de 3 à 6 km de large, nommée la Combe d'Ain. Elle est située entre le plateau de Lons-le-Saunier surélevé par la côte de l'Heute à l'Ouest, et le plateau de Champagnole à l'Est. Dans cette combe, le substratum, formé par des calcaires du Jurassique, n'affleure qu'à de rares endroits car il est enfoui sous plusieurs dizaines de mètres de formations meubles d'origine glaciaire. En effet, le dernier épisode glaciaire, qui a atteint son summum il y environ 20 000 ans, a entraîné le dépôt de très importantes accumulations de sédiments (moraines et de dépôts lacustres). Trois types de dépôts glaciaires sont présents : des buttes morainiques, une haute terrasse discontinue constituée de graviers et une basse terrasse, constituée de varves (marnes grises finement litées), incisée par la vallée de l'Ain.

1.1 Contexte géologique

L'arc jurassien est un massif montagneux formé lors de l'orogénèse alpine, par plissement des formations sédimentaires secondaires marno-calcaires. Ses caractéristiques spécifiques (plis jurassiques d'axes sud/nord à sud-ouest/nord-est, parfois coiffés) sont mises en place dans ce contexte de compression régionale combiné aux jeux des rhéologies différentes des couches calcaires et marneuses.

Le dernier million d'années a été le siège de 4 épisodes glaciaires, qui ont joué un rôle prépondérant sur la géomorphologie actuelle du Jura.

Le dernier maximum glaciaire, l'épisode du Würm, a eu l'extension la plus faible (**Figure 2**). Sa limite d'extension se situe sur la partie est de la Combe d'Ain. Les formations glaciaires présentes au droit de la zone d'étude seront donc majoritairement würmiennes, les formations Rissiennes ayant été érodées par le glacier Würmien (on les retrouve plus à l'ouest de la côte de l'Heuthe, hors de la zone d'érosion du glacier Würmien) (**Figure 2**).

La Combe d'Ain, constitue une dépression lacustre au pied du glacier Würmien, fermée par la langue glaciaire d'Orgelet au sud, formant ainsi un lac de barrage pro-glaciaire (**Figure 3**). Ce lac a été à l'origine des dépôts que l'on retrouve aujourd'hui sous forme d'argiles glacio-lacustres varvées, nommées GLy sur la carte géologique, appelé localement « marnes ». Ce placage argileux recouvre les calcaires jurassiques et constitue la base imperméable de la combe d'Ain.

Lors du retrait du glacier, les eaux de fonte alimentant l'Ain, la rivière a érodé ces argiles. L'Ain, chargé de matériaux grossiers (galets, graviers voire sables), a déposé ses alluvions sous forme de terrasses (**Figure 4**). A mesure que la déglaciation se poursuit, les terrasses de l'Ain se déposent de plus en plus bas en altitude (Fy1 au niveau de Blye, Fy3 sur le bas de la Combe, Fz au niveau sub-actuel de l'Ain : avant les modifications anthropiques du XIX^{ème} et XX^{ème} siècle). La carte géologique du secteur est présentée en **Figure 5**. Enfin, les terrasses alluviales ont été couvertes de dépôts fins sablo-limoneux lors des crues de l'Ain. Cette couverture n'est pas cartographiée par la carte géologique au 1/50 000 mais se retrouve sur la quasi-totalité de la plaine alluviale.

► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
1. Contexte géologique et hydrogéologique : étude bibliographique

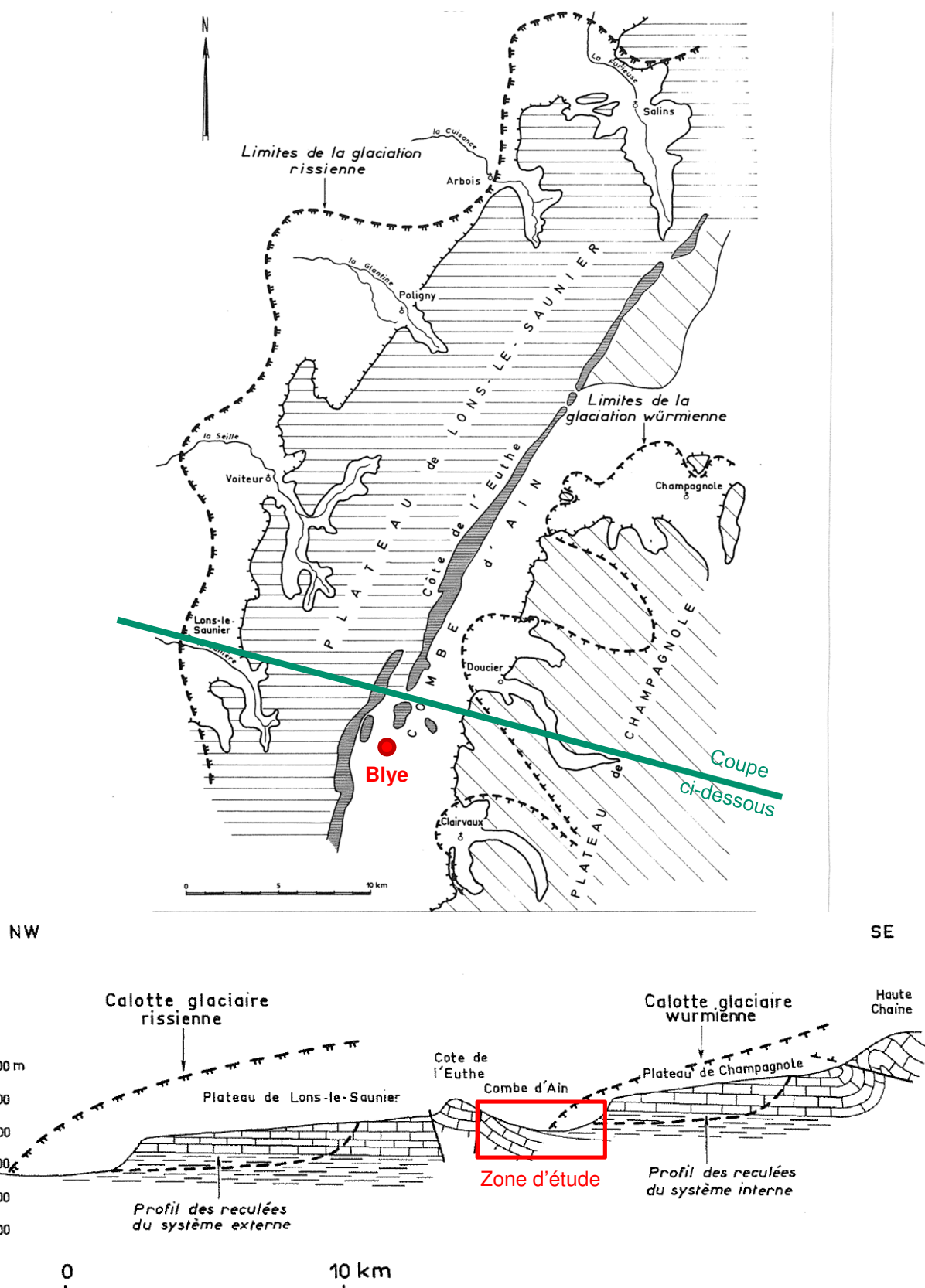


Figure 2 : Derniers maxima glaciaires du Riss et du Wurm (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)

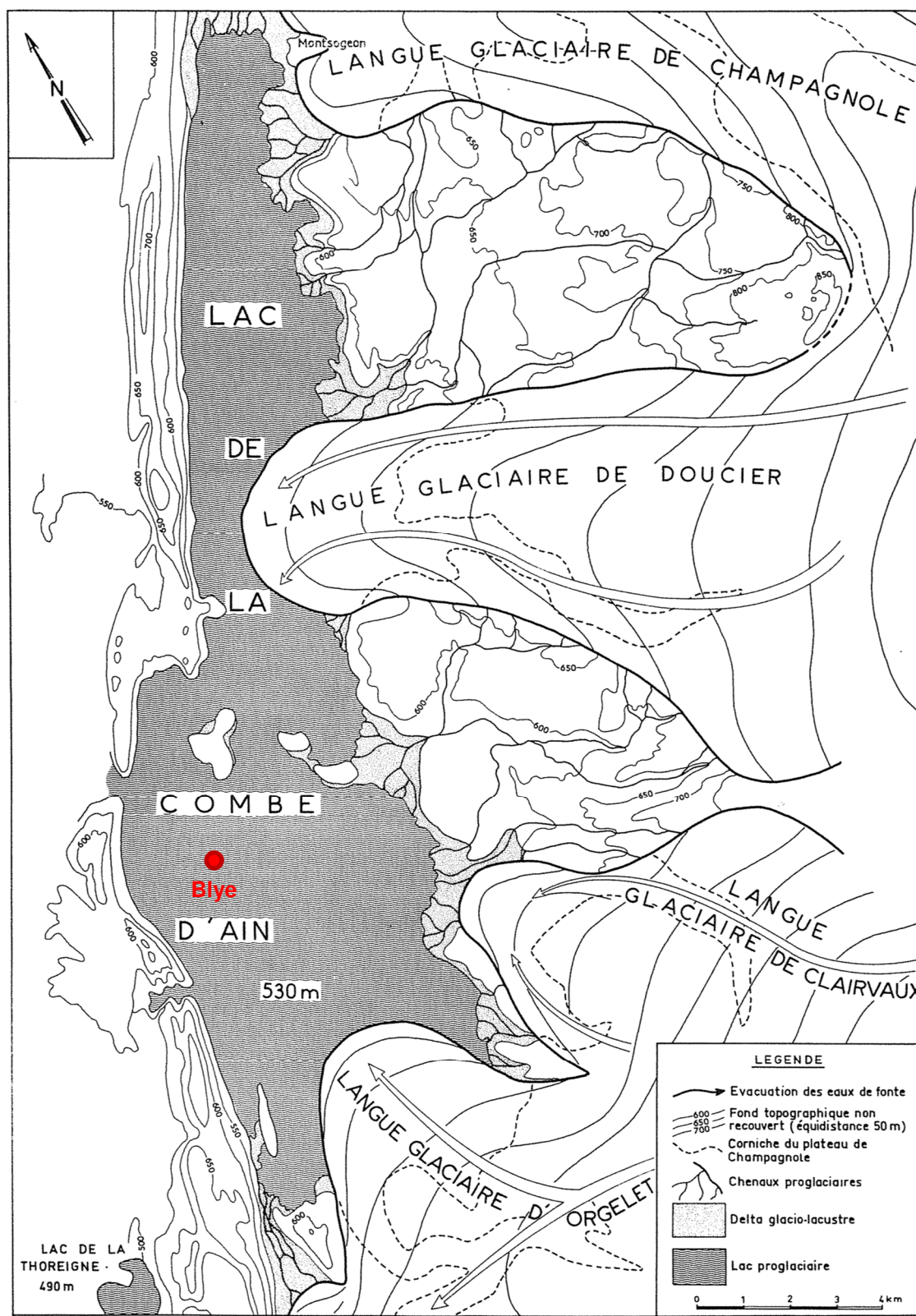


Figure 3 : Contexte de la zone d'étude lors du dernier maximum glaciaire (Würm) (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)

-379-

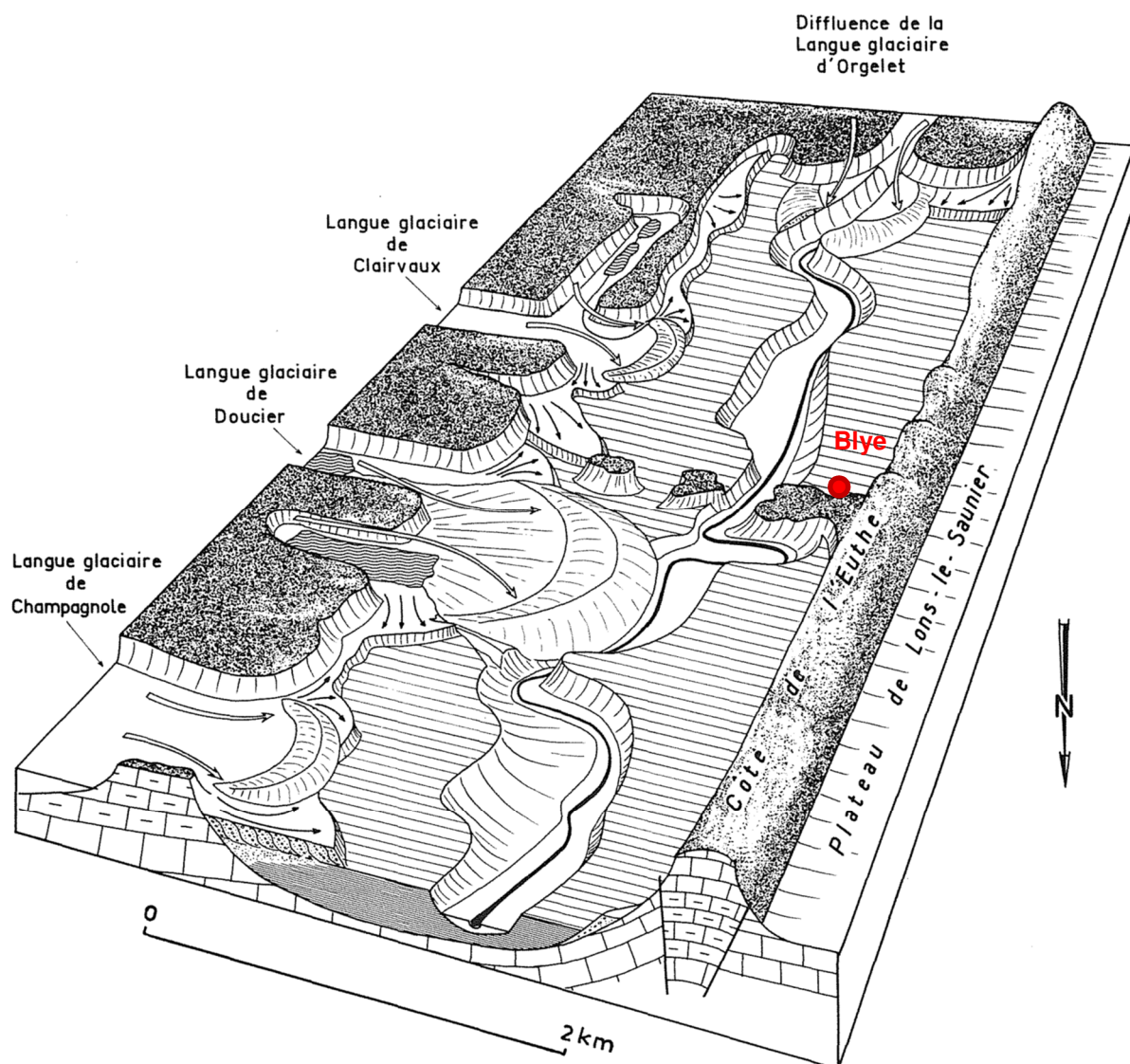


Figure 4 : Bloc-diagramme géomorphologique de la Combe d'Ain (Thèse de M.Campy, 1982, annotée BURGEAP)

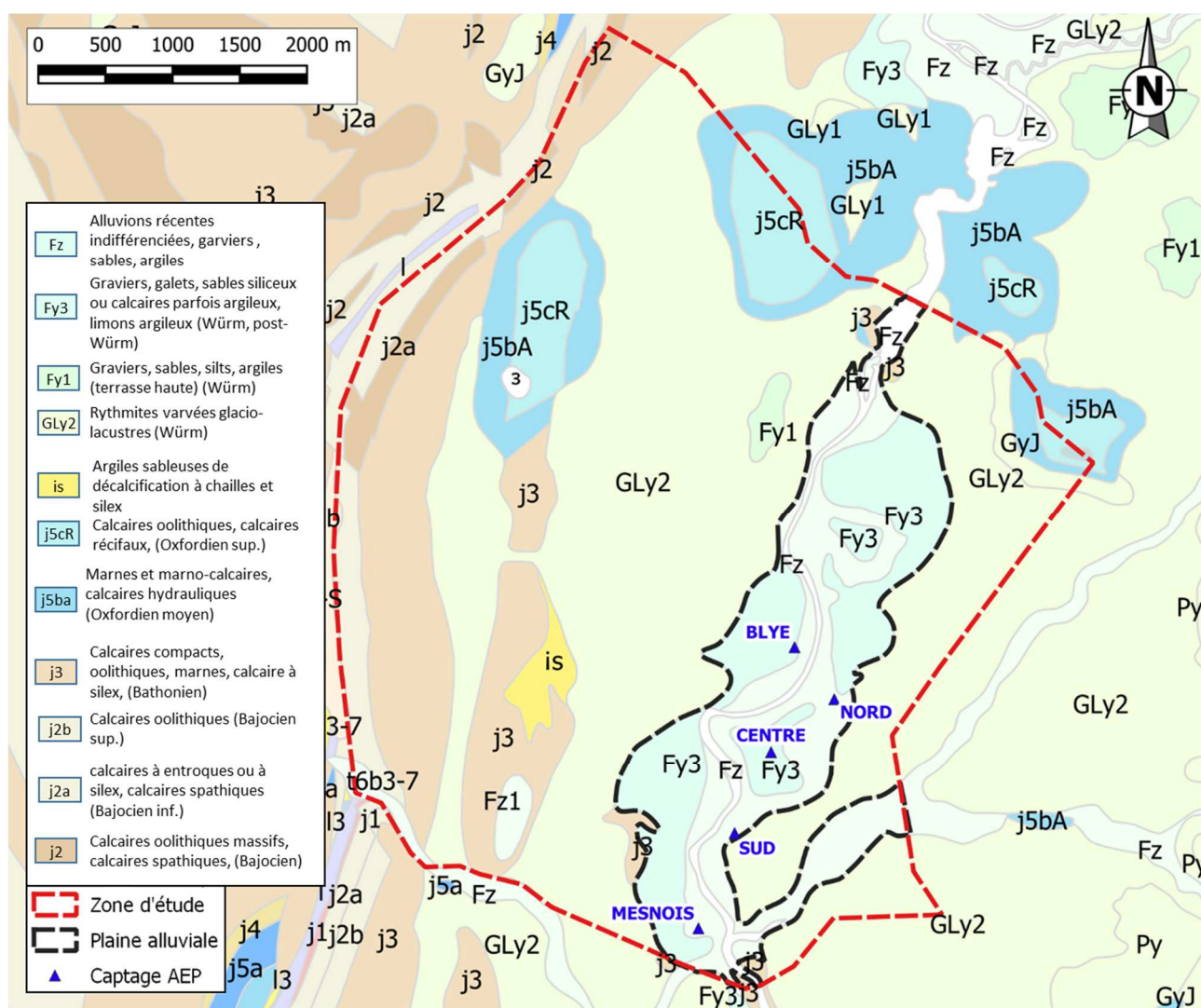


Figure 5 : Contexte géologique de la combe d'Ain entre Blye et Pont-de-Poitte (carte géologique vectorisée harmonisée, BRGM)

1.2 Contexte hydrogéologique

On se trouve donc dans un contexte de plaine alluviale récente, de fin de comblement lacustre post-glaciaire. Lors de la visite de site du 31/03/2021, nous constatons dans la partie amont de la zone d'étude que la rivière d'Ain est incisée dans les argiles glacio-lacustres (**Figure 6**). Cela signifie que part endroit l'Ain est complètement déconnecté de ses alluvions et donc de sa nappe alluviale.

La tranche alluviale exploitable (sable et gravier) paraît peu épaisse. La collecte et l'analyse des données issues de la banque du sous-sols (BSS) du BRGM permet de visualiser l'ordre de grandeur de l'épaisseur alluviale (**Figure 7**). On trouve une base des alluvions entre 4 et 6 m/TN, et une épaisseur de limons pouvant atteindre les 2 m. Ces constats seront confirmés plus tard par les reconnaissances géologiques et hydrogéologiques lors la pose de piézomètres.

Il faut noter que les alluvions peuvent être discontinues dans l'espace, en fonction de la dynamique du cours d'eau. Par ailleurs, les limons de crue pourraient localement mettre en charge l'aquifère.

Dans ce contexte, l'Ain est en position de drainage la majorité du temps. Ce constat sera confirmé par l'enregistrement en continu des niveaux d'eau dans la nappe et dans l'Ain. On voit également des paléo-méandres et marais associés plus ou moins déconnectés du cours d'eau, dont les 3 principaux sont le Sauget Amont, l'île Béreau et le Sauget Aval (**Figure 9**).

Dans la plaine, la différence entre les alluvions actuelles (notées Fz) et la terrasse d'alluvions anciennes (Fy3) est nettement visible dans le paysage : elle forme un sursaut parfois bien marqué (**Figure 8**). La continuité hydraulique entre les alluvions récentes et anciennes semble toutefois bien présente. En effet, le captage d'eau potable de la commune de Blye est implanté dans une terrasse ancienne, et il ressent directement l'effet des variations de niveau d'eau dans l'Ain, laissant présager une continuité hydrogéologique entre les alluvions anciennes et récentes.

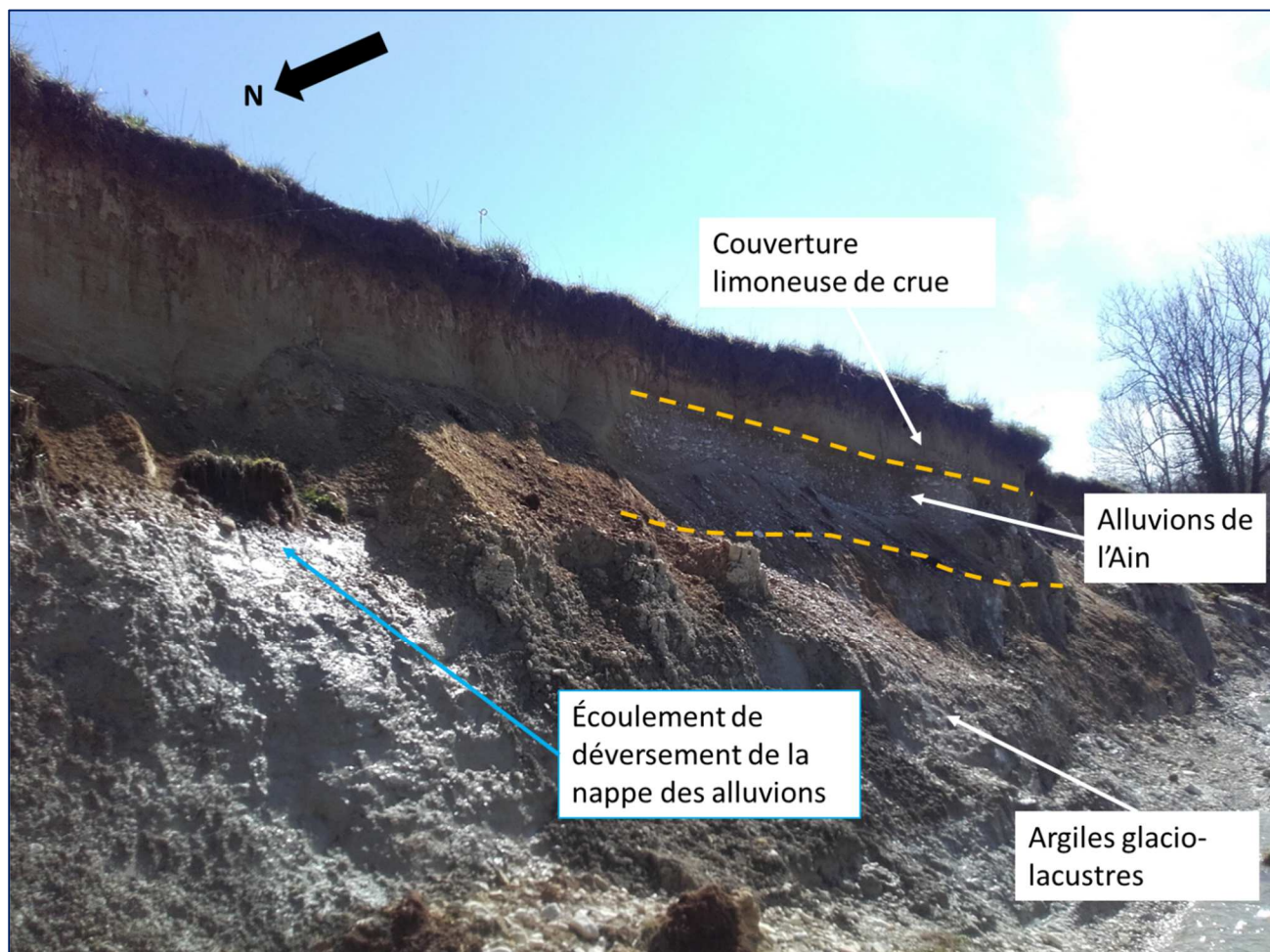


Figure 6 : Observations de l'incision de l'Ain dans les argiles glacio-lacustres en aval du barrage de Blye (BURGEAP – 31/03/2021)

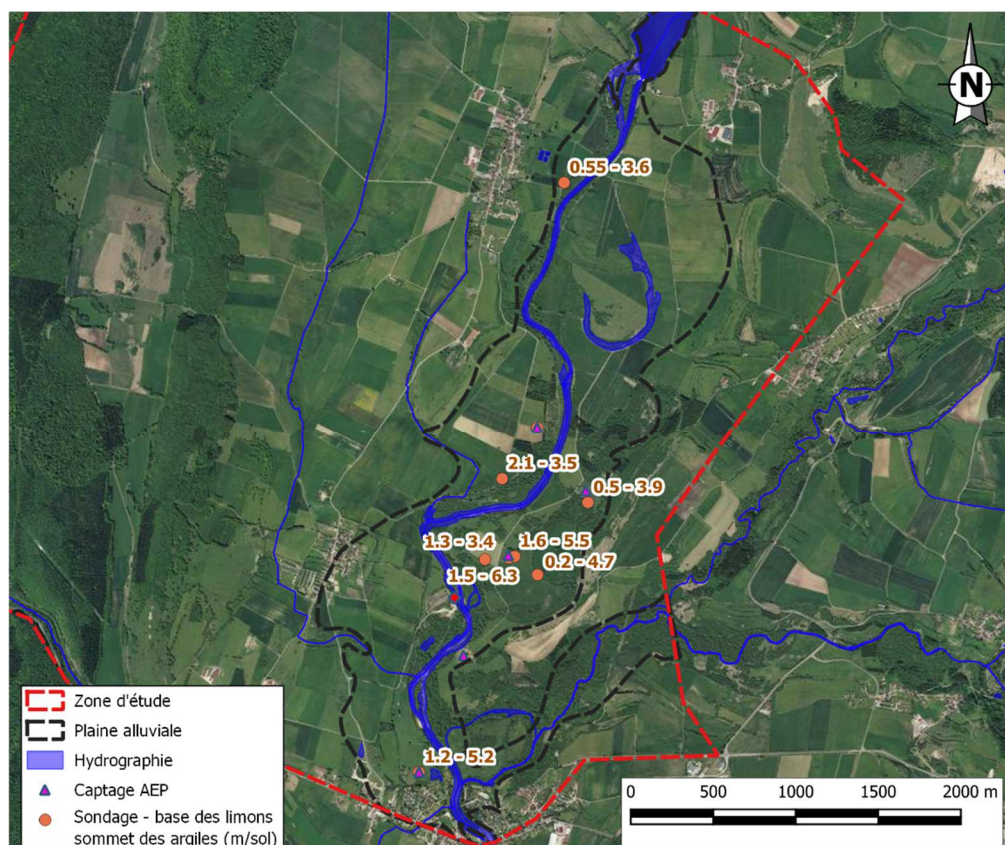


Figure 7 : Carte des profondeurs des limons et des alluvions au niveau des points de la BSS

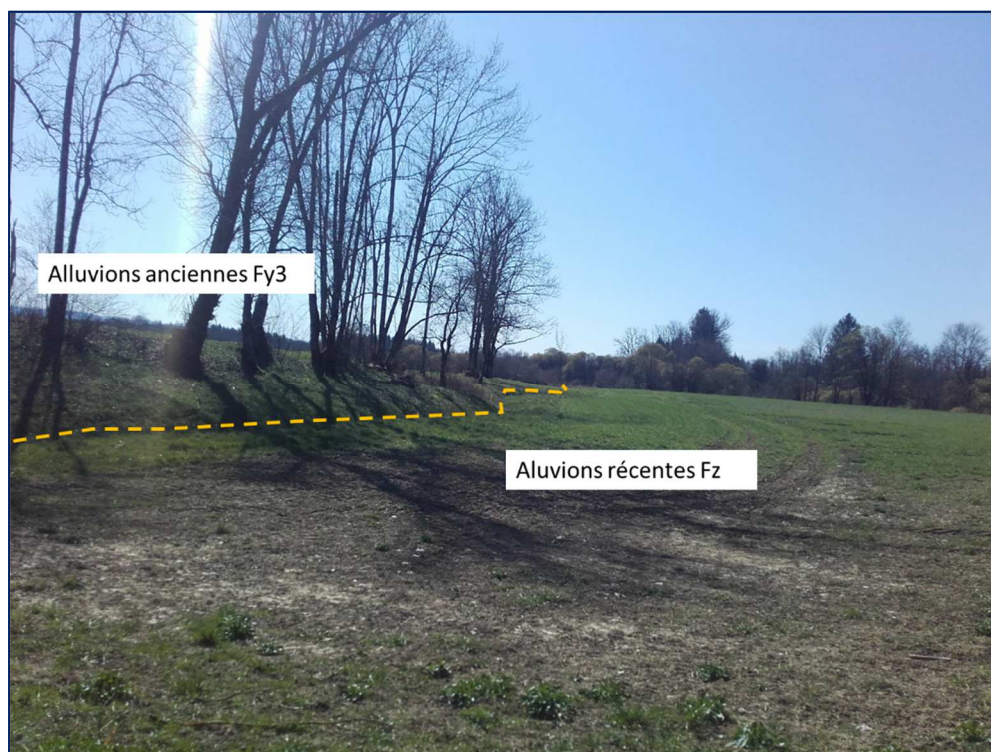


Figure 8 : Transition entre les terrasses d'alluvions anciennes et récentes (Photo BURGEAP – 31/03/2021)

► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
1. Contexte géologique et hydrogéologique : étude bibliographique

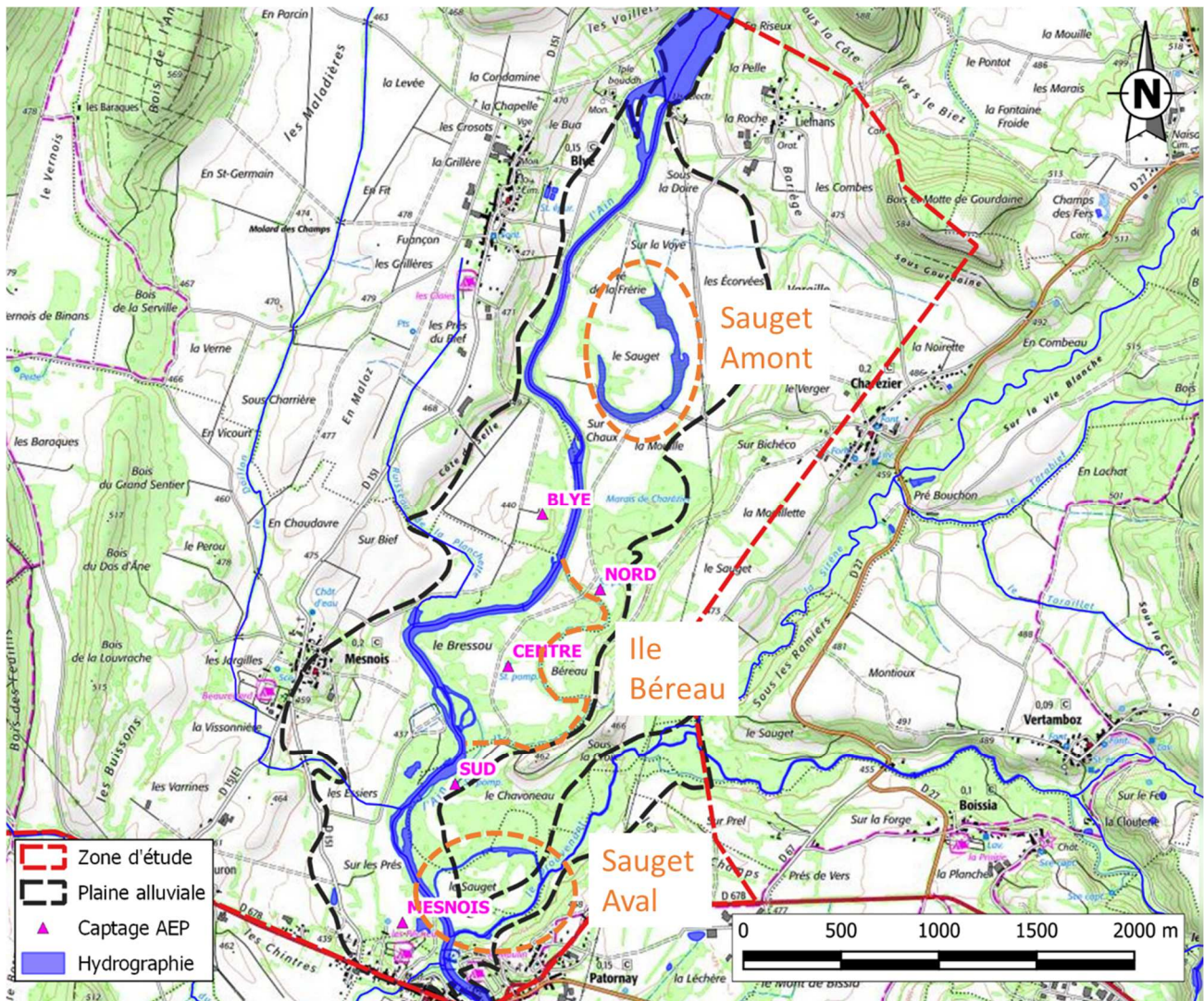


Figure 9 : Localisation sur fond IGN des 3 principales lônes (anciens méandres plus ou moins déconnectés de l'Ain) : le Sauget Amont, l'île Béreau et le Sauget Aval.

2. Etude des captages AEP en place

2.1 Usage de la nappe

Le seul usage connu de la nappe des alluvions de l'Ain est l'usage eau potable (AEP), confirmé lors de l'enquête de terrain.

Il existe cinq points de captages AEP dans la partie sud de la zone d'étude, dont l'alimentation pourrait être modifiée par les travaux de restauration du cours d'eau (**Figure 10**). Vers l'aval, le niveau de base des écoulements souterrain est contrôlé par le seuil de Pont-de-Poitte.

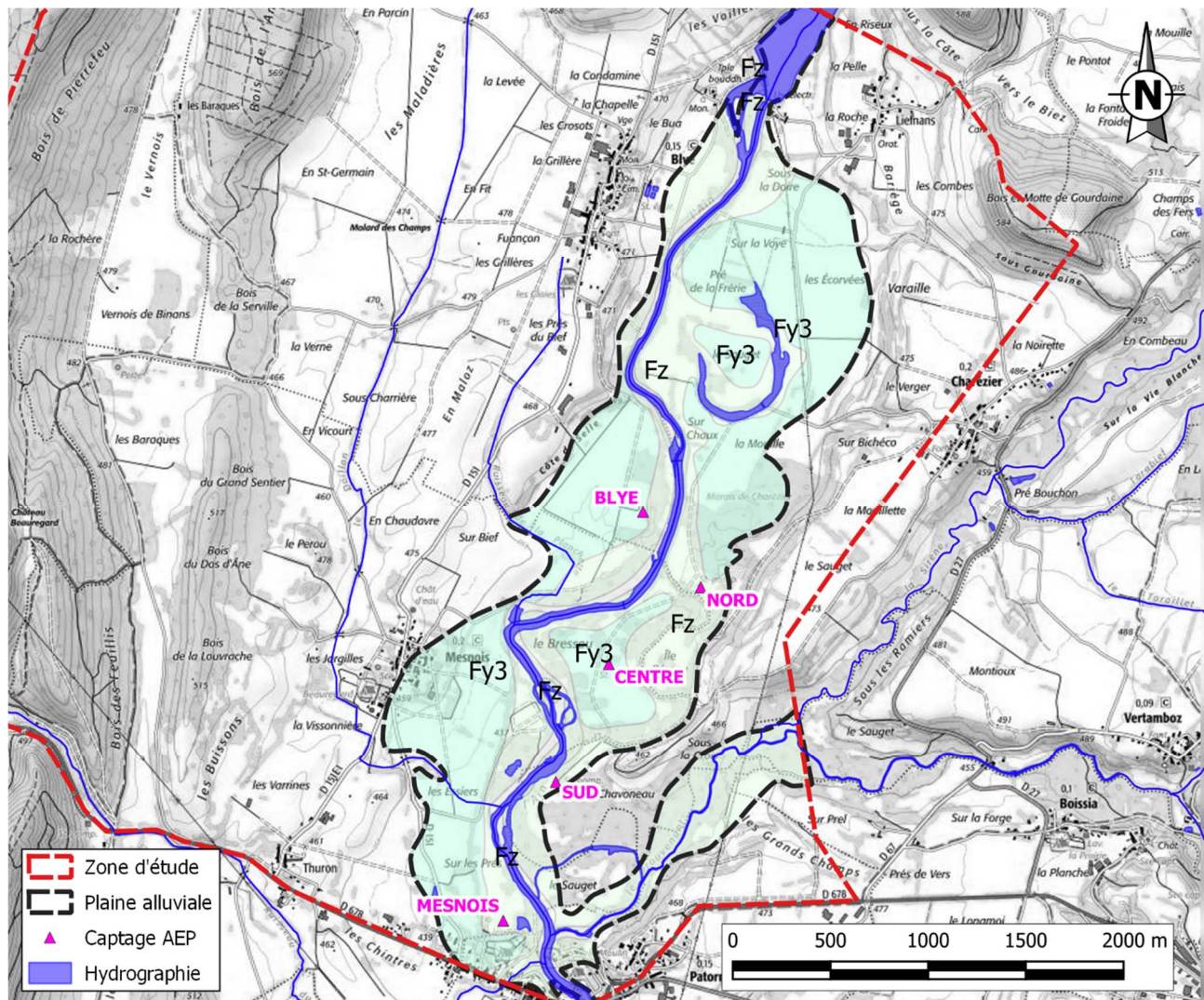


Figure 10 : Localisation sur fond IGN et géologique des 5 puits d'alimentation en eau potable de la zone d'étude

2.2 L'Alimentation en Eau Potable sur la plaine alluviale de l'Ain

Cinq puits d'eau potable sont présents dans la zone d'étude. Les communes de Blye et Mesnois ont chacune un puits en rive droite qui est géré en régie directe. Le Syndicat de Vouglans, qui alimente notamment en eau potable les communes d'Orgelet et Meussia, possède trois puits en rive gauche (puits Nord, puits Centre et puits Sud). Chaque captage possède une DUP ainsi de des périmètres de protections (**Tableau 2**), parfois composés de deux niveaux de périmètres rapprochées, et parfois d'un périmètre éloigné (**Figure 11**). Des planches photographiques sont présentées en **Tableau 4**.

Chaque captage a été visité en compagnie du gestionnaire et du propriétaire. Un compte-rendu de la visite est rendu en **Annexe 1**.

Il est important de noter à ce stade de l'étude qu'aucun des trois réseaux d'eau potable (Syndicat de Vouglans, Commune de Blye et commune de Mesnois) ne dispose d'interconnexion avec une autre ressource. **Aucun défaut de production d'eau n'est donc acceptable sur aucun des 5 puits, sous peine de priver quasi immédiatement la population d'eau potable et les éleveurs d'eau d'abreuvement. Seul le syndicat dispose de 3 puits, mais en été les 3 tournent quasiment à plein régime et en permanence, il ne peut pas non plus tolérer de défaut de production sur un de ses puits.**

Une synthèse des données a été réalisée à partir de la BSS et des études antérieures (**Tableau 3**). Des paramètres hydrodynamiques ont pu être retrouvés. Parmi les études antérieures, on compte notamment :

- Rapport de l'hydrogéologue agréé Alain BARAT sur le captage de Blye – Octobre 2008
- Dossier préliminaire à la mise en place des périmètres de protection des puits de la plaine alluviale de l'Ain pour le compte du Syndicat de Vouglans – Christian Caille – Juin 2004 ;
- 10 pièces du dossier d'enquête publique pour la DUP des puits du Syndicat de Vouglans - 2009 ;
- Etude hydrogéologique complémentaire pour la mise en place des périmètres de protection du puits de Mesnois pour le compte de la commune de Mesnois – Christian Caille – Décembre 2003 ;
- 10 pièces du dossier d'enquête publique pour la DUP du puits de Mesnois – 2009.

Enfin, les volumes déclarés à l'Agence de l'Eau ont été consultés au sein de la BNPE (Banque Nationale des Prélèvements d'Eau, **Tableau 1**). On remarque une nette différence entre les captages du syndicat situés en rive gauche (en moyenne tous supérieurs à 100 000 m³/an) et les captages des communes de Blye et Mesnois situés rive droite (en moyenne entre 25 et 50 000 m³/an). Cette nette différence est liée à l'usage du puits (nombre d'usagers à desservir, proportionnel au volume autorisé par la DUP), mais également à des différences géologiques (pour le puits de Blye notamment, voir chapitre 3.2).

Tableau 1 : Volumes pompés annuellement sur les 5 captages de la plaine (données BNPE)

Année	Volumes pompés annuellement (m ³ /an)				
	Blye	Mesnois	Puits 3 (Sud)	Puits 2 (Centre)	Puits 1 (Nord)
2019	25 672	46 026	158 952	127 904	142 234
2018	25 765	37 376	193 392	173 579	119 704
2017	24 551	39 110	164 462	132 780	115 372
2016	23 345	42 478	193 658	153 514	127 381
2015	22 205	33 397	/	/	/
2014	/	28 871	209 576	164 291	135 952
2013	/	44 369	228 084	180 897	148 149
2012	/	24 500	107 144	87 052	71 669
Moyenne sur les données	24 308	37 016	179 324	127 502	107 558

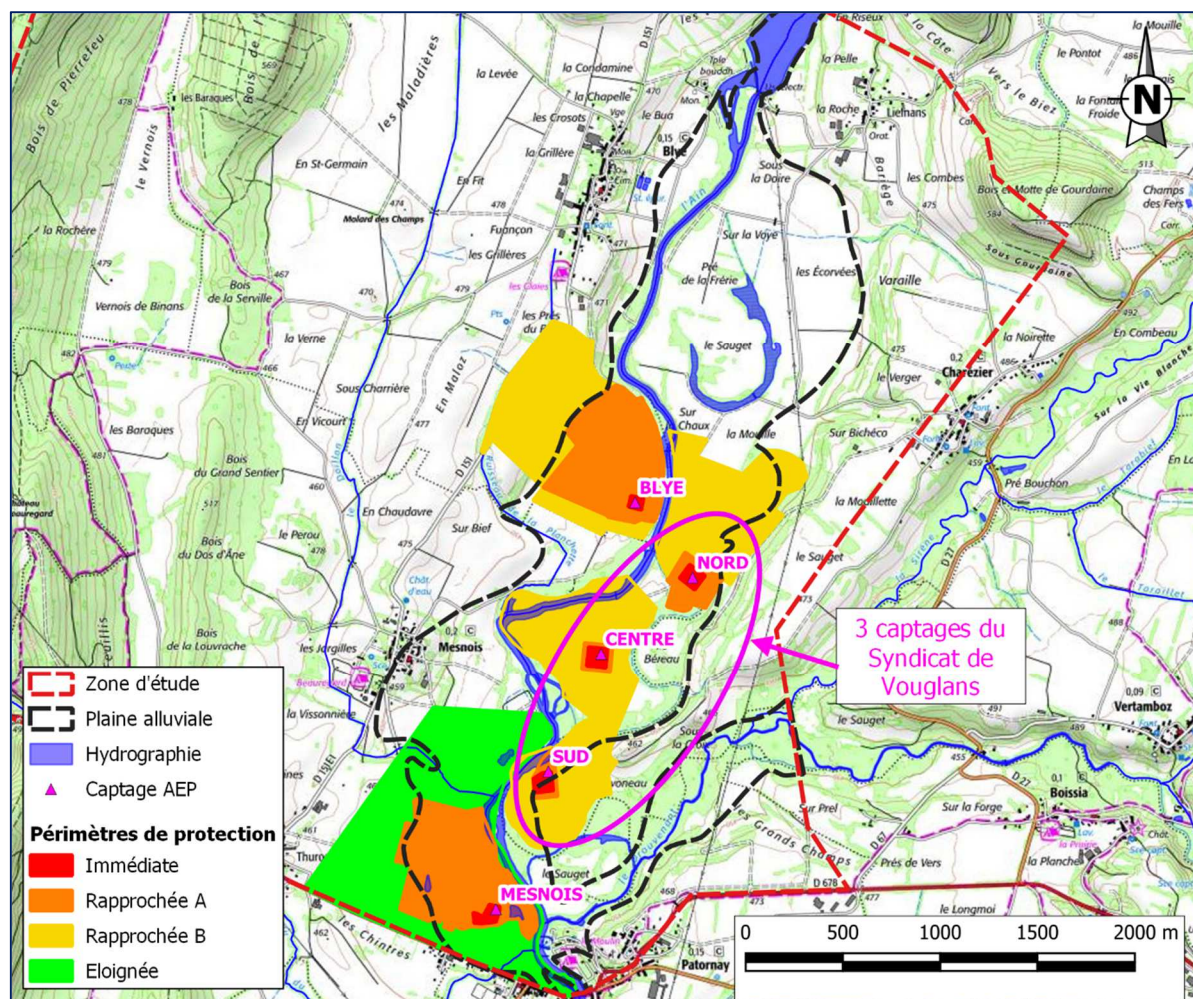


Figure 11 : Localisation des captages AEP et de leurs périmètres de protection

Tableau 2 : Présentation des captages AEP, de leurs DUP et des volumes autorisés

Propriétaire	Nom ouvrage	DUP	Volumes pompés autorisés	
Blye	Les Bressots BSS001PCVX	AP n°2014 129-0001 09/05/2014	11 m³/h	120 m³/j
Mesnois	Les Sablons BSS001PCUQ	AP n°1274 27/09/2010	15 m³/h	250 m³/j
Syndicat de Vouglans – Exploitant = SOGEDO	Puits 1 – Nord Ile Béreau BSS001PCUZ	AP n°1229 03/09/2010	64 m³/h	4 400 m³/j à raison de 20 h de pompage
	Puits 2 – Centre Le Bressou BSS001PCUJ		78 m³/h	
	Puits 3 – Sud Le Chavoneau BSS001PCUX		78 m³/h	

Tableau 3. Données historiques sur les puits

Propriétaire	Nom ouvrage	Données	Résultats
Blye	Les Bressots BSS001PCVX	Pompage de 27 h à 55 m ³ /h le 18-19/10/1963 (BSS)	1963 : 55 m ³ /h → s = 1.6 m soit Q/s = 9.5.10 ⁻³ m ² /s
Mesnois	Les Sablons BSS001PCUQ	Pompage de 72h en 1967. 1 essai de puits et de nappe en décembre 2003 par R. Caille. Lors du pompage, les lâchers du barrage de Blye se font sentir. 6 piézomètres forés. 1 seul retrouvé. 4 cartes piézométriques : - Moyennes eaux au repos ; - Moyennes eaux dynamique ; - Hautes eaux ; - Basses eaux. Un modèle hydrogéologique. Définition d'isochrones 50 et 100 jours	<u>Etude de R.Caille :</u> T = 2.9.10 ⁻² m ² /s K = 3.7.10 ⁻³ m/s S = 16 % Limite étanche = 65 m Débit critique ~80m ³ /h
Syndicat de Vouglans – Exploitant = SOGEDO	Puits 1 – Nord Ile Béreau BSS001PCUZ	Pompages de 24 h en : - 1971 - 1973 (BSS – forage d'essai A) - Juin 1974	1971 : T = 3.10 ⁻² m ² /s 1973 : T = 5.5.10 ⁻² m ² /s S = 18 % 1974 : 100 m ³ /h → s = 0.37 m soit Q/s = 7.5.10 ⁻² m ² /s
	Puits 2 – Centre Le Bressou BSS001PCUJ	Pompages de 24 h en : - 1971 - 1973 (BSS – forage d'essai F) - Juin 1974	1971 : T = 2.10 ⁻² m ² /s 1973 : T = 1.7.10 ⁻² m ² /s S = 25 % 1974 : 100 m ³ /h → s = 0.45 m soit Q/s = 6.2.10 ⁻² m ² /s
	Puits 3 – Sud Le Chavoneau BSS001PCUX	Pompages de 24 h en : - 1971 - Juin 1974	1971 : T = 6.10 ⁻² m ² /s 1974 : 100 m ³ /h → s = 0.68 m soit Q/s = 4.1.10 ⁻² m ² /s

Tableau 4 : Planche photographique des puits AEP de la Combe d'Ain (30 et 31/03/2021)



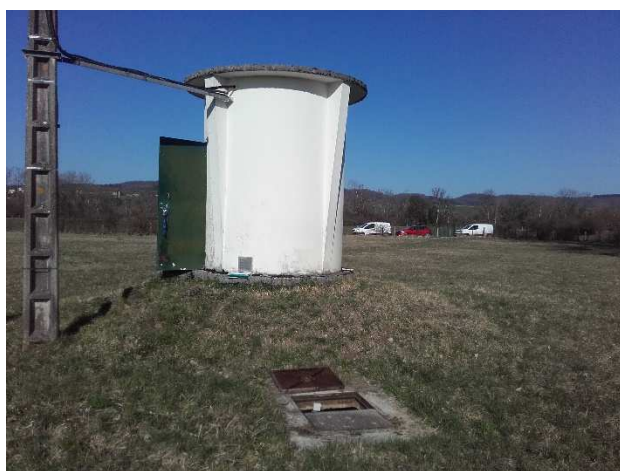
Puits de Blye et sa station de pompage



Puits de Mesnois



Puits Nord (ou Puits 1) du SIE Vouglans



Puits Centre (ou Puits 2) du SIE Vouglans



Puits Sud (ou Puits 3) du SIE Vouglans

2.3 Qualité des eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines est étudiée dans les paragraphes ci-dessous pour chaque puits d'eau potable. Pour chaque ouvrage, les données issues de la banque de données nationale ADES ont été téléchargées et traitées (calculs des minima, maxima, moyennes et % de dépassements des seuils AEP). Suite à ce premier traitement, des graphiques ont été tracés concernant :

- Les nitrates, potentiellement lié à la pression agricole sur l'aquifère ;
- La turbidité, facteur pouvant varier selon la déconnection de l'Ain et/ou les fréquences des crues de la rivière ;
- La bactériologie (E.coli ou Entérocoques), seul facteur ayant déjà été déclassant pouvant être lié à la pression de l'élevage.

Seul le puits de Blye, dont les données ADES ne sont pas téléchargeables ne dispose pas de la synthèse qualitative, seulement des graphiques concernant les nitrates et la turbidité.

On ne note aucune tendance particulière, à part peut-être sur le puits de Blye, où les nitrates semblent augmenter légèrement depuis les années 1990, et où la turbidité semble baisser. Ces constats pourraient être corrélés à une déconnexion de plus en plus marquée entre la rivière d'Ain et la nappe alluviale. En effet, les concentrations en nitrates augmenteraient du fait d'une moindre dilution par l'Ain, et la turbidité diminuerait du fait de la baisse des apports par les eaux superficielles. Ces tendances sont à analyser avec beaucoup de prudence, le nombre d'analyses étant faible (16 analyses en 27 ans).

2.3.1 Puits de Mesnois

Données disponibles du 25/05/2004 au 22/03/2021

Paramètres analysés dans l'ouvrage BSS001PCUQ	Unité	Nbr de mesures	Moy. (avec valeurs <LQ)	Min.	Max.	Limites et références du Code de la Santé Publique		Dépassements pour l'eau distribuée	
						Eau brute	Eau distribuée	%	Nombre
PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET IONS MAJEURS									
Température de l'Eau	°C	7	14.44	9.70	16.90	25	25	0.0%	Aucun
Potentiel en Hydrogène (pH)	-	10	7.37	7.20	7.60	-	6.5 à 9	0.0%	Aucun
Conductivité à 25°C	µS.cm ⁻¹	5	467.40	415.00	519.00	-	200 à 1100	0.0%	Aucun
Turbidité Formazine Néphélométrique	NFU	5	0.24	0.18	0.39	-	2	0.0%	Aucun
Chlorures	mg.l ⁻¹	5	4.56	3.00	5.90	200	250	0.0%	Aucun
Sulfates	mg.l ⁻¹	5	5.46	4.72	6.40	250	250	0.0%	Aucun
Calcium	mg.l ⁻¹	4	95.78	82.70	107.30	-	-	0.0%	Aucun
Magnésium	mg.l ⁻¹	4	4.85	4.50	5.50	-	-	0.0%	Aucun
Sodium	mg.l ⁻¹	4	3.05	2.60	3.40	200	200	0.0%	Aucun
Potassium	mg.l ⁻¹	4	0.77	0.50	1.20	-	-	0.0%	Aucun
Ammonium	mg.l ⁻¹	5	0.02	<0.01	<0.05	4	0.1	0.0%	Aucun
Fluorure Anion	µg.l ⁻¹	2	0.05	0.07	0.07	-	1500	0.0%	Aucun
Nitrates	mg.l ⁻¹	5	3.78	1.40	7.40	100	50	0.0%	Aucun
Dureté totale	°f	1	21.60	21.60	21.60	-	-	0.0%	Aucun

MÉTAUX									
Antimoine	µg/l	4	0.50	<1	<1	-	5	0.0%	Aucun
Arsenic	µg/l	4	1.00	<2	<2	-	10	0.0%	Aucun
Bore	µg/l	4	6.25	10.00	10.00	-	1000	0.0%	Aucun
Cadmium	µg/l	4	0.50	<1	<1	5	5	0.0%	Aucun
Fer	µg/l	4	5.00	<10	<10	-	200	0.0%	Aucun
Manganèse	µg/l	4	3.82	0.28	0.28	-	50	0.0%	Aucun
Nickel	µg/l	4	2.50	<5	<5	-	20	0.0%	Aucun
Sélénium	µg/l	4	1.00	<2	<2	10	10	0.0%	Aucun

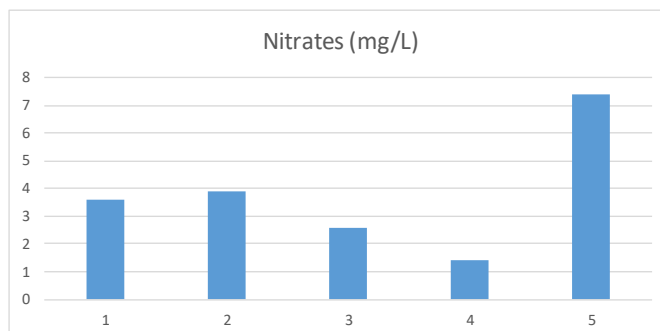
PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES									
Escherichia coli (E. coli)	n/100ml	5	2.00	8.00	8.00	20000	0	20.0%	1 analyse
Enterocoques	n/100ml	5	17.30	24.00	61.00	10000	0	50.0%	2 analyses
Coliformes	n/100ml	1	4.00	4.00	4.00	-	0	100.0%	1 analyse
micro-organismes anaérobies sulfito-	n/100ml	1	1.00	1.00	1.00	-	0	100.0%	1 analyse
Micro-organismes revivifiables à 20°C	n/ml	1	24.00	24.00	24.00	-	pas de variation dans un rapport de 10	NC	/
Micro-Organismes revivifiables à 37°C	n/ml	1	3.00	3.00	3.00	-		NC	/

Paramètres analysés dans l'ouvrage BSS001PCUQ	Unité	Nbr de mesures	Moy. (avec valeurs <LQ)	Min.	Max.	Limites et <i>références</i> du Code de la Santé Publique		Dépassements pour l'eau distribuée	
						Eau brute	Eau distribuée	%	Nombre
POLLUANTS ORGANIQUES									
Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène	µg/l	4	0.25	<0.5	<0.5	-	10	0.0%	Aucun
Trichloroéthylène	µg/l	4	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun

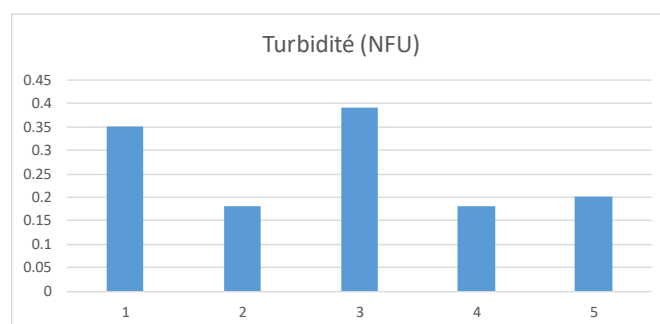
PESTICIDES DÉTECTÉS									
Aucun pesticide détecté									

Puits de Mesnois (BSS001PCUQ)

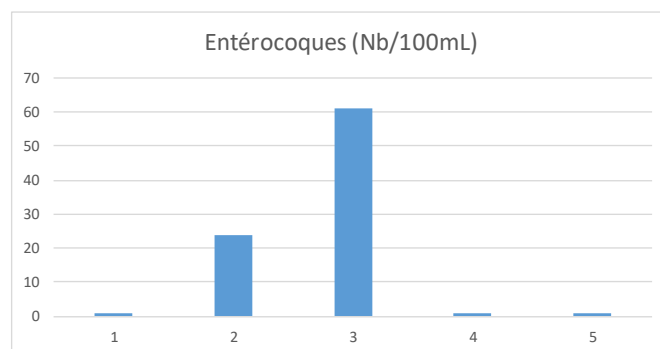
Campagne	Date	Nitrates (mg/L)
1	25/05/2004 14:35	3.61
2	24/09/2012 12:10	3.9
3	12/09/2014 10:05	2.6
4	09/08/2016 10:00	1.4
5	22/03/2021 09:31	7.4



Campagne	Date	Turbidité (NFU)
1	25/05/2004 14:35	0.35
2	24/09/2012 12:10	0.18
3	12/09/2014 10:05	0.39
4	09/08/2016 10:00	0.18
5	22/03/2021 09:31	0.2



Campagne	Date	Entérocoques (Nb/100mL)
1	25/05/2004 14:35	1
2	24/09/2012 12:10	24
3	12/09/2014 10:05	61
4	09/08/2016 10:00	1
5	22/03/2021 09:31	1

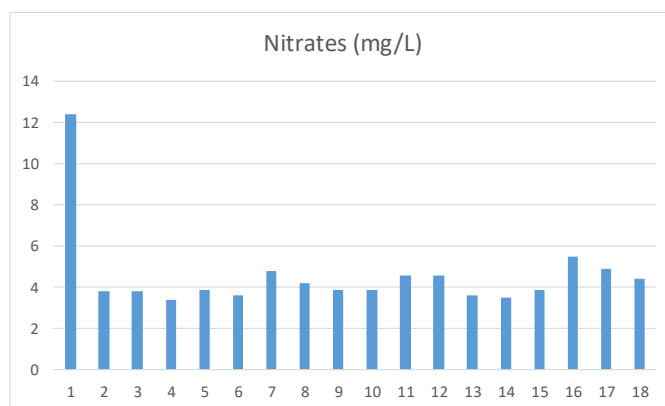


2.3.2 Puits Nord – SIE Vouglans

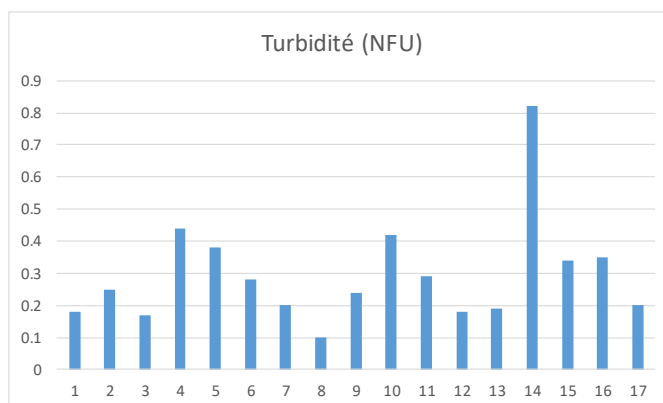
Données disponibles	du	11/06/1990		au	04/08/2021				
Paramètres analysés dans l'ouvrage BSS001PCUZ - Puits Nord	Unité	Nbr de mesures	Moy. (avec valeurs <LQ)	Min.	Max.	Limites et références du Code de la Santé Publique		Dépassements pour l'eau distribuée	
						Eau brute	Eau distribuée	%	Nombre
PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET IONS MAJEURS									
Température de l'Eau	°C	19	9.87	5.90	14.00	25	25	0.0%	Aucun
Potentiel en Hydrogène (pH)	-	30	7.32	6.90	7.95	-	6.5 à 9	0.0%	Aucun
Conductivité à 25°C	µS.cm ⁻¹	16	489.50	445.00	551.00	-	200 à 1100	0.0%	Aucun
Turbidité Formazine Néphélométrique	NFU	17	0.29	0.17	0.82	-	2	0.0%	Aucun
Chlorures	mg.l ⁻¹	18	2.94	2.10	7.00	200	250	0.0%	Aucun
Sulfates	mg.l ⁻¹	17	7.44	6.40	9.20	250	250	0.0%	Aucun
Calcium	mg.l ⁻¹	17	92.34	82.00	115.50	-	-	0.0%	Aucun
Magnésium	mg.l ⁻¹	17	8.45	1.79	11.10	-	-	0.0%	Aucun
Sodium	mg.l ⁻¹	17	1.68	1.10	2.90	200	200	0.0%	Aucun
Potassium	mg.l ⁻¹	14	0.86	0.58	1.20	-	-	0.0%	Aucun
Ammonium	mg.l ⁻¹	18	0.03	0.06	0.06	4	0.1	0.0%	Aucun
Fluorure Anion	µg.l ⁻¹	5	0.06	0.07	0.08	-	1500	0.0%	Aucun
Nitrates	mg.l ⁻¹	18	4.59	3.40	12.40	100	50	0.0%	Aucun
Titre alcalimétrique complet (T.A.C.)	°f	7	25.31	23.50	29.00	-	-	0.0%	Aucun
Dureté totale	°f	7	27.04	24.70	32.00	-	-	0.0%	Aucun
MÉTAUX									
Aluminium	µg/l	6	5.83	10.00	10.00	-	200	0.0%	Aucun
Antimoine	µg/l	11	0.60	0.05	0.05	-	5	0.0%	Aucun
Arsenic	µg/l	11	1.19	0.09	0.09	-	10	0.0%	Aucun
Bore	µg/l	11	9.22	6.40	10.00	-	1000	0.0%	Aucun
Cadmium	µg/l	17	0.48	0.12	0.12	5	5	0.0%	Aucun
Cuivre	µg/l	6	<LQ	<50	<50000	-	1000/2000	0.0%	Aucun
Fer	µg/l	18	17.36	0.00	80.00	-	200	0.0%	Aucun
Manganèse	µg/l	16	8.77	0.07	0.22	-	50	0.0%	Aucun
Nickel	µg/l	11	2.74	<0.2	<10	-	20	0.0%	Aucun
Plomb	µg/l	6	5.00	<10	<10	-	10	0.0%	Aucun
Sélénium	µg/l	11	1.66	<0.5	<10	10	10	0.0%	Aucun
Zinc	µg/l	6	32.50	70.00	70.00	5000	-	0.0%	Aucun
PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES									
Escherichia coli (E. coli)	n/100ml	11	1.09	7.00	7.00	20000	0	9.1%	1 analyse
Enterocoques	n/100ml	10	1.90	0.00	16.00	10000	0	10.0%	1 analyse
Coliformes	n/100ml	7	43.21	0.00	300.00	-	0	28.6%	2 analyses
Micro-organismes revivifiables à 20°C	n/ml	1	85.00	85.00	85.00	-	pas de variation dans un	NC	/
HAP (6 principaux considérés par l'OMS)									
Fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(a)pyrène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	0.01	0.0%	Aucun
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	6	0.010	<0.02	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	6	0.010	<0.02	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
HAP somme(6)	µg/l	6	<LQ	0.00	0.00	1	-	0.0%	Aucun
POLLUANTS ORGANIQUES									
Toluene	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Ethylbenzène	µg/l	1	0.10	<0.2	<0.2	-	-	0.0%	Aucun
Xylène	µg/l	1	0.02	<0.03	<0.03	-	-	0.0%	Aucun
Dibromoéthane-1,2	µg/l	1	0.01	<0.02	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
Dichloroéthylène-1,2 cis	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Dichlorométhane	µg/l	1	2.50	<5	<5	-	-	0.0%	Aucun
Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène	µg/l	11	0.27	<0.5	<1	-	10	0.0%	Aucun
Trichloroéthane-1,1,1	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Trichloroéthylène	µg/l	11	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Dibromométhane	µg/l	1	0.50	<1	<1	-	-	0.0%	Aucun
Bromochlorométhane	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
PESTICIDES DÉTECTÉS									
Fenpropidine	µg/l	5	0.008	0.024	0.024	2	0.1	0.0%	Aucun
Somme des pesticides totaux	µg/l	4	0.194	0.024	0.024	5	0.5	0.0%	Aucun

Puits Nord (SIE Vouglans) - BSS001PCUZ

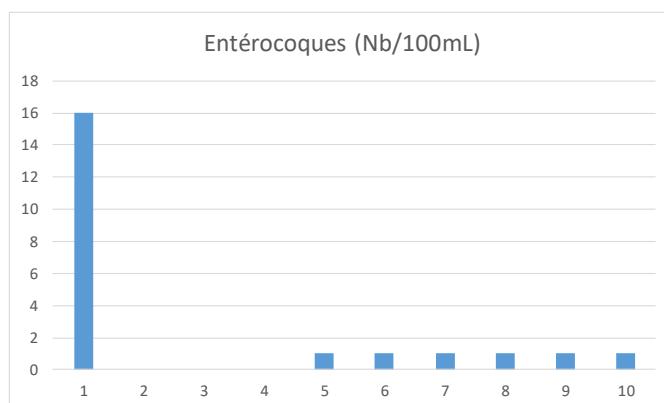
Campagne	Date	Nitrates (mg/L)
1	11/06/1990	12.4
2	31/03/1992	3.8
3	17/10/1994	3.8
4	29/04/1996	3.4
5	30/03/1998	3.9
6	21/09/1999	3.6
7	12/10/2001	4.8
8	08/07/2006	4.2
9	17/09/2007	3.9
10	26/03/2009	3.9
11	10/04/2011	4.6
12	14/11/2011	4.6
13	03/05/2013	3.6
14	30/03/2015	3.5
15	30/07/2015	3.9
16	15/03/2017	5.5
17	22/10/2019	4.9
18	04/08/2021	4.4



Campagne	Date	Turbidité (NFU)
1	31/03/1992	0.18
2	17/10/1994	0.25
3	29/04/1996	0.17
4	30/03/1998	0.44
5	21/09/1999	0.38
6	12/10/2001	0.28
7	08/07/2006	0.2
8	17/09/2007	0.1
9	26/03/2009	0.24
10	10/04/2011	0.42
11	14/11/2011	0.29
12	03/05/2013	0.18
13	30/03/2015	0.19
14	30/07/2015	0.82
15	15/03/2017	0.34
16	22/10/2019	0.35
17	04/08/2021	0.2



Campagne	Date	Entérocoques (Nb/100mL)
1	11/06/1990	16
2	31/03/1992	0
3	17/10/1994	0
4	29/04/1996	0
5	30/03/1998	1
6	21/09/1999	1
7	12/10/2001	1
8	08/07/2006	1
9	17/09/2007	1
10	26/03/2009	1

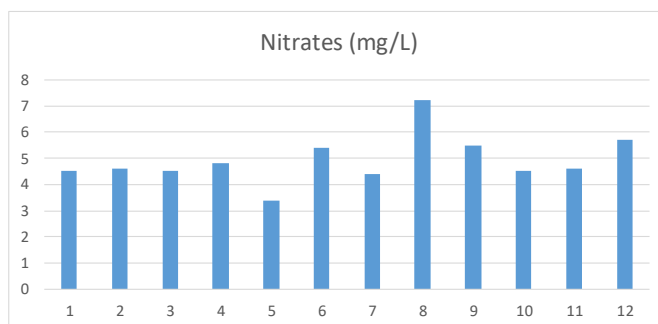


2.3.3 Puits Centre – SIE Vouglans

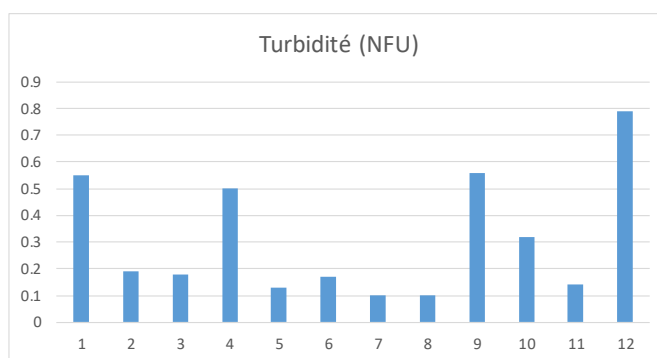
Données disponibles	du	31/03/1992		au	17/09/2019					
Paramètres analysés dans l'ouvrage BSS001PCUJ - Puits Centre	Unité	Nbr de mesures	Moy. (avec valeurs <LQ)	Min.	Max.	Limites et références du Code de la Santé Publique		Dépassements pour l'eau distribuée		
						Eau brute	Eau distribuée	%	Nombre	
PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET IONS MAJEURS										
Température de l'Eau	°C	12	10.58	7.00	13.80	25	25	0.0%	Aucun	
Potentiel en Hydrogène (pH)	-	19	7.35	7.10	7.70	-	6.5 à 9	0.0%	Aucun	
Conductivité à 25°C	µS.cm ⁻¹	11	489.00	459.00	523.00	-	200 à 1100	0.0%	Aucun	
Turbidité Formazine Néphélométrique	NFU	12	0.30	0.13	0.79	-	2	0.0%	Aucun	
Chlorures	mg.l ⁻¹	12	2.85	2.40	3.80	200	250	0.0%	Aucun	
Sulfates	mg.l ⁻¹	12	7.42	6.30	9.40	250	250	0.0%	Aucun	
Calcium	mg.l ⁻¹	12	91.90	82.40	98.60	-	-	0.0%	Aucun	
Magnésium	mg.l ⁻¹	12	8.90	7.94	9.80	-	-	0.0%	Aucun	
Sodium	mg.l ⁻¹	12	1.64	0.90	2.10	200	200	0.0%	Aucun	
Potassium	mg.l ⁻¹	10	1.32	0.60	4.80	-	-	0.0%	Aucun	
Ammonium	mg.l ⁻¹	12	0.02	0.01	0.01	4	0.1	0.0%	Aucun	
Fluorure Anion	µg.l ⁻¹	3	0.08	0.07	0.09	-	1500	0.0%	Aucun	
Nitrates	mg.l ⁻¹	12	4.93	3.40	7.20	100	50	0.0%	Aucun	
Titre alcalimétrique complet (T.A.C.)	°f	6	25.48	24.65	27.60	-	-	0.0%	Aucun	
Dureté totale	°f	5	26.86	26.00	28.40	-	-	0.0%	Aucun	
MÉTAUX										
Aluminium	µg/l	5	5.00	<10	<10	-	200	0.0%	Aucun	
Antimoine	µg/l	7	0.65	<0.05	<2.5	-	5	0.0%	Aucun	
Arsenic	µg/l	7	1.29	0.06	0.06	-	10	0.0%	Aucun	
Bore	µg/l	7	11.33	9.30	9.30	-	1000	0.0%	Aucun	
Cadmium	µg/l	12	0.46	0.02	0.02	5	5	0.0%	Aucun	
Cuivre	µg/l	5	<LQ	<50	<50000	-	2000	0.0%	Aucun	
Fer	µg/l	12	17.13	15.00	15.00	-	200	0.0%	Aucun	
Manganèse	µg/l	10	9.53	0.34	0.34	-	50	0.0%	Aucun	
Nickel	µg/l	7	4.70	12.90	12.90	-	20	0.0%	Aucun	
Plomb	µg/l	5	5.00	<10	<10	-	10	0.0%	Aucun	
Sélénium	µg/l	7	2.04	<0.5	<10	10	10	0.0%	Aucun	
Zinc	µg/l	5	25.00	<50	<50	5000	-	0.0%	Aucun	
PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES										
Escherichia coli (E. coli)	n/100ml	7	1.29	6.00	6.00	20000	0	14.3%	1 analyse	
Enterocoques	n/100ml	8	0.31	0.00	<1	10000	0	0.0%	Aucun	
Coliformes	n/100ml	7	43.21	0.00	5.00	-	0	40.0%	2 analyses	
HAP (6 principaux considérés par l'OMS)										
Fluoranthène	µg/l	5	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun	
Benzo(a)pyrène	µg/l	5	0.007	<0.01	0.014	-	0.01	0.0%	Aucun	
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	5	0.007	<0.01	0.013	-	-	0.0%	Aucun	
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	5	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun	
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	5	0.009	<0.01	<0.02	-	-	0.0%	Aucun	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	5	0.009	<0.01	<0.02	-	-	0.0%	Aucun	
HAP somme(6)	µg/l	5	0.007	<0.06	0.03	1	-	0.0%	Aucun	
POLLUANTS ORGANIQUES										
Toluene	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun	
Ethylbenzène	µg/l	1	0.10	<0.2	<0.2	-	-	0.0%	Aucun	
Xylène	µg/l	1	0.02	<0.03	<0.03	-	-	0.0%	Aucun	
Dibromoéthane-1,2	µg/l	1	0.01	<0.02	<0.02	-	-	0.0%	Aucun	
Dichloroéthylène-1,2 cis	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun	
Dichlorométhane	µg/l	1	2.50	<5	<5	-	-	0.0%	Aucun	
Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène	µg/l	7	0.29	<0.5	<1	-	10	0.0%	Aucun	
Trichloroéthane-1,1,1	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun	
Trichloroéthylène	µg/l	7	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun	
Dibromométhane	µg/l	1	0.50	<1	<1	-	-	0.0%	Aucun	
Bromochlorométhane	µg/l	1	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun	
PESTICIDES DÉTECTÉS										
Aucun pesticide détecté										

Puits Centre (SIE Vouglans) - BSS001PCUJ

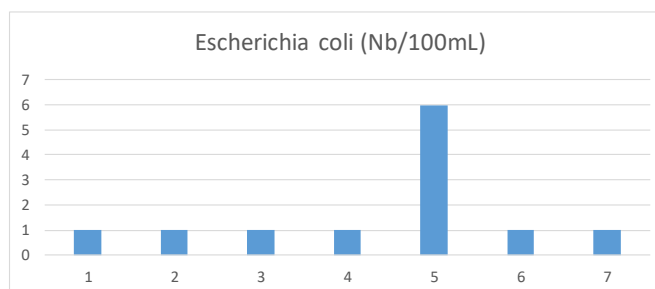
Campagne	Date	Nitrates (mg/L)
1	31/03/1992	4.5
2	17/10/1994	4.6
3	29/04/1996	4.5
4	30/03/1998	4.8
5	15/10/2002	3.4
6	07/06/2005	5.4
7	02/07/2007	4.4
8	10/12/2009	7.2
9	19/11/2013	5.5
10	21/10/2015	4.5
11	17/10/2017	4.6
12	17/09/2019	5.7



Campagne	Date	Turbidité (NFU)
1	31/03/1992	0.55
2	17/10/1994	0.19
3	29/04/1996	0.18
4	30/03/1998	0.5
5	15/10/2002	0.13
6	07/06/2005	0.17
7	02/07/2007	0.1
8	10/12/2009	0.1
9	19/11/2013	0.56
10	21/10/2015	0.32
11	17/10/2017	0.14
12	17/09/2019	0.79



Campagne	Date	Escherichia coli (Nb/100mL)
1	07/06/2005	1
2	02/07/2007	1
3	10/12/2009	1
4	19/11/2013	1
5	21/10/2015	6
6	17/10/2017	1
7	17/09/2019	1

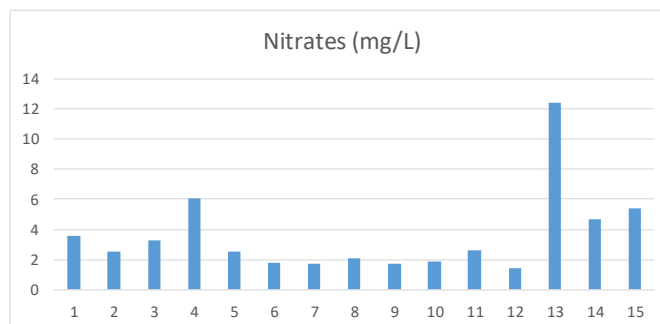


2.3.4 Puits Sud – SIE Vouglans

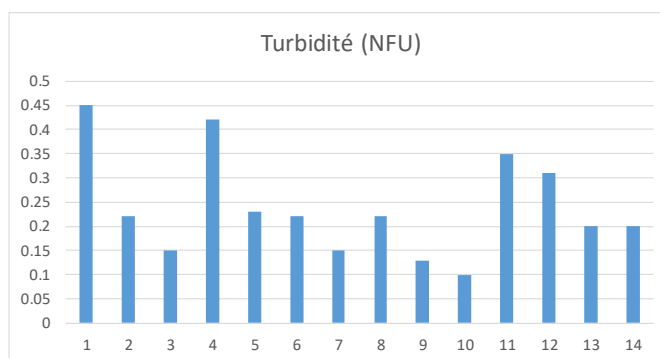
Données disponibles	du	11/06/1990		au	19/05/2020				
Paramètres analysés dans l'ouvrage BSS001PCUX - Puits Sud	Unité	Nbr de mesures	Moy. (avec valeurs <LQ)	Min.	Max.	Limites et références du Code de la Santé Publique		Dépassements pour l'eau distribuée	
						Eau brute	Eau distribuée	%	Nombre
PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES ET IONS MAJEURS									
Température de l'Eau	°C	14	10.15	7.00	14.40	25	25	0.0%	Aucun
Potentiel en Hydrogène (pH)	-	23	7.33	7.10	7.75	-	6.5 à 9	0.0%	Aucun
Conductivité à 25°C	µS.cm ⁻¹	13	493.38	456.00	538.00	-	200 à 1100	0.0%	Aucun
Turbidité Formazine Néphélométrique	NFU	14	0.22	0.13	0.45	-	2	0.0%	Aucun
Chlorures	mg.l ⁻¹	15	4.31	2.80	10.00	200	250	0.0%	Aucun
Sulfates	mg.l ⁻¹	14	7.87	4.30	15.90	250	250	0.0%	Aucun
Calcium	mg.l ⁻¹	14	94.75	84.00	108.90	-	-	0.0%	Aucun
Magnésium	mg.l ⁻¹	14	7.61	3.20	10.10	-	-	0.0%	Aucun
Sodium	mg.l ⁻¹	14	2.30	1.20	3.00	200	200	0.0%	Aucun
Potassium	mg.l ⁻¹	12	0.63	0.50	0.90	-	-	0.0%	Aucun
Ammonium	mg.l ⁻¹	15	0.02	<0.01	<0.06	4	0.1	0.0%	Aucun
Fluorure Anion	µg.l ⁻¹	3	0.08	0.08	0.08	-	1500	0.0%	Aucun
Nitrates	mg.l ⁻¹	15	3.58	1.40	12.40	100	50	0.0%	Aucun
Titre alcalimétrique complet (T.A.C.)	°f	8	24.59	22.50	26.40	-	-	0.0%	Aucun
Dureté totale	°f	7	26.11	24.50	27.70	-	-	0.0%	Aucun
MÉTAUX									
Aluminium	µg/l	6	5.83	10.00	10.00	-	200	0.0%	Aucun
Antimoine	µg/l	8	0.48	<0.05	<2.5	-	5	0.0%	Aucun
Arsenic	µg/l	8	0.96	0.09	0.10	-	10	0.0%	Aucun
Bore	µg/l	8	11.98	6.50	18.00	-	1000	0.0%	Aucun
Cadmium	µg/l	14	0.43	<0.01	<1	5	5	0.0%	Aucun
Cuivre	µg/l	6	12512.50	<50	<50000	-	2000	0.0%	Aucun
Fer	µg/l	15	13.80	0.00	11.00	-	200	0.0%	Aucun
Manganèse	µg/l	12	8.45	0.43	0.43	-	50	0.0%	Aucun
Nickel	µg/l	8	2.30	0.30	0.60	-	20	0.0%	Aucun
Plomb	µg/l	6	5.00	<10	<10	-	10	0.0%	Aucun
Sélénium	µg/l	8	1.31	<0.5	<10	10	10	0.0%	Aucun
Zinc	µg/l	6	25.00	<50	<50	5000	-	0.0%	Aucun
PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES									
Escherichia coli (E. coli)	n/100ml	8	1.94	<1	12.00	20000	0	12.5%	1 analyse
Enterocoques	n/100ml	10	1.60	0.00	13.00	10000	0	10.0%	1 analyse
Coliformes	n/100ml	7	2.50	0.00	15.00	-	0	28.6%	2 analyses
Micro-organismes revivifiables à 20°C	n/ml	1	15.00	15.00	15.00	-	pas de variation dans un rapport de 10	NC	/
HAP (6 principaux considérés par l'OMS)									
Fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(a)pyrène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	0.01	0.0%	Aucun
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	6	0.005	<0.01	<0.01	-	-	0.0%	Aucun
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	6	0.009	<0.01	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	6	0.009	<0.01	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
HAP somme(6)	µg/l	6	<LQ	0.00	0.00	1	-	0.0%	Aucun
POLLUANTS ORGANIQUES									
Toluene	µg/l	2	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Ethylbenzène	µg/l	2	0.10	<0.2	<0.2	-	-	0.0%	Aucun
Xylène	µg/l	2	0.02	<0.03	<0.03	-	-	0.0%	Aucun
Dibromoéthane-1,2	µg/l	2	0.01	<0.02	<0.02	-	-	0.0%	Aucun
Dichloroéthylène-1,2 cis	µg/l	2	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Dichlorométhane	µg/l	2	2.50	<5	<5	-	-	0.0%	Aucun
Somme du tetrachloroéthylène et du trichloroéthylène	µg/l	8	0.25	<0.5	<0.5	-	10	0.0%	Aucun
Trichloroéthane-1,1,1	µg/l	2	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Trichloroéthylène	µg/l	8	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
Dibromométhane	µg/l	2	0.50	<1	<1	-	-	0.0%	Aucun
Bromochlorométhane	µg/l	2	0.25	<0.5	<0.5	-	-	0.0%	Aucun
PESTICIDES DÉTECTÉS									
Aucun pesticide détecté									

Puits Sud (SIE Vouglans) - BSS001PCUX

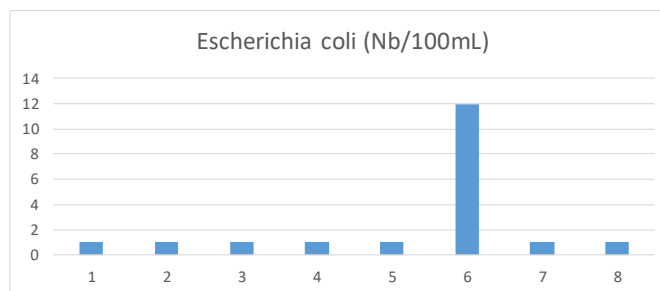
Campagne	Date	Nitrates (mg/L)
1	06/11/1990	3.54
2	31/03/1992	2.5
3	17/10/1994	3.3
4	29/04/1996	6.1
5	30/03/1998	2.5
6	31/07/2000	1.8
7	17/11/2003	1.7
8	09/10/2006	2.1
9	03/06/2008	1.7
10	25/03/2010	1.9
11	13/03/2012	2.6
12	24/04/2014	1.4
13	23/05/2016	12.4
14	22/11/2018	4.7
15	19/05/2020	5.4



Campagne	Date	Turbidité (NFU)
1	31/03/1992	0.45
2	17/10/1994	0.22
3	29/04/1996	0.15
4	30/03/1998	0.42
5	31/07/2000	0.23
6	17/11/2003	0.22
7	09/10/2006	0.15
8	03/06/2008	0.22
9	25/03/2010	0.13
10	13/03/2012	0.1
11	24/04/2014	0.35
12	23/05/2016	0.31
13	22/11/2018	0.2
14	19/05/2020	0.2



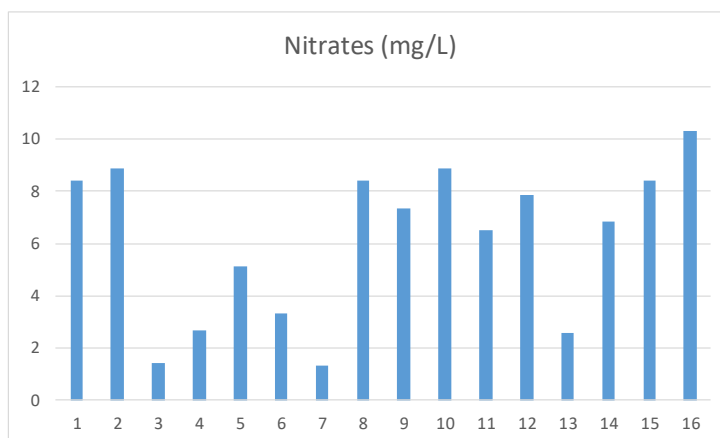
Campagne	Date	Escherichia coli (Nb/100mL)
1	09/10/2006	1
2	03/06/2008	1
3	25/03/2010	1
4	13/03/2012	1
5	24/04/2014	1
6	23/05/2016	12
7	22/11/2018	1
8	19/05/2020	1



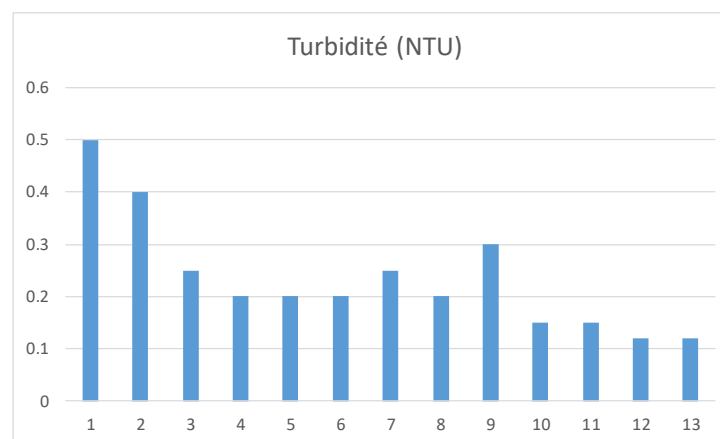
2.3.5 Puits de Blye

Puits de Blye - BSS001PCVX

Campagne	Date	Nitrates (mg/L)
1	24/01/1989	8.42
2	04/04/1990	8.86
3	06/05/1992	1.42
4	09/07/1992	2.66
5	08/07/1993	5.14
6	21/04/1994	3.32
7	30/05/1995	1.33
8	16/07/1996	8.42
9	01/09/1997	7.35
10	15/06/1998	8.86
11	29/06/1999	6.51
12	03/07/2000	7.84
13	19/09/2001	2.57
14	24/11/2004	6.84
15	28/06/2012	8.4
16	20/04/2017	10.3



Campagne	Date	Turbidité (NTU)
1	08/07/1993	0.5
2	21/04/1994	0.4
3	30/05/1995	0.25
4	16/07/1996	0.2
5	01/09/1997	0.2
6	15/06/1998	0.2
7	29/06/1999	0.25
8	03/07/2000	0.2
9	19/09/2001	0.3
10	22/03/2004	0.15
11	24/11/2004	0.15
12	28/06/2012	0.12
13	20/04/2017	0.12



3. Etude approfondie du fonctionnement hydrogéologique de la plaine

3.1 Mise en place d'un réseau piézométrique complémentaire

3.1.1 Implantation du réseau piézométrique

Un réseau piézométrique complémentaire a été proposé et validé lors du COTECH du 20/05/2021. Les piézomètres ont été placés pour couvrir au maximum la plaine alluviale, apporter des éléments sur la géométrie des alluvions dans les secteurs les moins connus, et des données quantitatives pour le calage du modèle hydrogéologique. La position précise des piézomètres a été définie en fonction des contraintes foncières, en maximisant les parcelles publiques.

8 piézomètres ont été retenus :

- PzA et Pz B : étudier le comportement de la nappe dans la partie Nord, les apports par les versants, l'influence de la lône du Sauget et la propagation des ondes de crues ;
- PzC et PzD : étudier la rive droite de la plaine au niveau du captage de Blye, évaluer les apports de la rivière par le nord, l'est et le sud ;
- PzE et PzF : étudier les gradients entre l'Ain et les captages Nord et Centre du SIE Vouglans ;
- PzH : étudier le comportement de la nappe alluviale en rive droite au niveau de l'ancienne carrière ;
- PzJ étudier les apports de versants au niveau du puits de Mesnois.

Une carte de localisation des piézomètres est présentée en **Figure 12**.

3.1.2 Réalisation des piézomètres

Une première phase de travaux a eu lieu en juin 2021 (du 7 au 10/06/2021) avec des forages au marteau fond de trou avec injection d'eau. A l'issu des premières mesures, 4 piézomètres ont été identifiés comme dysfonctionnels (PzA, PzB, PzC et PzH) : la base des crépines était au-dessus du niveau des argiles, et ces piézomètres étaient secs. Une seconde phase de travaux (du 30/08/2021 au 01/09/2021) a donc été réalisée pour refaire ces 4 piézomètres en posant la base des crépines au niveau des argiles. Pour ces nouveaux travaux, les forages ont été réalisés par carottage à la Sonic (méthode permettant une identification très précise des terrains).

Les erreurs de la première campagne sont en partie dues à la méthode de forage qui ne permet pas une identification fine des terrains (peu de remontées de cuttings) mais également à la présence de niveaux argileux intermédiaires au sein des alluvions. Ces niveaux se présentent sous forme d'alluvions pris dans une matrice argileuse sèche et sont différents des argiles glacio-lacustres (qui sont des argiles pures, sans graviers ni sables et complètement hydratées). Ces niveaux sont très probablement des moraines wurmiennes, déposées lors d'un retour du glacier après avoir entamé sa débâcle, recouvrant les premières alluvions fluvioglaciales déposées sur les argiles glacio-lacustres.

Une planche photographique des travaux et des terrains rencontrés est présentée en **Figure 13**. Les coupes des piézomètres sont présentées en **Annexe 2**.

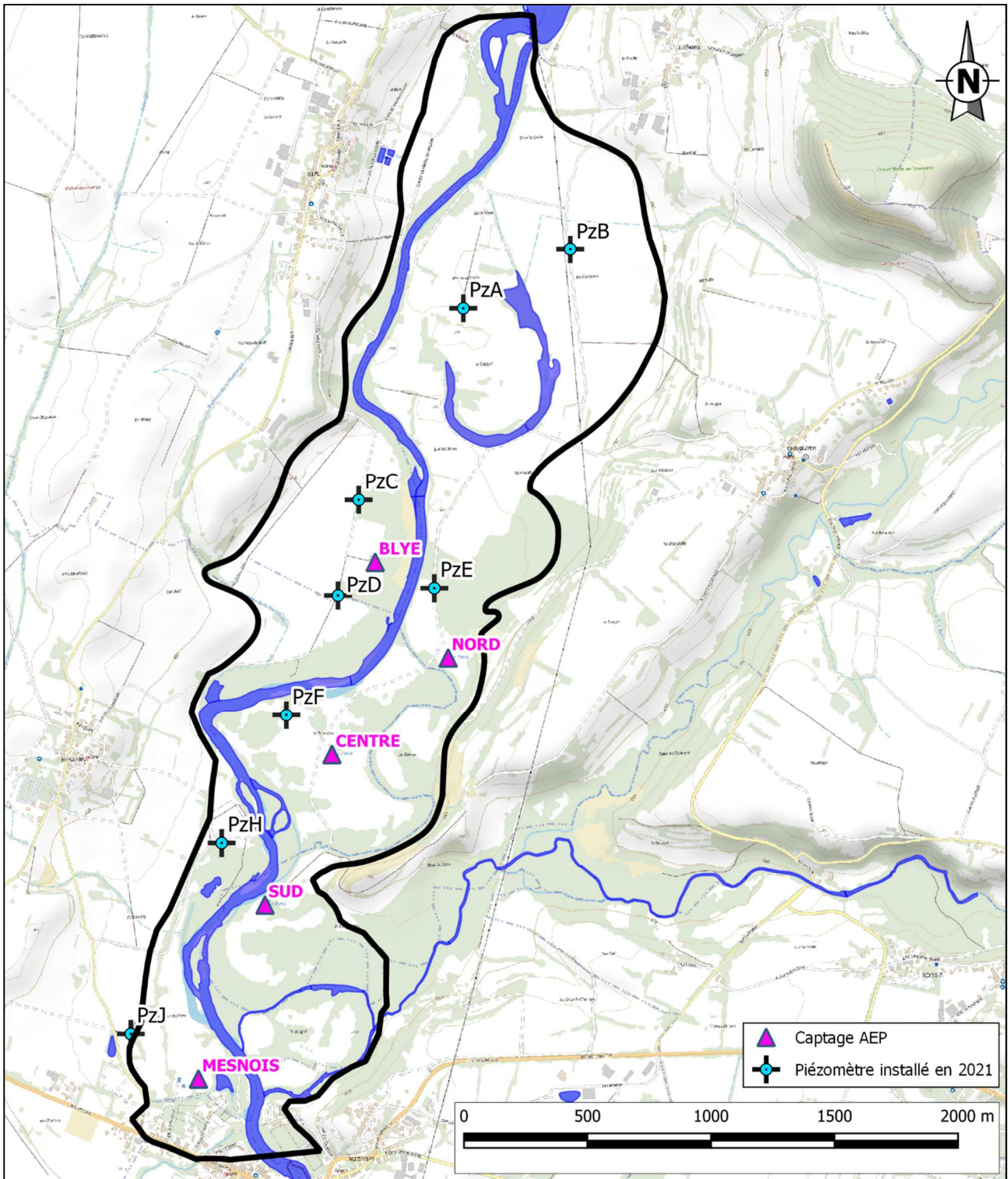


Figure 12 : Implantation des piézomètres forés



**Figure 13 : Illustration des travaux : marteau fond de trou à gauche, Sonic à droite, détail (au centre) de l'interface alluvions (sables, graviers et galets) et argiles glacio-lacustres identifié sur PzA.
En bas : photo des moraines argilo-graveleuses sèches (sur PzC).**

3.2 Géométrie des alluvions de l'Ain

La géométrie de l'aquifère a été étudiée à partir de l'ensemble des données issues de la BSS afin d'obtenir les côtes du toit et du mur des graviers. A ces données bibliographiques ont été ajoutées les données issues des reconnaissances géologiques faites lors de la pose des piézomètres, qui ont notamment permis de réduire l'étendue de la plaine alluviale au niveau du PzJ, qui n'a reconnu que des argiles dès la surface. Les observations de terrain directes ont également été prises en compte, notamment concernant 2 affleurements de calcaires visibles dans le lit de l'Ain. A partir de ce jeu de données, des isohypses ont pu être tracées sur toute la vallée (**Figure 15**). Cette interpolation donne une structure globalement tabulaire, confirmée par les profils géophysiques réalisées par un projet étudiant encadré par le CD39 en 2019 (**Figure 14**). Ces profils géophysiques ne sont implantés précisément et ne peuvent donc pas être recollés en altitude, cependant ils confirment quand même la faible épaisseur des alluvions, leur continuité latérale, la présence quasi-continue d'une couverture limoneuse peu perméable, la bordure latérale nettement marquée de l'aquifère au niveau des Foreaux argileux. A partir de l'ensemble de ces données, nous avons pu réaliser quatre coupes géologiques en travers de la combe (**Figure 16**).

Nous constatons une asymétrie des alluvions, avec une plus grande profondeur en rive gauche de l'Ain. Ce constat explique la différence très nette de productivité entre le puits de Blye en rive droite et les puits du SIE Vouglans en rive gauche : le puits de Blye présente une très faible épaisseur mouillée, son fond étant quasiment au même niveau que l'Ain, tandis que les puits du syndicat sont plus profonds et bénéficient d'une tranche aquifère mouillée bien plus épaisse (Coupe B).

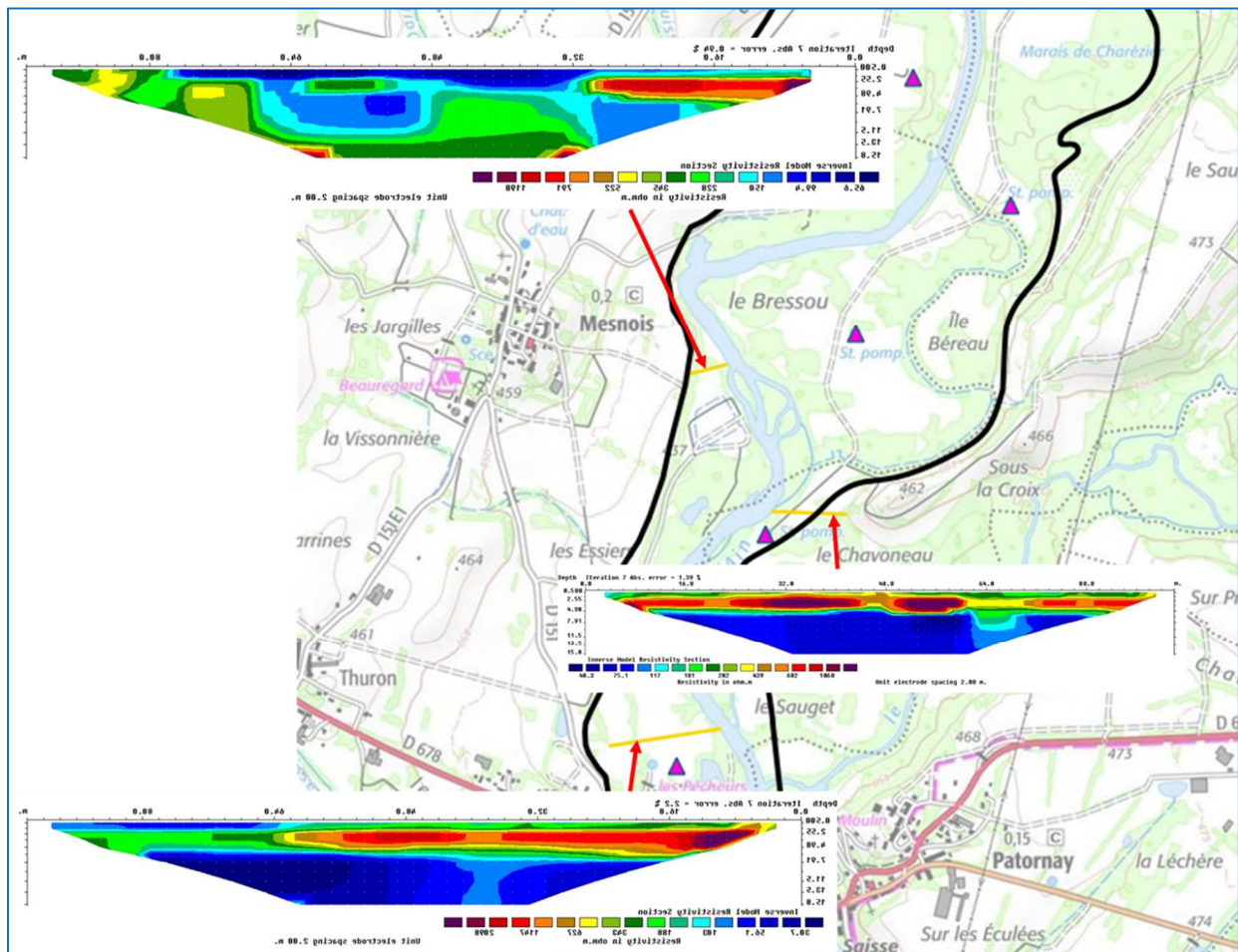


Figure 14 : Localisation des profils géophysiques réalisés par le CD39 et des étudiants en 2019

► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
3. Etude approfondie du fonctionnement hydrogéologique de la plaine

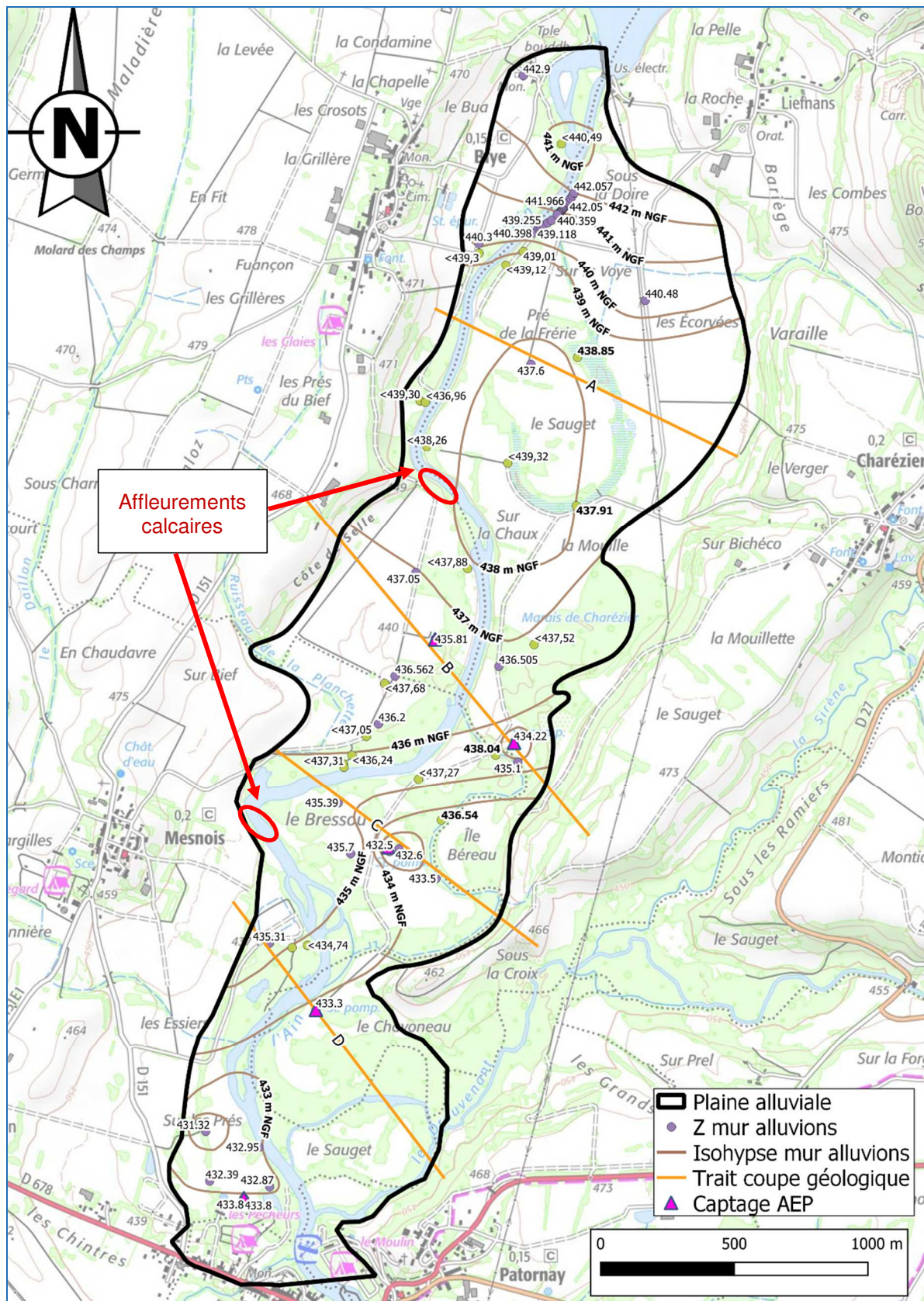
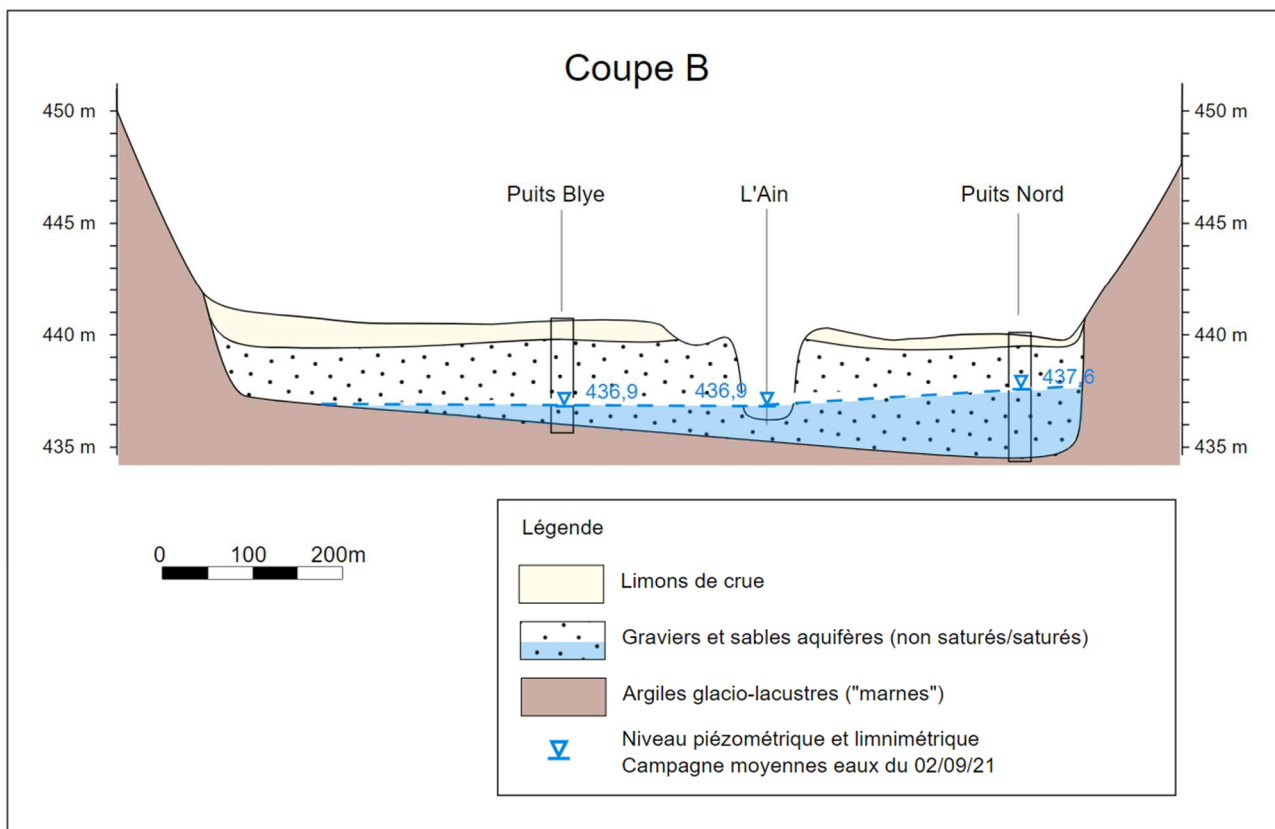
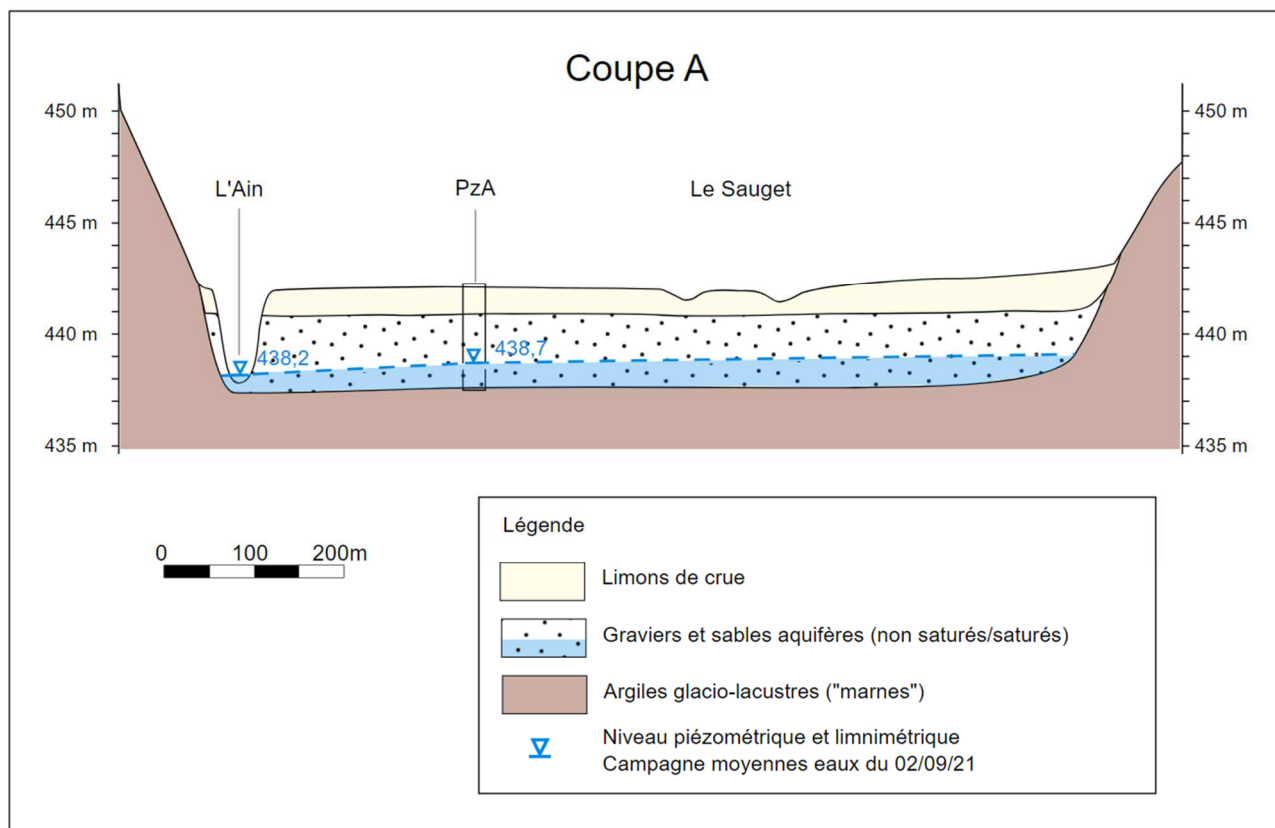


Figure 15 : Carte des isohypses du mur des alluvions de la combe d'Ain

► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
3. Etude approfondie du fonctionnement hydrogéologique de la plaine



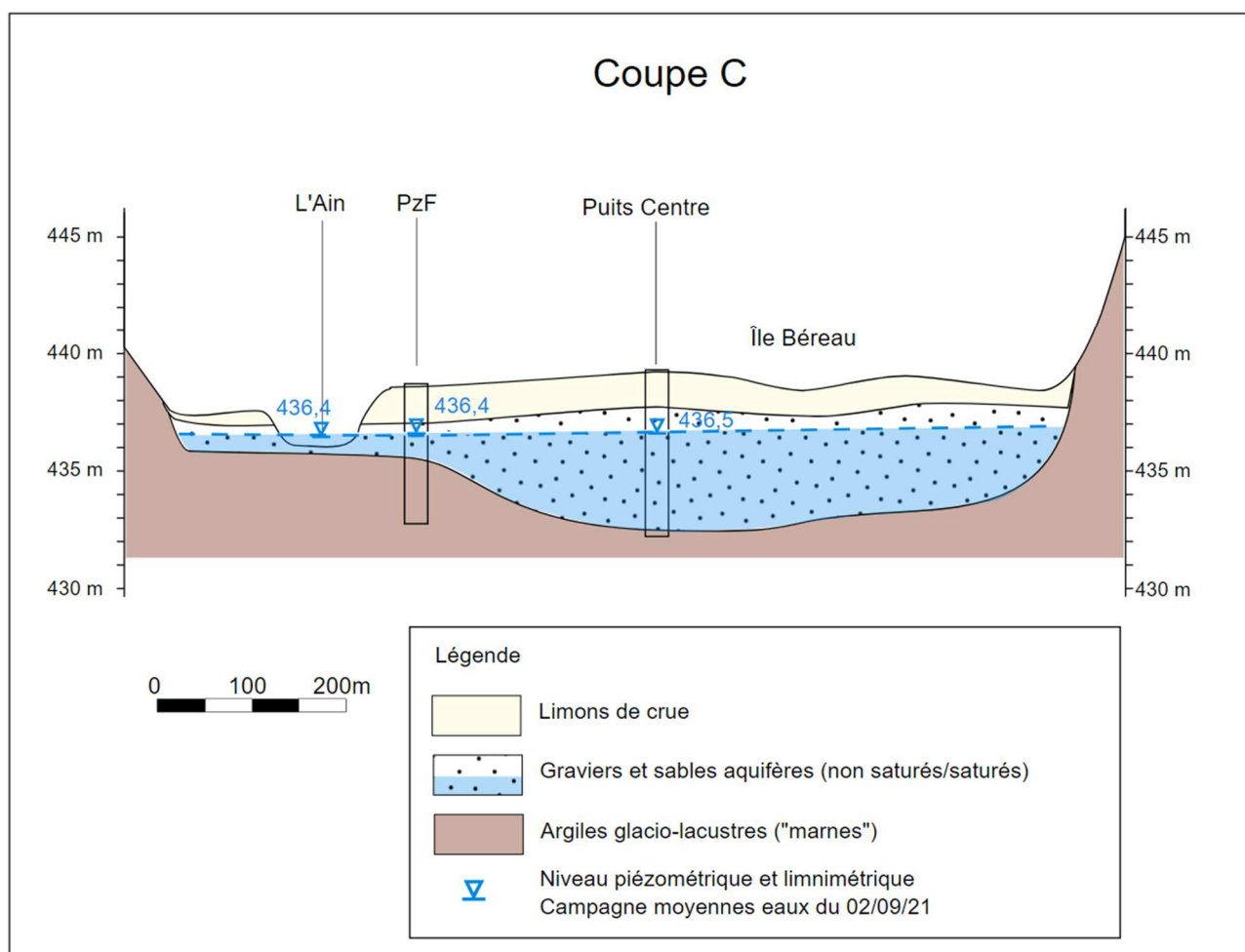


Figure 16 : Coupes hydrogéologiques au droit de la Combe d'Ain. Les coupes sont localisées sur la carte ci-avant)

3.3 Piézométrie générale de la vallée

Deux situations piézométriques sont retenues, une en hautes eaux, datant du 15/07/2021 et une en basses eaux du 02/09/2021.

La campagne de hautes eaux a été réalisée au pendant de la crue de l'Ain (débit moyen journalier du 15/07/2022 à Pont de Poitte : 271 m³/s), avec une piézométrie reconstituée à partir des données enregistrées sur les sondes et des fils d'eau issus du modèle 2D hydrodynamique de l'Ain.

La campagne de basses eaux a été réalisée à l'étiage annuel de l'Ain (débit moyen journalier du 02/09/2022 à Pont de Poitte : 4,6 m³/s), avec une piézométrie issue de mesures manuelles sur tous les ouvrages et puits, ainsi que des fils d'eau de l'Ain nivelés au GPS.

Les résultats sont interpolés à la main et sont présentés en **Figure 17** et **Figure 18**. Ces résultats servent de base de calage pour le modèle hydrogéologique (cf. § 4.3).

3.3.1 Hautes eaux (15/07/2021)

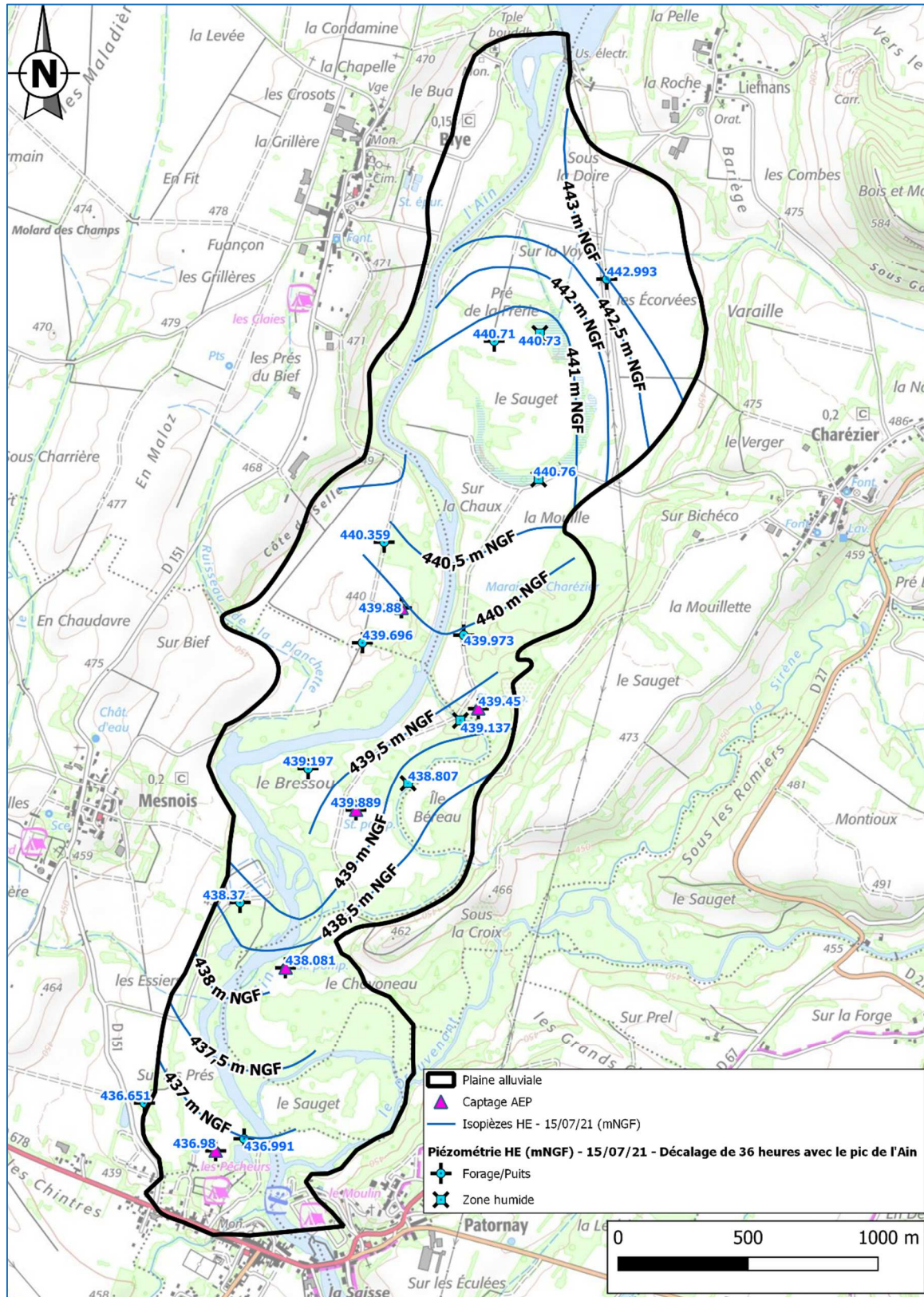


Figure 17 : Carte piézométrique en situation de hautes eaux, du 15/07/2022

3.3.2 Basses eaux (02/09/2021)

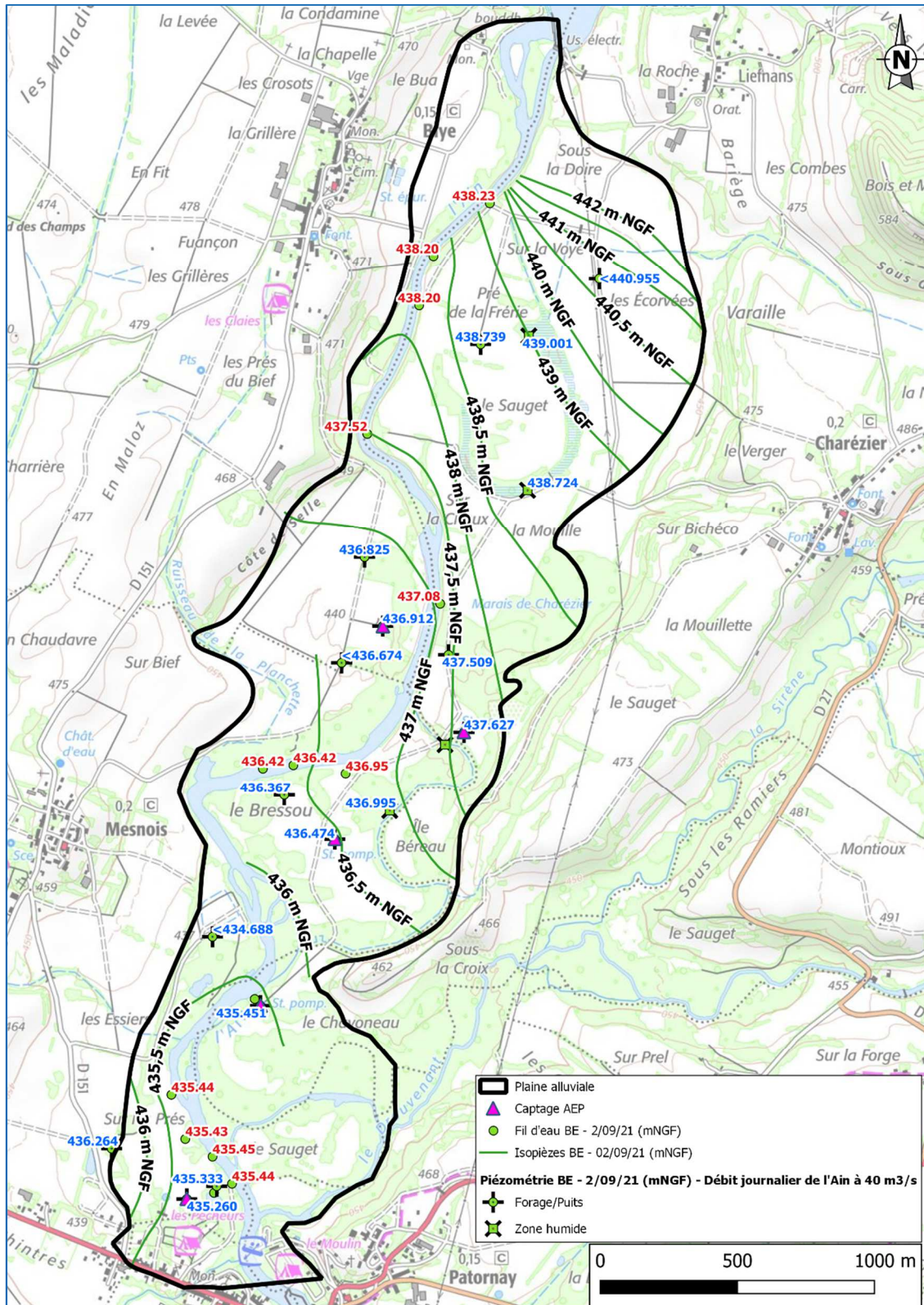


Figure 18 : Carte piézométrique en situation de basses eaux, du 02/09/2022

3.4 Essais de pompages sur les ouvrages

Afin de caler les échanges nappe-rivière dans le modèle hydrogéologique, un essai de pompage synchronisé sur l'ensemble des ouvrages AEP de la plaine a été organisé du 23/06/2021 15h00 au 24/06/2021 15h00. Les niveaux étaient suivis dans les piézomètres et puits. L'essai s'est déroulé sans problème, à part sur le puits de Mesnois où le réseau électrique a été frappé par la foudre, et l'essai a dû être interrompu.

L'influence des pompages est visible sur les suivis longue durée présentés au § 3.5.

3.5 Suivi piézométrique longue durée

Un suivi piézométrique de longue durée a été mis en place sur **les 8 piézomètres forés** (PzA, PzB, PzC, PzD, PzE, PzF, PzH et PzJ par GINGER BURGEAP), sur **les 5 puits AEP** (Blye, Puits Nord, Puits Centre et Puits Sud par les gestionnaires respectifs et le puits de Mesnois par GINGER BURGEAP), sur **un ancien piézomètre retrouvé entre le puits de Mesnois et l'Ain** (PzMesnois, suivi par GINGER BURGEAP) et sur **4 piézomètres superficiels** suivis par DYNAMIQUE HYDRO, implantés dans les zones humides du Sauget (Sauget Amont et Sauget Aval) et du l'île Béreau (Béreau Amont et Béreau Aval).

La localisation des 18 points de suivis est présentée en **Figure 19**.

Les études des suivis se font par sous-secteurs de la plaine alluviale.

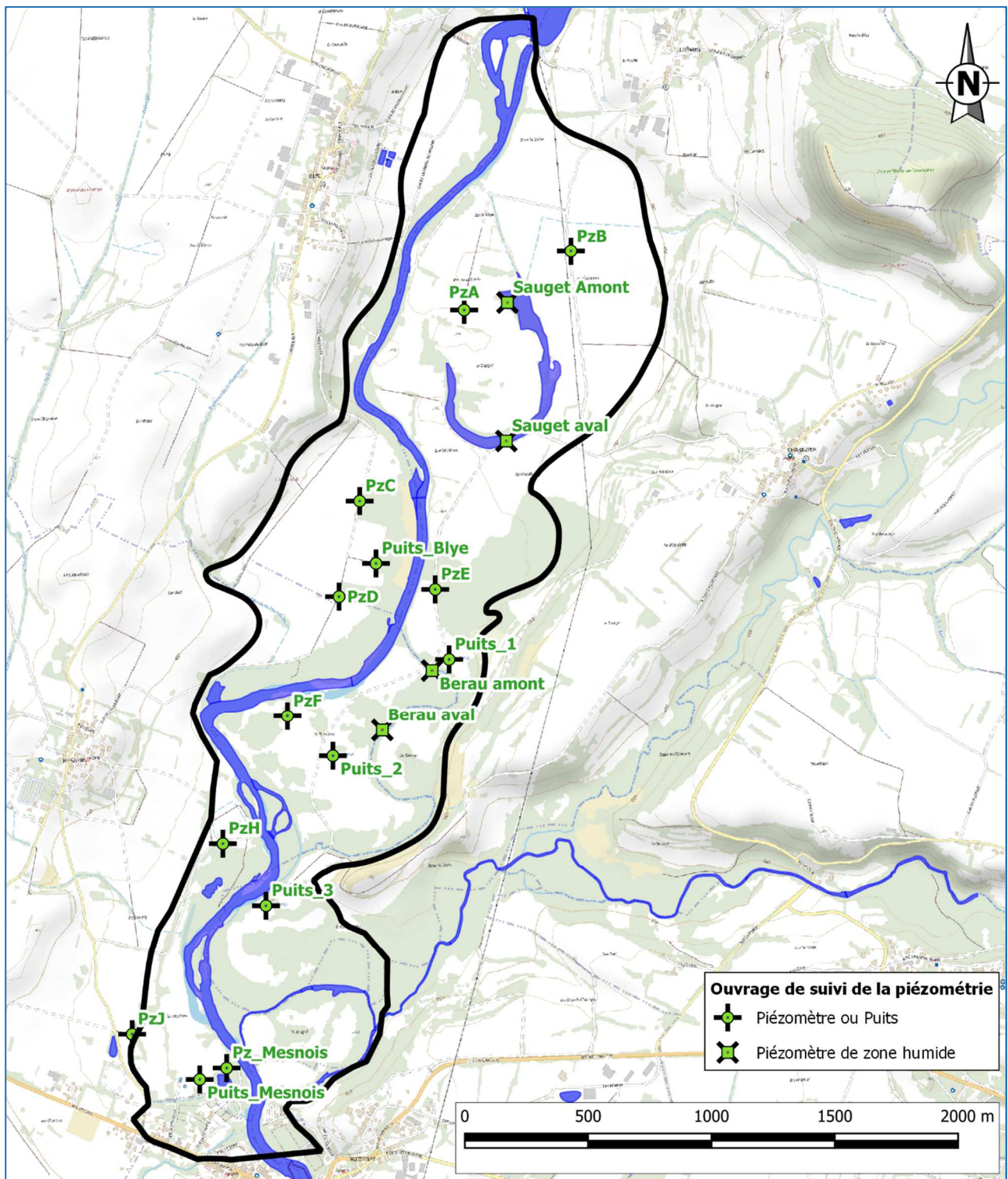


Figure 19 : Points de suivi du niveau de nappe en continu dans la combe d'Ain

3.5.1 Secteur Nord : déconnexion de l'Ain et zone humide du Sauget

La terrasse Nord est très large en rive gauche et traversée par la zone humide du Sauget, surcreusement probablement dû à un ancien méandre de l'Ain, et en eau en par endroit sur une partie de l'année.

Ce secteur est suivi par 2 forages : les piézomètres B (à distance de l'Ain, proche du versant) et le piézomètre A, plus proche de l'Ain et à proximité du Sauget. Deux piézomètres « de zones humides » sont présents. Il s'agit de tubes crépinés fichés dans l'horizon superficiel de la zone humide, afin de connaître la piézométrie superficielle au sein de cette dernière.

Le suivi sur ces 4 points est présenté en **Figure 20**. Pour rappel, les piézomètres A et B avaient des crépines placées trop hautes par rapport au niveau piézométrique avant leur restauration début septembre 2021. L'analyse de ce suivi sera plus pertinente avec les données à partir de septembre 2021.

Ce suivi met en évidence le passage de la crue du 15/07/2021, nettement visible sur tous les ouvrages. Cela montre que l'hydrosystème est encore fonctionnel, du moment où l'Ain se reconnecte à l'aquifère, les niveaux remontent très rapidement. Cet épisode illustre la dynamique de cette recharge, qui n'est pas pérenne, l'aquifère se vidangeant rapidement. Cela montre l'importance de reconnecter l'Ain afin de stabiliser le niveau de base des écoulements de la nappe alluviale.

Au sein de la zone humide, un gradient est identifié entre le piézomètre amont et le piézomètre aval, gradient qui est plus marqué en basses eaux qu'en crue.

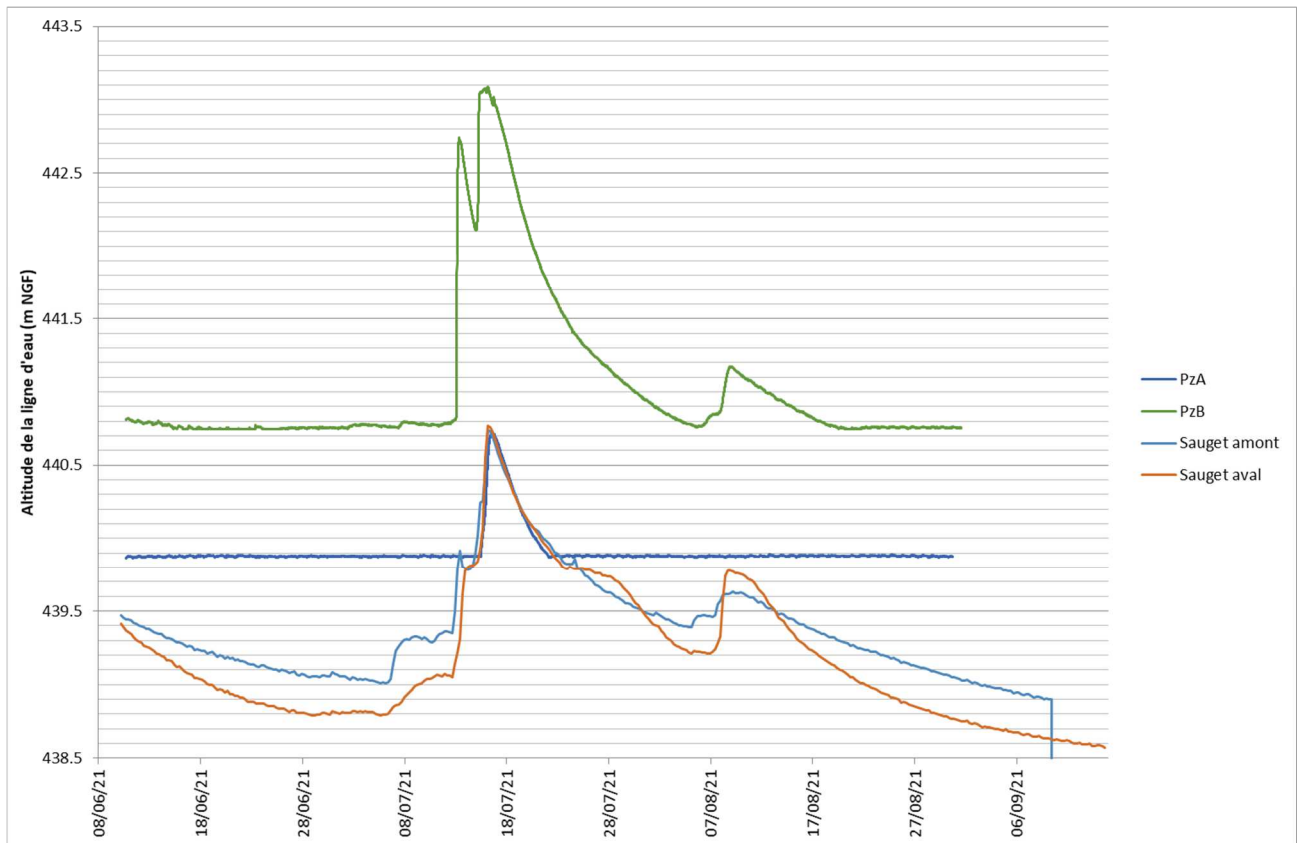


Figure 20 : Suivi piézométrique de la terrasse nord-est

3.5.2 Secteur du puits de Blye : piézométrie de la rive droite médiane

La boucle alluviale de Blye en rive droite est une large bande alluviale, avec en son centre-est le puits de la commune de Blye.

Ce secteur est suivi par 2 piézomètres et le puits AEP de Blye : les piézomètres C (situé dans la partie Nord) et le piézomètre D (dans la partie Sud), entourent le puits de Blye situé au milieu de la terrasse.

Le suivi sur ces 3 points est présenté en **Figure 21**. Pour rappel, le piézomètre C avait des crépines placées trop hautes pas rapport au niveau piézométrique avant sa restauration début septembre 2021. L'analyse de ce suivi sera a plus pertinente avec les données à partir de septembre 2021.

Ce suivi met en évidence le gradient nord-sud dans la plaine : le niveau de PzC sont globalement supérieurs au puits de Blye, eux-mêmes globalement supérieurs au PzD. On remarque également que le puits de Blye réagit en avance sur les piézomètres lors des crues de l'Ain : son niveau monte et baisse plus rapidement que sur PzC et PzD, ce qui peut s'expliquer par sa plus grande proximité avec l'Ain. Enfin, on remarque la très grande réactivité de la nappe par rapport aux niveaux de l'Ain (hauteur d'eau donnée à titre indicatif à Pont-de-Poitte sur le graphique). La moindre montée des eaux de l'Ain a un impact direct sur les niveaux dans la nappe. Ce constat confirme que la nappe est toujours connectée à l'Ain (contrairement à la terrasse Nord-Est, et autour du PZC en amont du puits de Blye) et confirme aussi les observations de la commune de Blye sur l'exploitation de l'ouvrage (très sensible au niveau de l'Ain, et en difficulté lorsque le débit de l'Ain $< 3 \text{ m}^3/\text{s}$).

Cette observation confirme les gains directs qui pourraient avoir lieu en termes de hauteur d'eau, et donc en débit exploitable sur le puits de Blye, si le niveau de l'Ain était remonté lors de la restauration.

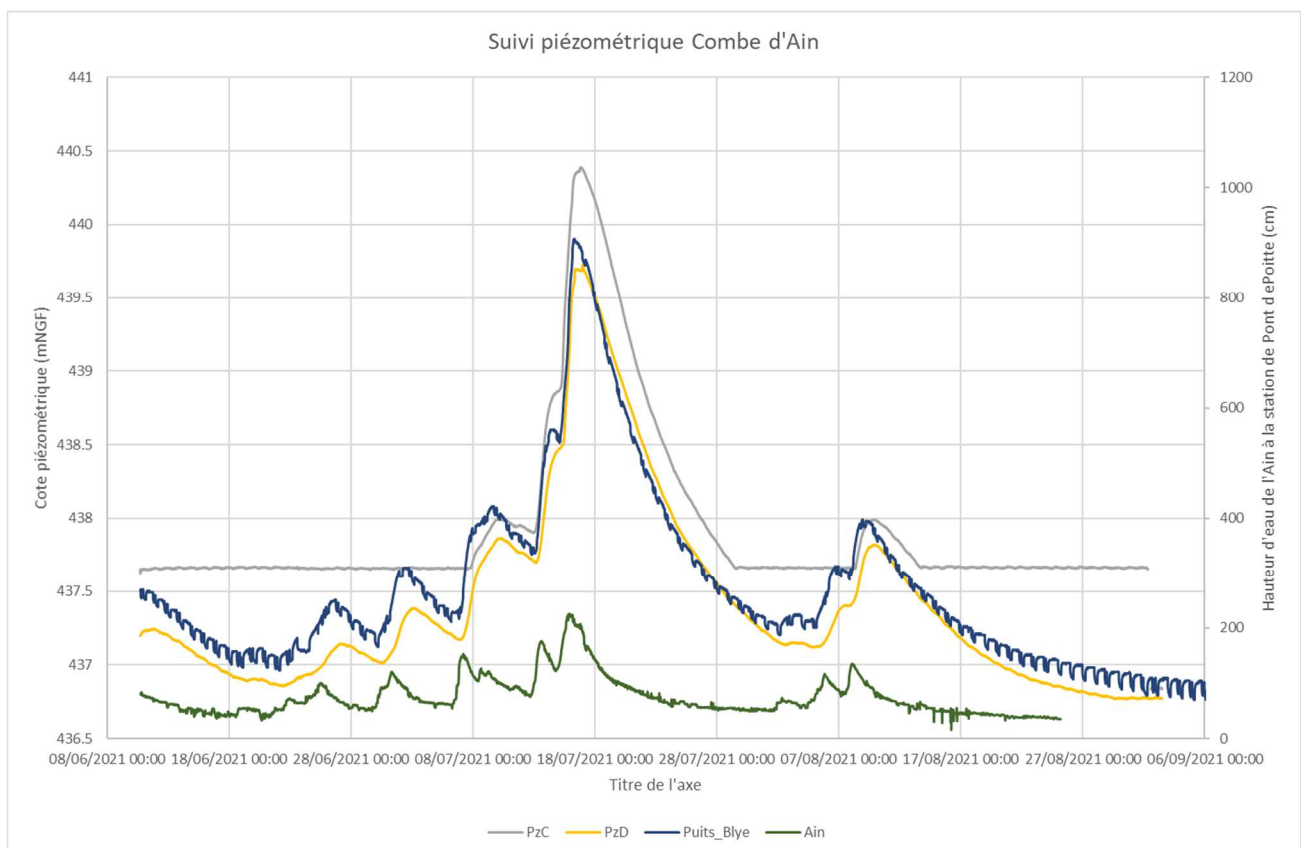


Figure 21 : Suivi piézométrique de la boucle alluviale de Blye en rive droite

3.5.3 Zone médiane de la rive gauche : captages Nord et Centre et zone humide Béreau

La zone médiane de la plaine en rive gauche est composée d'une partie Nord relativement étroite et d'une partie sud très large. La zone humide de l'île Béreau, ancien bras de l'Ain encore connecté à la rivière par ses extrémités, traverse ce secteur du Nord au Sud en longeant sur une bonne partie de son linéaire le pied du coteau. La partie Nord de ce secteur est suivie par le piézomètre PzE, est exploitée par le Puits 1 (ou Puits Nord) et est traversée par le début de la zone humide de l'île Béreau, suivie par le piézomètre de zone humide Béreau Amont. La partie Sud est suivie par le piézomètre PzF, exploitée par le Puits 2 (ou Puits Centre) et traversée sur sa partie Est par la zone humide de l'île Béreau, suivie par le piézomètre de zone humide Béreau Aval.

Le suivi sur ces 6 points est présenté en **Figure 22**.

Ce suivi met en évidence le gradient Est-Ouest de la zone, contrairement à la boucle de Blye où le gradient était Nord-Sud. Plus en détails, on observe :

- Dans la partie Nord du secteur :
 - le gradient Est-Ouest s'observe bien, la piézométrie en PzE est globalement plus faible qu'au niveau du Puits 1. Cela peut traduire des apports importants par les versants : les eaux souterraines s'écoulent vers la rivière, qui draine la nappe. On note que le Puits 1, plus éloigné de l'Ain que le PzE, est également moins sensible aux variations de niveaux de la rivière. D'ailleurs lors des crues, la piézométrie de PzE monte plus vite et plus l'onde de crue y est plus importante que sur le Puits 1 (moment où la rivière réalimente la nappe). Le pompage sur Puits 1 se fait ressentir sur la zone humide (Béreau Amont) mais également légèrement sur PzE.
 - Le piézomètre de la zone humide Béreau Amont semble n'enregistrer que les niveaux au-delà de la cote 438,05 mNGF. Lors des hautes eaux de l'Ain, la piézométrie de la zone humide est alors sensiblement similaire à celle des alluvions, et se retrouve même influencée par le pompage à proximité.
- Dans la partie Sud du secteur :
 - le gradient Est-Ouest s'observe également, avec la piézométrie en PzF qui est globalement plus faible qu'au niveau du Puits 2. Lors des crues de l'Ain, les niveaux augmentent rapidement sur les 2 ouvrages, mais sans inversion du gradient : les niveaux sur Puits 2 restent plus élevés que sur PzF. On note également que les cycles de pompage sur Puits 2 se font légèrement ressentir sur PzF ;
 - la piézométrie de la zone humide suivie sur Béreau Aval est intermédiaire entre PzF et Puits 2. Elle suit également les mêmes variations avec la même temporalité, et se fait influencer par le pompage sur Puits 2. Comme en amont, la zone humide semble donc être alimentée par la nappe des alluvions lors des hautes eaux.

A partir des constats précédents sur les gradients, on peut affirmer que dans le cadre du projet de restauration hydromorphologique de l'Ain, une remontée de la ligne d'eau de la rivière permettrait de diminuer le gradient d'écoulement et ainsi le débit déversé dans la rivière, tout en augmentant l'épaisseur mouillée de la nappe, et les débits exploitables sur les Puits 1 et 2. De fait, la réserve disponible dans les alluvions serait plus grande, et serait en mesure d'apporter un soutien à l'étiage plus important et plus long à la rivière lors des sécheresses.

A partir des constats précédents sur la connexion de la zone humide de l'île Béreau avec la nappe des alluvions, on peut affirmer que dans le cadre du projet de restauration hydromorphologique de l'Ain, une remontée de la ligne d'eau de la rivière permettrait de remonter les niveaux de la nappe et par conséquent de reconnecter plus régulièrement les zones humides à la nappe alluviale, ce qui serait bénéfique pour les écosystèmes inféodés.

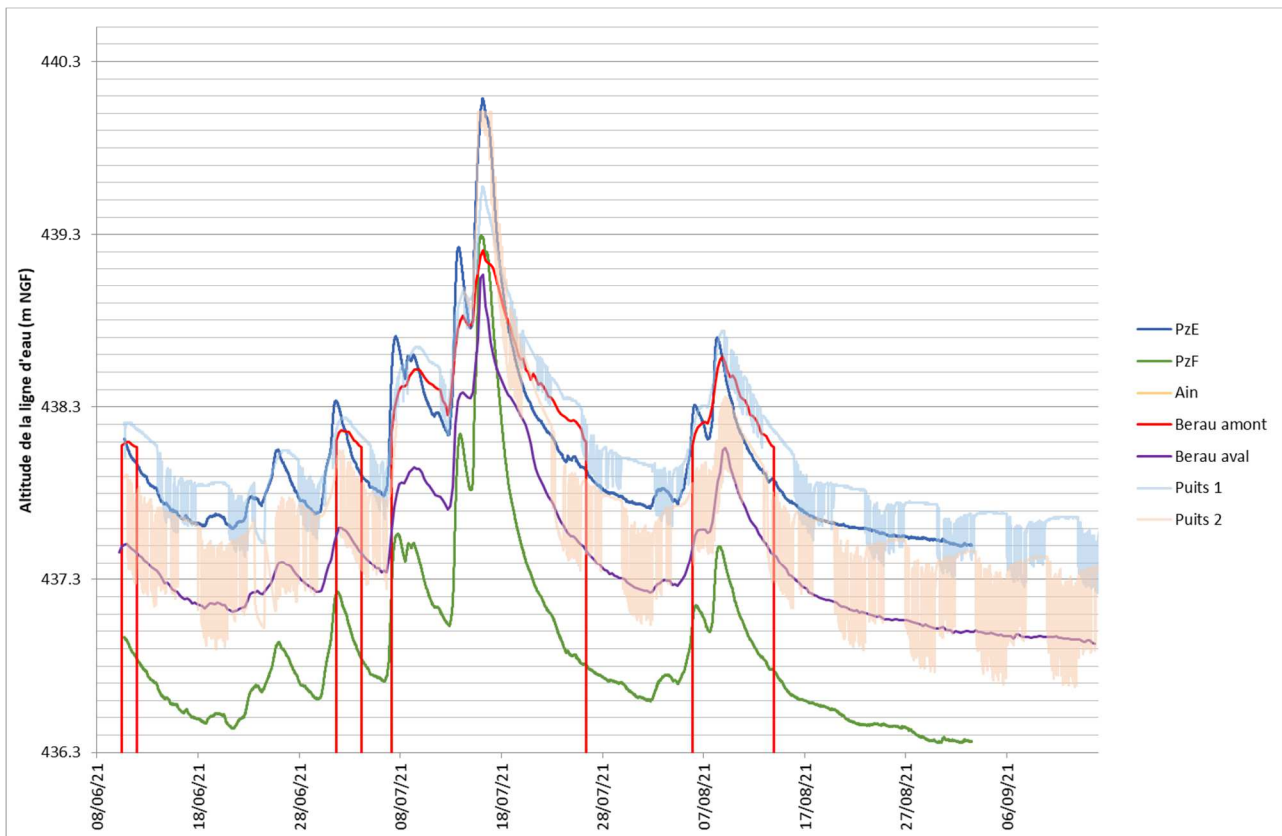


Figure 22 : Suivi piézométrique de la zone médiane de la rive gauche

3.5.4 Zone médiane-sud de la rive gauche et droite : captage Sud et méandre de la place à bois

La zone médiane-sud se trouve au niveau d'un resserrement de la plaine alluviale et concerne la boucle alluviale en rive droite où se trouve l'actuelle place à bois et la plaine alluviale en rive gauche où se trouve le Puits 3 (ou Puits Sud).

Ce secteur est suivi par le piézomètre PzH en rive droite et le Puits 3 en rive gauche (ouvrage proche de l'Ain et menacé par l'érosion des berges).

Le suivi sur ces 2 points est présenté en **Figure 23**. Pour rappel, le piézomètre H a des crépines placées trop hautes par rapport au niveau piézométrique avant son remplacement début septembre 2021. L'analyse de ce suivi sera alors plus pertinente à partir des données postérieures à septembre 2021.

L'analyse du suivi sur PzH montre que l'aquifère réagit avec les crues de l'Ain et présente une certaine inertie lors de la vidange. L'aquifère semble donc encore fonctionnel, dans l'attente des résultats avec le nouveau piézomètre.

Une augmentation de la ligne d'eau de l'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydrogéomorphologique devrait donc augmenter le niveau piézométrique de la nappe. Cette augmentation devrait pouvoir bénéficier à la forêt alluviale située au sud de la zone.

L'analyse de ce suivi montre la grande proximité du Puits 3 avec l'Ain, ses fluctuations de niveaux sont très rapides et avec très peu d'inertie, comme on pourrait l'attendre d'un ouvrage qui capte un aquifère.

Une augmentation de la ligne d'eau de l'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydrogéomorphologique aurait donc un impact positif direct sur l'épaisseur mouillée disponible dans le Puits 3 et donc sur le débit exploitable.

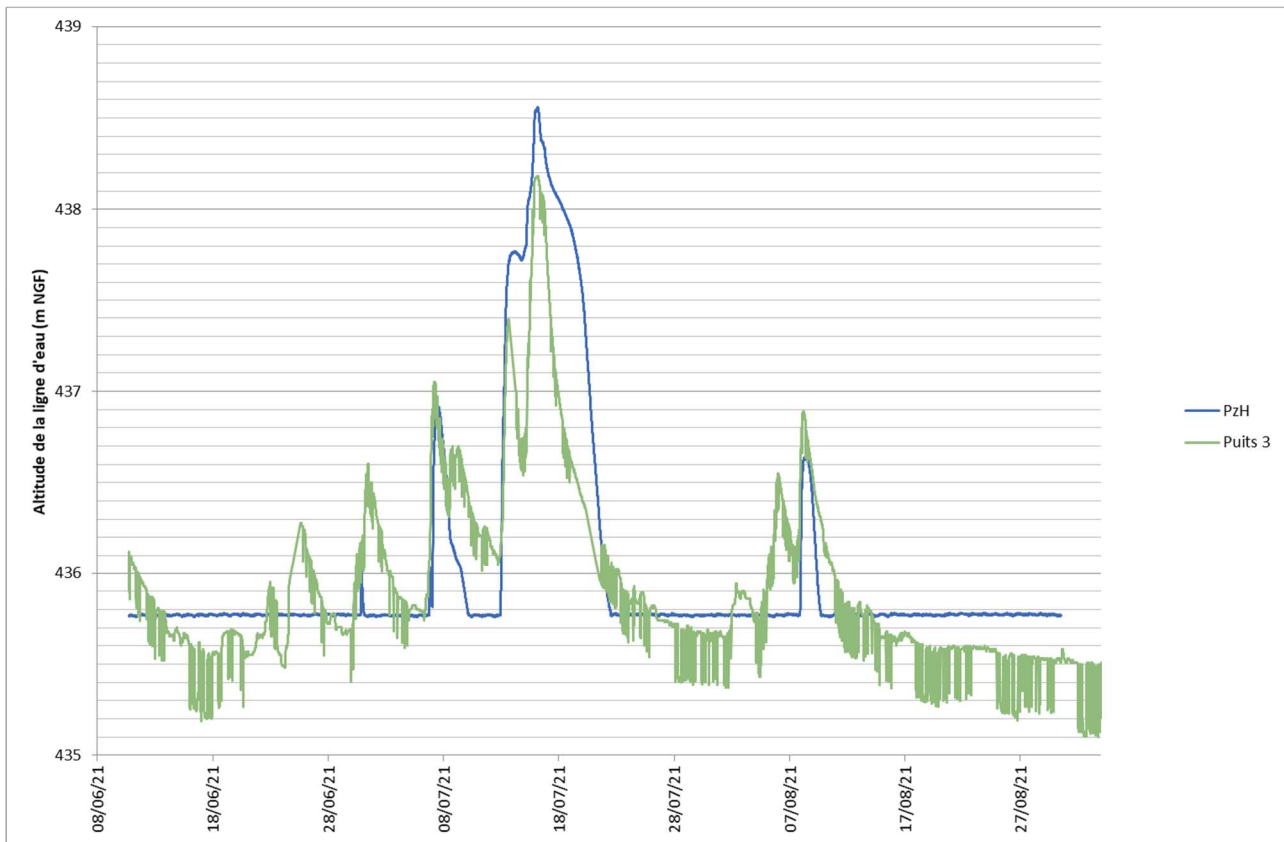


Figure 23 : suivi piézométrique de la zone médiane-sud en rives gauche et droite

3.5.5 Zone sud de la rive droite : relations avec le captage de Mesnois

La zone Sud de la rive droite se trouve au niveau d'un élargissement de la plaine alluviale, à quelques centaines de mètres du seuil de Pont-de-Poitte.

Ce secteur est suivi par le piézomètre PzJ et PzMesnois, ainsi que le Puits AEP de Mesnois.

Le suivi sur ces 3 points est présenté en **Figure 24**.

Ce suivi montre bien que le PzJ ne capte pas l'aquifère des alluvions de l'Ain : les fluctuations piézométriques sur cet ouvrage ne suivent pas celles des autres ou de l'Ain, elles se font sur le très long terme avec beaucoup d'inertie, signe de terrains peu perméables. Ce piézomètre est donc installé dans les argiles glacio-lacustres, ce qui nous a permis de rétrécir la taille de la plaine alluviale dans ce secteur par rapport à la carte géologique du BRGM.

Sur la plaine alluviale, le suivi permet d'observer la connexion entre l'Ain et la nappe alluviale : la piézométrie sur PzMesnois et Puits Mesnois évolue de façon très similaire aux niveaux de l'Ain. De plus, lorsque l'Ain a un niveau d'eau élevé (environ 50 cm, hauteur d'eau donnée à Pont-de-Poitte), un phénomène de plat piézométrique s'observe : les hauteurs d'eau sur PzMesnois et Puits Mesnois sont quasi identiques. La piézométrie PzMesnois réagit plus vite à la montée et à la descente (du fait de sa plus grande proximité avec l'Ain). Par contre quand l'Ain est plus bas (environ < 50 cm à Pont-de-Poitte), on observe une divergence des courbes entre Pz Mesnois et Puits Mesnois : le niveau du puits se met à baisser plus rapidement que le niveau du piézomètre (effet des prélèvements sur le puits). Un sens d'écoulement de la rivière vers le puits AEP se met alors en place, avec un gradient plus marqué à mesure que les niveaux baissent.

Cette observation confirme les gains directs liés à une bonne connexion entre la rivière et la nappe. L'effet de niveau stabilisé par le seuil de Pont-de-Poitte semble garantir des apports à la nappe y compris en période de très basses eaux, et donc les débits au niveau du puits de Mesnois. Dans le cadre de projet de restauration, avec remontée de la ligne d'eau de l'Ain, l'effet de plat piézométrique va atténuer les gains piézométriques attendus sur le puits de Mesnois.

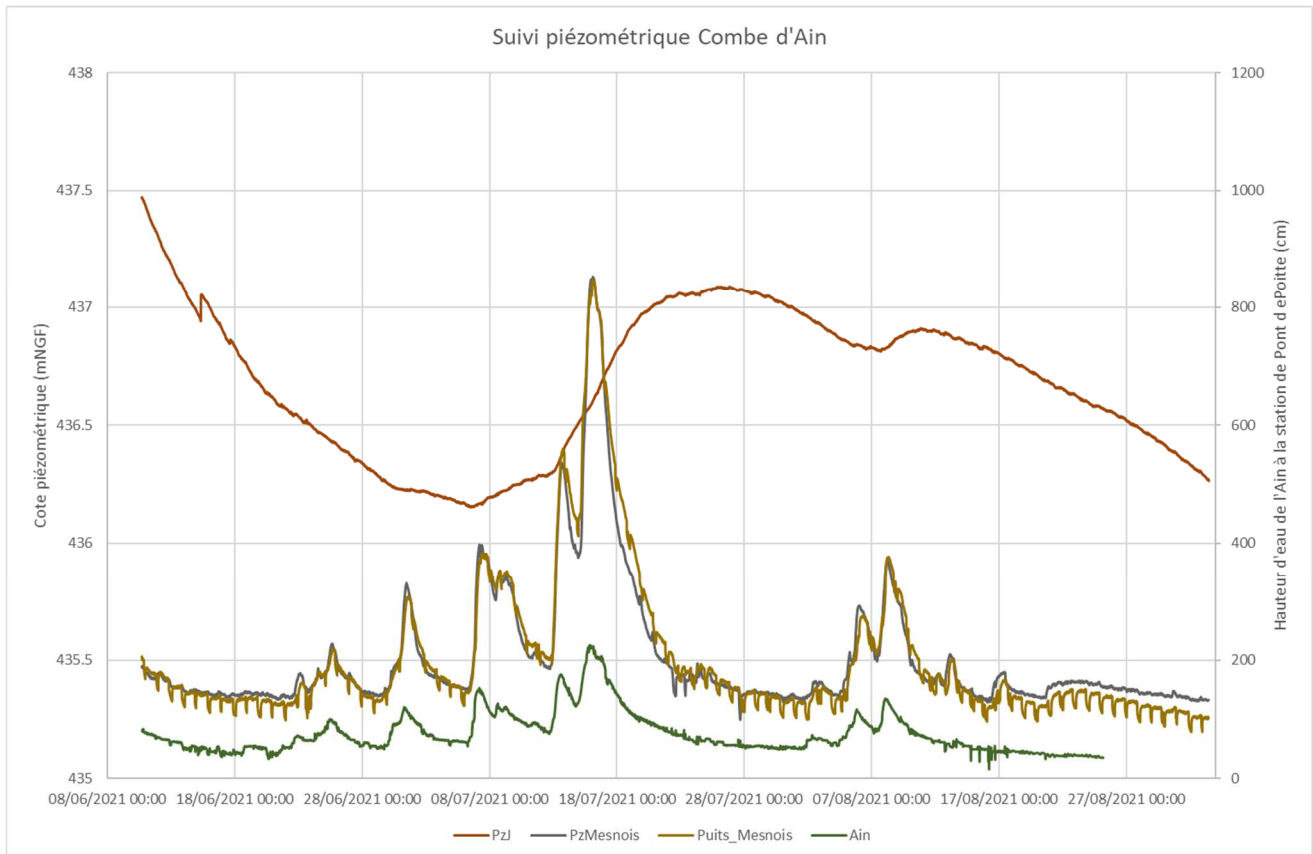


Figure 24 : Suivi piézométrique de la zone Sud en rive droite

4. Construction et calage d'un modèle hydrogéologique sur la nappe

4.1 Principes de la modélisation et utilité pour le projet

Un modèle hydrodynamique est un outil de calcul numérique dont le but est de représenter l'aquifère étudié aussi fidèlement que possible ; et de réagir comme lui à des sollicitations extérieures (pompages, injections, modification du lit d'une rivière...).

Le principe de base consiste à découper l'aquifère en éléments finis, de forme et de taille variables (mailles) dans lesquels on considère que l'aquifère est homogène. Un logiciel spécifique permet ensuite de réaliser des calculs numériques assistés par ordinateur selon différentes hypothèses de départ.

La fiabilité des résultats dépend donc de la précision des éléments qui ont permis de créer le modèle (dont le nombre, l'épaisseur et les caractéristiques de chaque couche) et des hypothèses de départ (dont la piézométrie, les sources d'alimentation). La modélisation fournit donc un bon ordre de grandeur des phénomènes régissant la direction et les vitesses de l'eau dans la nappe captée. La fiabilité du modèle dépendra donc des investigations pour apprécier le fonctionnement de la nappe.

Une fois le modèle construit, il est possible d'effectuer des simulations à différentes conditions modifiées, comme par exemple la modification du lit de l'Ain. La modélisation hydrodynamique permettra de simuler l'impact piézométrique de l'évolution morphologique et des travaux de restauration projetés. Les simulations sont exploitées pour étudier l'impact des scénarios de restauration de l'Ain.

4.2 Choix de l'outil et construction du modèle

Le modèle hydrogéologique a été réalisé avec le logiciel MODFLOW (Version NWT 1.1.4) pour les calculs d'écoulement.

L'interface graphique est ModelMuse (version 5.0.0.5).

Ce logiciel est conçu par l'USGS (*United States Geological Survey*).

► Géométrie du modèle

Le modèle comprend les couches suivantes :

- Couche 1 (L) : Limon de crue,
- Couche 2 (A) : Alluvions de l'Ain.

La géométrie du modèle est construite grâce aux données suivantes :

- Topographie provenant du modèle numérique de terrain, issu du LIDAR de 2020,
- Mur des limons de crue et des alluvions de l'Ain étudiés à partir des données issues de la BSS, des reconnaissances hydrogéologiques réalisées par GINGER BURGEAP et DYNAMIQUE HYDRO et des profils géophysiques réalisés par un projet étudiant encadré par le CD39 en 2019 (cf. paragraphe 3.2).

► Maillage

Les mailles du modèle sont homogènes sur l'ensemble du modèle et définies à 20 mètres, ce qui permet de calculer finement les niveaux de nappe au droit de la plaine alluviale de l'Ain.

► Extension et conditions aux limites

Le modèle s'étend du barrage de Blye au nord jusqu'au seuil de Pont de poitte au Sud en suivant les contours de la plaine alluviale de l'Ain déterminés à partir de la carte géologique et des observations de terrains réalisées par GINGER BURGEAP. Le modèle est ainsi étendu sur 49x1 km environ.

Dans cette emprise, le modèle comprend les conditions suivantes :

- Flux imposé dans les alluvions en bordure du modèle afin de représenter les flux de versant,
- L'ensemble des puits de pompage (du nord au sud : BLYE, NORD, CENTRE, SUD et MESNOIS) captant la nappe alluviale (module Wells),
- L'Ain, représenté par le module rivière qui permet de matérialiser les échanges nappe/rivière,
- Une recharge de 350 mm/an, commune pour le massif du Jura et représentative des conditions de moyennes à basses eaux.

► Conductance de l'Ain

Sur la partie nord de la plaine alluviale, l'Ain est déconnecté de la nappe. Cette déconnection est représentée par l'application d'une conductance de la rivière très faible avec des échanges nappe/rivière nulle. Sur la partie où l'Ain est connecté à la nappe, la conductance de l'Ain a été calée au cours du calage en régime permanent, sur la base donc des données piézométriques. Cette conductance de 9.10^{-5} s^{-1} est relativement élevée ce qui est cohérent avec les observations de terrain (Ain pas colmaté).

- Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
4. Construction et calage d'un modèle hydrogéologique sur la nappe

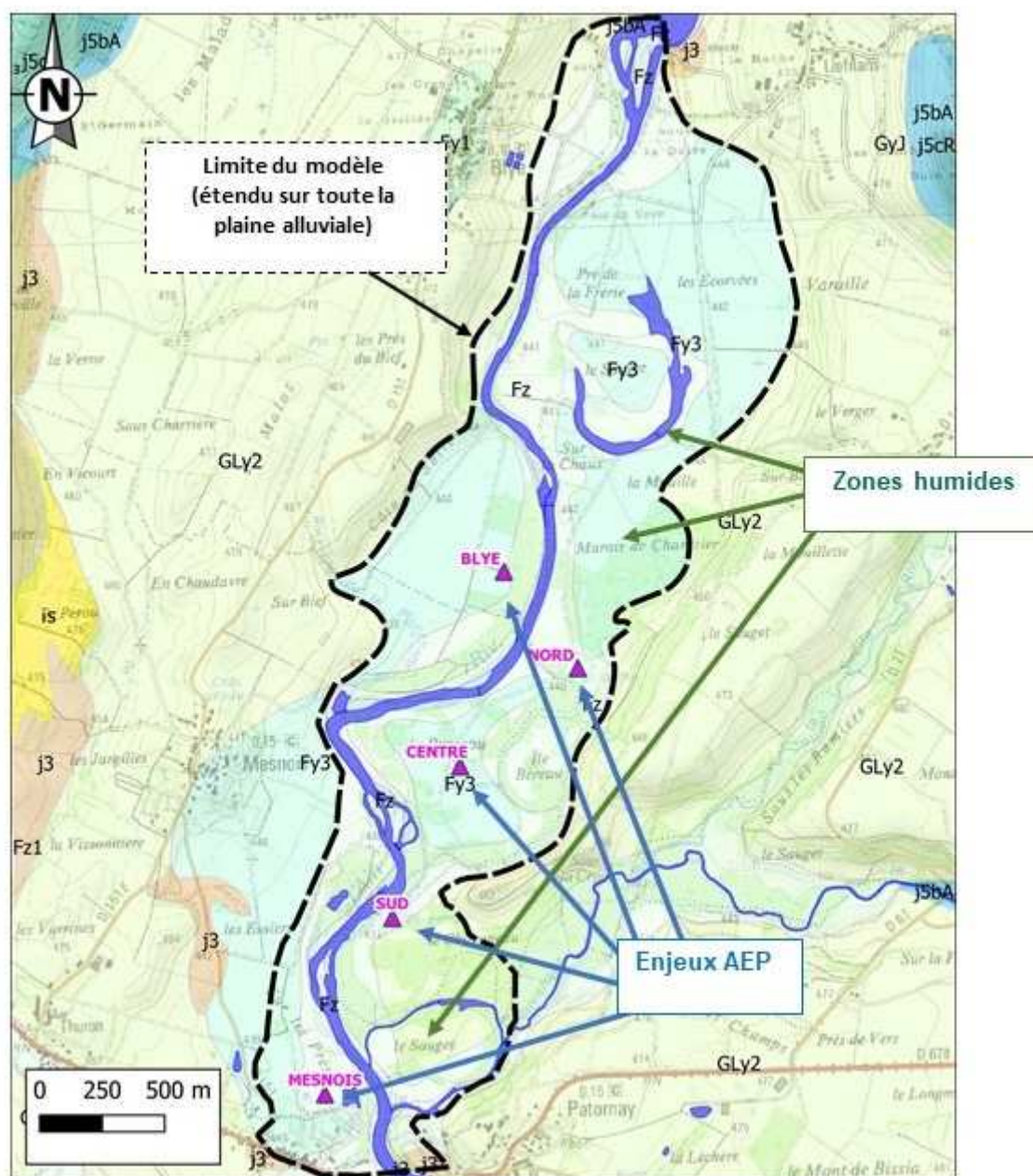


Figure 25 : Emprise du modèle hydrodynamique (Source : Infoterre, complété par BURGEAP)

4.3 Calage du modèle

Le modèle a été calé d'une part en régime permanent à partir des résultats de la campagne piézométrique du 02/09/2022 par GINGER BURGEAP, réalisée à l'étiage annuel de l'Ain (débit moyen journalier du 02/09/2022 à Pont de Poitte de 4,6 m³/s) et d'autre part en régime transitoire à partir des données issues des essais de pompage organisés sur 24 heures du 23/06/2021 au 24/06/2021.

► Calage en régime permanent

Les différences entre niveaux piézométriques mesurés et observés sont présentées dans le tableau ci-dessous. La moyenne des différences absolues est de 0,18 m en considérant l'ensemble des points, ce qui représente une erreur de l'ordre de 4,8 % si l'on ramène cette erreur à l'amplitude piézométrique du modèle (3,8 m environ). Ce résultat est bon si on le compare à l'objectif de 5 % généralement ciblé en modélisation.

Tableau 5 : Comparaison des niveaux piézométriques mesurés et simulés

Forage ou piézomètre	X	Y	Niveau mesuré	Niveau simulé	Différence
	(Lambert 93)	(Lambert 93)	(m NGF)	(m NGF)	(m)
PzE	907269.5411	6615398.727	437.51	437.37	0.14
PzF	906671.2051	6614886.077	436.37	436.44	-0.07
PzC	906963.6211	6615755.115	436.83	437.13	-0.30
PzA	907386.781	6616531.468	438.74	438.58	0.16
Puits Nord	907325.8789	6615116.112	437.63	437.44	0.18
Puits Centre	906855.3167	6614724.683	436.47	436.41	0.06
Puits Sud	906584.0761	6614119.067	435.45	435.72	-0.27
Puits Blye	907029.7036	6615503.442	436.91	436.89	0.02
Puits Mesnois	906315.8624	6613414.392	435.26	435.47	-0.21
Pz Mesnois	906424.9209	6613460.561	435.33	435.48	-0.14
Sauget Amont	907562.2029	6616561.552	439.00	438.90	0.10
Sauget aval	907557.6278	6616001.104	438.72	438.49	0.23
Berau aval	907055.5119	6614828.738	436.99	436.83	0.16

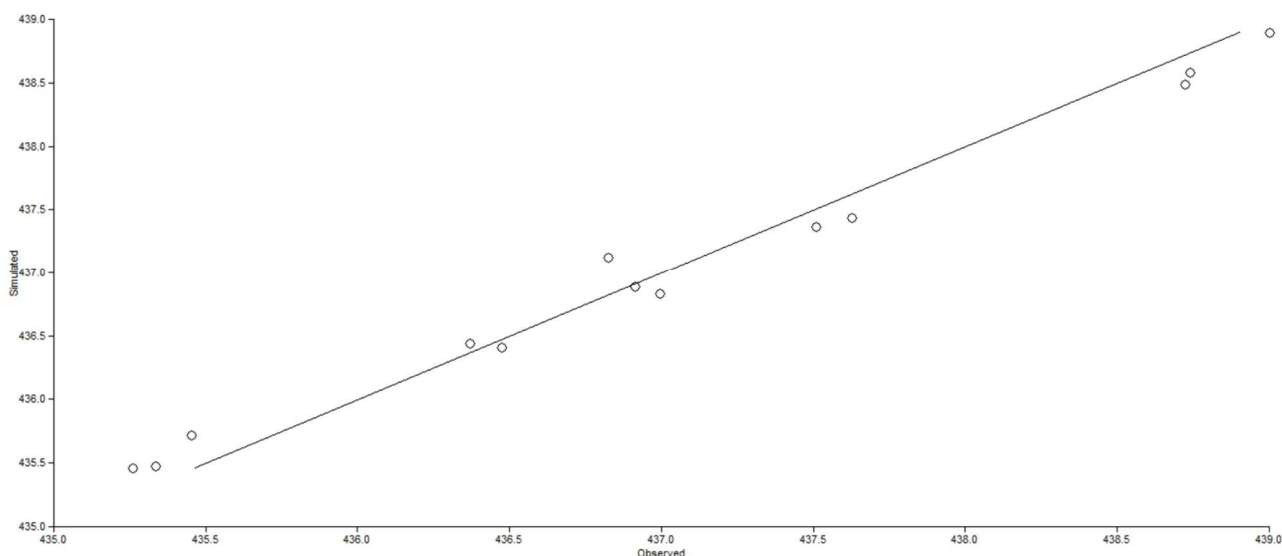


Figure 26 : Comparaison des niveaux piézométriques mesurés et simulés

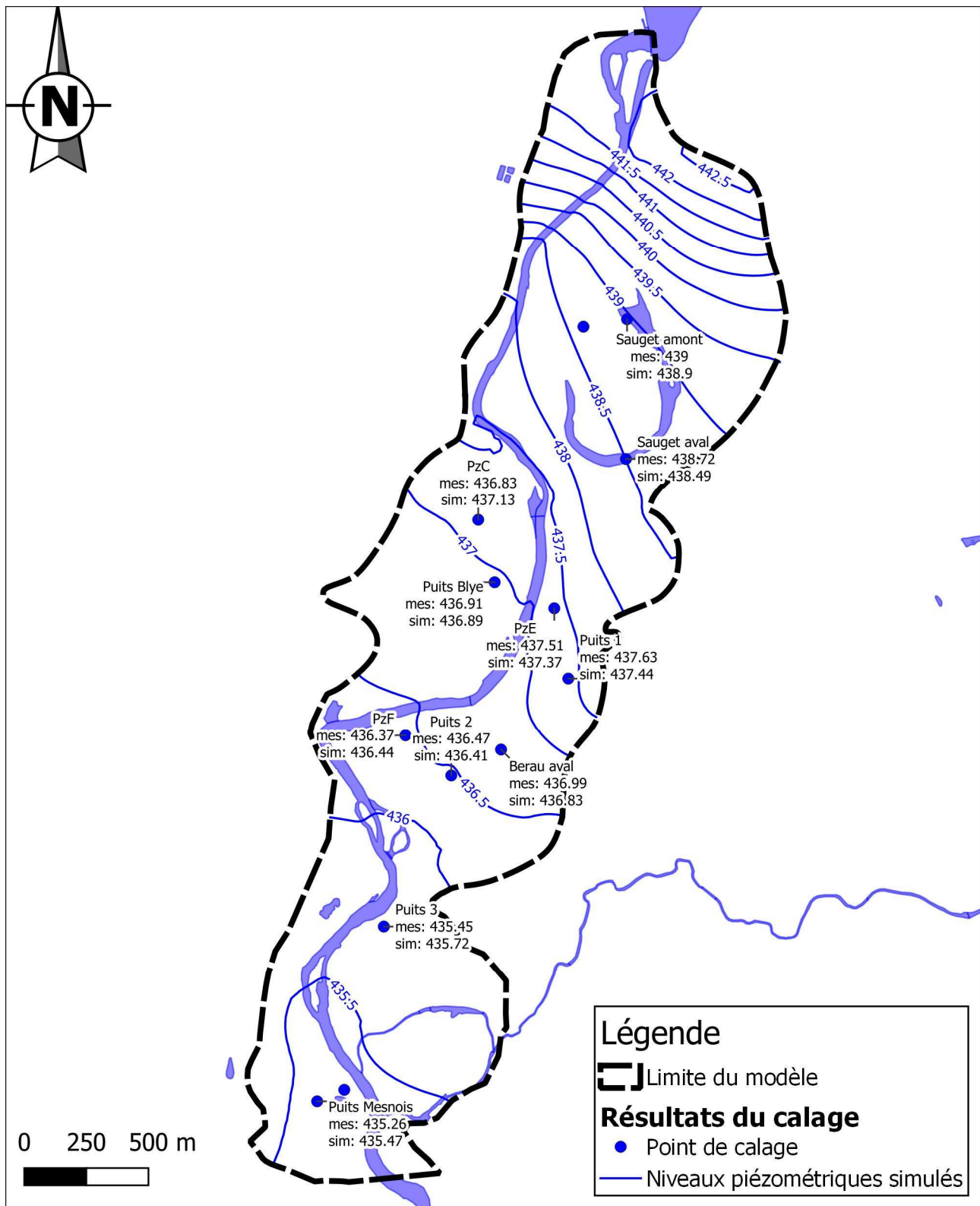


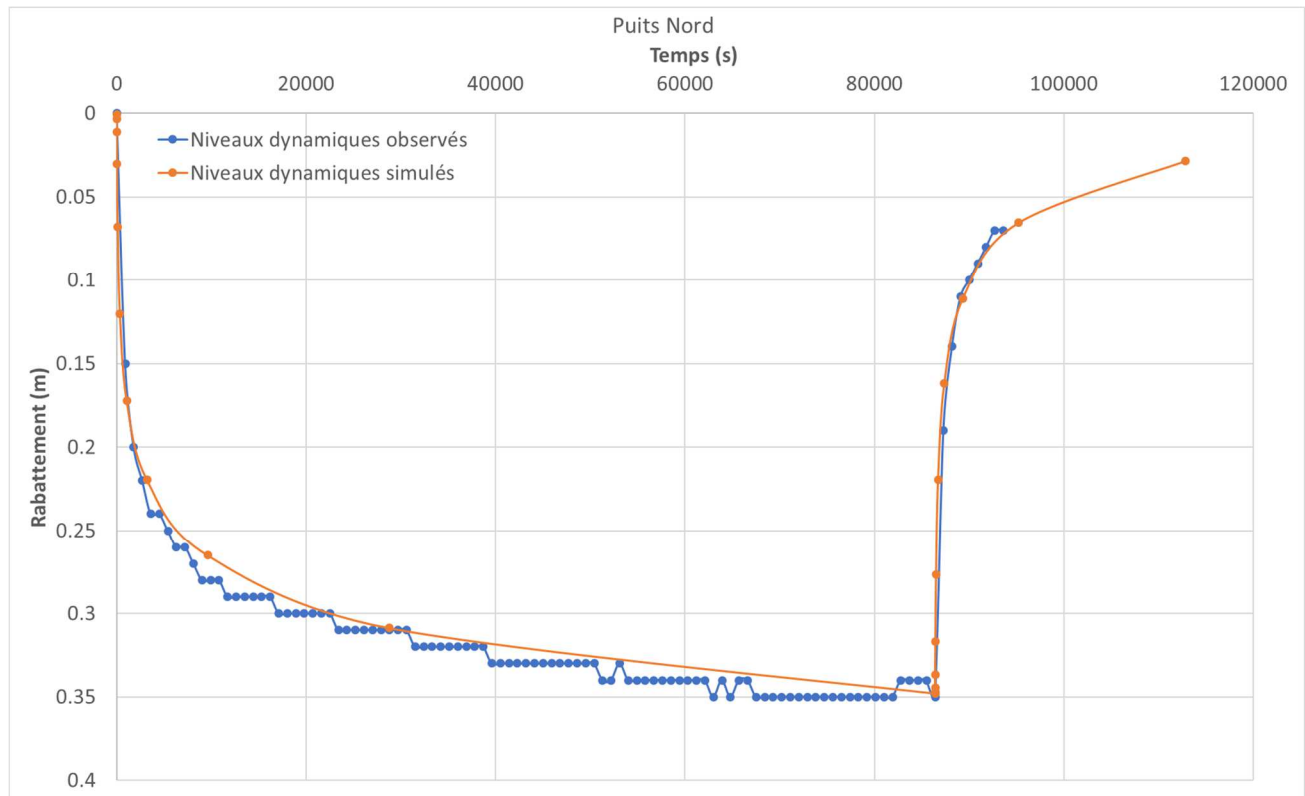
Figure 27 : Carte piézométrique calée

► Calage en régime transitoire

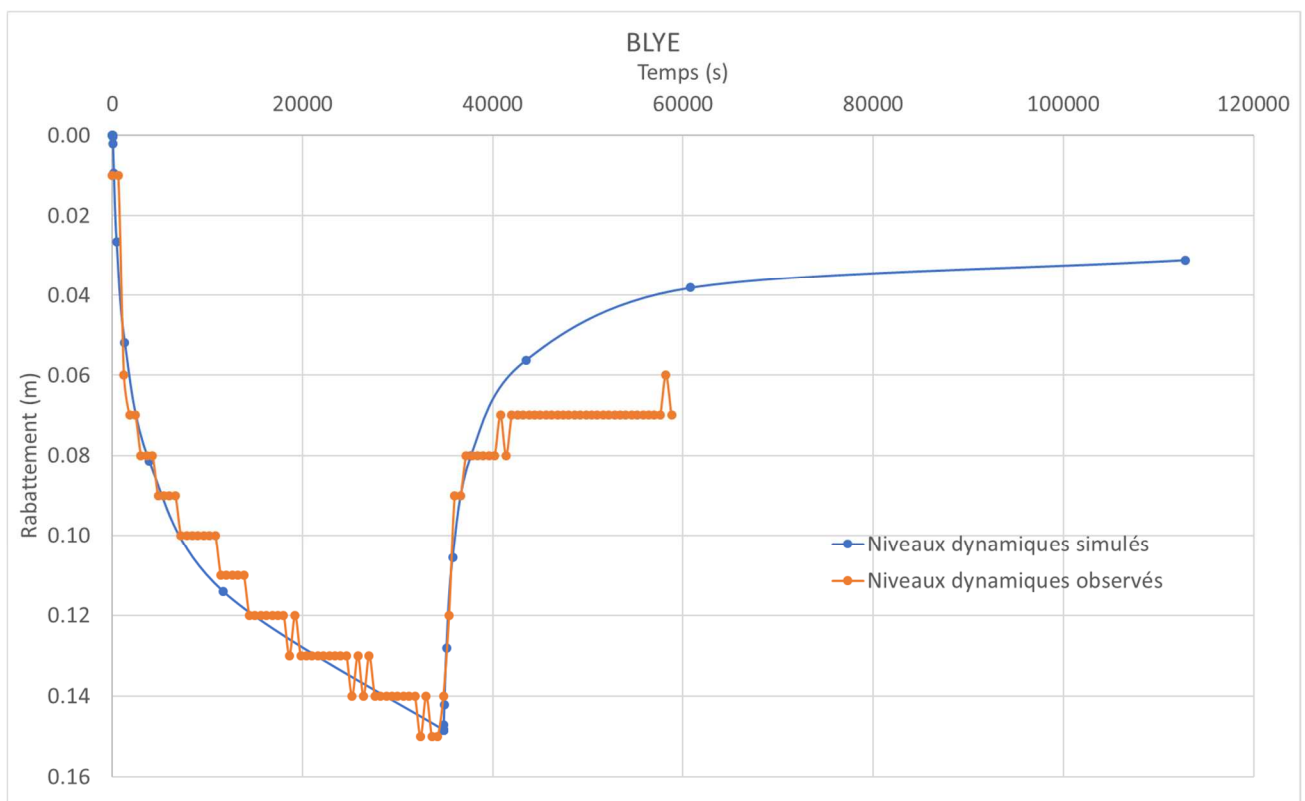
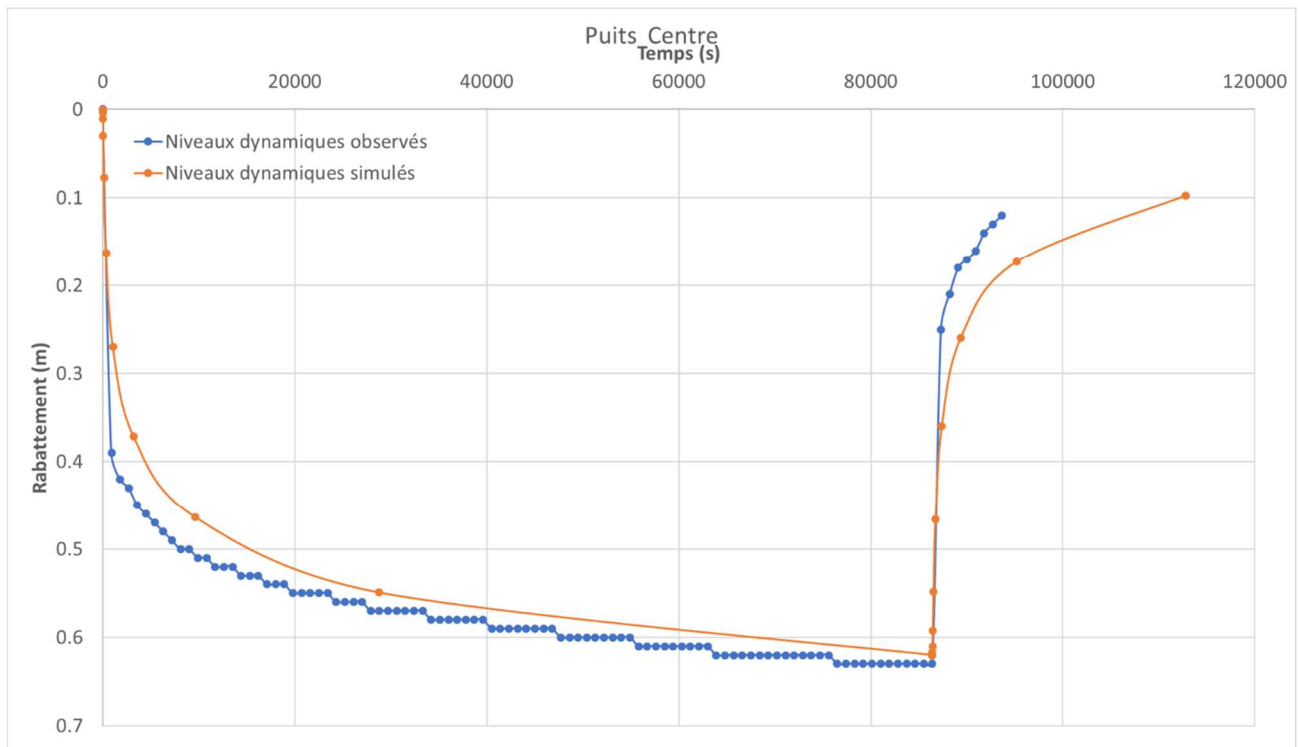
Par la suite et afin d'affiner le calage du modèle, celui-ci a été calé en régime transitoire sur les essais de pompage synchronisés sur l'ensemble des ouvrages AEP de la plaine qui ont été organisé du 23/06/2021 15h00 au 24/06/2021 15h00.

Ces essais ont fait l'objet de suivis piézométriques dans les puits de pompage.

Les résultats de ce calage sont présentés ci-après.



► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
4. Construction et calage d'un modèle hydrogéologique sur la nappe



► Perméabilités et recharge retenue à l'issue du calage

Les perméabilités retenues à l'issue du calage sont présentées dans le Tableau 6 ci-après. Le Tableau 7 présente les perméabilités issues du calage dans le secteur des ouvrages AEP et les valeurs de perméabilité calculées à partir des transmissivités issues de la bibliographie (cf. Tableau 3 en paragraphe 2.2).

Les perméabilités des alluvions de l'Ain issues du calage sont globalement cohérentes avec la gamme de valeurs issues de la bibliographie. A noter, que la perméabilité retenue pour les limons est plus faible car cette formation est constituée de matériaux fins sablo-limoneux qui forment une couverture peu perméable sus-jacente aux alluvions.

La recharge retenue est de 350 mm/an, ce qui correspond à environ 1/3 de pluie moyenne annuelle mesurée à Lons-le-Saunier, rapport usuellement retenue pour calculer la pluie efficace. Le calage du modèle est assez peu sensible à ce paramètre.

Tableau 6 : Perméabilités retenues à l'issue du calage

Couche	Kh (m/s)	Kv (m/s)	Epaisseur moyenne (m)	Transmissivité (m ² /s)
Limons	6.10 ⁻⁵	7,5.10 ⁻⁶		
Alluvions de l'Ain	3.10 ⁻² à 8,5.10 ⁻⁴	3.10 ⁻² à 8,5.10 ⁻⁴	1,5 à 4	4,5.10 ⁻² à 2,9.10 ⁻³

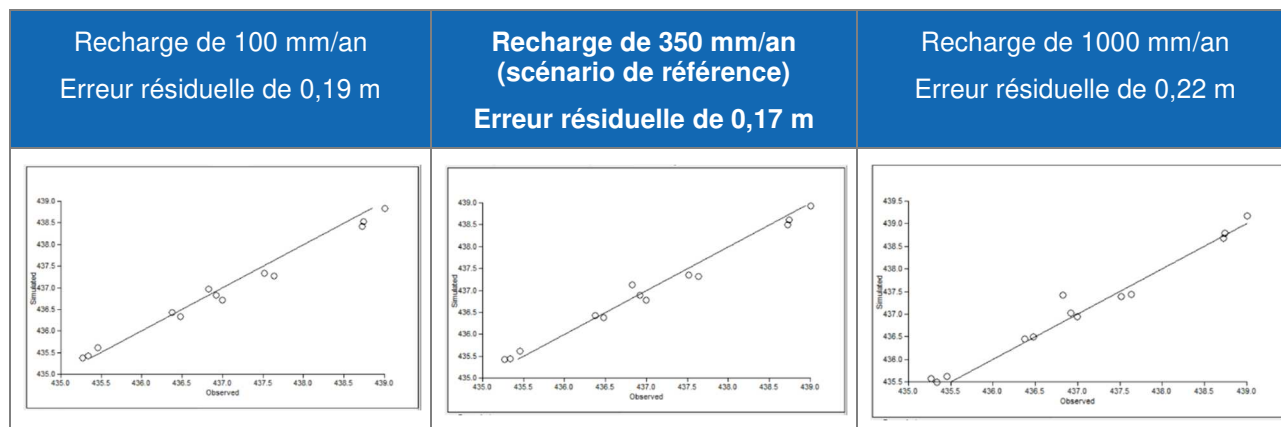
Tableau 7 : Perméabilités horizontales des alluvions issues du calage du modèle et issues de la bibliographie

Ouvrage	Epaisseur m	Transmissivité issue de la bibliographie m ² /s	Perméabilité horizontale issue de la bibliographie (calculée) m/s	Perméabilité horizontale modèle m/s
BLYE	1.5	0.0095	0.0063	0.0025
Puits_1	2.7	0.06	0.0204	0.03
Puits_2	4	0.017	0.0043	0.00085
Puits_3	2.5	0.06	0.0240	0.018
Mesnois	3	0.029	0.010	0.001

► Sensibilité du modèle à la recharge

Comme indiqué précédemment, le modèle est assez peu sensible à la recharge. A titre de comparaison, les simulations démonstratives suivantes ont été réalisées afin de quantifier cette sensibilité. « Graphiquement », le calage n'est pas nécessairement altéré et on note que l'erreur moyenne n'est significativement pas différente. Le secteur d'étude correspondant à une vallée alluviale, numériquement, l'influence de la recharge sur les niveaux est tamponnée par les flux et potentiels imposés (Ain et flux de versant).

Tableau 8 : Sensibilité à la recharge



► Bilan hydrologique du modèle

Le bilan hydrologique du modèle est bien équilibré, la somme des entrées et des sorties étant parfaitement équivalente comme présentées dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Bilan de flux du modèle

	Entrée (m3/s)	Sortie (m3/s)
Cours d'eau	+0,177	-0,351
Recharge	+0,050	-
Prélèvements	-	-0,0038
Flux de versant	+0,120	-
Total	0,347	0,347

5. Accompagnement dans le choix des scénarios de restauration

5.1 Evolution morphologique passée et actuelle de la rivière

5.1.1 Evolution du profil en long du lit et de la bande active de la rivière

Le rapport de diagnostic réalisé par DYNAMIQUE HYDRO montre les principales tendances de l'évolution morphologiques de l'Ain entre le barrage de Blye et Pont de Poitte :

- Une incision en moyenne de 1,4 m sur un siècle, plus marquée dans la partie amont, en aval du barrage de Blye (3 m), et contrôlée à l'aval au niveau du seuil de Pont-de-Poitte (seuil Jobez, affleurement calcaire dans le lit du cours d'eau). Cette incision a pour origine les extractions (celles de 1981 et antérieures) et le déficit sédimentaire lié plus particulièrement à la retenue formée par le barrage (70 000 m³ de sédiments stockés depuis sa mise en service) mis en service en 1962 ;
- Un déficit de sédiment évalué à +/- 400 000 m³ depuis 1920, réparti de la manière suivante, de part et d'autre de l'ancien seuil de Mesnois (le calcul prend en compte l'effet de la suppression du seuil en 1935) :
 - 266 500 m³ dans la partie amont ;
 - 138 600 m³ dans la partie aval.
- Une diminution de la bande active, avec :
 - Dans la partie amont, la bande active s'est réduite de 3% entre 1935 et aujourd'hui. Dans le détail, elle s'est légèrement élargie (+18 %), puis s'est refermée progressivement. La première diminution et la plus rapide est viable entre 1975 et 1985, due aux curages de 1981 ;
 - Dans la partie médiane, une réduction de la bande active de 28 %, avec un tronçon assez mobile et des méandres qui se décalent vers le sud. L'Ain s'est débord élargie entre 1935 et 1965 (+84 %), artificiellement par la gravière de Mesnois en rive gauche. Entre 1965 et 1975, le lit de l'Ain s'est fortement refermée

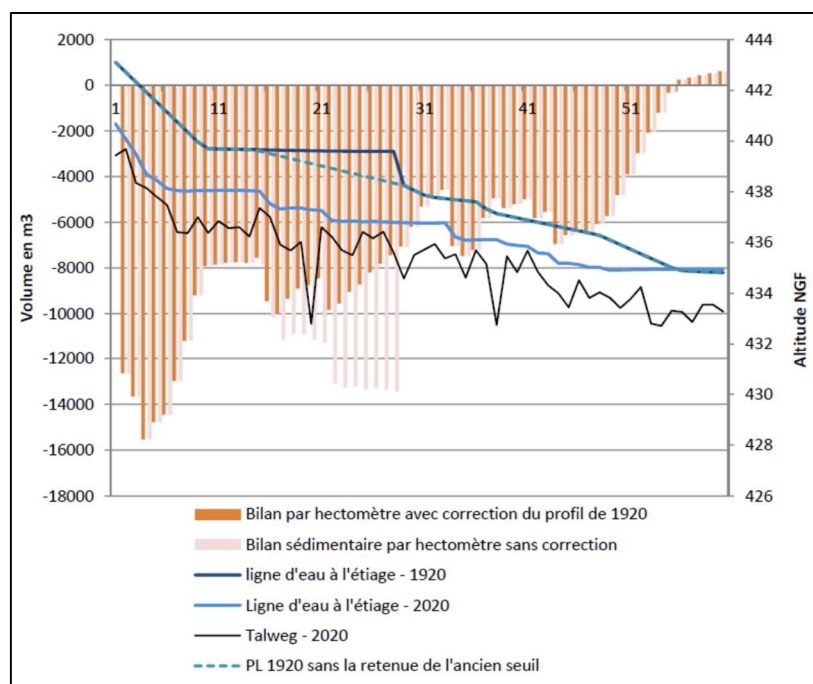


Figure 28 : Evolution du profil en long et volume déstockés entre 1920 et 2020 (correction faite de la suppression du seuil de Mesnois, DYNAMIQUE HYDRO)

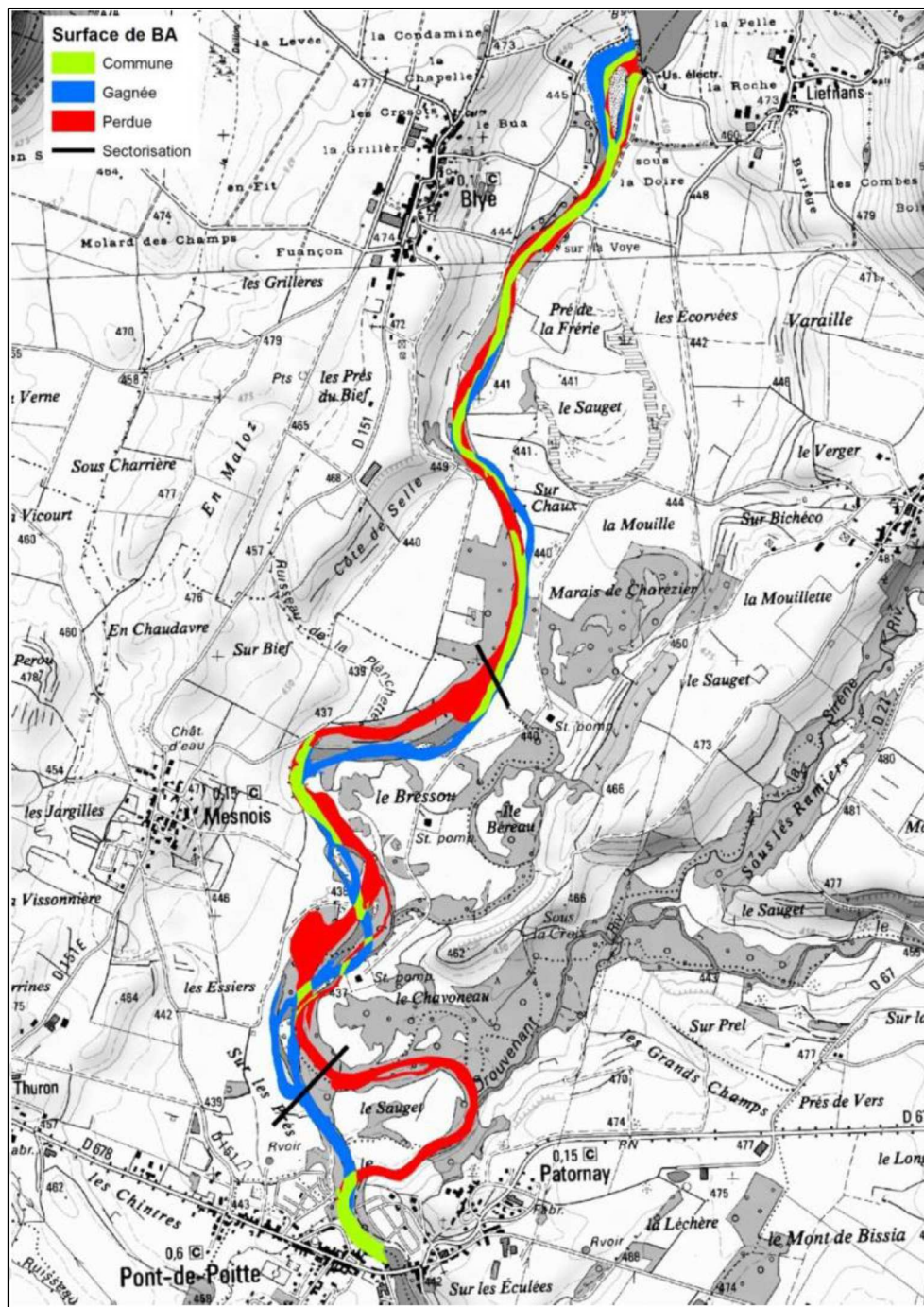


Figure 29 : Evolution des bandes actives (DYNAMIQUE HYDRO)

5.1.2 Dynamique actuelle de la rivière

D'après l'analyse de DYNAMIQUE HYDRO, la dynamique actuelle du cours d'eau se caractérise par :

- Un faible transit sédimentaire (peu d'atterrissements mobile, peu de volume de sédiments mobilisés) ;
- Une activité érosive importante des berges, constatée notamment sur le terrain après la crue de février 2020 (crue quinquennale) par DYNAMIQUE HYDRO, processus surtout actif dans la partie aval, en amont de certains captages AEP (SIE de Vouglans puits Nord et sud, puits de Mesnois) ;
- Une faible évolution de la bande active (contraction du lit), et une déconnection des milieux riverains (bancs végétalisés et/ou perchés par rapport au lit de la rivière) ;
- Des débordements rares dans la partie amont, uniquement à partir de la crue de récurrence quinquennale (Q5).

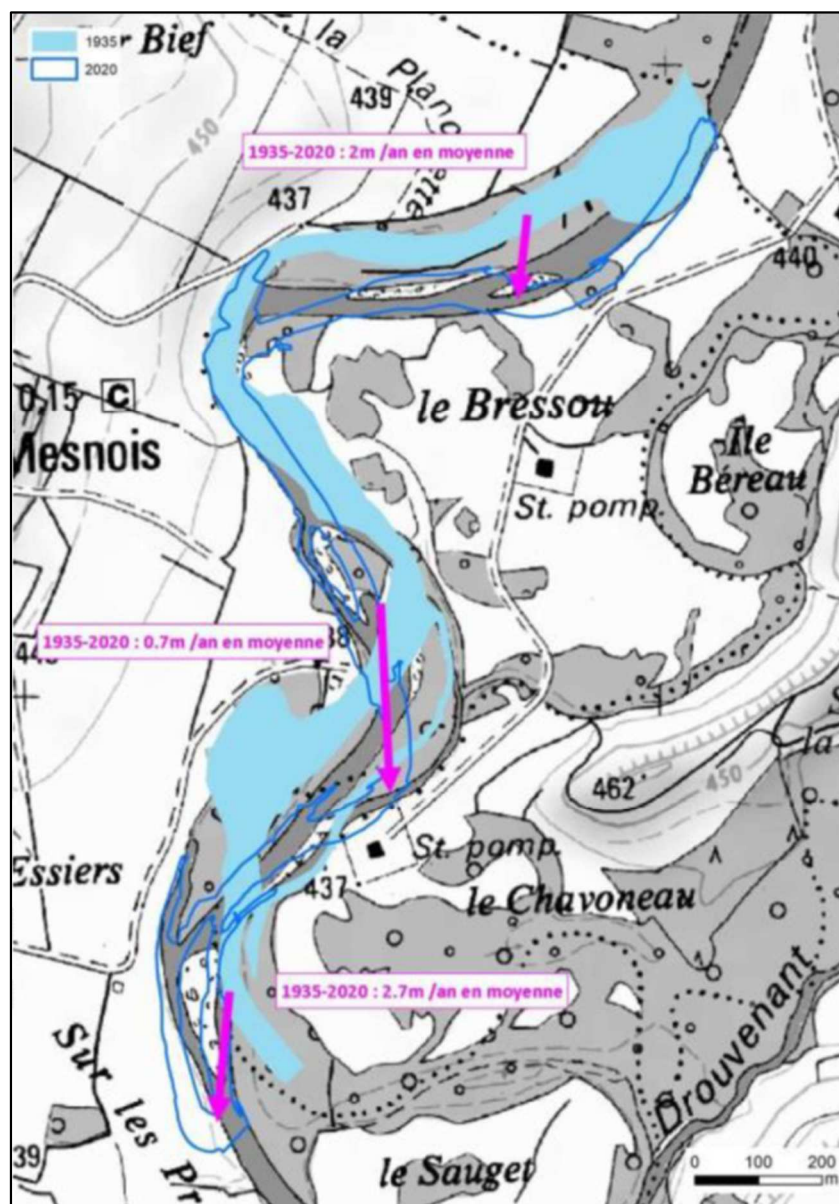


Figure 30 : Localisation des érosions à proximité des captages AEP (DYNAMIQUE HYDRO)

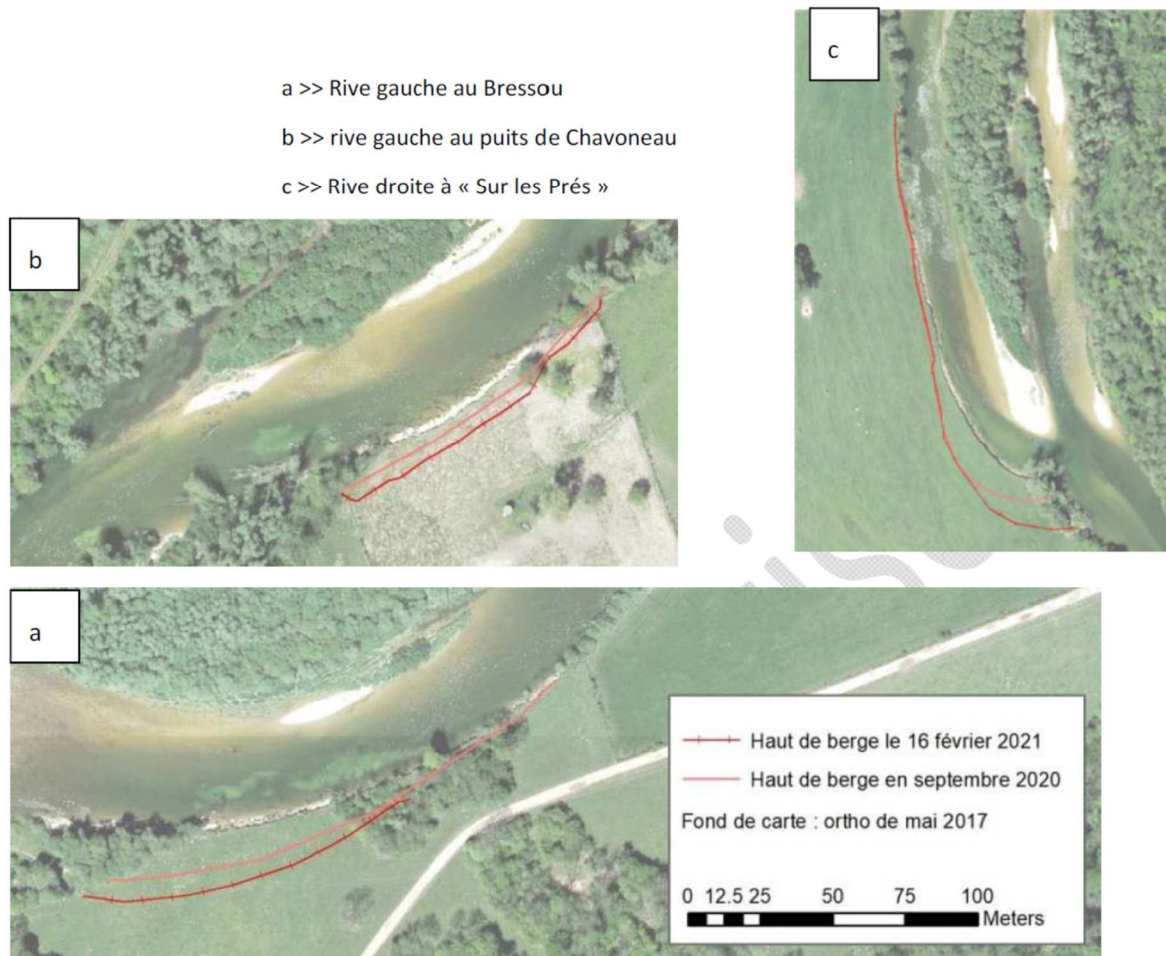


Figure 31 : Effet de la crue de février 2021 sur certains berges érodées, en amont des captages AEP (DYNAMIQUE HYDRO)

5.2 Conséquences de l'évolution morphologique de l'Ain sur le fonctionnement de la nappe alluviale et les usages en eau potable

Les conséquences de l'évolution morphologique de l'Ain entre le barrage de Blye et Pont-de-Poitte pour le fonctionnement hydrogéologique de la nappe alluviale et l'exploitation en eau potable sont les suivantes :

- La nappe alluviale étant en équilibre avec la rivière, l'incision du lit la rivière provoque une baisse de sa ligne d'eau et par conséquent une baisse généralisée du niveau de nappe et un drainage accentué de la nappe vers l'Ain. En l'absence de suivi en continu, la baisse de la tranche aquifère exploitable n'est pas directement documentée, mais le constat est partagé par les exploitants. En ordre de grandeur, la baisse de la tranche d'aquifère saturée en eau est proportionnelle à l'incision de la rivière à proximité de cette dernière.
- Certaines berges sont fortement érodées, le phénomène est particulièrement marqué à proximité des puits Sud du SIE de Vouglans, et du puits de Mesnois. La conséquence directe est une diminution de la largeur de la bande alluviale entre la berge et les puits, et par conséquent une diminution des temps de transfert entre l'Ain et les puits AEP en pompage. Le puits Sud est directement menacé de destruction à moyens termes.

L'effet de l'incision de l'Ain sur les captages AEP va dépendre de :

- La géométrie de l'aquifère : les puits en rive gauche où l'épaisseur de gravier aquifère est la plus importante (SIE de Vouglans) sont moins sensibles que les puits en rive droite (Puits de Blye, faible épaisseur d'alluvions) ;
- L'éloignement des puits du bord de la berge : il est du même ordre grandeur pour tous les puits relativement proches de la berge (entre 100 et 200 m, excepté le puits Sud du SIE de Vouglans)

5.3 Définition des enjeux et principes de restauration de l'Ain

5.3.1 Objectifs de restauration

D'après le rapport de DYNAMIQUE HYDRO : « Une restauration efficace est celle qui agit sur les causes des altérations et permet un retour à une situation d'équilibre. Ces causes sont maintenant connues :

- Incision du chenal due aux perturbations de l'approvisionnement en sédiments depuis l'amont ainsi qu'aux extractions passées ;
- Rectification du lit à Pont-de-Poitte ;
- Altération de la qualité physico-chimique depuis l'amont du tronçon.

Les objectifs de restauration de la rivière Ain entre le barrage de Blye et Pont de Poitte sont les suivant :

- Une restauration ambitieuse, partagée par les élus locaux ;
- Un retour à l'état initial (celui du début du 20^{ème} avant la création du barrage du Mesnois) n'est pas envisagé pour les raisons suivantes :
 - Le lit de l'Ain serait exhaussé de 1 à plus de 2 m par endroit avec une bande active plus large, non compatible avec les usages actuels ;
 - L'existence du barrage de Blye en amont du tronçon dont le fonctionnement vis à vis des sédiments peut être amélioré, sans pour autant le rendre totalement transparent ;
 - Il y a eu une diminution naturelle des apports entre 1920 et la fin du 20^{ème} siècle qu'il n'est pas envisagé de compenser artificiellement ;
- A défaut d'un retour à l'état initial, la restauration vise à retrouver un équilibre dynamique nécessitant le moins d'entretien possible. Pour cela il faut :
 - Restaurer au plus proche de la transparence la continuité sédimentaire au travers de la retenue des barrages de Blye et au travers du barrage lui-même ;
 - Recharger le lit pour lui rendre les matériaux définitivement perdus.
- Au regard des contraintes de mises en œuvre et de la limite des stocks exploitables il est important d'agir aussi sur la structure actuelle du lit moyen de la rivière d'Ain. Cela concerne :
 - La reprise des matériaux stockés au sein du lit moyen, dans les terrasses alluviales ;
 - La reconnexion ou l'amélioration de la connexion des milieux annexes.
 -

5.3.2 Principes d'action

Les deux principes d'action définis au terme du diagnostic répondent précisément aux problèmes identifiés :

- Améliorer le transit des matériaux au travers de la retenue de Blye en amont ;
- Injecter massivement des matériaux dans le lit de la rivière d'Ain.

Les besoins en matériaux sont importants (a minima entre 100 000 et 200 000m³). Pour réunir de tels volumes, il faudra exploiter plusieurs sources de matériaux.

- Remettre en circulation ceux bloqués dans la retenue ;
- Remettre en circulation ceux piégés dans les terrasses alluviales déconnectées ;
- Importer des matériaux depuis des stocks naturels des dépôts de la plaine, voire au-delà.

5.3.3 Enjeux vis-à-vis de la ressource en eau potable

Les enjeux vis-à-vis de la ressource en eau potables peuvent se traduire en termes d'impacts positifs ou négatifs attendus :

- **Impacts positifs :**
 - Augmentation de la tranche d'aquifère saturée disponible (augmentation de la productivité des captages AEP) ;
 - Diminution des gradients de nappe, donc augmentation des temps de séjour dans l'aquifère.
- **Impacts négatifs :**
 - Zones d'emprunt en lit majeur : diminution de l'épaisseur du « filtre » protégeant l'aquifère (zone non saturée) ;
 - En phase travaux : intervention de machines à proximité des captages, turbidité de l'eau.

5.3.4 Protection contre l'érosion des captages d'eau potable

Les scénarios de restauration ne prévoient pas d'ouvrages spécifiques au droit des berges proches des captages AEP destinées à ralentir ou à stopper le phénomène observé (type enrochement ou seuil).

La dynamique actuelle montre que 4 captages sont situés à proximité de zones d'érosion. La dynamique de restauration tend à créer un nouvel équilibre. Le puits Sud du SIE de Vouglans et de Mesnois restent menacés à court moyen terme du fait de la dynamique du méandre aval qui vient butter contre un point dur en rive droite (affleurements calcaires), et renvoyer les flux sur la rive gauche, vers la berge érodée à proximité du captage.

La cinétique dépend essentiellement des périodes de crue qui vont accélérer les phénomènes d'érosion. On peut estimer que la chambre de captage du puits Sud du SIE sera menacée à court ou moyen terme. Même si la chambre de captage reste en place, les temps de transferts vont diminuer entre la rivière d'Ain et le captage, Il est de même pour le puits de Mesnois ; bien que la marge de manœuvre soit encore importante, la cinétique est la plus forte dans ce secteur.

Il n'est pas prévu dans la cadre de la mission confiée à BURGEAP d'étudier le potentiel déplacement des captages. Des propositions techniques sont faites au chapitre 6 pour étudier la possibilité de déplacement des captages et /ou de la reconfiguration des captages en rive gauche.

5.4 Scénarios étudiés par DYNAMIQUE HYDRO

A partir du diagnostic et de l'analyse des enjeux de la restauration, DYNAMIQUE HYDRO a étudié 2 scénarios :

- **Un scénario 1, a minima** qui consiste à apporter un volume de matériaux de l'ordre de 120 000 m³ de matériaux dans le lit de l'Ain. Ces matériaux sont pour l'essentiel stockés en bordure du cours d'eau (issus des curages historiques), et/ou repris dans le lit mineur de la rivière.
- **Un scénario 2 optimal** qui consiste à apporter un volume de matériaux de l'ordre de 250 000 m³ de matériaux dans le lit de l'Ain. En plus des matériaux stockés en bordure du cours d'eau, et/ou repris dans le lit mineur de la rivière, il est nécessaire d'apporter une quantité importante de matériaux exogène du lit de la rivière.

Les principales différences entre les 2 scénarios, qui vont impacter les écoulements souterrains, sont les enjeux de la restauration en terme de ligne de la rivière Ain (Figure 32). Dans le cas du scénario A minima la ligne d'eau restaurée à l'étiage est remontée en moyenne autour de 0,5 m pour la partie médiane et autour de 0,7 m dans la partie amont par rapport à ligne d'eau d'étiage actuelle. Dans le cas du scénario Optimal, la ligne d'eau restaurée à l'étiage est remontée en moyenne autour de 1 m pour la partie médiane et autour de 1,3 m dans la partie amont par rapport à ligne d'eau d'étiage actuelle. Dans les 2 scénarios, la ligne d'eau bouge peu sur la partie aval en amont du seuil de Pont-de-Poitte.

L'ANNEXE 3 présente la synthèse des 2 scénarios étudiés.

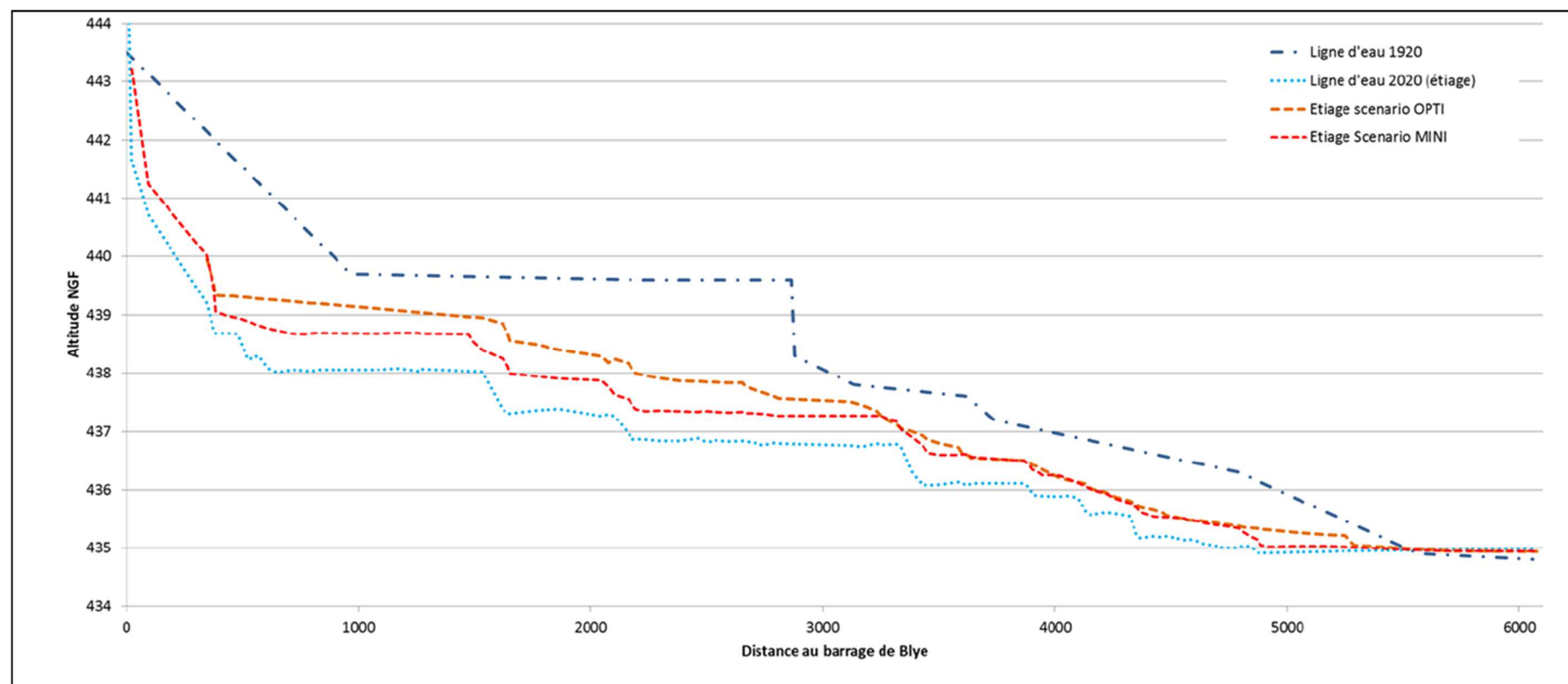


Figure 32 : Objectif de ligne restaurée des scénarios A minima et Optimal (DYNAMIQUE HYDRO)

5.5 Simulations réalisées

Plusieurs simulations ont été réalisées à partir du modèle du modèle calé de la nappe en régime permanent.

Les simulations ont été réalisées :

- Sur la base Des lignes d'eau de la rivière d'Ain restaurée, selon les modélisations hydrologiques réalisées par DYNAMIQUE HYDRO pour les 2 scénarios étudiés. **Ces lignes d'eaux sont valables pour une stabilisation du système après 5 à 10 ans de restauration et en supposant en équilibre dans les apports amont (apport des matériaux stockés annuellement au barrage de Blye) ;**
- Pour deux conditions hydrologiques, les conditions de moyennes eaux et d'étiage.

5.5.1 Résultats des simulations

Les cartes en pages suivantes présentent les résultats des simulations pour les 2 scénarios (scénario 1 a minima, scénario 2 Optimal pour les conditions de moyennes et hautes eaux). Les résultats de la modélisation sont présentés sous forme de carte piézométrique et de la carte de différence de hauteur de nappe (gain piézométrique = relèvement de la nappe) par rapport à la situation de référence actuelle en moyennes ou basses eaux.

Tableau 10 : Simulations hydrogéologiques

Conditions hydrologiques	Situation avant travaux	Scénario 1 - A minima		Scénario 2 - Optimal	
	Piézométrie	Piézométrie	Gain piézométrique	Piézométrie	Gain piézométrique
Basses eaux	Figure 33	Figure 35	Figure 36	Figure 39	Figure 41
Moyennes eaux	Figure 33	Figure 37	Figure 38	Figure 40	Figure 42

5.5.2 Situation de référence avant travaux (basses et moyennes eaux)

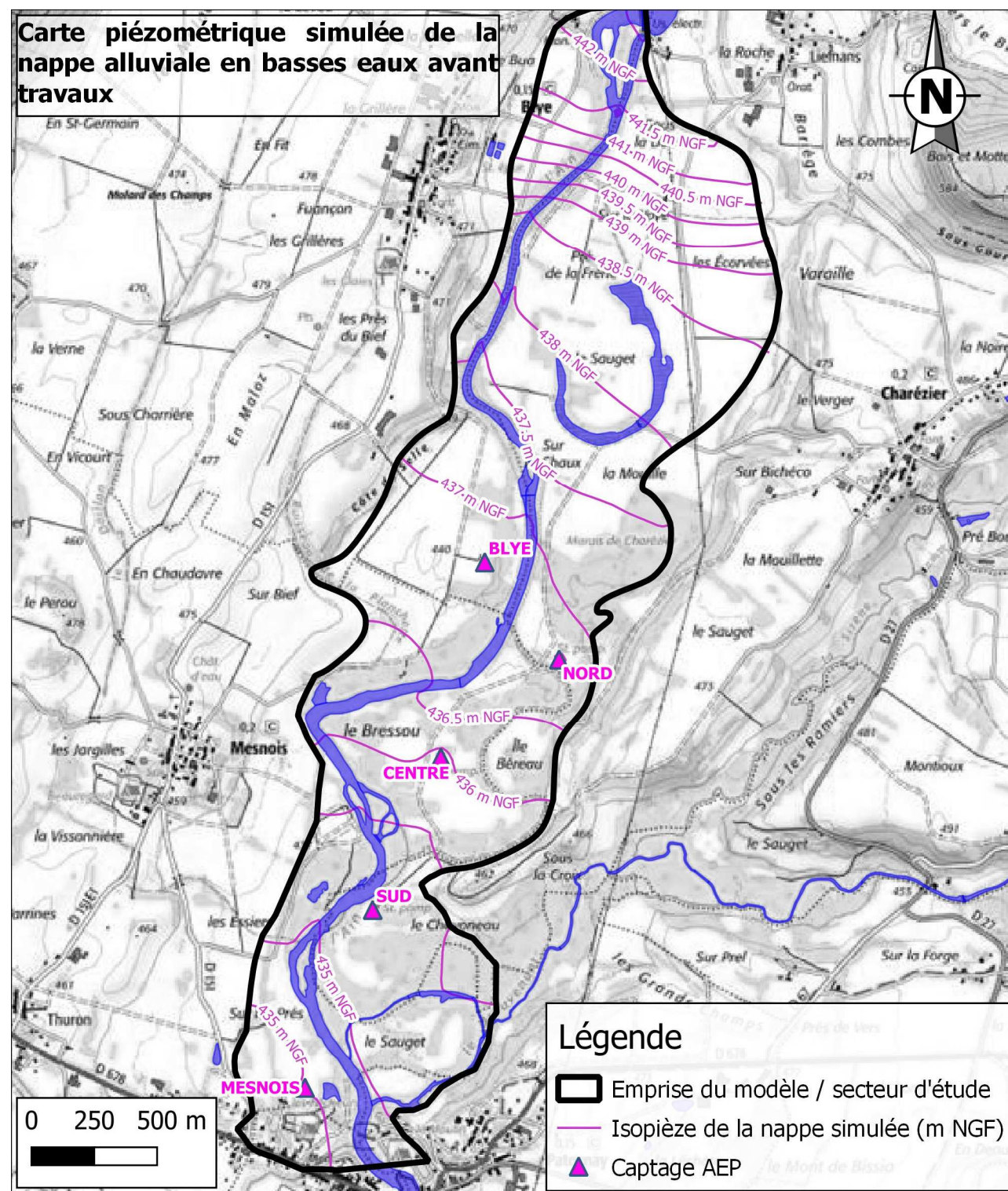


Figure 34 : Simulation de la piézométrie pour la situation de référence actuelle (avant travaux) en conditions de basses eaux

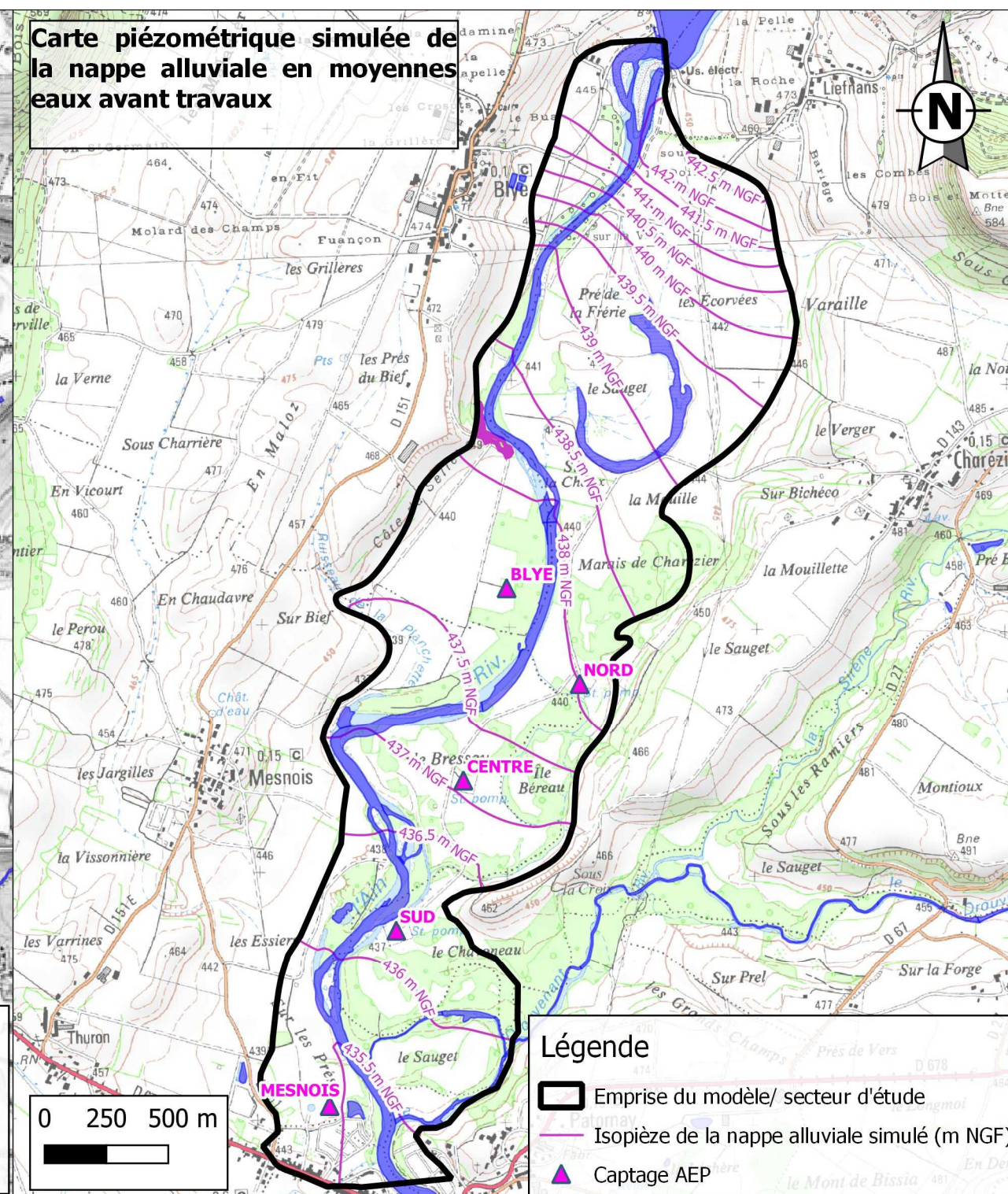


Figure 33 : Simulation de la piézométrie pour la situation de référence actuelle (avant travaux) en conditions de moyennes eaux

5.5.3 Scénario 1 A minima

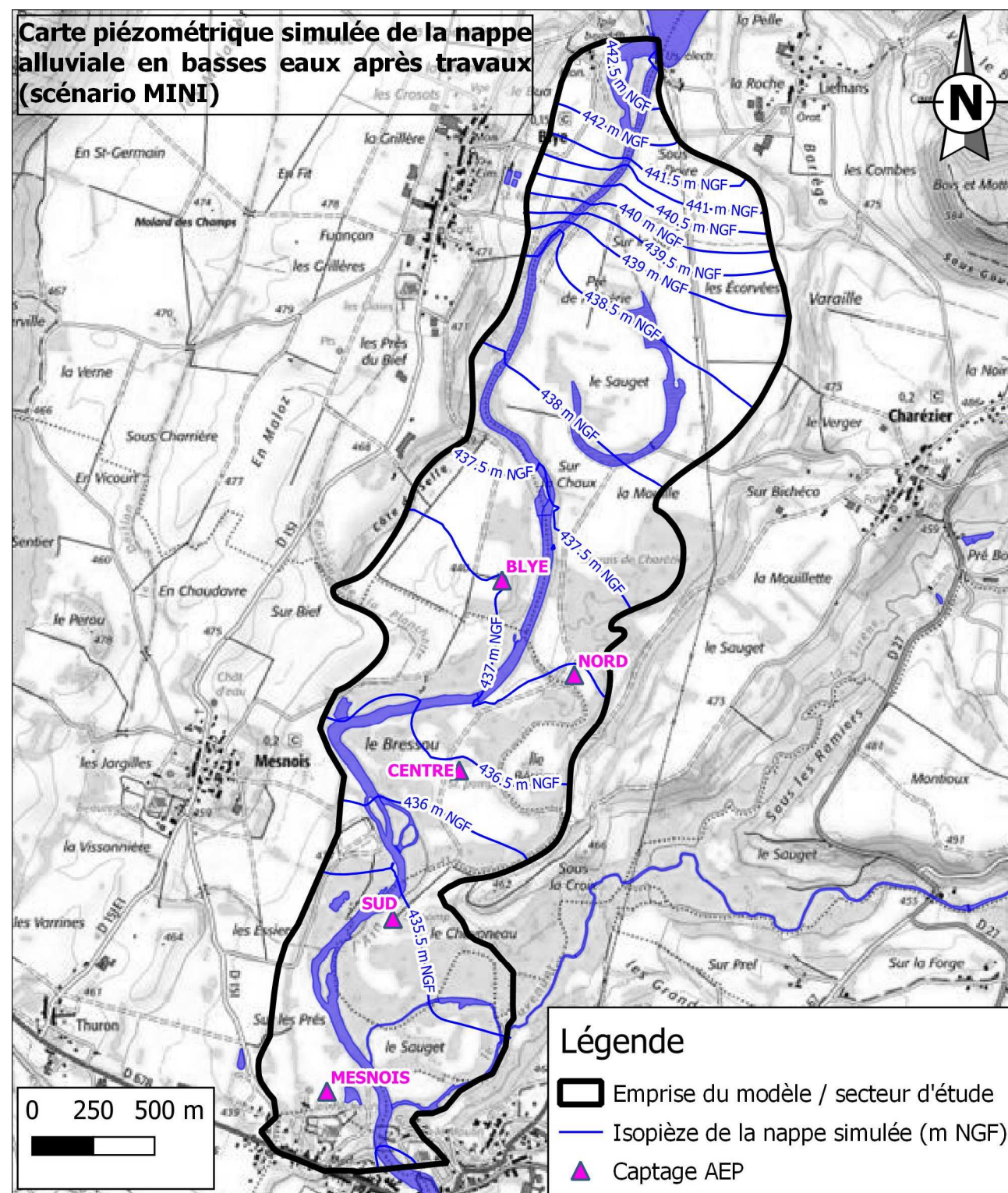


Figure 36 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 1 en conditions de basses eaux

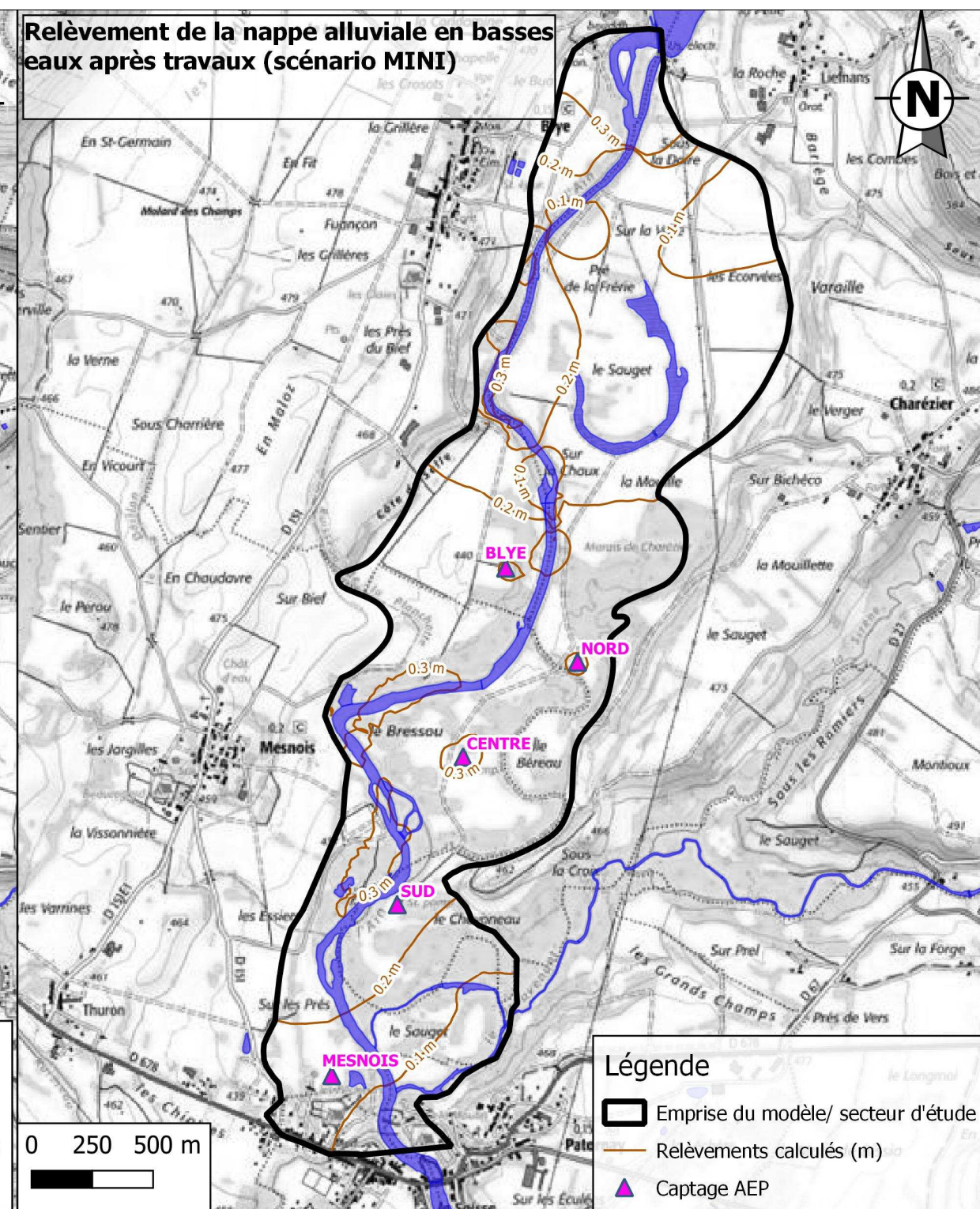


Figure 35 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 1 en conditions de basses eaux par rapport à la situation avant travaux

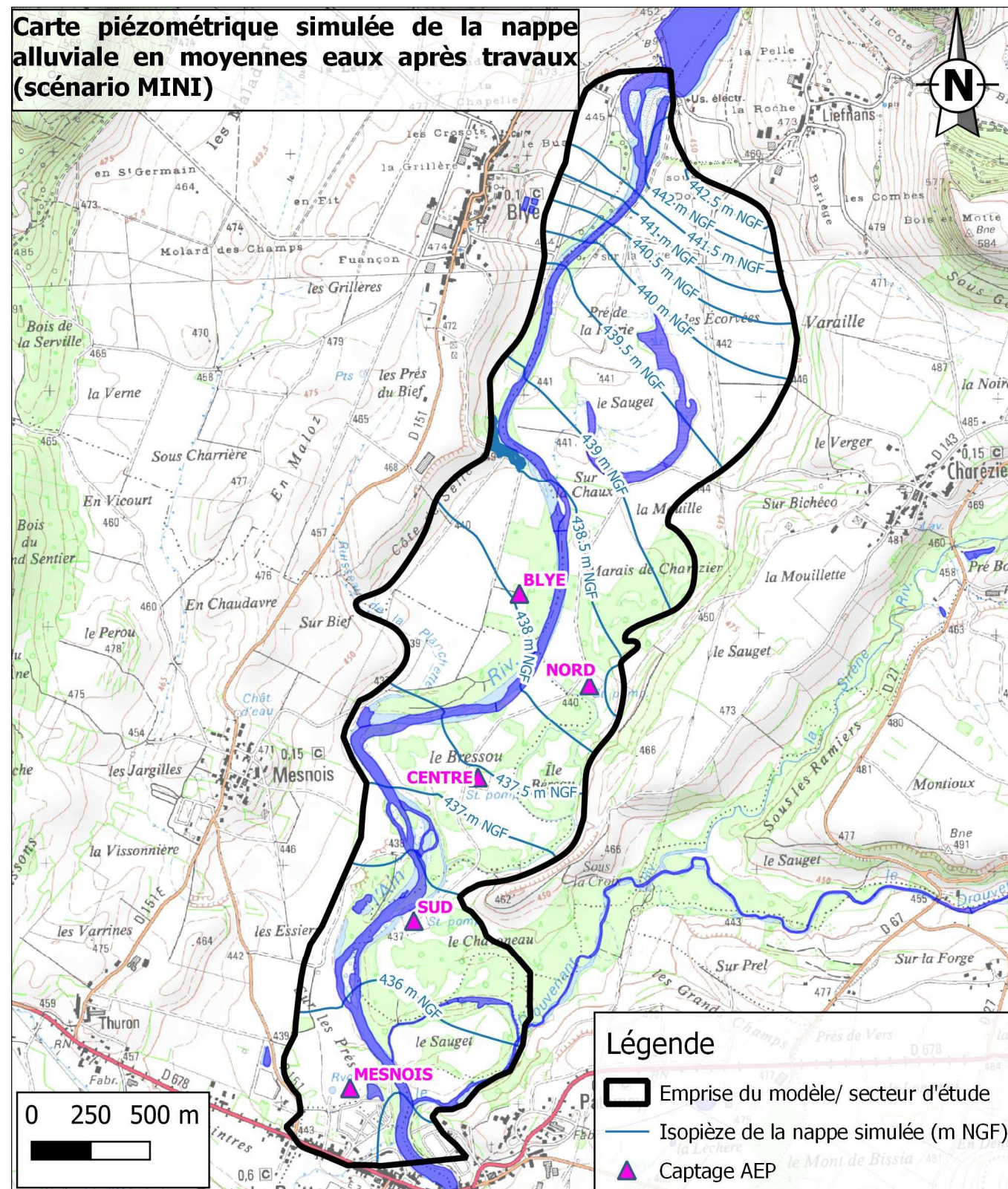


Figure 37 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 1 en conditions de moyennes eaux

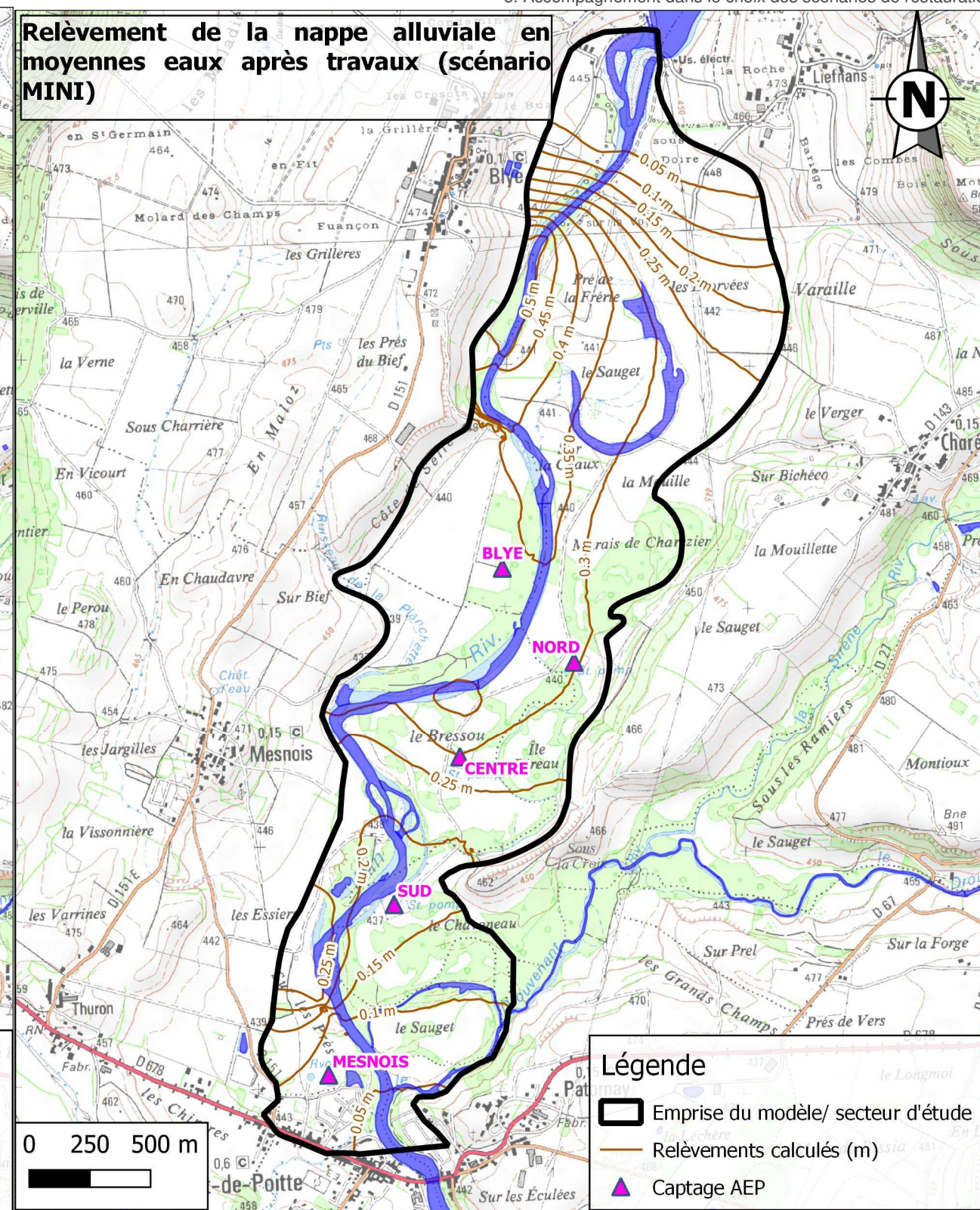


Figure 38 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 1 en conditions de moyennes eaux par rapport à la situation avant travaux

5.5.4 Scénario 2 Optimal

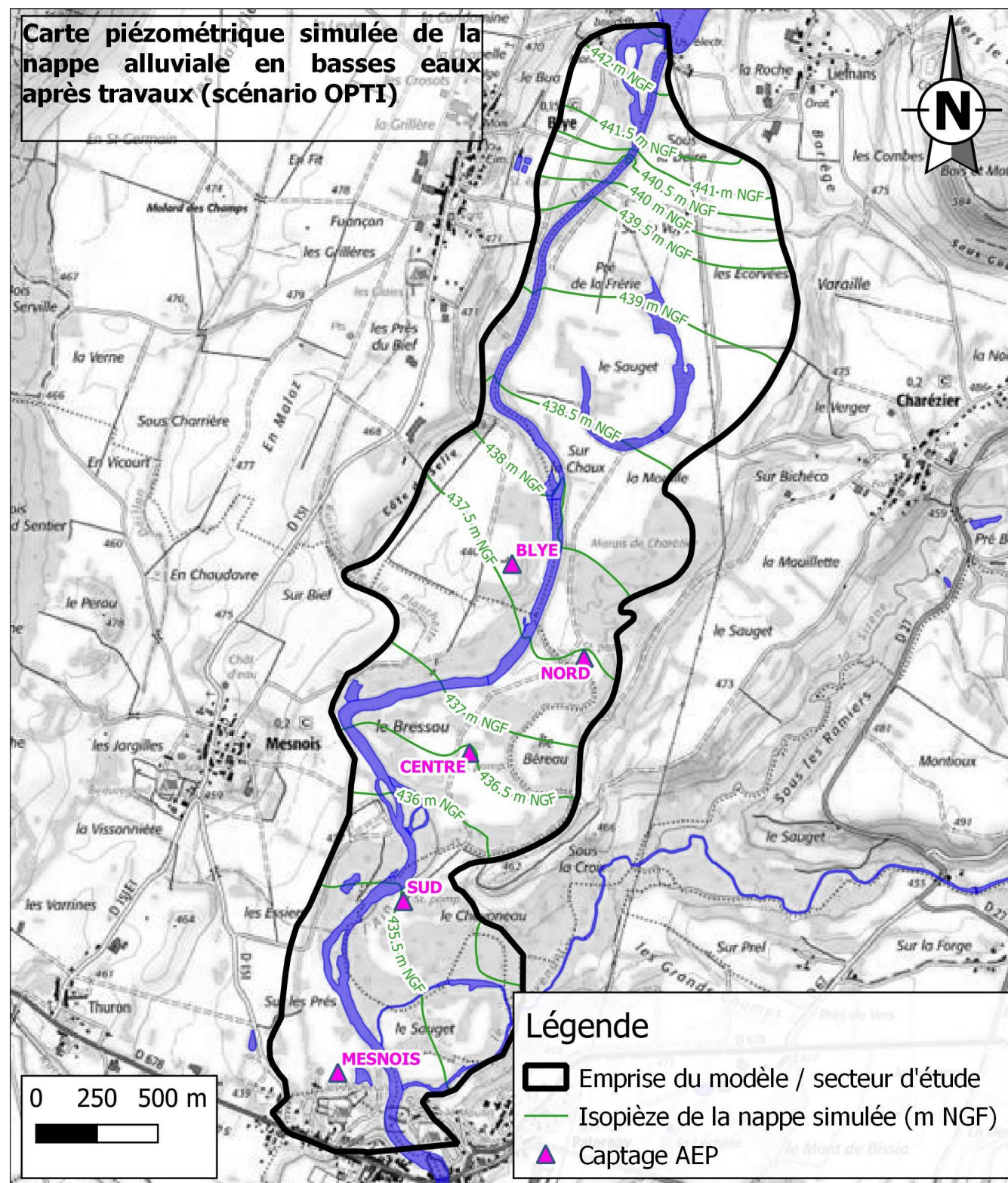


Figure 39 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 2 en conditions de basses eaux

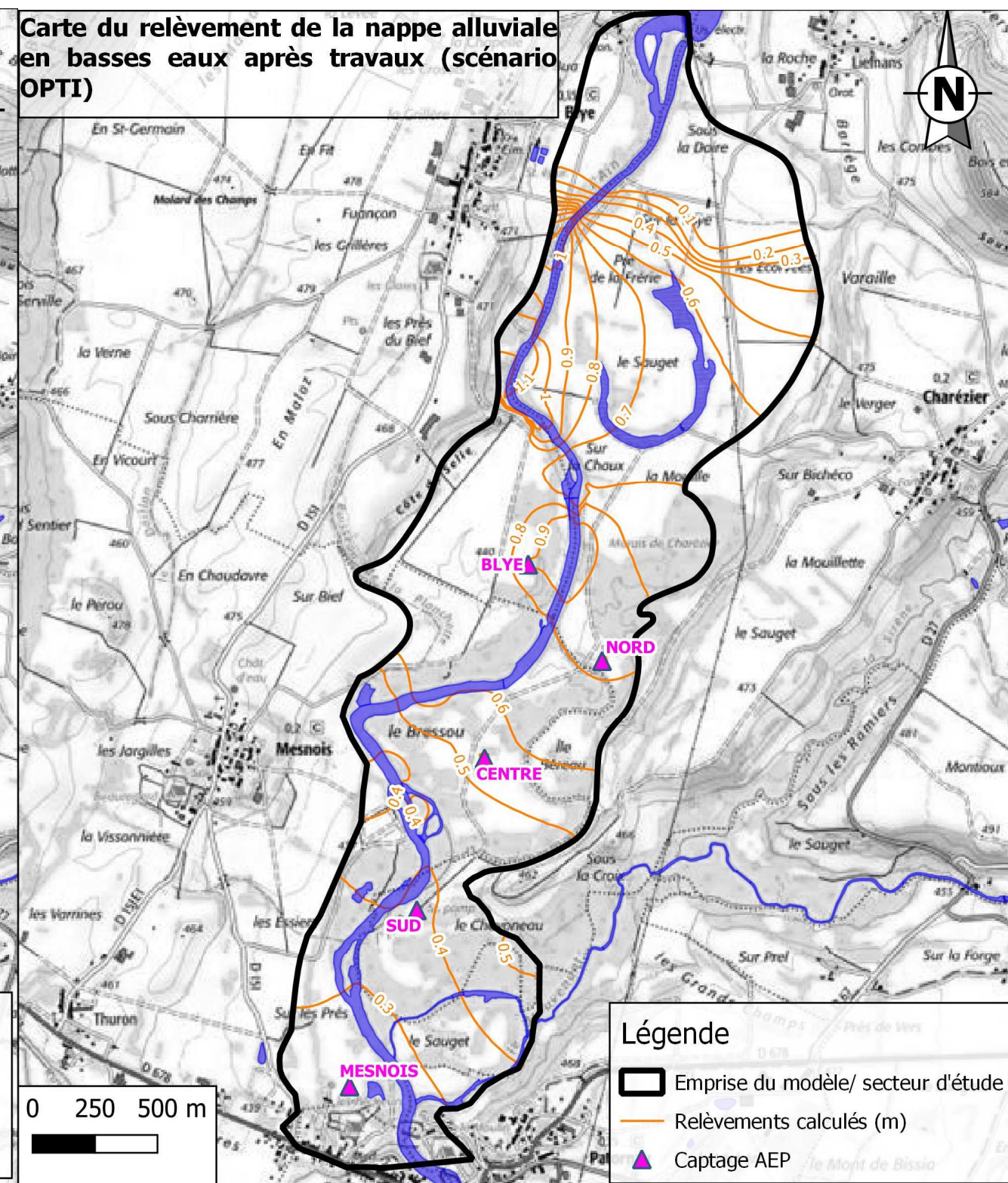


Figure 40 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 2 en conditions de basses eaux par rapport à la situation avant travaux

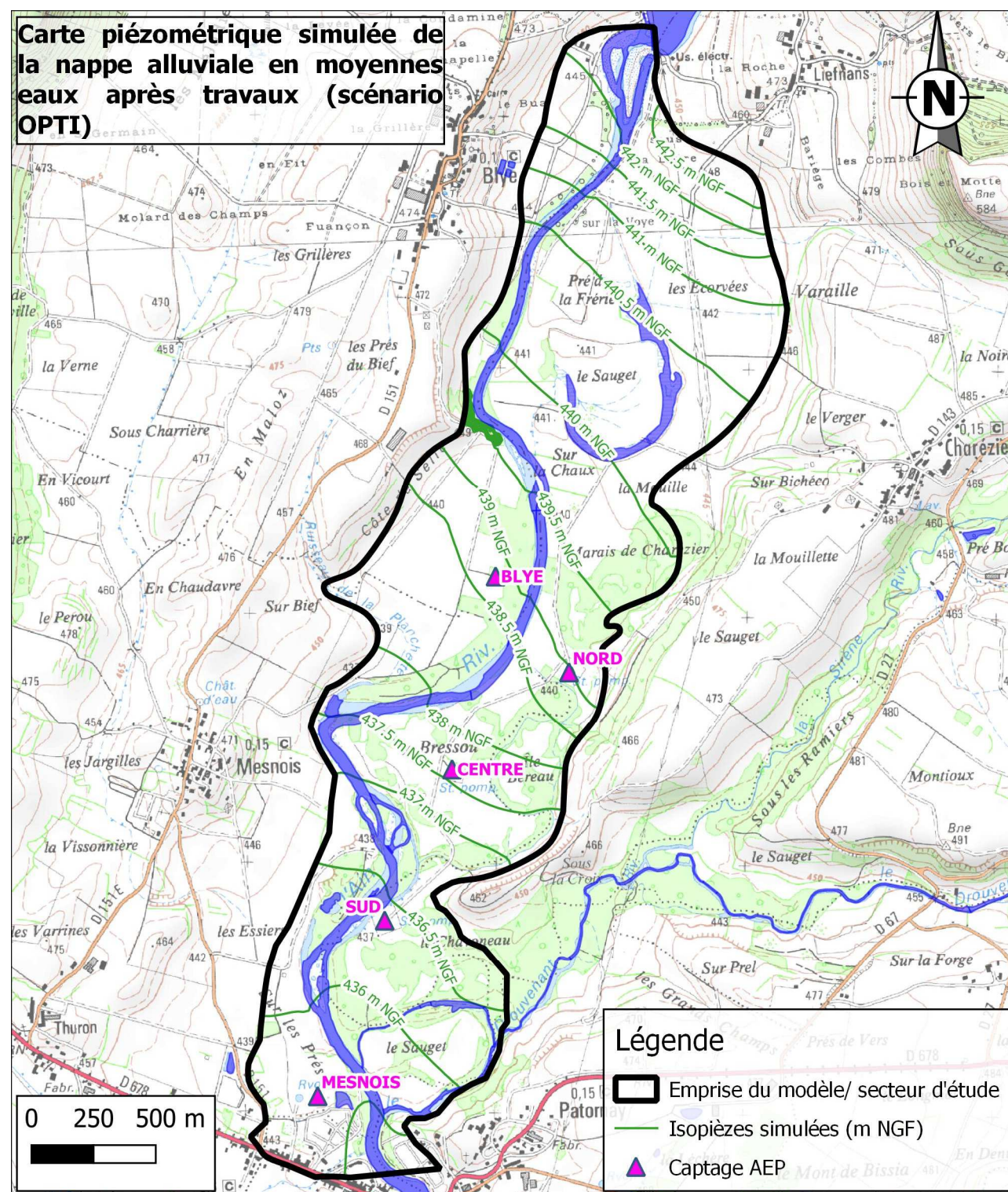


Figure 41 : Simulation de la piézométrie pour le scénario 2 en conditions de moyennes eaux

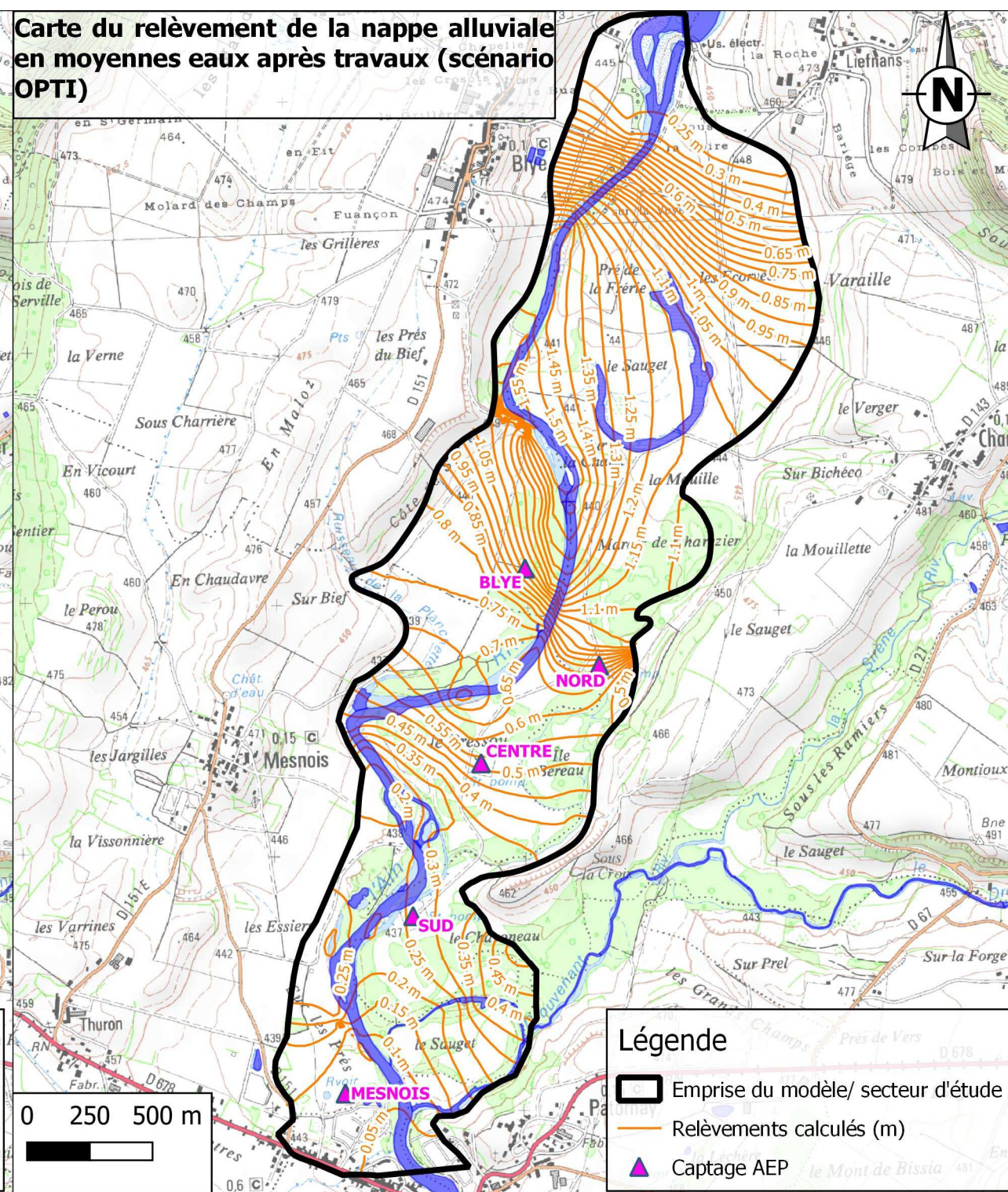


Figure 42 : Simulation du gain piézométrique pour le scénario 2 en conditions de moyennes eaux par rapport à la situation avant travaux

5.5.5 Synthèse et commentaires des résultats des simulations

5.5.5.1 Captages d'eau potable

Le Tableau 11 ci-dessous présente les résultats en termes de gains piézométriques pour les 2 scénarios en conditions de basses et moyennes eaux, au droit des 5 captages AEP.

Quelque que les conditions hydrologiques et les scénarios, les gains sont plus importants vers l'amont. Cela s'explique par le gradient général d'écoulement plus fort vers l'amont, ainsi qu'une incision et donc une restauration morphologique plus ambitieuse vers l'amont. On remarque que les gains piézométriques sont plus importants en conditions de basses eaux en valeur absolue, sur le tronçon inférieur aval (à partir du captage centre du SIE). C'est le contraire sur la partie amont, avec des gains supérieurs en conditions de moyennes eaux, du fait de la reconnexion du matelas alluvial en rive gauche en aval immédiat du barrage de Blye (aujourd'hui déconnecté, l'Ain coule sur les marnes). De manière plus globale, les gains piézométriques sont surtout marqués dans la partie amont du tronçon restauré quel que soit le scénario.

Tableau 11 : Synthèse des gains piézométriques (en mètres) pour les captages AEP

	Scénario a minima	Scénario optimal	Scénario a minima	Scénario optimal
	Basses eaux		Moyennes eaux	
Puits de Blye	0,30	0,90	0,30	1,00
Puits SIE Nord	0,30	0,80	0,30	0,90
Puits SIE Centre	0,50	0,70	0,30	0,50
Puits SIE Sud	0,30	0,40	0,15	0,25
Puits de Mesnois	0,15	0,25	0,05	0,05

Les Tableau 12 et Tableau 13 ci-après présentent les gains en termes de tranches d'eau disponible (hors rabattement induits par les pompages) pour l'aquifère au droit de chaque captage AEP, respectivement pour chacun des 2 scénarios. Le calcul prend en compte les gains piézométriques issus de la modélisation, mais aussi la tranche d'eau effective qui est variable d'un site à l'autre en fonction de l'épaisseur saturée d'alluvions aquifères (cf coupes hydrogéologiques au chapitre 3.2).

Note importante : ces gains ne constituent pas le gain absolu de productivité de chaque puits, qui dépend à la fois des conditions locales d'écoulement, des régimes de pompage, de la position des crépines des puits, et des rabattements dans le puits. Cette approche donne un premier ordre de grandeur des gains de disponibilité de la ressource autour de chaque puits.

Les gains sont plus importants en conditions de basses eaux qu'en hautes eaux, du fait de la plus faible tranche d'eau disponible en conditions de basses eaux.

Les résultats montrent le même effet amont/aval, avec un gain significatif pour le captage de Blye, le plus au nord (100 % de gain soit un doublement de la tranche d'eau disponible autour du puits en conditions de basses eaux, gain de 53 % en conditions de hautes eaux). Les gains sont les plus faibles pour le captage de Mesnois le plus en aval, à proximité du seuil de Pont de Poitte. En moyenne, pour les autres puits, les gains sont de l'ordre de 10 à 30 % sur la tranche d'aquifère saturée disponible.

Tableau 12 : Synthèses des gains sur la tranche d'eau disponible pour le scénario a minima (hors influence des pompages)

	Scénario a minima					
	Basses eaux			Moyennes eaux		
	Tranche d'eau saturée état initial (m)	Tranche d'eau saturée état final (m)	Gain	Tranche d'eau saturée état initial (m)	Tranche d'eau saturée état final (m)	Gain
Puits de Blye	0.9	1.20	33%	1.9	2.20	16%
Puits SIE Nord	2.4	2.70	12%	3.8	4.10	8%
Puits SIE Centre	3.2	3.70	16%	4.6	4.90	7%
Puits SIE Sud	1.8	2.10	17%	2.8	3.00	5%
Puits de Mesnois	2	2.15	7%	2.6	2.60	2%

Tableau 13 : Synthèses des gains sur la tranche d'eau disponible pour le scénario optimal

	Scénario optimal					
	Basses eaux			Moyennes eaux		
	Tranche d'eau saturée état initial (m)	Tranche d'eau saturée état final (m)	Gain	Tranche d'eau saturée état initial (m)	Tranche d'eau saturée état final (m)	Gain
Puits de Blye	0.9	1.80	100%	1.9	2.9	53%
Puits SIE Nord	2.4	3.20	33%	3.8	4.7	24%
Puits SIE Centre	3.2	3.90	22%	4.6	5.1	11%
Puits SIE Sud	1.8	2.20	22%	2.8	3.1	9%
Puits de Mesnois	2	2.25	13%	2.6	2.6	2%

5.5.5.2 Annexes fluviales

Le Tableau 14 ci-dessous présente les gains piézométriques en valeurs absolues au droit des annexes fluviales, c'est-à-dire le méandre du Sauget sur la terrasse amont (hors zone de captages AEP), du méandre de l'Ile Béreau, qui passe à proximité des captages AEP du SIE de Vouglans, et du secteur de Bressou sud.

Les gains piézométriques, plus marqués au nord qu'au sud, sont les plus importants au droit du méandre du Sauget sur la terrasse rive gauche la plus en amont (topographique et piézométrique). Les gains y sont 2 fois plus importants dans le scénario optimal (1,20 m) que dans le scénario à minima (0,6 m) en conditions de moyennes eaux du fait de la reconnexion du matelas alluvial au pied du barrage de Blye (aujourd'hui déconnecté de l'Ain). Les gains sur les autres annexes fluviales restent d'un ordre de grandeur assez proche de ceux observées pour les captages AEP au centre de la zone de travaux : de 0,2 à 0,3 m sur les scénarios à minima en basse ou moyennes eaux, et de l'ordre de 0,3 à 0,7 m sur le scénario optimal en basse ou moyennes eaux.

Tableau 14 : Synthèses des gains piézométriques (en mètres) pour les annexes fluviales

	Scénario a minima	Scénario optimal	Scénario a minima	Scénario optimal
	Basses eaux		Moyennes eaux	
Méandre du Sauget	0,20	0,65	0,30	1,20
Ile Berrau nord	0,20	0,7	0,30	0,60
Ile Berrau sud	0,20	0,5	0,30	0,40
Le Bressou sud	0,30	0,4	0,20	0,30

5.6 Scénario retenu

Le scénario 2 Optimal le plus ambitieux (réinjection de l'ordre de 250 000 m³ de matériaux) a été validé par le Comité de pilotage. Il constitue le scénario de référence pour la phase d'avant-projet.

Note importante : dans le scénario ambitieux initial, il était prévu l'extraction d'une partie des matériaux nécessaires à la restauration, dans des zones d'emprunt à créer dans les terrasses alluviales (lit majeur, 130 000 m³), dont une partie dans les périmètres de protection rapprochées ou éloignées des captages d'eau potable de la plaine alluviale. La création de ces zones d'emprunt ont fait l'objet d'échanges avec DYNAMIQUE HYDRO, le PNR du Haut-Jura et l'ARS du Jura (réunion du 18/03/2022). Un premier classement des zones d'emprunt avait été proposé pour distinguer les impacts attendus sur la ressource en eau potable avec :

- La redynamisation en lit moyen (bande active ancienne), qui consiste en des mouvements de matériaux déposés sur des anciens lits, plus ou moins déconnectés du lit actuel ou atterris ;
- La création de zones d'emprunt en terrasse alluviale ;
- La reconnexion d'annexe fluviale, c'est-à-dire le surcreusement d'ancien méandre, sur des largeurs limitées, pour favoriser la reconnexion de milieux annexes ;

Il été réalisé par la suite un travail pour limiter ces zones d'emprunt, éviter l'atteinte des zones saturées de l'aquifère, en privilégiant des secteurs hors périmètres de protection et/ou en reconstituant la protection naturelle existante, avec si nécessaire le tri sur place des matériaux et/ou l'apport de matériaux de faibles perméabilité pour reconstituer la protection naturelle de l'aquifère.

Dans l'avant-projet de janvier 2023 qui découle du scénario 2 Optimal, il n'existe plus de zones d'emprunt directement dans les bandes alluviales, à l'exception les annexes fluviales ainsi que dans la prairie au droit du Sauget amont (ancien méandre). Les compléments de matériaux proviendront d'apports de matériaux provenant du projet Vouglans Saut-Mortier (sous réserve du partenariat à établir avec EDF).

Seules sont conservés des mouvements des matériaux pour la redynamisation du lit moyen, qui sont situés dans les périmètres de protection, mais qui constituent un enjeu moindre vis-à-vis de la protection de la ressource en eau potable.

Les mesures d'accompagnements pour la protection de l'aquifère et des ouvrages d'eau potable sont traitées au chapitre 6 avec les données de l'avant-projet.

6. ANALYSE DE L'AVANT-PROJET ET RECOMMANDATIONS VIS-A-VIS DE LA RESSOURCE EN EAU POTABLE

6.1 Synthèse de l'avant-projet de restauration de DYNAMIQUE HYDRO (mars 2023)

On reprend ici les principaux éléments de l'avant-projet de restauration, qui peuvent impacter la ressource en eau potable. On renverra directement au document complet d'avant-projet pour les détails techniques de la restauration.

L'avant-projet de restauration du cours d'eau reprend les objectifs du scénario 2 optimal (250 000 m³ de matériaux injectés). Les principales évolutions sont les suivantes :

- Il n'existe plus de zones d'emprunt directement dans les terrasses alluviales, à l'exception des annexes fluviales ainsi que dans la prairie au droit du Sauget amont (ancien méandre) ;
- Les zones de redynamisation et/ou de reconnexion des annexes fluviales ont été modifiées.

L'avant-projet est décomposé en 10 actions décrites dans le Tableau 15 qui suit.

Les travaux envisagés sont précisés sur les 3 cartes en pages suivantes issues de l'avant-projet de DYNAMIQUE HYDRO.

Tableau 15 : Grands types d'intervention dans le périmètre de projet (Extrait de l'avant-projet de DYNAMIQUE HYDRO)

Type d'intervention	Code cartographique	Opérations induites	Bilan sédimentaire à l'échelle du lit moyen
Arasement des zones riveraines	Ar_xx	Déboisement total de la zone	Nul
Abattages sélectifs	Bo_xx		-
Creusement de chenal	Ch_xx	Déboisement total de la zone	Nul
Connexion des zones humides	Co_xx	Déboisement total de la zone	Positif
Création de zones humides	Lo_xx		Positif
Prélèvement en lit majeur	Pr_xx		Positif
Remblai en lit majeur	Re_xx		Positif ou nul selon la provenance des matériaux
Plantation de ripisylve	Ri_xx		
Zone de prélèvement et d'entretien	ZPE_xx		
Zone d'injection des sédiments amont	Z_Inj		Positif - si l'on considère que la retenue est exclue de l'hydrosystème

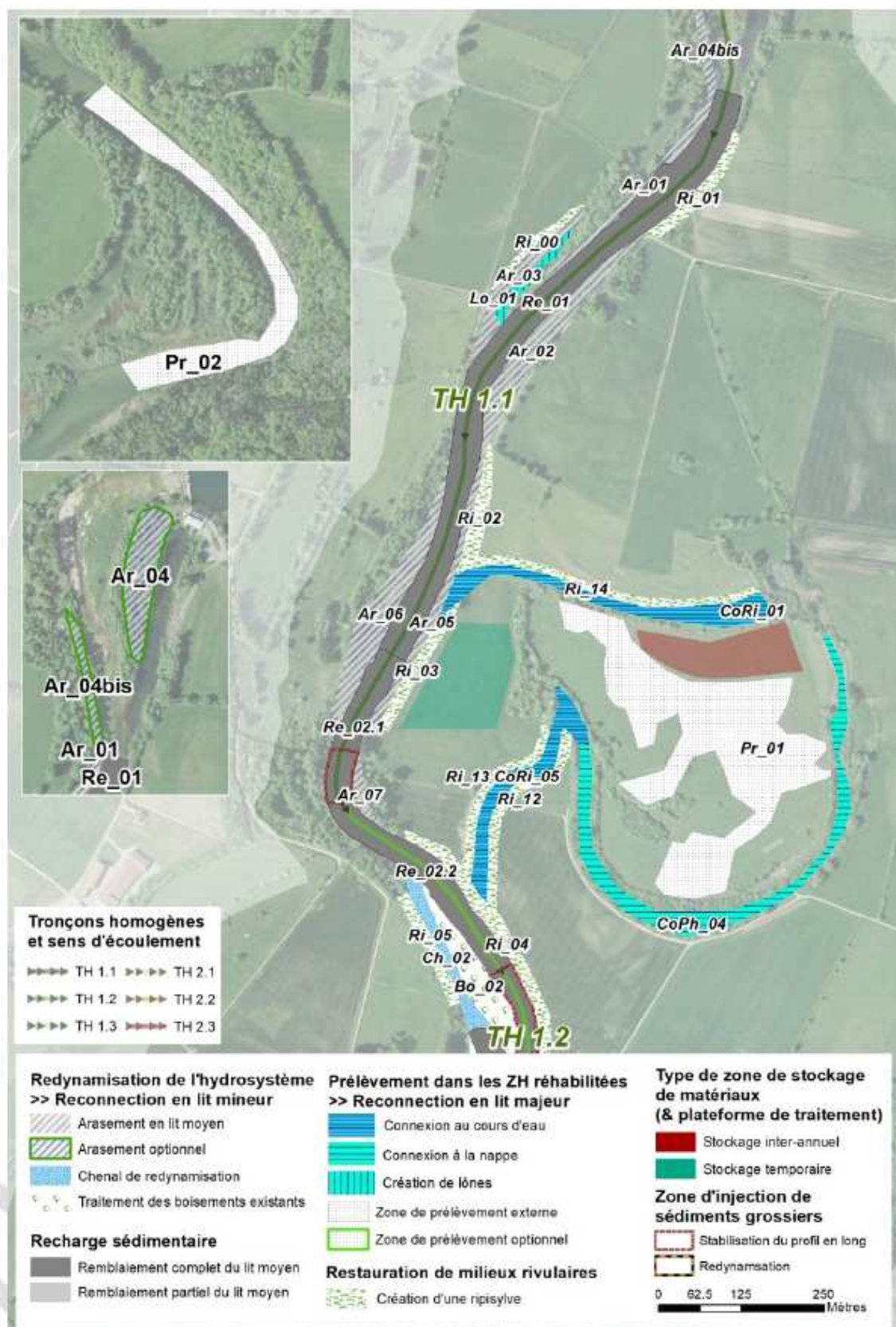


Figure 43 : Interventions prévues sur le tronçon 1.1 amont (DYNAMIQUE HYDRO)

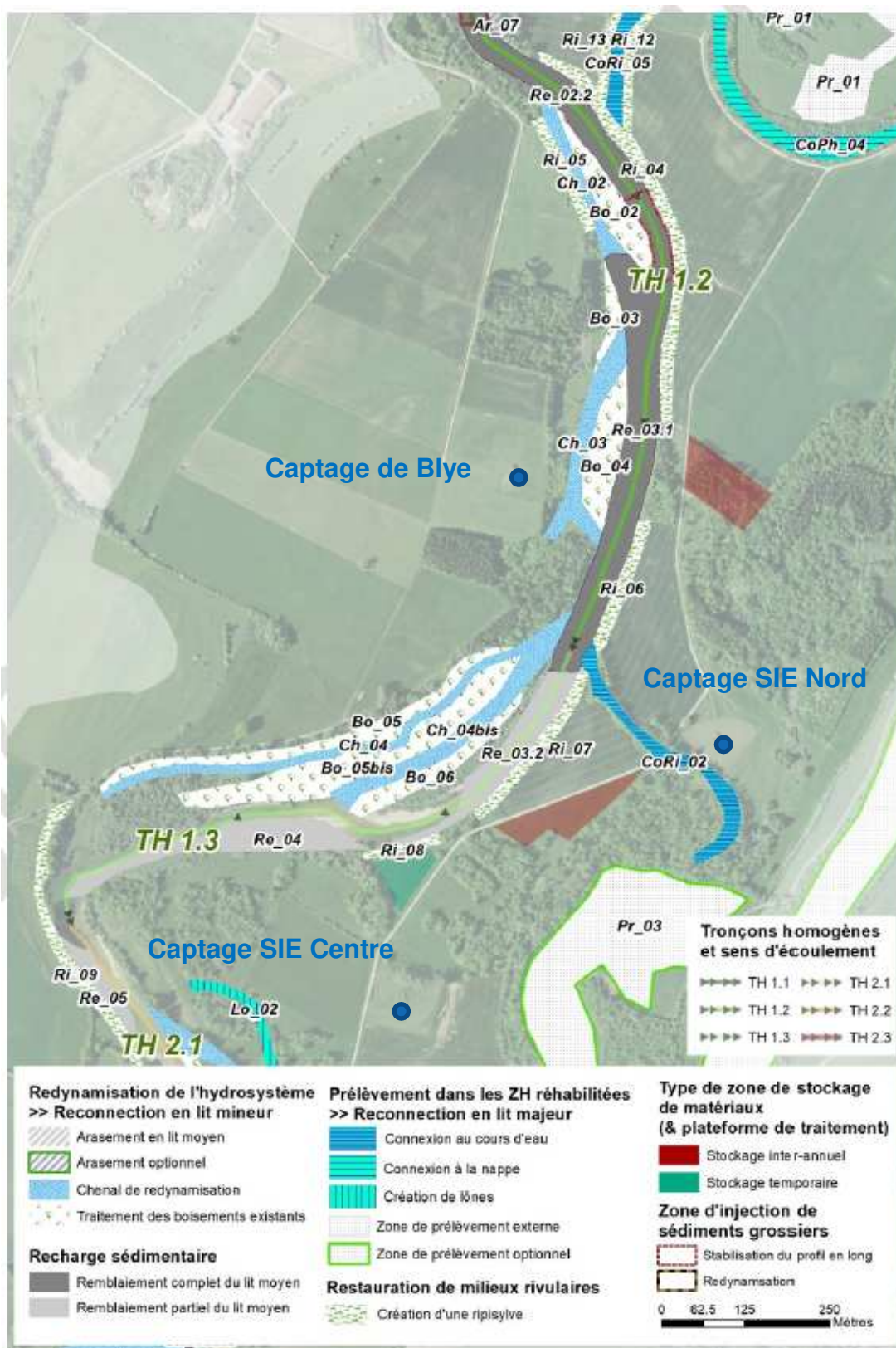


Figure 44 : Interventions prévues sur les tronçons 1.2 et 1.3 médians (DYNAMIQUE HYDRO, complété)

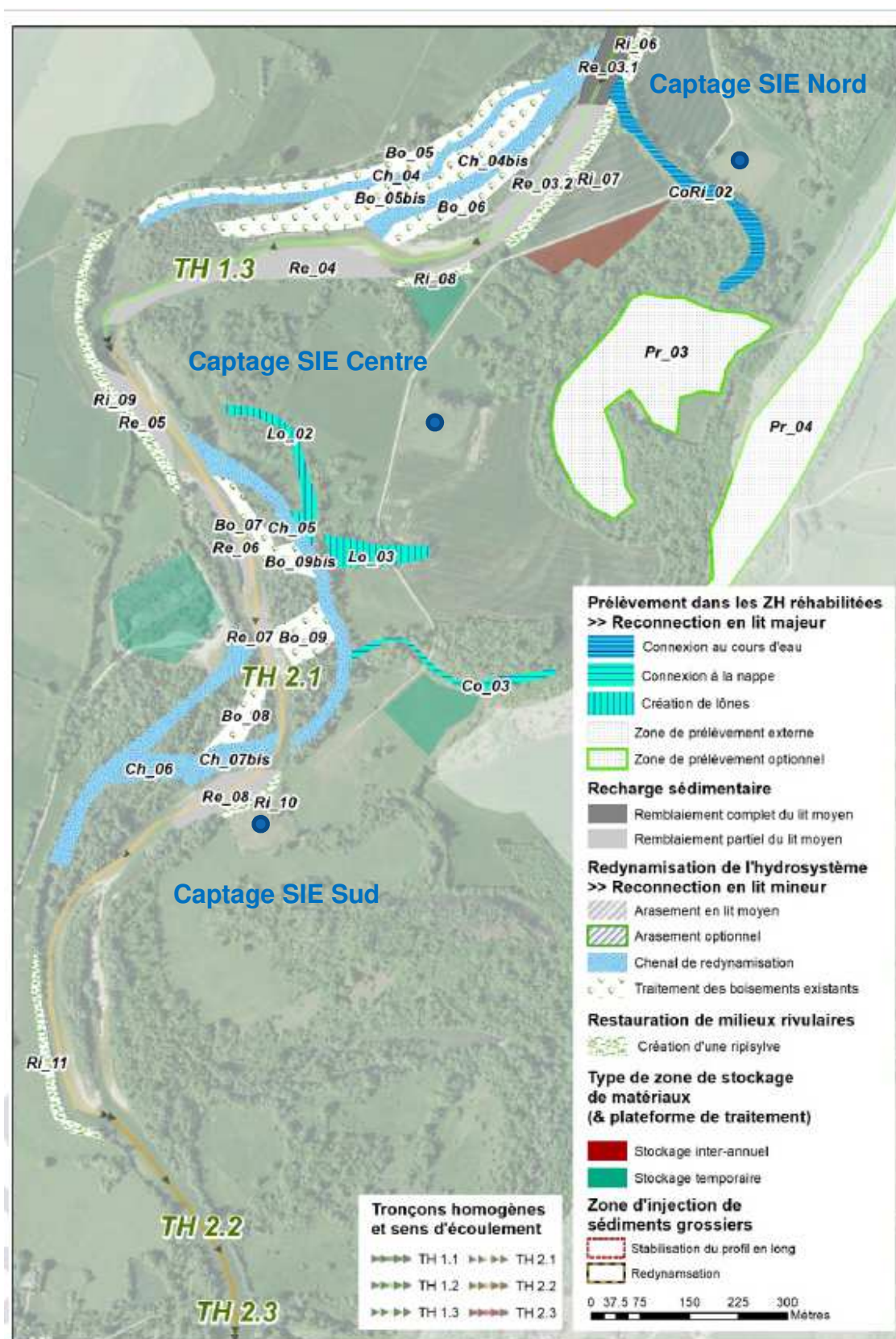


Figure 45 : Interventions prévues sur les tronçons 1.3 et 2.1 (DYNAMIQUE HYDRO, complété)

6.2 Analyses des impacts et recommandations

Pour rappel, les impacts positifs attendus sur la ressource en eau sont les suivants :

- La remontée de la ligne d'eau effective dont l'impact sur la piézométrie a été mesuré par modélisation hydrogéologique. Les remontées de nappe attendues sont quantifiées pour le scénario optimal conforme à l'avant-projet ;
- Une diminution des gradients d'écoulement qui aura également un impact positif attendu sur la qualité des eaux, du fait de la diminution des vitesses d'écoulement (non quantifiable) et de la reconnexion de certaines annexes fluviales.

Les risques des travaux de restauration sur la ressource en eau concernent :

- L'aspect quantitatif, si les travaux ont des impacts sur la dynamique d'écoulement, c'est à dire impactent directement la zone saturée de l'aquifère (drainage). La co-construction des scénarios et de l'avant-projet avec les premières recommandations sur l'enjeu eau potable minimise fortement ce risque ;
- L'impact qualitatif, qui constitue l'impact résiduel de l'avant-projet qui va concerner les mouvements de matériaux (apport de turbidité, carbone organique vers les captages) et/ou le rapprochement de bras ou d'annexes fluviales à proximité des captages.

Les paragraphes qui suivent présentent une analyse détaillée des actions envisagées vis à vis de la ressource en eau potable.

6.2.1 Arasement des zones riveraines

Cette opération (Ar) consiste en « *L'arasement réalisé à proximité du lit mineur (généralement en bordure). Cette opération permet de reconnecter la zone d'intervention en l'abaissant et fournis des matériaux pour remblayer le lit mineur* ».

Cette opération concerne le tronçon amont uniquement : il s'agit de la reprise de matériaux de curages stockés sur les berges, en dehors des périmètres de protection des captages, sans impact quantitatif pour la ressource en eau. Cette opération pourra amener des matières en suspension dans l'eau de la rivière et donc la turbidité aux puits en aval.

6.2.2 Abatage sélectifs

Cette opération (Bo) consiste en « *L'abatage partiel de zones boisées dans le but d'y faciliter les écoulements tout en conservant une bonne résistance mécanique. Ce type d'intervention permet de ralentir les processus érosifs, notamment pour augmenter la durée de vie d'épis en alluvion* ».

Cette opération n'a pas d'impact quantitatif sur la ressource en eau potable. Elle peut avoir un impact sur la qualité de l'eau, via la mise à nu de sol et l'apport de turbidité vers les captages. Si l'abatage reste partiel, c'est-à-dire que l'on maintient un couvert végétal suffisant, l'impact reste faible. Un point de vigilance sur cette opération concernera le captage de Blye proche des zones d'abatage (**Bo_3, et Bo_4**).

6.2.3 Creusement de chenal

Cette opération (Ch) consiste en la réalisation de « *de zones de déblai. À la différence des arasements, les chenaux ont un objectif de report des écoulements de crue au cœur des zones aujourd'hui stables* ».

Ces opérations concernent toutes les bordures du lit mineur (pour certains secteurs, d'anciens chenaux atterris) des tronçons amont et médians (1.1, 1.2 et 1.3) en rive droite uniquement. **Le principal enjeu concerne l'opération CH_03 très proche du puits de Mesnois. Le creusement est envisagé sur environ 2 m de profondeur dans un bras atterri et perché par rapport au lit actuel de l'Ain. Le fond recreusé**

sera à l'équilibre avec le chenal principal comblé de matériaux (environ 1 m plus haut que le lit actuel). Cette opération entraîne un effet bénéfique pour l'alimentation du captage de Blye (remontée de la ligne d'eau de l'Ain et donc l'épaisseur saturée de l'aquifère), mais aussi une vulnérabilité plus forte du captage vis-à-vis des eaux de la rivière (diminution de la distance entre la rivière et le puits). Nous recommandons de décaler au maximum le creusement de ce chenal au sud du puits, de par l'impact qualitatif potentiel (apport de turbidité, carbone organique) sur les eaux du puits de Blye.

Les extractions de matériaux et exhaussements sont aujourd'hui interdits dans les périmètres de protection rapprochée des captages (cf chapitre 6.3.2).

6.2.4 Connexions de zones humides

Cette opération (Co_Ri ou CoPh) concerne « *Des chenaux ou dépressions créés soit en lit majeur soit dans des zones humides actuelles. Les chenaux ont pour but de reconnecter des lônes aux écoulements de surface (CoRi). Les dépressions creusées dans des zones humides actuelles permettront de mieux connecter ces secteurs avec la nappe d'accompagnement (CoPh). Ces opérations renforcent les effets du rehaussement général de la nappe d'accompagnement visé par ailleurs* ».

Cette opération n'a d'impact que si les terrassements viennent modifier de manière significative les écoulements souterrains et donc la zone saturée de l'aquifère alluvial (drainage ou alimentation).

Les opérations concernent :

- L'ancien méandre du Sauget amont, sur la terrasse rive gauche du tronçon amont, zone sans enjeu eau potable (**Co_Ri1, CoPh_04, CoRi_05**) ;
- La partie nord de l'ancien méandre de l'île Bereau, à proximité immédiat du puits SIE nord (**CoRi_02**) ;
- Au sud du captage SIE Centre (**Co_03**).

L'ampleur des terrassements envisagés n'est pas précisée dans le document d'avant-projet. On peut imaginer, que ces terrassements sont supposés assez modestes (<1 m). Il y a peu ou pas d'enjeu vis-à-vis de la ressource en eau potable sur la zone du Sauget amont.

Le creusement de la lône (opération CoRi-02) à proximité du captage nord du SIE rend plus vulnérable ce dernier vis-à-vis d'une potentielle dégradation de la qualité de ses eaux (turbidité, carbone organique). Un travail complémentaire doit être mené pour vérifier la faisabilité de création de la lône et/ou adapter le projet pour réduire cette vulnérabilité.

Les extractions de matériaux et exhaussements sont aujourd'hui interdits dans les périmètres de protection rapprochée des captages (cf chapitre 6.3.2).

6.2.5 Création des zones humides et prélèvement en lit majeur

On regroupe ici deux actions qui sont liées dans l'avant-projet, les zones décaissées pour les prélèvements de matériaux en lit majeur permettent la création des zones humides.

Prélèvements en lit majeur (Pr). « *Les matériaux déblayés sont ensuite injectés dans le lit mineur de la rivière d'Ain. Les prélèvements sont réalisés de manière à laisser les terrains dans une forme « naturelle » avec des zones plus profondes, des buttes, des zones plates... Ces secteurs seront ainsi transformés en zones naturelles humides* ».

Création de zones humides : cette opération (Lo) consiste à créer des « *Zones humides en bordure du lit mineur ; Il s'agit de dépressions créées à proximité du lit mineur, directement connectées en surface et proche de la nappe d'accompagnement* ».

Vis-à-vis de la ressource en eau potable, cette opération s'apparente aux terrassements pour la connexion de zones humides. **L'ampleur des terrassements envisagés n'est pas précisée dans le document d'avant-projet.**

Deux zones sont concernées :

- La zone de prélèvement à l'intérieur de **l'ancien méandre du Sauget nord, opération Pr_01** ;
- La zone de prélèvement à l'intérieur de **l'ancien méandre de l'Île Béreau opération Pr_03 (Sauget)** ;
- La zone de prélèvement **sur la bordure Est du secteur de l'Île Béreau (Pr-04)**, qui correspond à une zone en relief composée d'argiles glacio-lacustres (« marnes ») qui seront utilisées comme source de matériaux argileux supports des zones humides (comblement des zones d'extraction).

L'extraction prévue en queue de retenue du barrage de Blye (PR_02) n'est plus d'actualité, dans l'évolution actuelle du projet.

Les profils de terrassements ne sont pas détaillés à ce stade d'étude. L'équilibre doit se faire entre atteinte d'une connexion suffisante avec les niveaux phréatiques et/ou en créer des zones de rétention des eaux en surface suffisamment pérennes, tout en maintenant les objectifs de protection des captages (pas de modifications des écoulements souterrains, maintien de la qualité des eaux souterraines).

Les extractions prévues dans le secteur du méandre du Sauget (action Pr_01) amont sont situées dans un secteur éloigné des enjeux eau potable. Les points de vigilance pour ces travaux sont les suivants :

- Ne pas impacter de manière significative les écoulements souterrains et donc la zone saturée de l'aquifère ;
- Garder une protection suffisante (zone non saturée ou protection argileuse) vis-à-vis de la nappe ;

Un travail plus détaillé est nécessaire sur ce secteur pour mieux caractériser les impacts éventuels et adapter la zone d'extraction autant que nécessaire comprenant :

- La mise en place d'un ou 2 piézomètres complémentaires au centre du méandre du Sauget, au droit de la zone d'emprunt crépiné dans l'aquifère ;
- L'identification des hétérogénéités locales de la couverture limono-argileuse et des graviers de la terrasse par géophysique (panneaux électriques et/ EM31) de sub-surface en plus des sondages de sols à la pelle mécanique prévus pour caractériser les matériaux d'emprunt ;

Les extractions prévues en option dans le secteur du méandre de l'Île Béreau (action Pr_03) sont situées dans un secteur sensible proche des captages AEP, même si ces extractions sont situées en dehors des périmètres de protection.

Nous recommandons de garder cette zone d'emprunt uniquement en secours, en privilégiant autant que possible les autres sources d'apport de matériaux graveleux (méandre du Sauget, lit mineur et sources exogènes).

Si cette zone d'emprunt devait être créée, les conditions d'extractions des matériaux devront respecter le principe de non atteinte de l'aquifère, avec la reconstitution d'une perméabilité équivalente à partir de matériaux de nature argileuse, situé en bordure **(Pr-04)**.

Un travail plus détaillé est nécessaire sur ce secteur pour mieux caractériser les impacts éventuels et adapter la zone d'extraction autant que nécessaire comprenant :

- La mise en place d'un piézomètre complémentaire au centre du méandre de l'Île Béreau, au droit de la zone d'emprunt, crépiné dans l'aquifère ;
- L'identification des hétérogénéités locales de la couverture limono-argileuse et des graviers de la terrasse par géophysique (panneaux électriques et/ EM31) de sub-surface en plus des sondages de sols à la pelle mécanique prévus pour caractériser les matériaux d'emprunt ;
- L'identification des possibilités de mise en œuvre des matériaux argileux issus de Pr-04 (essai de compaction).

Les extractions de matériaux et exhaussements sont aujourd'hui interdits dans les périmètres de protection rapprochée des captages (cf chapitre 6.3.2).

6.2.6 Remblai en lit mineur

Il s'agit de l'objectif principal de l'opération de restauration (Re) « *permettant de rehausser le profil en long de la rivière d'Ain. La plupart du temps ces remblais recouvrent la totalité du lit mineur* ».

Cette opération concerne tous les tronçons médians et amont avec un impact positif fort sur la ligne d'eau de l'Ain et donc sur les niveaux de nappe. Sur le tronçon amont, l'objectif est une reconnexion à minima les conditions de moyennes eaux, de tout ou partie de la terrasse alluviale en rive gauche (aujourd'hui déconnectée, la rivière coule sur les marnes).

Les points de vigilance, à l'image de l'ensemble des travaux qui vont amener une remobilisation de matériaux dans le lit de l'Ain sont les suivants :

- La qualité des matériaux mis en place vis-à-vis de certains polluants (métaux lourds, PCB), en particulier pour les sources exogènes. Les sédiments réinjectés devront faire l'objet d'analyses chimiques avant leur mise en œuvre dans le lit de la rivière ;
- Les impacts qualitatifs liés à la matière en suspension lors des opérations (turbidité possible dans les captages AEP) et au risque de pollution accidentelle liée aux engins de chantier ;

Les extractions de matériaux et exhaussements sont aujourd'hui interdits dans les périmètres de protection rapprochée des captages (cf chapitre 6.3.2).

6.2.7 Plantation de ripisylve

L'opération (Ri) consiste, en bordure du lit mineur, à « *planter des arbres et des arbustes afin de reconstituer une ripisylve* ».

L'opération est à priori sans impact sur la ressource en eau (excepté la pollution accidentelle liée aux engins, et les apports de turbidité lors des travaux). La ripisylve va constituer un filtre sur les berges qui peut être bénéfique pour la qualité de eaux prélevées pour l'eau potable.

Ces ripisylves ne constituent pas, dans les secteurs des zones d'érosion des captages (par exemple opération **Ri-08** vis-à-vis du captage sud su SIE), une parade à la dynamique d'érosion qui menace certains captages.

6.2.8 Zones de prélèvement et d'entretien

Il s'agit des zones de prélèvement (ZPE) dans la retenue du barrage de Blye. « *Ces zones concernent surtout les opérations de curage pour l'entretien et le rétablissement du continuum sédimentaire mais pourraient aussi être concernées par les opérations de restauration* ».

Sans objet, il n'est plus prévu de prélèvement dans la retenue du barrage.

6.2.9 Zone d'injection des sédiments provenant de l'amont

Il s'agit du secteur préférentiel de dépôt des matériaux injectés régulièrement depuis l'amont (Zinj). « *Il s'agit bien ici d'une opération d'entretien liée à la reconstitution du continuum sédimentaire et non d'une opération de restauration* ».

Sans objet cette opération n'est plus envisagée.

6.3 Recommandations techniques complémentaires

6.3.1 Analyses de l'état initial

6.3.1.1 Volet quantitatif

Le PNR du Haut Jura a poursuivi le suivi piézométrique (piézomètres créés sur la nappe, et rivière Ain) mis en œuvre dans le cadre de l'étude hydrogéologique. Par ailleurs, les 5 puits AEP sont dotés d'une sonde de mesure piézométrique. Nous recommandons le maintien des suivis en cours qui constituent un état initial de longue durée avant la réalisation des travaux, en intégrant si nécessaire des nouveaux piézomètres (Sauget, Ile Béreau) en fonction des zones d'emprunt retenues.

6.3.1.2 Volet qualitatif

Les captages sont vulnérables à certains paramètres liés à la proximité de l'Ain : turbidité et carbone organique total. C'est le cas actuellement pour les ouvrages menacés par l'érosion (puits du SIE Sud, et puits du Mesnois) dont la distance avec l'Ain se réduit d'année en année.

Nous recommandons d'acquérir des données complémentaires à l'état initial sur les paramètres de turbidité (en continu) et de carbone organique (2 fois par mois) dans l'Ain et dans les puits AEP. Pour le carbone organique, des analyses complémentaires pour vérifier l'abattement possible sur la décantation du SIE de Vouglans, sont à prévoir sur eaux brutes et eaux distribuées (analyses synchrones).

Le SIE de Vouglans envisage d'installer une sonde de turbidité dans chacun de ses puits AEP.

Nous recommandons la réalisation d'analyses complémentaires sur les eaux brutes des captages (ions majeurs, micropolluants, métaux), sur des périodes contrastées (crues de l'Ain, hautes eaux, moyennes eaux et étiage) en complément du contrôle sanitaire des gestionnaires.

6.3.2 Comptabilités avec les DUP des captages

Les DUP des 5 captages prévoient, dans les périmètres de protection, *une interdiction* de certains travaux (listes non exhaustive), qui vont concerner les opérations envisagées dans l'avant-projet, comme :

- L'ouverture et l'exploitation de carrière et d'excavations diverses ;
- L'extraction de matériau alluvionnaire, les exhaussements et affouillements de sol ;

Une grande partie des mobilisations de matériaux et remblaiement en lit mineur sont directement concernés par ces périmètres de protection, parfois même pour des travaux en rive droite alors que les captages sont en rive gauche. Cela s'explique par l'évolution importante du lit de l'Ain (certains périmètres de protection, autrefois limité à la rive de l'Ain s'étendent sur la rive opposée (Figure 46) . Les zones d'emprunt sont situées en dehors des périmètres de protection. **Un dossier de dérogation à la DUP sera nécessaire pour justifier des travaux et de leur impact sur les captages AEP.**

► Etude hydrogéologique de la combe d'Ain dans le cadre des travaux de restauration hydromorphologique de la rivière
6. Analyse de l'avant-projet et recommandations vis-à-vis de la ressource en eau potable

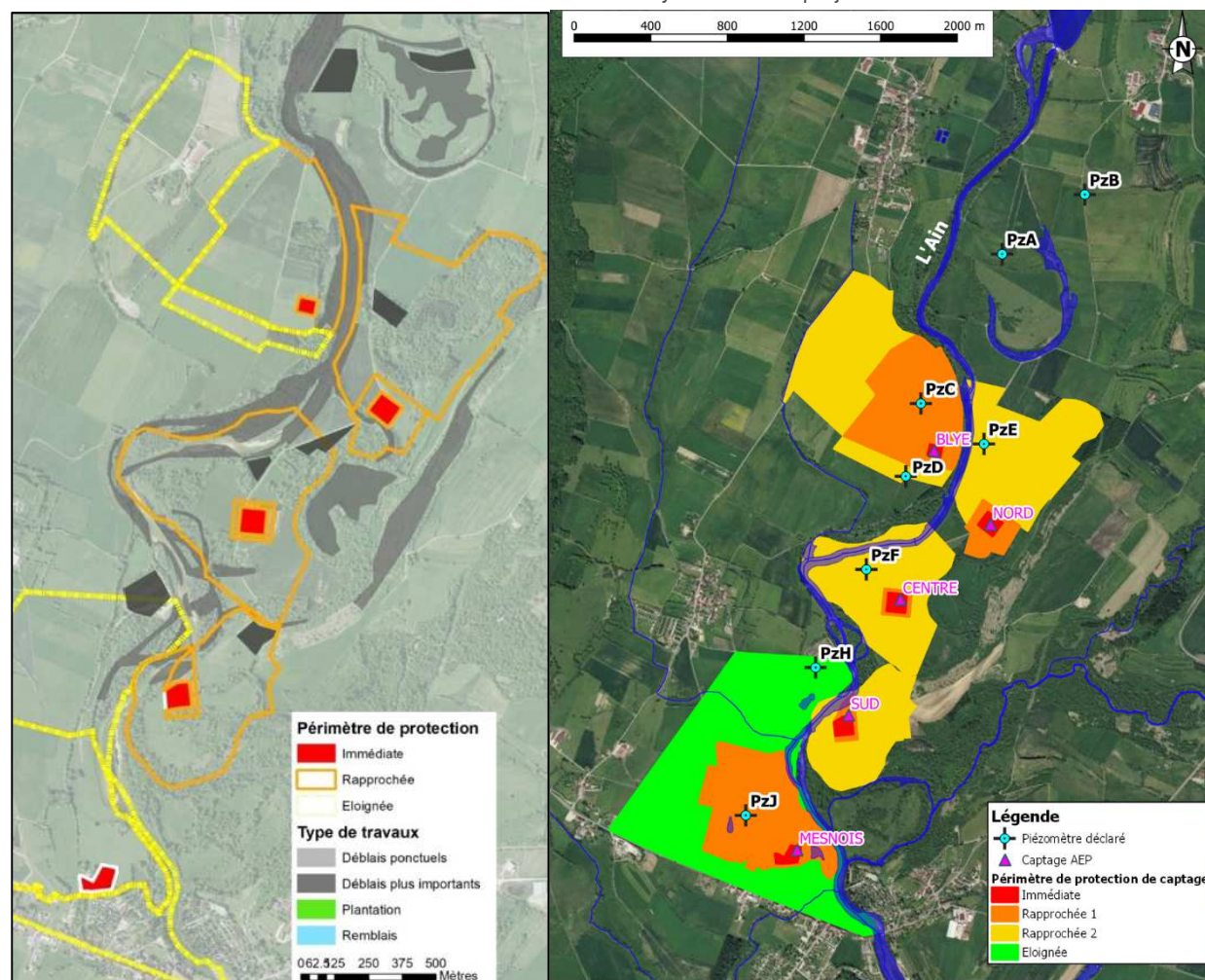


Figure 46 : Travaux prévus dans les périmètres de protection de captage (DYNAMIQUE HYDRO, complété par BURGEAP)

6.3.3 Principes des précautions en phase chantier vis-à-vis des pollutions accidentelles

Le paragraphe décrit les grands principes à mettre en œuvre vis du risque de pollution accidentelle (fuite de flexible des engins ou des réservoirs de gasoil). Ces principes devront être adaptés durant les phases ultérieures du projet :

- Intervention des engins de chantier de préférence par temps sec, hors période pluvieuse prolongée et /ou crue, et fonte de neiges ;
- A défaut de déconnexion possible des captages, nous recommandons de réaliser des analyses de la qualité de l'eau l'état initial (analyses de type P1 + HAP et suivi de la turbidité) et quelques analyses en phase travaux (1 à 2 fois par semaine), sur les 5 ouvrages AEP ;
- Le matériel utilisé sera nettoyé et entretenu préalablement à son arrivée sur le chantier ;
- Les stockages d'hydrocarbures sur site se feront uniquement sur des aires étanches à définir, en dehors des périmètres de protection de captage, et suffisamment éloignées des zones de captages pour limiter le risque de pollution ;
- Les pleins des réservoirs des engins seront réalisés de préférence avant le début du chantier. En cas de nécessité de réaliser le plein en cours de chantier, il sera fait avec beaucoup de précautions (moteurs coupés, interdiction de fumer, polyane étanche et bordures sous la zone de remplissage pour recueillir les égouttures, présence sur site de produits absorbants, etc...) ;
- Utilisation d'huiles de coupe et hydrauliques biodégradables pour les abatages d'arbres ;
- Du produit d'absorption des hydrocarbures sera mis à disposition du personnel de chantier durant toute la durée des travaux ; ce produit est réputé efficace pour les déversements ou fuites légers ;
- Dans l'hypothèse d'un déversement accidentel d'hydrocarbures ou de tout autre produit polluant, un protocole de réaction pour le bon déroulement des interventions, préalablement établi par l'Entreprise dans un Plan d'Assurance Environnement (PAE), sera suivi et scrupuleusement respecté. Il sera basé sur les principes suivants :
 - arrêt de la source de pollution ;
 - avertissement sans délai les syndicats d'eau potable et de l'ARS ;
 - confinement des déversements et récupération immédiate, par terrassement, du maximum de terres polluées et utilisation des produits absorbants ;
 - stockage immédiat et provisoire de ces terres sur une aire étanche en dehors du périmètre de protection immédiate du captage et à l'aval hydraulique ;
 - arrêt des postes à proximité de la zone de sinistre ; intervention d'une entreprise spécialisée pour l'évacuation des terrains pollués (une liste d'entreprises spécialisées dans les problèmes de pollution/dépollution sera en possession du responsable de chantier, et inscrite dans le PAE établi par l'Entreprise).

6.4 Recommandations sur la pérennité des captages d'eau potable menacés par l'érosion des berges

L'analyse de l'avant-projet montre que le puits sud du SIE de Vouglans et du puits de Mesnois restent vulnérables vis-à-vis de l'érosion des berges. Le puits sud semble le plus vulnérable avec la chambre de captage menacée à moyens termes, bien que la dynamique d'érosion soit plus forte sur Mesnois.

Les observations de terrain montrent que la bande alluviale semble se développer au sud et à l'est du puits sud du SIE, avec une zone très plane et probablement constituée d'alluvions grossières de l'Ain (contrairement au tracé de la carte géologique, qui indique un affleurement de formations glacio-lacustres dans ce secteur).

En première approche, le déplacement du captage pourrait être envisagé vers l'est, sous réserve du potentiel aquifère du secteur (présence d'alluvions grossières, épaisses et perméables). Une prospection géophysique par panneaux électriques pourrait être facilement mise en œuvre dans un premier temps, puis la réalisation de puits d'essai et de piézomètres pour caractériser le ou les secteurs à plus fort potentiel (perméabilité et épaisseur des alluvions).

Le déplacement du captage de Mesnois, qui reste menacé par l'érosion, est difficilement envisageable sur la rive droite. Une réflexion doit être menée à plus long terme sur les besoins de déplacement du captage ou la mutualisation des besoins entre ouvrages de la rive droite et la rive gauche (plus gros débit pompé sur d'autres captage et/ou nouveaux captages plus performants). Une zone de recherche potentielle existe à l'intérieur de l'ancien méandre du Sauget sud, avec l'apport potentiel de matériaux alluvionnaires grossiers par l'Ain et le Drouvenant.

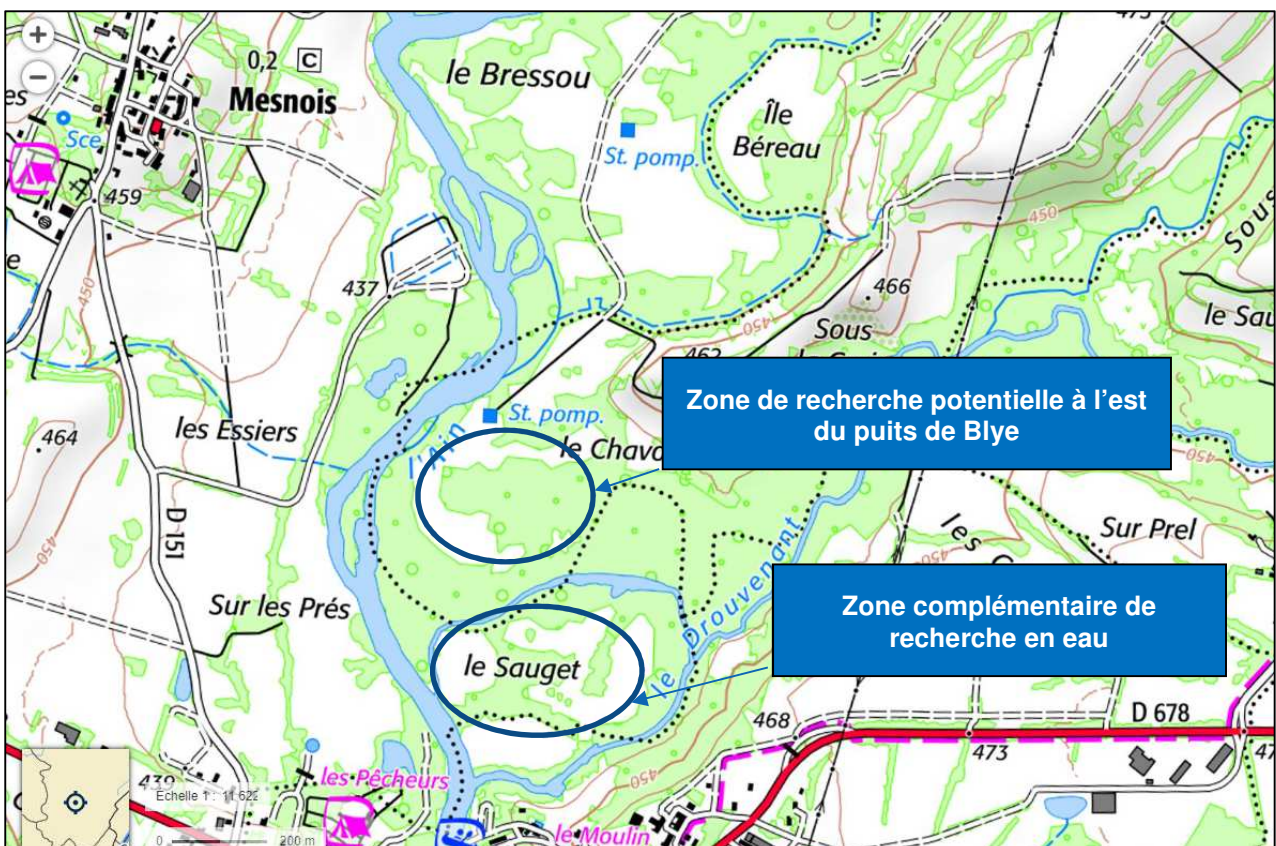


Figure 47 : Réflexions sur les zones potentielles de déplacement des captages AEP

ANNEXES



Annexe 1. Compte-rendu des visites des 5 captages les 30 et 31/03/2021

Cette annexe contient 1 page.

Exploitant	Captage	Personne rencontrée	Autre piézomètre sur site	Essai de pompage					Sonde de suivi des niveaux	Appréciation d'un nouveau piézomètre	Appréciation de l'étude par la personne rencontrée
				Faisabilité	Utilisation de la pompe en place	Rejet des eaux	Suivi du débit	Acceptabilité			
Blye	Les Bressots	BAILLY Thierry - maire de Blye	Anciens piézomètres détruits.	Faisable	Oui	Trop plein du réservoir	Au compteur	Oui, mais pas l'été à cause des faibles niveaux.	Il n'y en a pas, mais souhaite vraiment en installer une.	Très intéressé, prêt à mettre des parcelles à disposition ou à convaincre les propriétaires de les accepter.	Sujet fondamental pour la commune. Maire très impliqué (réseau AEP au rendement de 98 %, quasiment entièrement refait à neuf). Souhaite suivre et être impliqué dans la démarche.
Mesnois	Les Sablons	M. Péon - adjoint chargé du puits	Un ancien puits du syndicat à 5 m. 1 ancien piézomètre (très abimé) à 120 m à l'Est.	Faisable sous conditions	Oui	Il faudra trouver une borne incendie qui inonde un terrain de façon acceptable (celle du Buron avec rejet au Buronet ?)	Au compteur	Oui, mais pas l'été à cause des faibles niveaux.	Il n'y en a pas, mais d'accord pour en installer une.	Sans avis sur la chose.	Sceptique vis-à-vis des projets. A peur qu'on arrive avec des théories toutes faites sans écouter l'histoire du territoire. A peur que la réinjection soit une erreur, et qu'on en pâtisse dans plusieurs années. L'adjoint pense que c'est son puits qui est menacé par l'érosion, et dont on parle en réunions, et non celui du Chavoneau. En effet, il y a une érosion importante à 250 m au nord du puits.
Syndicat de Vouglans	Ile Béreau	REGAZZONI Hervé - président du SIE de Vouglans	Non	Faisable	Oui	Au trop plein du réservoir. Sinon en été, les captages tournent en continue	Au compteur	Oui, l'été est envisageable car les puits tournent déjà quasiment en permanence. Il faudra prévoir un temps de repos de la nappe avant l'essai.	Sonde présente. Chaque sonde enregistre 1 valeur/jour actuellement, mais la programmation peut être changée pour avoir un enregistrement plus précis	Très intéressés.	Syndicat : sujet fondamental et souhaite vraiment être impliqué (malgré son absence en réunion). Souhaite qu'on le tienne au courant plus fréquemment que les COPIL, pour qu'il puisse suivre le projet régulièrement. Souhaite vraiment comprendre tous les enjeux pour pouvoir les justifier de façon correcte auprès des citoyens, et rassurer les éventuels « bruits de bar ». Souhaiterait que les travaux protègent le puits de Chavoneau, car créer un nouveau puits engendrerait des coûts importants. Exploitant : A disposition pour gérer les télérelèves, programmer des essais de pompage ou autre.
	Le Bressou	Yannick SCHWEITZER, exploitant de chez SOGEDO	Non	Faisable	Oui		Au compteur				
	Le Chavoneau		Non	Faisable	Oui		Au compteur				

Annexe 2. Coupes des piézomètres forés

Cette annexe contient 8 pages.

Annexe 3. Présentation des scénarios (Document de synthèse de DYNAMIQUE HYDRO, janvier 2022)

Cette annexe contient 27 pages.

Annexe 4. DUP des captages AEP

Cette annexe contient 74 pages