



HAL
open science

Régionalisation des réseaux d'eau potable pour l'appui alimentaire et la défense incendie : étude des communes de Bercher, Rueyres et Ogens

Florent Lardin

► **To cite this version:**

Florent Lardin. Régionalisation des réseaux d'eau potable pour l'appui alimentaire et la défense incendie : étude des communes de Bercher, Rueyres et Ogens. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2019. dumas-02484331

HAL Id: dumas-02484331

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02484331>

Submitted on 19 Feb 2020

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

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

ÉCOLE NATIONALE DU GÉNIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT
DE STRASBOURG

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES
MASTÈRE SPÉCIALISÉ EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT

**RÉGIONALISATION DES RÉSEAUX D'EAU
POTABLE POUR L'APPUI ALIMENTAIRE ET
LA DÉFENSE INCENDIE**

ÉTUDE DES COMMUNES DE BERCHER, RUEYRES ET OGENS

Lausanne, le 20 novembre 2019

PRÉSENTÉ PAR **Florent LARDIN**

MAITRE DE STAGE **Nicolas BECKER**

CSD INGENIEURS SA
Chemin de Montelly 78
Case postale 302
CH-1000 Lausanne 16
t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
e lausanne@csd.ch
www.csd.ch

REMERCIEMENTS

Je tiens, par ces quelques mots, à remercier l'ensemble des personnes que j'ai côtoyées tout au long de ce stage.

Tout d'abord, je tiens à remercier Gaétan Monnin, responsable du département Eau, de m'avoir accueilli dans son équipe.

Ensuite, je tiens à remercier Nicolas Becker, responsable du domaine « Alimentation en eau » et mon tuteur durant ce stage, pour le temps consacré à m'encadrer et pour les nombreuses explications.

De plus, je tiens à remercier l'ensemble de l'équipe Eau pour leur accueil et pour leur bonne humeur quotidienne, mais aussi l'ensemble des collaborateurs de CSD Ingénieurs.

Enfin, je tiens à remercier l'ENGEES pour la formation, pour cette merveilleuse année à Strasbourg et pour les rencontres enrichissantes.

MERCI À VOUS

RÉSUMÉ

Les communes de Bercher, Rueyres et Ogens gèrent leur approvisionnement en eau de manière indépendante à partir des différentes sources communales, qui leur permettent ainsi de répondre à la quasi-totalité des besoins. Les infrastructures existantes sont jugées pour certaines non conformes d'un point de vue sanitaire et l'investissement pour les renouveler serait important pour les 3 communes. De plus, face à l'augmentation de la population de ces dernières années, la production des sources est périodiquement insuffisante.

Face à ces pénuries d'eau, les petits distributeurs d'eau ne peuvent rester isolés et sont souvent obligés de se rapprocher de distributeurs plus importants ou de se regrouper, s'ils souhaitent sécuriser leur approvisionnement en eau.

C'est le cas pour Bercher, Rueyres et Ogens qui doivent trouver un appui extérieur pour assurer l'approvisionnement en eau potable ainsi que la défense incendie.

Deux propositions s'offrent aux municipalités :

- Créer une liaison sur le réseau du distributeur régional, l'AIDEV
- Adhérer au distributeur régional, l'AIAE

Cette étude avait pour objectif de comparer les deux solutions afin de trouver la meilleure solution technique et financière pour les différentes municipalités.

Mots-clefs : régionalisation, sécurisation, liaison, eau potable, défense incendie, modélisation, besoins, epanet, réseau

ABSTRACT

The municipalities of Bercher, Rueyres and Ogens manage their water supply independently from the various municipal sources, which enable them to meet almost all their needs. The existing infrastructures are considered for some of them to be not in conformity from a health point of view and the investment to renew them would be important for the 3 municipalities. In addition, in view of the population growth of recent years, the production of sources is periodically insufficient.

Faced with these water shortages, small water distributors cannot remain isolated and are often forced to move closer to larger distributors or to regroup if they wish to secure their water supply.

This is the case for Bercher, Rueyres and Ogens, who must find external support to ensure the supply of drinking water and fire protection.

Two proposals are available to municipalities:

- Create a link on the drinking water network of the regional distributor, AIDEV
- Join the regional distributor, AIAE

The objective of this study was to compare the two solutions in order to find the best technical and financial solution for the different municipalities.

Tags: regionalization, security, liaison, drinking water, fire protection, modelling, needs, Epanet, drinking water network

GLOSSAIRE

AIAE	Association Intercommunale d'Amenée d'Eau d'Echallens et environs
AIDDEV	Association Intercommunale de Distribution d'Eau de Vusery
BH	Borne Hydrante
DN	Diamètre Nominal
ECA	Établissement d'assurance contre l'incendie et les éléments naturels du Canton de Vaud
HMT	Hauteur Manométrique Totale
MCE	Mètre de Colonne d'Eau
MSM	Mètre Sur Mer
OFCO	Office de la Consommation
OFS	Office Fédéral de la Statistique
PDDE	Plan Directeur de la Distribution de l'Eau
PN	Pression Nominale
RA	Réserve Alimentaire
RI	Réserve Incendie
SSIGE	Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux
UV	Ultra-Violet

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL	2
1. ÉTAT DE L'ART	3
1.1 La distribution de l'eau en Suisse	3
1.2 Les obligations légales des distributeurs d'eau	4
1.2.1 Les Plans Directeurs de la Distribution de l'Eau	4
1.2.2 La défense incendie	5
1.3 Configuration des réseaux d'eau potable	5
1.4 Exigences générales pour le dimensionnement du réseau	6
1.4.1 Démarche	6
1.5 Demandes pour le débit	7
1.5.1 Estimations de la demande	7
1.5.2 Critères du débit pour le dimensionnement des conduites	7
1.5.3 Dimensionnement des conduites de transport	8
1.5.4 Dimensionnement des conduites principales et de distribution	8
1.6 Calcul hydraulique	8
1.6.1 Généralités	8
1.6.2 Calcul des pertes de charge	9
1.6.3 Critères de dimensionnement	10
1.6.3.1 Pression	10
1.6.3.2 Vitesse d'écoulement	10
1.6.4 Dimensionnement des conduites de transit et de transport	10
1.6.5 Dimensionnement des conduites principales et de distribution	11
1.6.6 Dimensionnement des réservoirs	11
1.6.7 Modélisation des réseaux d'eau : le logiciel Epanet	11
2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE	12
2.1 Historique et objectifs	12
2.2 Présentation de la zone d'étude	12
2.2.1 Aspects géographiques	12
2.2.2 Aspects démographiques	13
2.2.3 Fonctionnement du réseau actuel	14
3. BILAN DES BESOINS ET DES RESSOURCES EN EAU	16
3.1 Les ressources en eau	16
3.2 Les besoins actuels en eau	16
3.3 Les perspectives de croissance démographique	17
3.4 Les besoins futurs en eau	18
3.5 Bilan ressources-besoins	19

4. HYDRAULIQUE	20
4.1 Le réseau actuel	20
4.1.1 Réseau communal de Bercher	20
4.1.2 Réseau communal de Rueyres	22
4.1.3 Le réseau communal d'Ogens	23
4.2 Les aménagements proposés dans le cadre du PDDE	23
4.2.1 Impacts des aménagements sur le réseau de Bercher	24
4.2.2 Impacts des aménagements sur le réseau de Rueyres	25
4.2.3 Impacts des aménagements sur le réseau d'Ogens	26
4.3 Présentation des différentes propositions	27
4.3.1 Liaison entre le réservoir de Bercher et le réseau de l'AIDEV	27
4.3.2 Adhésion de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE	27
4.3.2.1 Variante par pompage	27
4.3.2.2 Variante gravitaire	28
4.4 Dimensionnement de la liaison Bercher-AIDEV	28
4.4.1 Les caractéristiques de la conduite	28
4.4.2 Implantation et appareillage de la conduite	28
4.4.3 Modélisation de la nouvelle conduite	28
4.5 Rattachement de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE	31
4.5.1 Dimensions et implantation du réservoir	31
4.5.2 Dimensionnement de la station de pompage et estimation des coûts énergétiques	32
4.5.3 Modélisation de la variante 2A	33
4.5.3.1 Impacts de la variante 2A sur le réseau de Bercher	34
4.5.3.2 Impacts de la variante 2A sur le réseau de Rueyres	35
4.5.3.3 Impacts de la variante 2A sur le réseau d'Ogens	37
4.5.3.4 Profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal et Pailly	38
4.5.4 Variante 2B	38
5. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DES SOLUTIONS PROPOSÉES	39
5.1.1 Comparaison des deux solutions proposées à Bercher	39
5.1.2 Comparaison des deux variantes	41
CONCLUSION	42
BIBLIOGRAPHIE	43
 LISTE DES TABLEAUX	
Tableau 1 : Objectifs en débits et pressions des réseaux selon l'ECA	5
Tableau 2 : Évolution démographique	13
Tableau 3 : Caractéristiques des différentes sources	16
Tableau 4 : Besoins actuels de Bercher, Rueyres et Ogens	17
Tableau 5 : Besoins futurs de Bercher, Rueyres et Ogens	19
Tableau 6 : Bilan ressources-besoins de Bercher, Rueyres et Ogens	20

Tableau 7 : Pressions actuelles aux hydrantes de Bercher	21
Tableau 8 : Pressions actuelles aux hydrantes de Rueyres	22
Tableau 9 : Pressions actuelles aux hydrantes d'Ogens	23
Tableau 10 : Pressions aux hydrantes de Bercher après les différents aménagements proposés dans le PDDE	25
Tableau 11 : Pressions aux hydrantes de Rueyres après les différents aménagements proposés dans le PDDE	26
Tableau 12 : Pressions aux hydrantes d'Ogens après les différents aménagements proposés dans le PDDE	26
Tableau 13 : Volumes mis en jeu pour le renouvellement de l'eau	31
Tableau 14 : Estimation des coûts énergétiques	33
Tableau 15 : Pressions aux hydrantes de Bercher dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE	34
Tableau 16 : Pressions aux hydrantes de Rueyres dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE	36
Tableau 17 : Pressions aux hydrantes d'Ogens dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE	37
Tableau 18 : Estimation des coûts dans le cadre de la liaison avec l'AIDEV et de l'adhésion à l'AIAE	39
Tableau 19 : Impact de la liaison avec l'AIDEV et de l'adhésion avec l'AIAE sur le prix de l'eau	40
Tableau 20 : Comparaison des critères techniques pour les deux solutions	40
Tableau 21 : Estimation des coûts pour la variante 2A et la variante 2B	41

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Implantation de CSD Ingénieurs en Suisse et en Europe	2
Figure 2 : Origine des eaux exploitées pour l'alimentation en eau	3
Figure 3 : Organisation de la distribution de l'eau dans le canton de Vaud	4
Figure 4 : Organisation d'un réseau d'approvisionnement	6
Figure 5 : Schéma sur la démarche globale pour le dimensionnement d'une conduite	7
Figure 6 : Représentation schématique de la loi des nœuds	9
Figure 7 : Représentation schématique de la loi des mailles	9
Figure 8 : Cartographie de la zone d'étude	13
Figure 9 : Synoptique de Bercher, Rueyres et Ogens	15
Figure 10 : Évolution de la population suisse	17
Figure 11 : Perspectives d'évolution du canton de Vaud à l'horizon 2045	18
Figure 12 : Production et consommation moyenne journalière à différentes périodes	19
Figure 13 : Représentation de la liaison sous le logiciel Epanet	29
Figure 14 : Profil piézométrique de la liaison entre le réservoir de l'AIDEV et le réservoir de Bercher	30
Figure 15 : Zone d'implantation du nouveau réservoir de l'AIAE	32
Figure 16 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Bercher	35

Figure 17 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Rueyres	36
Figure 18 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Ogens	37
Figure 19 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Pailly	38

ANNEXES

Annexe A	Organisation de la distribution de l'eau dans le canton de vaud	44
Annexe B	Production annuelle de la source de Tolorent	45
Annexe C	Production annuelle des sources de la Vuadelaine et du Riond-Bosson	46
Annexe D	Production annuelle de la source de la Cottaire	47
Annexe E	Consommation journalière de Bercher, Rueyres et Ogens	48
Annexe F	Plan du réseau actuel de Bercher et de Rueyres	49
Annexe G	Plan du réseau actuel d'Ogens	50
Annexe H	Plan du réseau de Bercher, Rueyres et Ogens	51
Annexe I	Synoptique et plan de situation de la variante 1	52
Annexe J	Synoptique et plan de situation de la variante 2A	54
Annexe K	Synoptique et plan de situation de la variante 2B	56
Annexe L	Profil en long de la conduite	58
Annexe M	Cartographie des contraintes environnementales	59
Annexe N	Carte géologique	60
Annexe O	Carte synthétique des dangers	61
Annexe P	Carte des aléas sismiques	62
Annexe Q	Analyse financière de la liaison avec le réseau de l'AIDEV	63
Annexe R	Analyse financière de l'adhésion avec l'AIAE	66
Annexe S	Analyse financière de la variante 2A	68
Annexe T	Analyse financière de la variante 2B	70

INTRODUCTION

L'approvisionnement en eau est l'une des nombreuses tâches qui revient à la charge de la municipalité, qui doit fournir l'eau nécessaire pour la consommation et la défense incendie, dans les meilleures conditions en termes de quantité et de qualité.

Cependant, face à l'augmentation des besoins, notamment causés par l'évolution démographique, les sources ne peuvent plus répondre aux besoins futurs, et sont de plus en plus vulnérables.

Face à ces différents problèmes, les autorités encouragent les communes à se regrouper et les distributeurs à coopérer entre eux en régionalisant les réseaux de distribution. Cette régionalisation permet de garantir un approvisionnement en eau continu, et d'assurer avec plus d'efficacité la défense incendie.

C'est le cas des communes de Bercher, Rueyres et Ogens qui gèrent actuellement leur approvisionnement de manière indépendante. En 2016, les différentes communes avaient réalisé leur Plan Directeur de la Distribution de l'Eau, et ces derniers avaient permis de mettre en avant certains dysfonctionnements : les ressources ne permettent pas de répondre à tous les besoins au cours de l'année, certains ouvrages sont anciens et les pressions aux bornes hydrantes ne répondent pas aux exigences actuelles en terme de défense incendie.

La commune de Bercher dispose d'un appui alimentaire de la part du service de l'eau de Lausanne, avec une liaison sur la conduite qui permet d'acheminer les eaux des sources de Thierrens jusqu'à Lausanne. Mais cette liaison a un avenir incertain en raison des investissements importants qui sont liés à son renouvellement.

Pour répondre à tous les besoins, les municipalités de Bercher, Rueyres et Ogens doivent réfléchir à un nouveau concept d'approvisionnement. Deux solutions s'offrent à elles :

- **Créer une liaison sur le réseau du distributeur régional, l'Association Intercommunale de Distribution d'Eau de Vusery**
- **Adhérer au distributeur régional, l'Association Intercommunale d'Amenée d'Eau d'Echallens et environs**

Le but de cette étude était de trouver la meilleure solution technique et financière pour les 3 municipalités.

Ce rapport présente tout d'abord le fonctionnement de la distribution de l'eau en Suisse, ainsi que les différentes étapes qui sont nécessaires pour dimensionner un réseau d'approvisionnement en eau potable. Une deuxième partie présente le contexte de l'étude. Un bilan ressources-besoins a été réalisé afin de quantifier les besoins d'appoint dans les années à venir. L'étude hydraulique présente le fonctionnement du réseau actuel ainsi que les différentes solutions et leurs impacts sur les différents réseaux communaux. Enfin, une comparaison financière des deux solutions viendra clôturer cette étude.

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE D'ACCUEIL

CSD Ingénieurs est un bureau d'études pluridisciplinaires, fondé en 1970, par l'association de deux géologues et d'un ingénieur civil. Dès ses débuts, la société s'est établie dans les deux régions principales linguistiques de la Suisse, en travaillant principalement sur des questions de géotechnique, de gestion des déchets, de génie civil et d'hydrogéologie. Elle se voit rapidement confier d'importants projets, en Suisse, mais aussi dans plusieurs pays d'Afrique. Dans les années 1980, l'environnement devient une nouvelle activité à part entière de l'entreprise grâce au développement des études d'impact, suivant ou anticipant les évolutions de la législation suisse.

La croissance de l'entreprise, via la création de nouvelles succursales et l'achat de différents bureaux d'études, a permis un développement de la société dans toute la Suisse, et même dans quelques pays voisins (figure 1). Aujourd'hui, la société compte près de 800 collaborateurs, répartis dans plus de 30 succursales. Ainsi, la présence sur toute la Suisse, en particulier, permet d'avoir une couverture du territoire importante. Si les succursales ont une certaine indépendance, il y a toutefois un fort travail en réseau. La société maîtrise aujourd'hui plus de 80 disciplines, qui sont réparties dans 7 grands domaines d'activité :

- **Nature, environnement et territoire** : études d'impact, restauration des écosystèmes, protection contre les dangers naturels...
- **Gravières et carrières** : études pédologiques, gestion responsable des polluants, réalisation de décharges...
- **Déchets et dépollution** : gestion des déchets urbains, élimination des matériaux dangereux, démolition...
- **Quartiers et bâtiments** : diagnostic et optimisation énergétique, ingénierie du bâtiment, BIM...
- **Route et rail** : requalification des rues et des routes, modération du trafic...
- **Énergie** : valorisation énergétique des déchets, concepts énergétiques pour les quartiers et bâtiments, concepts d'assainissement des ouvrages existants...
- **Eau** : gestion durable et intégrée de l'eau, traitement des micropolluants, force hydraulique...

Le département Eau couvre l'ensemble du cycle de l'eau, cela passe par le transport et la gestion de l'eau potable, le traitement de l'eau, les réseaux d'évacuation, le traitement des eaux usées ainsi que la gestion des eaux pluviales.

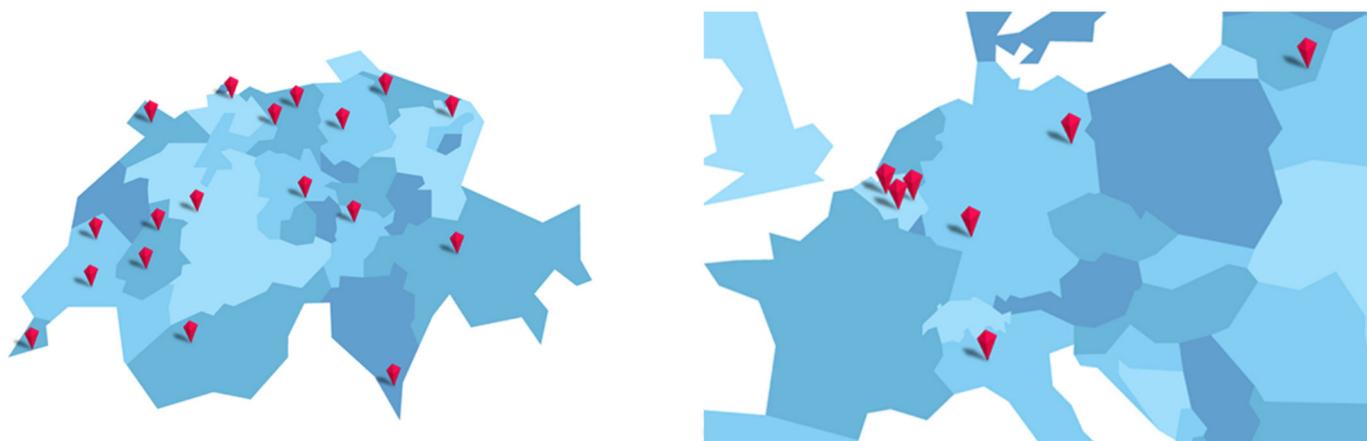


Figure 1 : Implantation de CSD Ingénieurs en Suisse et en Europe

1. ÉTAT DE L'ART

1.1 La distribution de l'eau en Suisse

La Suisse possède de nombreuses ressources naturelles, qu'elle exploite de différentes manières, et qu'elle utilise notamment pour répondre à ses besoins en eau potable. Même si le changement climatique affecte les ressources naturelles, en diminuant notamment leur capacité de production, la Suisse ne devrait pas connaître à l'échelle nationale des pénuries d'eau, elle sera d'ailleurs toujours considérée par certains, comme « **le château d'eau de l'Europe** », tellement ses ressources y sont nombreuses et de bonne qualité.

À une échelle plus locale, cela pourrait devenir plus compliqué, et certaines régions connaîtront d'avantage de pénuries d'eau saisonnières.

Pour répondre à ses besoins en eau potable, la Suisse a donc recours à des ressources de différentes natures. Le graphique ci-dessous représente l'origine des eaux exploitées pour produire de l'eau potable.

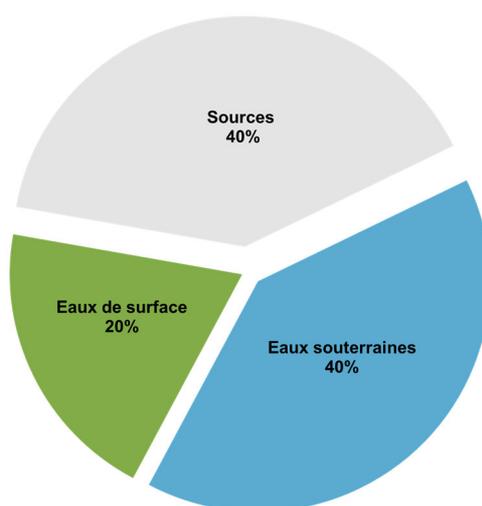


Figure 2 : Origine des eaux exploitées pour l'alimentation en eau

Les eaux de sources correspondent aux ressources les plus recherchées, et les plus exploitées, car elles sont collectées de manière gravitaire, contrairement aux eaux souterraines et aux eaux de surface qui nécessitent des moyens énergétiques.

Privilégiant des ressources de très bonne qualité, **les eaux subissent très peu de traitement**. En effet, plus de 40 % des eaux souterraines et des sources ne bénéficient d'aucun traitement, seulement 30 % de ces eaux subissent un traitement UV. Enfin, 30 % des eaux souterraines et des sources ainsi que l'ensemble des eaux de surface subissent un traitement poussé, afin de les débarrasser de toute forme de pollution.

En ce qui concerne le prix moyen de l'eau entre les 2 pays il est très difficile à comparer. Un article de 2003 indique que 1 m³ revient à 2.50 CHF¹ (soit 2,30 €). Selon le site de EauFrance, en 2014 pour la même quantité le prix moyen en France est de 3,98 €². L'inflation et la fiscalité entre les 2 pays font que ces deux prix sont très difficiles à comparer pour la période actuelle.

En ce qui concerne l'organisation de la distribution de l'eau, celle-ci revient à la charge des communes qui « **sont tenues de fournir l'eau nécessaire à la consommation et à la lutte contre le feu** », comme le

¹ Article de SwissInfo en date du 07.01.2003

² Site EauFrance

précise la loi sur la distribution de l’eau du 30 novembre 1964. C’est donc une tâche qui revient aux services publics, et cela n’est d’ailleurs pas prêt de changer, si l’on regarde les résultats de la votation de février 2019, qui avait lieu dans le canton de Zurich, et qui portait sur une éventuelle privatisation partielle de la distribution de l’eau, où 55% de la population interrogée s’est exprimée contre. Beaucoup de municipalités souhaitent conserver leur indépendance, et c’est pour cela que **la Suisse compte plus de 2’000 services publics** qui sont en charge de la distribution de l’eau.

Cependant certaines communes, ne disposant pas des ressources suffisantes pour répondre à leurs besoins, mais aussi par manque de moyens financiers et techniques, font le choix de se regrouper afin de permettre une gestion plus efficace, et de sécuriser leur approvisionnement. L’entente communale assure la production et la distribution en gros à l’entrée de chaque village. La commune réalise la distribution au détail auprès des abonnés.

Le graphique ci-dessous présente l’organisation de la distribution de l’eau pour le canton de Vaud. L’annexe A est une cartographie des distributeurs d’eau présents sur le territoire vaudois.

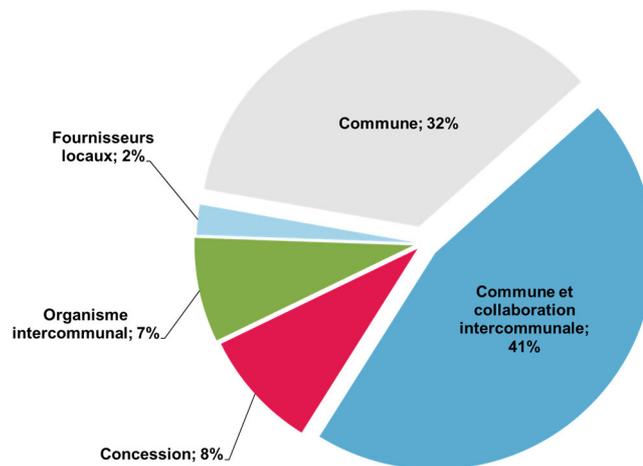


Figure 3 : Organisation de la distribution de l’eau dans le canton de Vaud

Mais aujourd’hui certaines communes ou associations intercommunales se retrouvent confrontées à plusieurs problèmes : le premier est **le renouvellement des infrastructures**. En effet, certaines conduites datant des années 1900 sont souvent fuyardes et sous dimensionnées, et ne répondent pas ainsi aux exigences en terme de défense incendie. De plus, certains réservoirs datent de cette même époque et ne sont plus aux normes. La mise en conformité de ces ouvrages serait onéreuse pour les distributeurs. Le second, c’est **le manque de production de certaines ressources**, à certaines périodes.

Il ne s’agit plus simplement de renouveler les tronçons en question, mais d’agrandir les réseaux en créant de nouvelles interconnexions, dans le but de faciliter les échanges, et ainsi d’éviter localement des pénuries d’eau. Les cantons, comme celui de Vaud, encouragent ces initiatives.

1.2 Les obligations légales des distributeurs d’eau

1.2.1 Les Plans Directeurs de la Distribution de l’Eau

La loi du 30 novembre 1964 sur la distribution de l’eau, article 7a, stipule que « **chaque fournisseur d’eau, établi, en collaboration avec la ou les communes concernées, un PDDE, comportant les options possibles d’amélioration et de développement des installations principales. Ce plan est soumis à l’approbation du département du territoire et de l’environnement** ».

Le but du PDDE est d'offrir à la commune ou à l'entente communale, un outil de travail lui permettant de connaître l'état actuel de son réseau et d'identifier les principales mesures à réaliser pour améliorer la rentabilité et la fiabilité de la distribution en eau sur l'ensemble de son territoire. **Le PDDE est donc un outil de planification pour le distributeur** en lui servant de guide afin d'anticiper et de coordonner les différents aménagements à réaliser.

Ainsi, un PDDE doit permettre un développement judicieux, économique et coordonné, des installations de distribution de l'eau. Il doit faciliter l'exploitation du réseau dans toutes les situations. Il est évolutif et facilement adaptable aux modifications de l'aménagement et de l'occupation du territoire ainsi que du réseau d'eau.

Pour obtenir un PDDE le plus juste, il est nécessaire de tenir compte de l'état existant du réseau. Il doit représenter de manière claire et compréhensible les aménagements proposés à court, moyen et long termes, tout en étant en relation avec les besoins actuels et futurs, en eau de consommation. De plus, il prévoit les dispositions techniques qui permettront d'assurer l'alimentation de toutes les zones aménageables. Enfin, il définit les mesures préventives et l'organisation en temps de crise de l'approvisionnement en eau.

1.2.2 La défense incendie

Le règlement sur le service de défense contre l'incendie et de secours du 15 décembre 2012, applicable dans le canton de Vaud, précise les dispositions du réseau d'eau concernant la défense incendie. Les principales contraintes techniques sont les suivantes :

- Le calibre des conduites qui alimentent les différentes BH du réseau, doit être **supérieur à 125 mm**.
- En fonction de la zone desservie, les objectifs pour le dimensionnement ne sont pas les mêmes. Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	Débit L/min	Pression Bar
Villages (à la BH la plus défavorable)	2'000	4
Fermes isolées	1'500	4
Habitats très denses	3'000	4
Objets spéciaux	Au cas par cas	

Tableau 1 : Objectifs en débits et pressions des réseaux selon l'ECA

- La réserve incendie doit avoir un **volume minimum de 150 m³**.

1.3 Configuration des réseaux d'eau potable

Un réseau d'approvisionnement en eau potable peut être subdivisé en 2 catégories :

- **Un réseau de type ramifié**
- **Un réseau de type maillé**

Pour chaque catégorie, on fait la différence entre les conduites dites « principales » et les conduites dites de « distribution », selon le critère du diamètre ou de la vitesse d'écoulement.

Le schéma ci-dessous présente les différentes conduites qui constituent un réseau AEP.

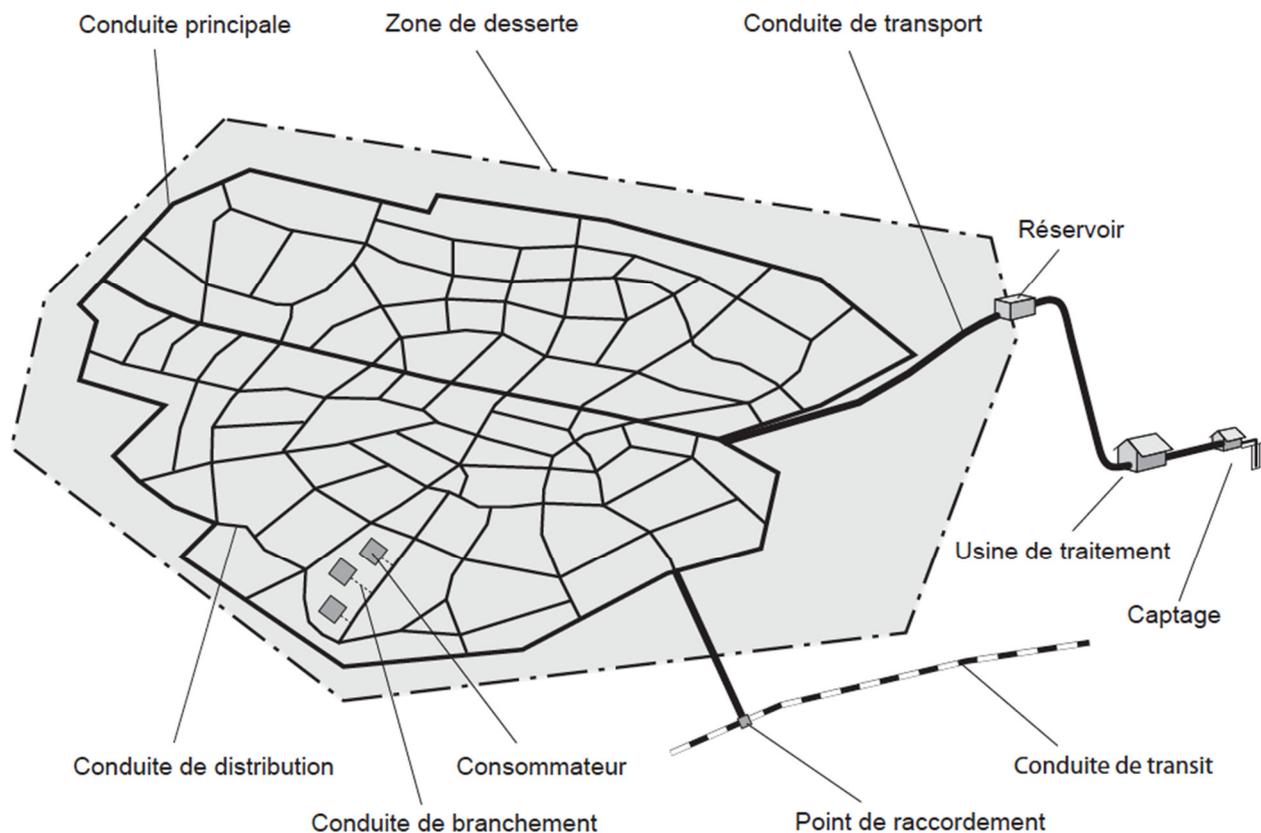


Figure 4 : Organisation d'un réseau d'approvisionnement

1.4 Exigences générales pour le dimensionnement du réseau

1.4.1 Démarche

Le dimensionnement d'un réseau d'eau potable est un juste équilibre entre différents paramètres et notamment : l'état du réseau actuel, le développement futur, être capable de fournir l'eau dans les meilleures conditions pour des situations exceptionnelles, éviter un temps de séjour dans les conduites trop important.

Il n'y a pas de règle précise, concernant le dimensionnement des conduites, mais selon le type de conduite, l'approche peut varier :

- En ce qui concerne les conduites de transit et de transport, elles sont généralement ramifiées. Le dimensionnement de ces conduites peut se faire à part du réseau de distribution. Il est nécessaire de garder une vision d'ensemble de la conduite pour assurer une certaine logique. Si la conduite transporte des eaux qui sont pompées, l'aspect énergétique est très important.
- Pour les conduites principales et de distribution, elles sont généralement maillées. Le dimensionnement se fait à partir de logiciels de modélisation tels que Porteau ou encore Epanet. La modélisation permet de vérifier si la conduite répond aux demandes des abonnés, mais aussi d'assurer la défense incendie.

Ainsi, pour dimensionner au plus juste un réseau de distribution, plusieurs étapes sont nécessaires et peuvent être résumées par le diagramme ci-dessous.

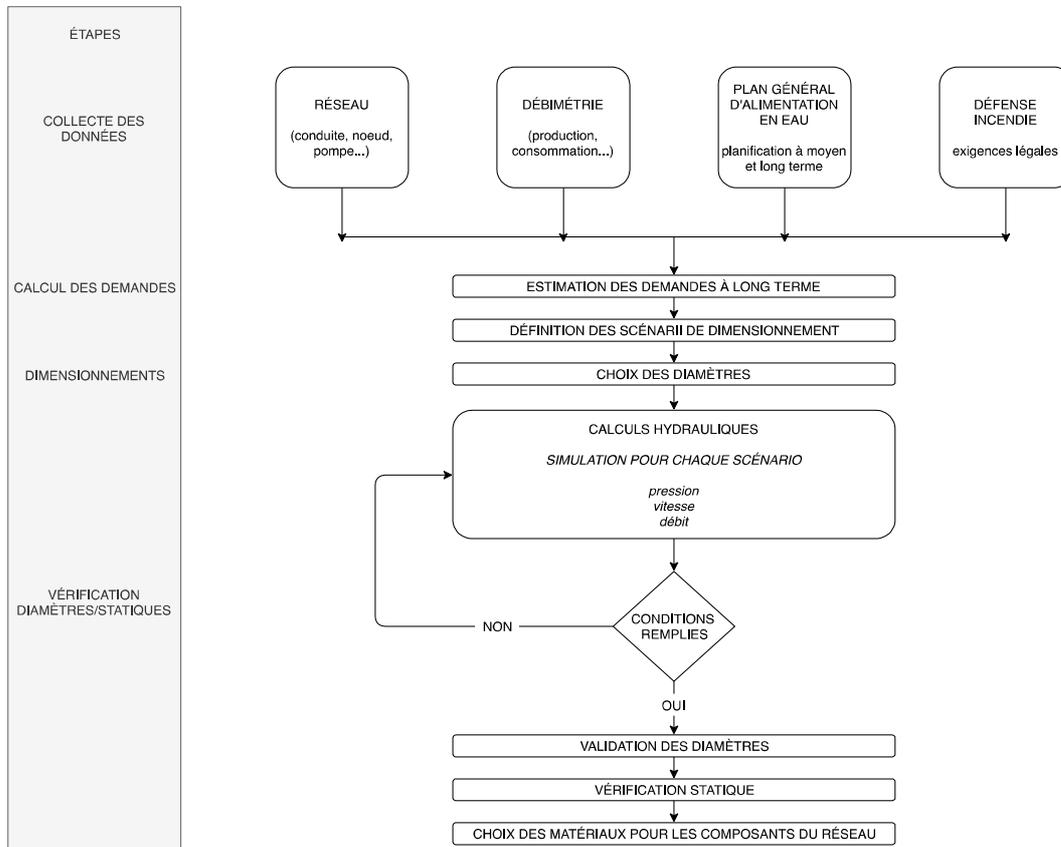


Figure 5 : Schéma sur la démarche globale pour le dimensionnement d'une conduite

1.5 Demandes pour le débit

1.5.1 Estimations de la demande

Les valeurs de débitimétrie sont les informations les plus importantes pour dimensionner correctement un système d'approvisionnement. Il est admis pour dimensionner correctement un réseau, de prendre en compte les différents scénarii d'exploitation, et notamment en période de pointe. De plus, il est nécessaire de tenir compte de l'évolution future de la zone alimentée (population, aménagements du territoire...).

1.5.2 Critères du débit pour le dimensionnement des conduites

Les conduites d'eau potable doivent être dimensionnées en prenant en compte des vitesses d'écoulement maximales correspondant au standard d'approvisionnement fixé. Le dimensionnement hydraulique du réseau d'approvisionnement dépend de plusieurs paramètres. En règle générale, **il suffit de déterminer les régimes d'exploitation provoquant des conditions de pression extrêmes.**

Pour ce faire, et si les données le permettent, il faut déterminer plusieurs paramètres :

- La consommation horaire maximale, le jour de consommation maximale : $Q_{\max\max}$
- La consommation horaire moyenne, le jour de plus forte consommation : $Q_{\max\text{m}}$
- La consommation horaire la plus faible, le jour de consommation minimale : $Q_{\min\text{m}}$
- Le besoin en eau pour la lutte incendie : Q_i
- Le débit d'adduction captage-réservoir du jour de consommation maximale : $Q_{\text{adduction}}$
- Le débit d'eau maximal transitant à travers sa propre zone d'approvisionnement pour alimenter un réseau voisin : Q_{transit}

1.5.3 Dimensionnement des conduites de transport

Le dimensionnement des conduites de transport doit être calculé en fonction de la valeur la plus élevée des régimes d'exploitation suivants, tout en tenant compte des vitesses d'écoulement généralement admises.

- $Q_{\max\max} + Q_{\text{transit}}$
- $Q_{\max\text{m}} + Q_i + Q_{\text{transit}}$
- $Q_{\text{adduction}} + Q_{\text{transit}}$

1.5.4 Dimensionnement des conduites principales et de distribution

Pour des communes de faibles tailles, les besoins de pointe pour l'alimentation et les besoins industriels deviennent négligeables devant les besoins pour la défense incendie. **Par conséquent, la consommation d'eau déterminante pour le dimensionnement du réseau est égale au besoin en eau pour la lutte contre les incendies.**

Pour le dimensionnement des conduites principales dans un contexte urbain, **il faut déterminer par le calcul le paramètre le plus important entre $Q_{\max\max}$ et $Q_{\max\text{m}}+Q_i$.**

Il est généralement admis que les réseaux ne sont pas dimensionnés en fonction des débits de pointe absolus, soit $Q_{\max\max} + Q_i$, car il est rare de devoir gérer en même temps deux situations extrêmes. Par conséquent, les calculs de dimensionnement des conduites de distribution tabletront sur la plus grande valeur des régimes d'exploitation suivants, compte tenu des vitesses d'écoulement maximales.

- $Q_{\max\max}$
- $Q_{\min} + Q_{\text{adduction}}$
- $Q_{\max\text{m}} + Q_i$

1.6 Calcul hydraulique

1.6.1 Généralités

En ce qui concerne les conduites existantes, les régimes pertinents sont déterminés en calculant les paramètres suivants :

- Les vitesses d'écoulement
- Les pertes de charge
- Les pressions de service

En ce qui concerne les conduites qui sont à l'étude, les diamètres nominaux seront déterminés en respectant les conditions de pression et les consignes de vitesses d'écoulement.

La loi des nœuds ainsi que la loi des mailles sont les deux grands principes utilisés en hydraulique urbaine.

- La loi des nœuds exprime la conservation de la masse : le flux entrant à un nœud du système est égal au flux sortant de ce nœud. Cette loi peut être représentée par le schéma suivant :

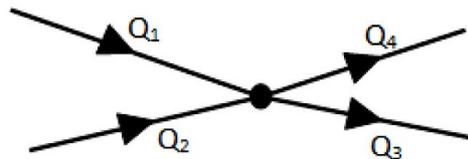


Figure 6 : Représentation schématique de la loi des nœuds

- La loi des mailles exprime la conservation de l'énergie. Le schéma ci-dessous représente son fonctionnement.

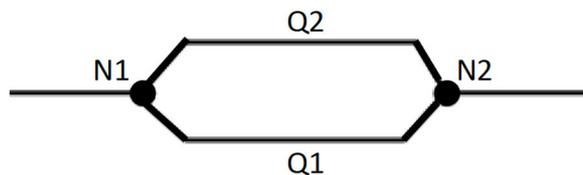


Figure 7 : Représentation schématique de la loi des mailles

1.6.2 Calcul des pertes de charge

Tout dimensionnement hydraulique passe par le calcul des pertes de charge, c'est-à-dire des pertes d'énergie dues aux frottements dans les conduites et les pièces spéciales. Le calcul des pertes de charge permet d'obtenir les pressions aux nœuds du réseau et la répartition des débits dans les différents tronçons de conduite.

Les pertes de charge dans le réseau sont de deux types :

- **Les pertes de charge linéaires** : elles expriment les pertes d'énergie par frottements de l'eau au cours de sa trajectoire. Il existe plusieurs moyens de les quantifier, notamment à partir de formules, d'abaques, ou de règles de calcul. La formule la plus utilisée est celle de Colebrook :

$$\frac{1}{\sqrt{f\lambda}} = -2 \log\left(\frac{K}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{\lambda}}\right)$$

avec λ facteur de perte de charge, K la rugosité en m, D le diamètre en m et Re le nombre de Reynolds.

D'autres formules de calcul existent, telles que celle de Hazen et Williams, ou bien encore celle de Lechapt et Calmon :

$$J = L \times \frac{Q^m}{D^n}$$

avec J la perte de charge en mm/m, Q le débit en m³/s, D le diamètre en m et L, M et N des constantes tabulées.

- **Les pertes de charge singulières** : il s'agit de pertes d'énergie occasionnées par des singularités, telles que des coudes, des clapets, ou bien encore des vannes. Pour estimer ces pertes de charge, la formule suivante est la plus empruntée :

$$\Delta h = K \frac{v^2}{2 \times g}$$

avec H la perte de charge en m, K le coefficient de perte de charge qui dépend de la singularité, v la vitesse de l'écoulement en m/s et g l'accélération gravitationnelle en m/s².

À noter que les pertes de charge singulières sont souvent négligées lors des calculs de réseau, dans lesquels les longueurs prédominent sur les singularités.

1.6.3 Critères de dimensionnement

1.6.3.1 Pression

La vérification des pressions est un élément fondamental pour garantir une alimentation correcte des consommateurs. Dans les réseaux avec des pressions élevées, il existe parfois une marge importante entre la pression requise et la pression effective, ce qui permet en théorie de compenser des pertes de charge élevées. Mais des variations de pression importantes pourraient devenir gênantes ou difficiles à maîtriser. Il est donc conseillé de limiter les variations de pression dans une plage de ± 1 bar voire ± 2 bars pour des cas particuliers. Les cas de défense contre l'incendie n'étant pas pris en considération, car ils entraînent des variations de pression exceptionnelles et de courtes durées.

1.6.3.2 Vitesse d'écoulement

La vitesse d'écoulement dans les conduites n'influence pas seulement le côté économique d'un réseau de distribution, mais aussi sa sécurité d'exploitation. En effet, des vitesses jugées trop importantes peuvent provoquer des pertes de charge importantes.

En revanche, des vitesses trop faibles entraînent des effets de stagnation. Pour éviter des problèmes de stagnation, et donc des problèmes sanitaires, **il est nécessaire d'avoir une vitesse supérieure à 0.005 m/s**. Si pour des raisons techniques et constructives, de tels tronçons existent, il est nécessaire de veiller au renouvellement correct de cette eau, en réalisant des soutirages réguliers et de contrôler régulièrement la qualité par le biais d'analyses.

Dans le cas de conduites de grande longueur, la vitesse d'écoulement joue un rôle important sur le plan économique.

En fonction du type de conduite, il est admis les valeurs suivantes :

- Conduites principales et de transport : jusqu'à 1.5 m/s
- Conduites de distribution : jusqu'à 2 m/s
- Vitesse en cas d'incendie : jusqu'à 3.5 m/s

1.6.4 Dimensionnement des conduites de transit et de transport

De manière générale, le calcul vise à déterminer le diamètre minimal qui permet de transporter le débit de fonctionnement. Dans le cas des conduites de pompage, il s'agit de trouver un diamètre optimal du point de vue économique, avec les investissements d'un côté et les frais liés au pompage de l'autre. Ces conduites sont généralement non maillées, les calculs des pertes de charge sont donc relativement simples.

1.6.5 Dimensionnement des conduites principales et de distribution

Le dimensionnement du réseau de distribution, qui est généralement de type maillé, vise à déterminer les diamètres minimaux pour assurer une alimentation correcte des consommateurs et pour assurer correctement la défense incendie.

1.6.6 Dimensionnement des réservoirs

Les réservoirs ont plusieurs rôles :

- **Permettre la mise en pression du réseau de distribution**
- **Permettre la régulation entre le transport et la distribution**
- **Assurer la sécurité d'approvisionnement**
- **Assurer la défense incendie**

Pour dimensionner un réservoir, il existe plusieurs moyens. La SSIGE, dans la recommandation W6 sur la construction et le fonctionnement des réservoirs, indique un ordre de grandeur pour la capacité spécifique. Cela regroupe la réserve alimentaire ainsi que la réserve incendie. En temps normal, et dans les zones à faibles enjeux, un réservoir doit avoir **une capacité spécifique de 0.5 m³/j/hab**. Cette valeur tient compte du temps de séjour, afin d'avoir un renouvellement correct de la masse d'eau.

1.6.7 Modélisation des réseaux d'eau : le logiciel Epanet

La modélisation numérique des réseaux d'approvisionnement en eau a pour objectif d'apporter un outil de calcul performant permettant de tenir compte au mieux de la géométrie du réseau, des modes de contrôles et d'exploitation et des conditions de consommation.

Epanet est un logiciel d'analyse des systèmes de distribution de l'eau. Il a été conçu en 1993 par l'EPA (US Environmental Protection Agency) dans le but de surveiller et de protéger les ressources naturelles.

Pour le calcul des pertes de charge, EPANET propose 3 possibilités :

- La formule de Hazen-Williams. Cette formule ne peut être utilisée que pour de l'eau et pour aucun autre fluide. De plus, cette formule a été développée pour les écoulements turbulents.
- La formule de Chezy-Manning ne peut être utilisée pour le calcul des pertes de charge pour les réseaux sous pression, car elle ne s'applique que pour des écoulements à surface libre
- La formule de Darcy-Weisbach correspond à la formule la plus empruntée en Europe et est la plus adéquate. Il s'agit de la formule utilisée pour l'étude. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$J = 0,0827 \times f(\varepsilon, D, Q) \times D^{-5} \times L \times Q^2$$

avec J la perte de charge en mce, ε le coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach en m, D le diamètre en m, L la longueur en m, Q le débit en m³/s et f le facteur de friction qui dépend de ε , D et Q.

2. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

2.1 Historique et objectifs

En 2013, les communes de Bercher, Rueyres et Ogens avaient mandaté CSD Ingénieurs dans le but d'établir leur PDDE respectif. Ils avaient permis de **mettre en avant certains dysfonctionnements et insuffisances**, notamment sur le plan qualitatif, quantitatif et sécuritaire. En effet, certains réservoirs sont jugés non-conformes d'un point de vue sanitaire, et certains d'entre eux ne disposent d'aucune réserve incendie. De plus, certains calibres de conduites ne sont pas assez importants et ne permettent pas d'obtenir des pressions suffisantes, notamment en cas d'incendie. Enfin, les différentes sources qui sont actuellement exploitées sont périodiquement insuffisantes. Il est nécessaire de sécuriser l'approvisionnement en eau, en recherchant de nouvelles ressources et en réalisant de nouvelles interconnexions avec des réseaux voisins.

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- Déterminer les déficits actuels et futurs afin de **connaître les besoins d'appoint**.
- **Répondre aux besoins de la population** actuelle et future.
- **Répondre aux exigences de l'ECA** en terme de défense incendie.
- **Restructurer le réseau** afin d'optimiser son fonctionnement.
- Mettre en place un système de traitement des eaux afin de **garantir une eau d'une qualité irréprochable**.
- Trouver pour les 3 communes, **la meilleure solution technique et financière pour le raccordement sur un réseau voisin**.

2.2 Présentation de la zone d'étude

2.2.1 Aspects géographiques

Les communes de Bercher, Rueyres et Ogens sont 3 communes vaudoises voisines, qui sont situées au nord du district du Gros-de-Vaud, à une vingtaine de kilomètres de Lausanne (figure 8). La superficie totale des 3 communes avoisine les 10 Km², pour une altitude moyenne de 630 m. Il s'agit d'un territoire où l'activité agricole est très importante. Cependant, quelques industries sont présentes notamment sur le territoire de Rueyres.

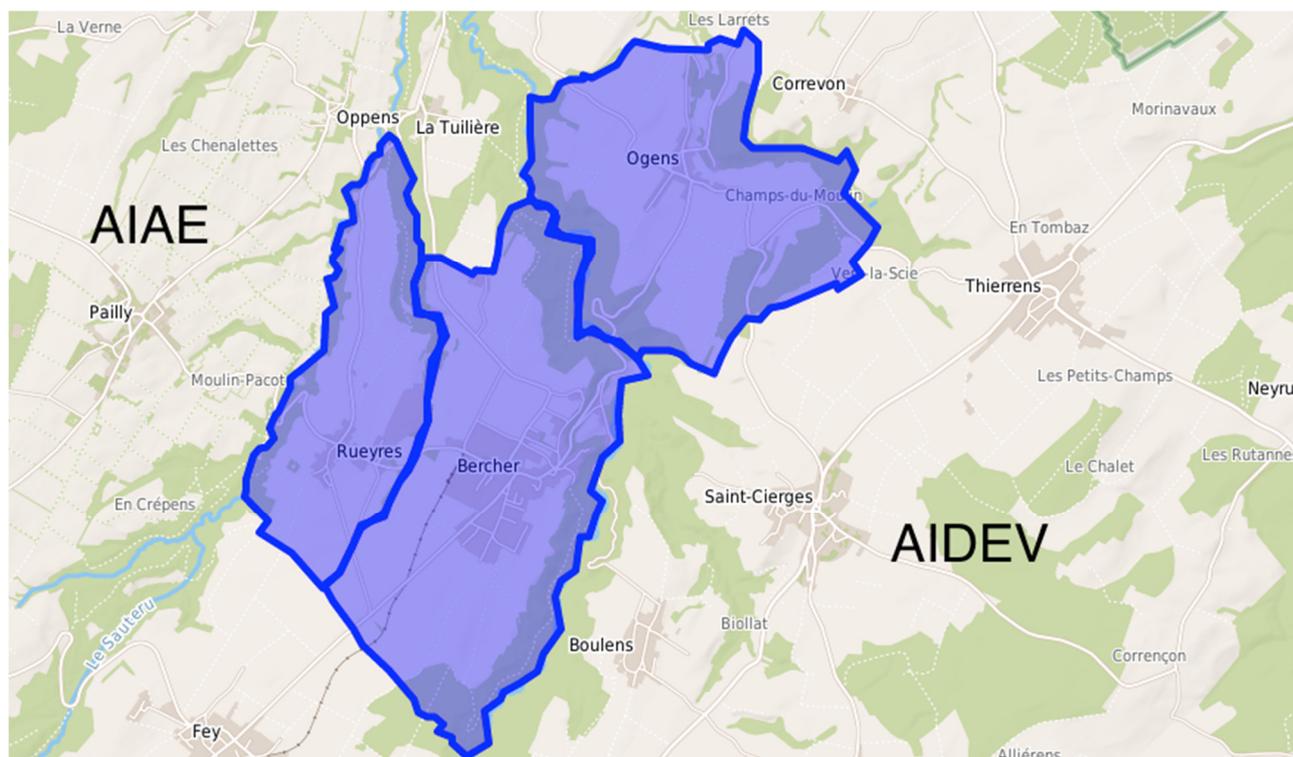


Figure 8 : Cartographie de la zone d'étude

2.2.2 Aspects démographiques

La population totale des communes de Bercher, Ruyres et Ogens est passée de 825 habitants en 1950 à 1'793 habitants en 2019. Cela correspond à un accroissement annuel moyen de 1 %, et une augmentation de la population de plus de 100 % en plus de 60 ans. Si l'on regarde localement, chaque commune a un accroissement différent. En effet, la commune d'Ogens a un accroissement annuel moyen de 0,4 %, tout comme Ruyres qui a un taux d'accroissement faible, de 0,5 %. Enfin, la commune de Bercher a connu la plus importante croissance démographique, avec un accroissement annuel moyen de 2 % sur cette période. L'évolution plus importante de Bercher s'explique par son rôle de pôle régional, bien desservie par les transports publics, et notamment par la ligne de chemin de fer reliant Lausanne à cette dernière. Le tableau suivant représente l'évolution de la population des 3 communes.

Années	Population (hab)			Évolution annuelle moyenne (%)		
	1950	2000	2019	1950-2000	2000-2019	1950-2019
Bercher	418	867	1'239	1%	2%	2%
Ruyres	181	196	255	0.16%	1%	0.5%
Ogens	226	230	299	0.04%	1%	0.4%
TOTAL	825	1'293	1'793	1%	2%	1%

Tableau 2 : Évolution démographique

2.2.3 Fonctionnement du réseau actuel

Aujourd'hui, les communes de Bercher, Rueyres et Ogens **gèrent leur approvisionnement en eau de manière indépendante** à partir des différentes sources communales.

Le réseau de distribution d'eau de Bercher est alimenté par deux réservoirs jumelés, situés sur le territoire de Montanaire à Saint-Cierges :

- Le réservoir de Fochaux, construit en 1913 qui a une capacité de 300 m³ (RA = 200 m³ et RI = 100 m³).
- Le réservoir de Saint-Cierges, construit en 1992 et d'une capacité de 1'200 m³ (RA = 700 m³ et RI = 500 m³).

Ces deux réservoirs captent la majorité des sources de Bercher, qui sont elles aussi implantées sur le territoire de Montanaire. Actuellement, les eaux ne subissent aucun traitement.

Un réservoir, qui est situé à l'est de la commune, permet d'alimenter en eau toutes les fontaines communales. De plus, ce réservoir permet d'alimenter une seule BH.

Le réservoir de Jalet, construit en 1906 et d'une capacité de 200 m³ (RA = 100 m³ et RI = 100 m³), est situé à l'extrémité sud du réseau. Il sert à l'alimentation en eau de la coopérative Fenaco, à partir de la source Entre-deux-Bois, la seule présente sur le territoire de Bercher. Une pompe permet d'injecter les excédents de cette source dans le réseau communal en cas de besoin.

En période d'étiage des sources, la commune de Bercher peut compter sur une liaison de secours entre les réservoirs de Bercher et la conduite de Thierrens, qui alimente la ville de Lausanne. Cette liaison permet de livrer un débit de 167 L/min.

La commune de Rueyres est quant à elle directement reliée au réservoir de Bercher, car elle ne possède aucune source, et est de ce fait dépendante des ressources de Bercher.

Enfin, le réseau d'Ogens est alimenté par le réservoir communal d'une capacité de 70 m³, situé à l'est de la commune. Il est important de noter que ce réservoir ne dispose d'aucune réserve incendie. Cet unique réservoir permet de collecter les eaux de l'unique source communale, qui ne sont pas traitées.

La figure 8 représente le fonctionnement du réseau en place. À noter que le réservoir de Bercher qui est utilisé pour l'alimentation des fontaines ne figure pas.

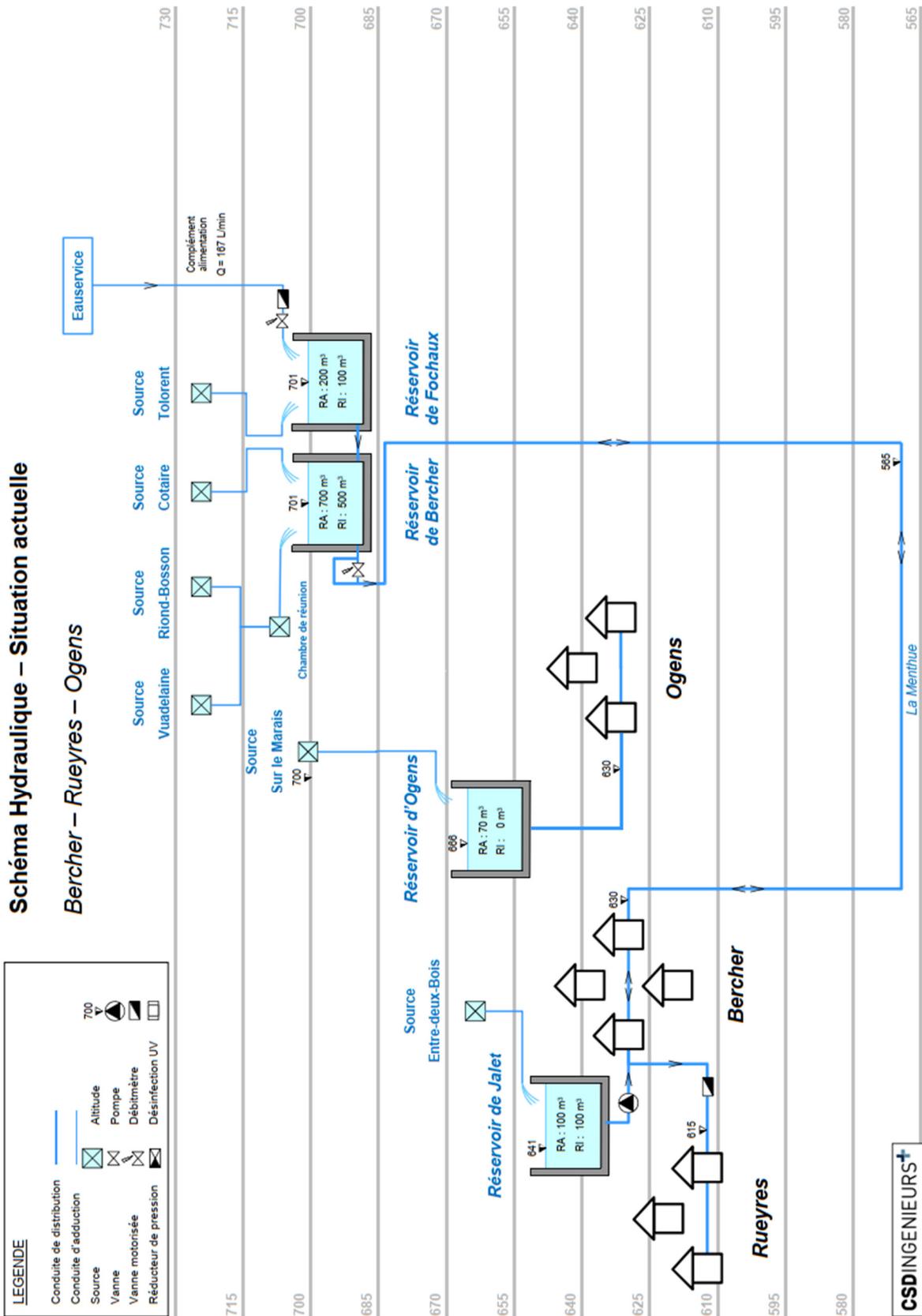


Figure 9 : Synoptique de Bercher, Rueyres et Ogens

3. BILAN DES BESOINS ET DES RESSOURCES EN EAU

Le bilan ressources-besoins met en relation les besoins en eau des différentes communes, avec les capacités de production des différentes sources. Le bilan est réalisé de façon globale, à partir des données journalières, mais se penche également sur les variations temporelles.

Le bilan doit permettre de quantifier quels seront les déficits en eau dans les années à venir.

3.1 Les ressources en eau

Actuellement, seules les communes de Bercher et d'Ogens disposent de ressources. À partir des données journalières de production, les différentes caractéristiques des sources ont pu être déterminées.

Pour être plus juste avec la situation future, seules les sources de la Cottaire, du Tolorent, de la Vuadelaine et du Riond-Bosson ont été étudiées. La source d'Ogens n'est pas reprise, et la source Entre-deux-bois n'est utilisée que pour alimenter la coopérative Fenaco.

Le tableau ci-dessous présente les différentes caractéristiques des différentes sources :

Ressources	Sources de Bercher		Sources de la Vuadelaine et du Riond-Bosson	Sources du Tolorent	Sources de la Cottaire	Total
		m ³ /an				
	Production annuelle moyenne	m ³ /an	121'434	30'537	21'427	173'398
	Débit d'étiage moyen (années 2013-2018)	m ³ /j	285	67	52	404
		L/min	198	47	36	280
	Débit moyen (années 2013-2018)	m ³ /j	333	84	59	475
		L/min	231	58	41	330
	Débit maximum moyen (années 2013-2018)	m ³ /j	385	105	66	556
		L/min	268	73	46	386

Tableau 3 : Caractéristiques des différentes sources

Le volume moyen annuel produit par les sources de Bercher est de **173'400 m³**. Les annexes B, C et D représentent graphiquement les variations de production des différentes sources au cours du temps.

3.2 Les besoins actuels en eau

À partir des données fournies par le compteur en sortie du réservoir de Bercher mais aussi des valeurs présentes dans le PDDE de 2016, il est possible de déterminer le besoin journalier moyen, ainsi que le besoin journalier de pointe. **Le besoin est égal à la somme entre les volumes consommés et les volumes dus aux pertes.**

Les données fournies ne comprennent que les communes de Bercher et de Rueyres. Or, la commune d'Ogens va être, dans les années à venir, directement alimentée par les sources de Bercher. Pour tenir compte des besoins d'Ogens, nous avons fait le ratio entre le besoin journalier moyen d'Ogens présent dans le PDDE communal, et le besoin journalier moyen de Bercher-Rueyres, obtenu après analyse des données. Il apparaît que les besoins d'Ogens représentent seulement 17 % de ceux de Bercher-Rueyres.

Le tableau ci-dessous résume les besoins actuels des 3 communes :

Besoins actuels	Bercher, Rueyres, Ogens		2013	2014	2015	2016	2017	2018	Moyenne
	Consommation totale	m ³ /an	144'122	150'769	170'411	140'540	143'257	150'745	149'974
	Consommation totale	L/min	274	287	324	267	273	287	285
	Population	hab	1'664	1'665	1'696	1'724	1'777	1'793	-
	Consommation journalière moyenne	m ³ /j	395	413	467	385	392	413	411
		L/hab/j	237	248	275	223	221	230	239
	Consommation journalière de pointe	m ³ /j	601	631	1'095	901	786	707	787
		L/hab/j	361	379	646	523	442	394	458
	Coefficient de pointe	-	1.5	1.5	2.3	2.3	2.0	1.7	1.9

Tableau 4 : Besoins actuels de Bercher, Rueyres et Ogens

Le besoin moyen annuel est de l'ordre de **150'000 m³/an**. On notera que la consommation journalière moyenne par habitant est de 239 l/j/hab. Cette valeur est inférieure à la moyenne suisse qui est de 350 l/j/hab, selon les statistiques de 2011 de la SSIGE.

L'annexe E représente la consommation au cours du temps.

3.3 Les perspectives de croissance démographique

L'évolution des besoins d'un réseau de distribution d'eau potable est délicate à estimer sur un horizon aussi lointain que 2080. Elle dépend principalement des paramètres suivants :

- **Évolution de la population**
- **Évolution de la consommation par habitant**
- **Évolution des besoins industriels et agricoles**
- **Évolution de la zone desservie**

Il est difficile d'estimer la population à l'horizon 2080, la seule étude qui fasse des prédictions démographiques sur un horizon aussi lointain est celle des Nations-Unies, qui est représentée dans le graphique suivant.

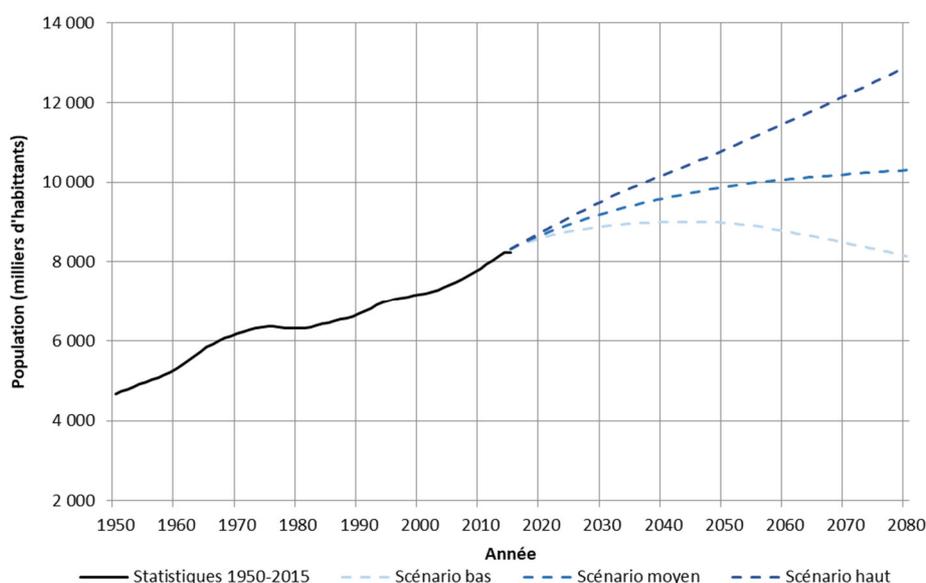


Figure 10 : Évolution de la population suisse

Il en ressort que pour le scénario de référence, la population suisse passerait entre 2015 et 2045 de 8'319'769 à 9'741'501 habitants, soit une augmentation de 17 % de la population en 30 ans. En 2080, la population totale serait de 10'302'232, soit une augmentation de 25 % sur la période 2015-2080.

Cette étude ne tient toutefois pas compte des particularités cantonales.

Si l'on se penche sur l'étude de l'OFS sur les scénarii d'évolution de la population des différents cantons pour la période 2015-2045, il en ressort pour le scénario de référence les éléments suivants :

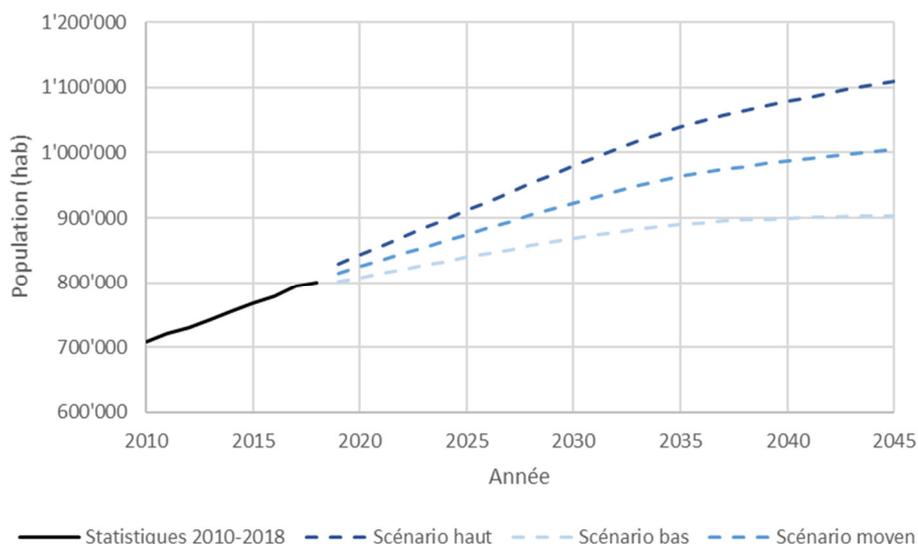


Figure 11 : Perspectives d'évolution du canton de Vaud à l'horizon 2045

La population du canton de Vaud passerait entre 2015 et 2045 de 774'253 à 1'004'661 habitants, soit une augmentation de 30 % de la population en 30 ans.

Ainsi, selon l'OFS, l'augmentation de la population vaudoise serait 2 fois plus importante que celle de la Suisse, les 30 prochaines années.

Si l'on extrapole cette donnée à l'étude des Nations Unies, il ressortirait du scénario moyen que l'augmentation de la population actuelle vaudoise à l'horizon 2080 serait de l'ordre de 50%.

Ainsi, en 2080 la population totale de la zone d'étude s'élèverait à 2'700 habitants.

3.4 Les besoins futurs en eau

Les besoins futurs des 3 communes sont estimés avec les prévisions de croissance de la population, et sur la base du maintien de la consommation journalière moyenne actuelle.

Les prévisions pour 2050 et 2080 sont résumées dans le tableau suivant :

Besoins futurs	Bercher, Rueyres, Ogens		Horizon 2050	Horizon 2080
	Consommation totale	m ³ /an	194'966	224'961
	Consommation totale	L/min	371	428
	Population	hab	2'331	2'690
	Consommation journalière moyenne	m ³ /j	534	616
		L/hab/j	229	229
	Consommation journalière de pointe	m ³ /j	1'019	1'176
		L/hab/j	437	437
Coefficient de pointe	-	1.9	1.9	

Tableau 5 : Besoins futurs de Bercher, Rueyres et Ogens

3.5 Bilan ressources-besoins

Le graphique ci-dessous représente la production des sources, ainsi que la consommation moyenne pour les différentes périodes :

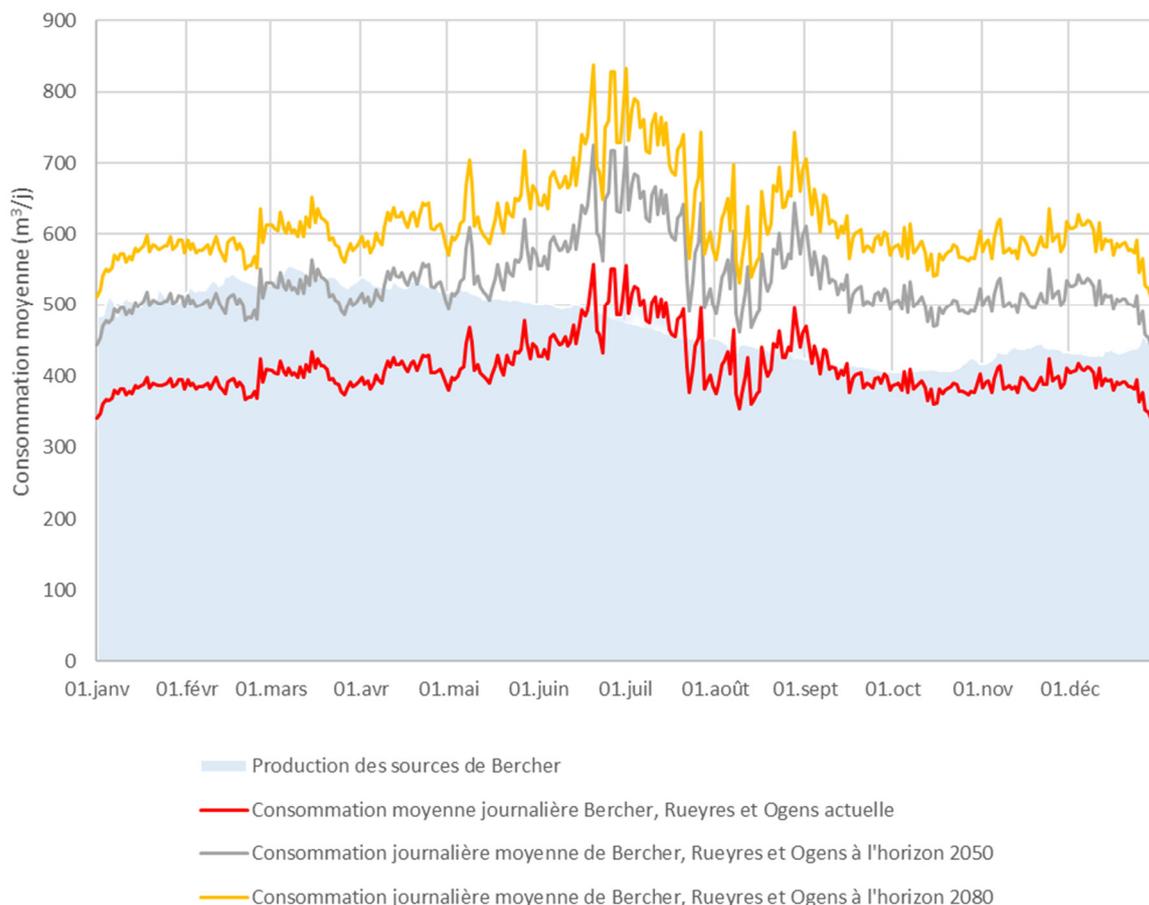


Figure 12 : Production et consommation moyenne journalière à différentes périodes

Le tableau suivant reprend les besoins actuels et futurs avec la production des différentes sources.

Bilan ressources - besoins	Bercher, Rueyres, Ogens		2013-2018	2050	2080
	Consommation journalière moyenne	m ³ /j	411	534	616
	Consommation journalière de pointe	m ³ /j	787	1'019	1'176
	Ressource journalière moyenne	m ³ /j	475		
	Ressource journalière à l'étiage	m ³ /j	404		
	Excédent annuel	m ³ /an	24'847	1'983	0
	Excédent journalier moyen	m ³ /j	68	5	0
	Excédent journalier maximal	m ³ /j	166	54	0
	Déficit annuel	m ³ /an	1'423	23'551	51'563
	Déficit journalier moyen	m ³ /j	4	65	141
	Déficit journalier maximal	m ³ /j	311	543	700

Tableau 6 : Bilan ressources-besoins de Bercher, Rueyres et Ogens

Actuellement, **les sources de Bercher permettent de répondre, en quasi-totalité, aux différents besoins des trois communes**, et elles sont même excédentaires. Cependant, des pénuries d'eau apparaissent notamment les jours de fortes consommations ou lorsque les sources sont à l'étiage. Bercher fait donc appel à l'appui du service de l'eau de Lausanne.

En ce qui concerne la situation à l'horizon 2050, les sources arrivent à peine à couvrir les besoins sur une courte période (environ 4 mois). **Enfin, à l'horizon 2080, les sources seront insuffisantes en tout temps pour répondre aux différents besoins.**

4. HYDRAULIQUE

4.1 Le réseau actuel

4.1.1 Réseau communal de Bercher

Le réseau de Bercher est un réseau de type ramifié, avec toutefois plusieurs mailles dans le centre du village (Annexe F). Les conduites en place sont récentes et ont un calibre relativement important, notamment pour la conduite principale qui est en DN250. La conduite de transport, qui part des réservoirs de Bercher et qui alimente le réseau communal, date de 1992, lors de la construction du nouveau réservoir de Bercher.

Le réseau de Bercher a fait l'objet de modélisation hydraulique dans le but de simuler son comportement actuel. L'ensemble des calculs hydrauliques ont été effectués au débit de la défense incendie, soit 2'000 L/min. Les pressions indiquées sont celles en sortie de BH. Pour tenir compte des pertes de charge singulières en sortie de BH, il a été admis la valeur de 1 bar pour le débit d'incendie. Les résultats de la modélisation du réseau de Bercher sont résumés dans le tableau suivant :

BERCHER			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	636	6.5	non atteinte
2	635	6.6	4.5
3	625	7.6	6.2
4	628	7.3	5.6
5	630	7.1	5.7
6	634	6.7	5.3
7	636	6.5	5.1
8	638	6.3	4.9
9	637	6.4	4.9
10	638	6.3	4.5
11	641	6	3.7
12	645	5.6	2.1
13	638	6.3	2.5
14	636	6.5	4.6
15	634	6.7	4
16	628	7.3	5.4
17	626	7.5	5.9
18	627	7.4	5.9
19	628	7.3	1.8
20	623	7.8	0.1
21	637	6.4	4.6
22	635	6.6	5
23	638	6.3	4.8
24	578	12.3	10.6
25	568	13.3	0.8
26	642	5.9	2.3
27	644	5.7	2.4
28	635	6.6	4.2
29	629	7.2	5.4
40	616	8.5	6.3
41	618	8.3	6.8

Tableau 7 : Pressions actuelles aux hydrantes de Bercher

Analyse de la situation actuelle : le calibre important de la conduite maîtresse, ainsi que le maillage du réseau, confèrent à ce dernier de **bonnes propriétés hydrauliques**. La pression statique est comprise entre 5 et 8 bars. Les pressions dynamiques en sortie de BH sont, pour la majorité, supérieures à 4 bars, et répondent donc aux exigences de l'ECA. Cependant, 8 BH ne respectent pas les critères fixés par l'ECA.

4.1.2 Réseau communal de Rueyres

Le réseau de Rueyres est un réseau de type ramifié, qui a été entièrement refait dans les années 1980, en fonte ductile DN125 (Annexe F). Cependant, quelques modifications ont été apportées, et notamment au niveau du complexe industriel, où la demande est importante notamment pour la défense incendie.

Comme pour le réseau de Bercher, le réseau de Rueyres a fait l'objet d'une simulation numérique. Les hypothèses restent inchangées.

Les résultats de la modélisation sont présentés dans le tableau suivant (les BH qui sont indiquées en bleu sont les BH présentes dans le complexe industriel).

RUEYRES			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	606	9.5	7.7
2	608	9.3	7.4
3	610	9.1	5.6
4	618	8.3	4.1
5	620	8.1	3.4
6	618	8.3	2.1
7	619	8.2	2.6
8	619	8.2	3.1
9	617	8.4	2.7
10	617	8.4	1.8
11	615	8.6	1.5
12	614	8.7	0.3
13	608	9.3	7.2
14	614	8.7	1.8
15	609	9.2	7.3
16	610	9.1	7

Tableau 8 : Pressions actuelles aux hydrantes de Rueyres

Analyse de la situation actuelle : le réseau de Rueyres étant directement alimenté par les réservoirs de Bercher, le régime de pression est imposé par ces derniers, d'où les valeurs importantes pour les pressions statiques qui sont comprises entre 8 et 9.5 bars. **Les pressions dynamiques en sortie de BH dans la zone industrielle sont largement supérieures aux attentes de l'ECA.** Pour ce qui concerne le village de Rueyres, les pressions dynamiques sont comprises entre 1.5 et 5.6 bars. Ces pressions sont satisfaisantes, mais n'atteignent pas les objectifs fixés par l'ECA.

4.1.3 Le réseau communal d'Ogens

Le réseau de distribution d'Ogens est de type ramifié, avec toutefois une maille dans le centre du village (Annexe G). Il a été entièrement refait en 1995. Une modélisation hydraulique a été réalisée sur le réseau d'Ogens. En raison de la faible différence d'altitude entre le réservoir communal et le réseau, il est impossible de réaliser cette modélisation avec un débit de 2'000 L/min. Il a été retenu un débit de 1'000 L/min avec une perte de charge singulière en sortie d'hydrante de 0,4 bar.

Les résultats de la simulation sont présentés dans le tableau suivant.

OGENS			
Altitude du réservoir : 666 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 1'000 L/min (bar)
1	626	4	1.6
2	633	3.3	1.3
3	640	2.6	0.4
4	636	3	1
5	623	4.3	2.2
6	631	3.5	1.5
7	628	3.8	1.7
8	620	4.6	2.2
9	622	4.4	2.1
10	631	3.5	1.5
11	634	3.2	1.3
12	637	2.9	1
13	647	1.9	0.1

Tableau 9 : Pressions actuelles aux hydrantes d'Ogens

Analyse de la situation actuelle : les pressions dynamiques pour un débit de 1'000 L/min sont comprises entre 0,1 et 2,2 bars. **Le réseau ne répond pas aux attentes de l'ECA.**

4.2 Les aménagements proposés dans le cadre du PDDE

Pour répondre aux différentes problématiques et être en conformité avec la réglementation, différents aménagements ont été proposés.

Commune de Bercher

- Toutes les conduites, qui sont inférieures au DN150, seront renouvelées en DN150.
- Réalisation d'un bouclage en DN150 dans le sud-est de la commune.
- Réalisation d'un bouclage par la pose de 2 conduites en DN150 au niveau des BH 19 et 20.

Commune de Rueyres

- Toutes les conduites, qui sont inférieures au DN150, seront renouvelées en DN150.
- Réalisation d'un bouclage au nord en DN150.

- Réalisation d'un bouclage en DN150 au sud.
- Réalisation d'un bouclage dans la zone industrielle en DN200.

Commune d'Ogens

- Suppression du réservoir communal.
- Création d'une liaison entre le réseau communal et le réservoir de Bercher.

L'annexe H présente le réseau suite à ces aménagements.

Afin de valider ces différents aménagements, une nouvelle modélisation a eu lieu.

4.2.1 Impacts des aménagements sur le réseau de Bercher

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la modélisation pour le réseau de Bercher.

BERCHER			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	636	6.5	3.9
2	635	6.6	4.5
3	625	7.6	6.2
4	628	7.3	5.6
5	630	7.1	5.7
6	634	6.7	5.3
7	636	6.5	5.1
8	638	6.3	4.9
9	637	6.4	4.9
10	638	6.3	4.7
11	641	6	4.4
12	645	5.6	2.7
13	638	6.3	4.5
14	636	6.5	4.8
15	634	6.7	4.1
16	628	7.3	5.5
17	626	7.5	5.9
18	627	7.4	6
19	628	7.3	5.7
20	623	7.8	5.6
21	637	6.4	4.9
22	635	6.6	5.1
23	638	6.3	4.9

BERCHER			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
24	578	12.3	10.6
25	568	13.3	5.9
26	642	5.9	4.2
27	644	5.7	4
28	635	6.6	5
29	629	7.2	5.5
40	616	8.5	6.3
41	618	8.3	6.8

Tableau 10 : Pressions aux hydrantes de Bercher après les différents aménagements proposés dans le PDDE

La modélisation hydraulique montre que **les pressions dynamiques sont améliorées sur chacune des hydrantes**, et permettent d'atteindre à chaque point du réseau une pression dynamique de 4 bars pour un débit de soutirage de 2'000 L/min.

Seules les BH 1 et 12 sont en deçà des attentes de l'ECA. Cela s'explique par leur positionnement excentré par rapport au centre du village.

4.2.2 Impacts des aménagements sur le réseau de Rueyres

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la modélisation pour le réseau de Rueyres.

RUEYRES			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	606	9.5	7.8
2	608	9.3	7.4
3	610	9.1	6.8
4	618	8.3	5.8
5	620	8.1	5.7
6	618	8.3	6.1
7	619	8.2	5.9
8	619	8.2	5.7
9	617	8.4	5.9
10	617	8.4	5.7

RUEYRES			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
11	615	8.6	5.7
12	614	8.7	4.5
13	608	9.3	7.4
14	614	8.7	5.9
15	609	9.2	7.3
16	610	9.1	7.1

Tableau 11 : Pressions aux hydrantes de Rueyres après les différents aménagements proposés dans le PDDE

Toutes les BH répondent aux attentes de l'ECA, car la pression dynamique à chacune d'entre elles est largement supérieure à 4 bars.

4.2.3 Impacts des aménagements sur le réseau d'Ogens

Au vu des nombreux changements, il est possible de faire cette modélisation avec un débit de soutirage de 2'000 L/min, et en considérant une perte de charge singulière en sortie de BH de 1 bar.

OGENS			
Altitude du réservoir : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	626	7.5	3.3
2	633	6.8	4
3	640	6.1	2.5
4	636	6.5	3.7
5	623	7.8	4.8
6	631	7	4.3
7	628	7.3	4.2
8	620	8.1	4
9	622	7.9	4.2
10	631	7	4.3
11	634	6.7	4.3
12	637	6.4	4.2
13	647	5.4	3.6

Tableau 12 : Pressions aux hydrantes d'Ogens après les différents aménagements proposés dans le PDDE

Les pressions statiques sont comprises entre 5.4 et 7.5 bars. La majorité des bornes hydrantes respectent les objectifs de l'ECA, les pressions dynamiques sont comprises entre 2.5 et 4.8 bars.

Mais le plus grand défi pour les 3 communes est de répondre en tout temps aux différents besoins de sa population. Aujourd'hui, Bercher dispose d'une liaison sur la conduite de Thierrens, ce qui permet d'alimenter ses réservoirs par le service de l'eau de Lausanne. Mais cette liaison a un avenir incertain, et Bercher doit réfléchir à une nouvelle solution. Deux propositions s'offrent à elle :

- **Réaliser une nouvelle liaison sur le réseau du distributeur régional, l'AIDEV.**
- **Adhérer au distributeur régional, l'AIAE.**

4.3 Présentation des différentes propositions

Cette partie présente le fonctionnement des différentes solutions qui sont proposées à Bercher.

4.3.1 Liaison entre le réservoir de Bercher et le réseau de l'AIDEV

L'AIDEV est une association intercommunale qui gère l'approvisionnement en eau de différentes communes. Cette association est voisine de la commune de Bercher. Elle dispose de nombreuses sources, et même dans les situations les plus critiques, ses ressources sont excédentaires. À noter que le réseau de cette association est au stade de l'étude de projet, et devrait être mis en service à l'horizon 2022. La solution proposée à Bercher (Variante 1) consiste à relier le réseau de l'AIDEV qui arrive au niveau de la chambre de la Proveyse, et le réservoir de Bercher. L'AIDEV ne viendrait en aide que lorsque la municipalité de Bercher est demandeuse. La municipalité de Bercher reste donc indépendante, car elle conserve la propriété de ses sources et de ses ouvrages.

L'annexe I décrit le fonctionnement de cette solution ainsi que le tracé de cette liaison.

4.3.2 Adhésion de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE

Une étude régionale sur l'approvisionnement en eau des districts du Gros-de-Vaud, de l'Ouest Lausannois et de Lausanne a été conduite depuis 2017 et approuvée le 27 juin 2019 par l'OFCE. **Elle présente un concept régional visant à supprimer la conduite centenaire de Thierrens**, qui permet d'amener les eaux des sources de Lausanne jusqu'à la ville, **et la remplacer par une liaison entre la chambre de la Proveyse et le nouveau réservoir de l'AIAE à proximité de Bercher**. En effet, l'AIAE, initialement centrée autour d'Echallens, s'est progressivement étendue en direction du nord du Gros-de-Vaud, et nécessiterait de rééquilibrer le centre de gravité de sa mise en charge par la construction d'un nouveau réservoir intercommunal dans l'environnement proche des réservoirs de Bercher. **Cette liaison permettrait de faire transiter un débit de 700'000 m³/an**. Selon ce nouveau concept, **la chambre de la Proveyse deviendrait un nœud régional faisant office de jonction entre l'AIAE, l'AIDEV, la Menthue et la source de Lausanne**.

L'AIAE qui est une autre association intercommunale voisine de Rueyres, recherche des ressources supplémentaires, pour réduire son déficit en eau et ses achats d'eau sur les réseaux voisins.

Dans le cadre de la régionalisation des réseaux d'eau, il avait été envisagé que Bercher, Rueyres et Ogens intègrent l'AIAE.

4.3.2.1 Variante par pompage

La solution de base proposée à Bercher (Variante 2A) consiste à racheter l'ensemble des sources de Bercher, de créer une station de pompage afin de refouler les eaux dans le nouveau réservoir intercommunal, et de créer une nouvelle conduite entre Bercher et Pailly. Les différents réservoirs communaux seront démantelés.

L'annexe J présente le fonctionnement de cette variante ainsi que le plan de situation de cette variante.

4.3.2.2 Variante gravitaire

Une variante à la solution proposée par l'AIAE existe. La variante 2B reprend les grandes lignes de la variante 1, mais l'AIAE reprend et conserve le réservoir de Bercher, qui continuera à alimenter les 3 villages. Une conduite sera posée en parallèle de la conduite principale de Bercher. L'AIAE construit un nouveau réservoir, mais d'un plus faible volume.

Un appui alimentaire sera créé au niveau du réservoir de Bercher, et différents appuis d'incendie seront mis en place à l'entrée de chaque village.

L'annexe K présente le fonctionnement hydraulique de cette variante ainsi que le plan de situation de cette variante.

4.4 Dimensionnement de la liaison Bercher-AIDDEV

4.4.1 Les caractéristiques de la conduite

Pour dimensionner cette conduite, le critère du débit a été retenu. Si l'on regarde le bilan ressources-besoins, le déficit maximal journalier à l'horizon 2080 est de 500 L/min. De plus, cette liaison doit permettre d'assurer un appui pour la défense incendie. Elle doit donc permettre de faire transiter un débit de 2'000 L/min. Si l'on fait l'hypothèse que deux événements extrêmes surviennent en même temps, **cette liaison devra être capable de transporter jusqu'à 2'500 L/min**. Cette valeur peut être applicable que si le réservoir de Bercher est hors-service ou si il est abandonné. Dans le cadre d'une réalimentation du réservoir de Bercher, c'est la valeur de la consommation moyenne journalière qui sera dimensionnante.

Il a été admis en première approche un DN200 PN10 pour cette conduite.

4.4.2 Implantation et appareillage de la conduite

En ce qui concerne l'implantation de cette conduite, nous avons favorisé une alimentation gravitaire depuis la chambre de la Proveyse. L'annexe L présente le profil en long de la conduite.

En raison de la forte différence d'altitude entre le réservoir de l'AIDDEV (855 msm) et le réservoir de Bercher (701 msm), 2 réducteurs de pression seront installés :

- Le premier au niveau de la chambre de la Proveyse (consigne 761 msm).
- Le second au niveau du réservoir de Bercher (consigne 701 msm).

4.4.3 Modélisation de la nouvelle conduite

Cette liaison a fait l'objet d'une simulation sur le logiciel Epanet afin de valider son dimensionnement.

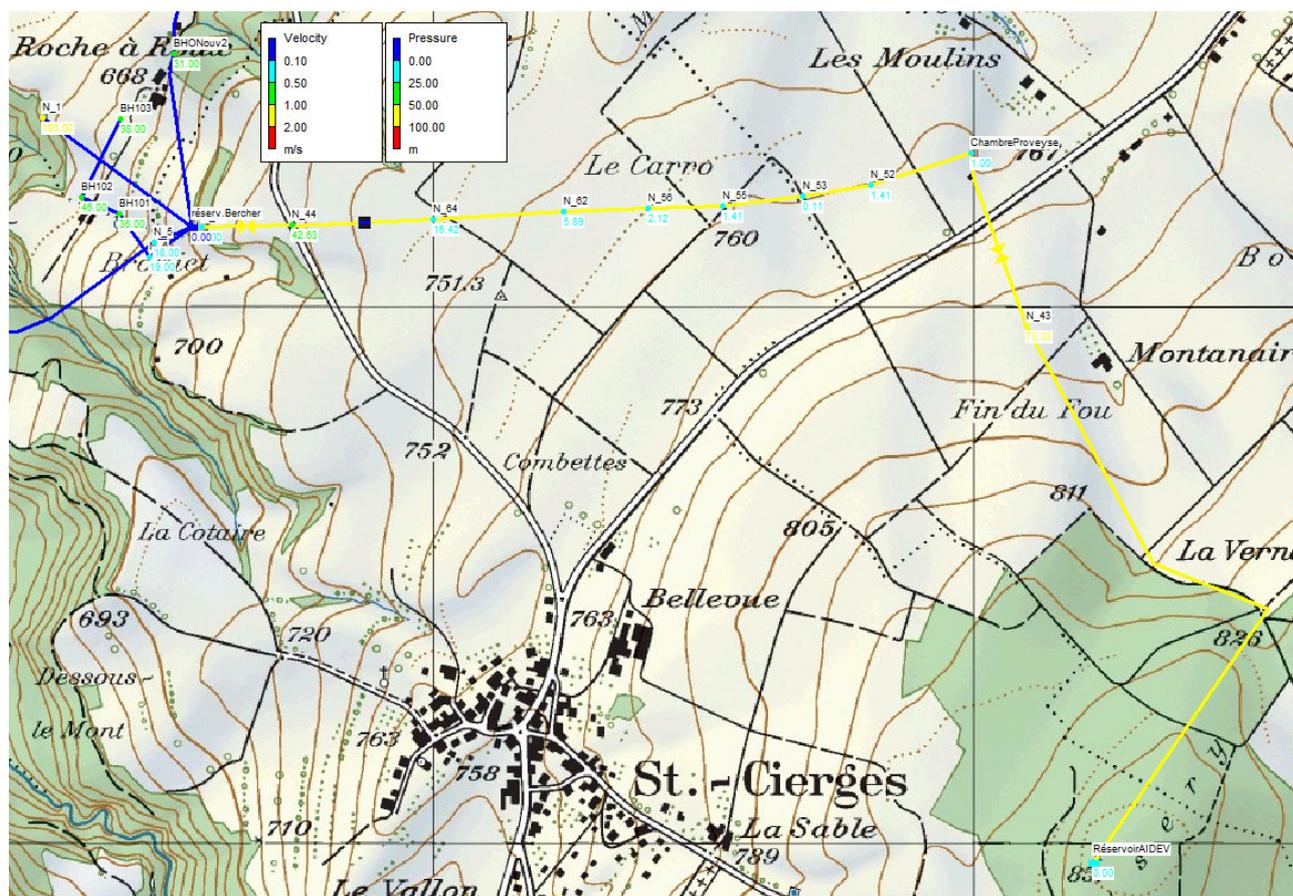


Figure 13 : Représentation de la liaison sous le logiciel Epanet

Cette liaison permet de faire transiter le débit demandé. **Pour un débit de 2'500 L/min, la vitesse est de 1,33 m/s.** Pour rappel, en cas d'incendie, la vitesse maximale admise est de 3.5 m/s.

La modélisation numérique a permis d'établir le profil piézométrique pour les différents cas d'utilisation.

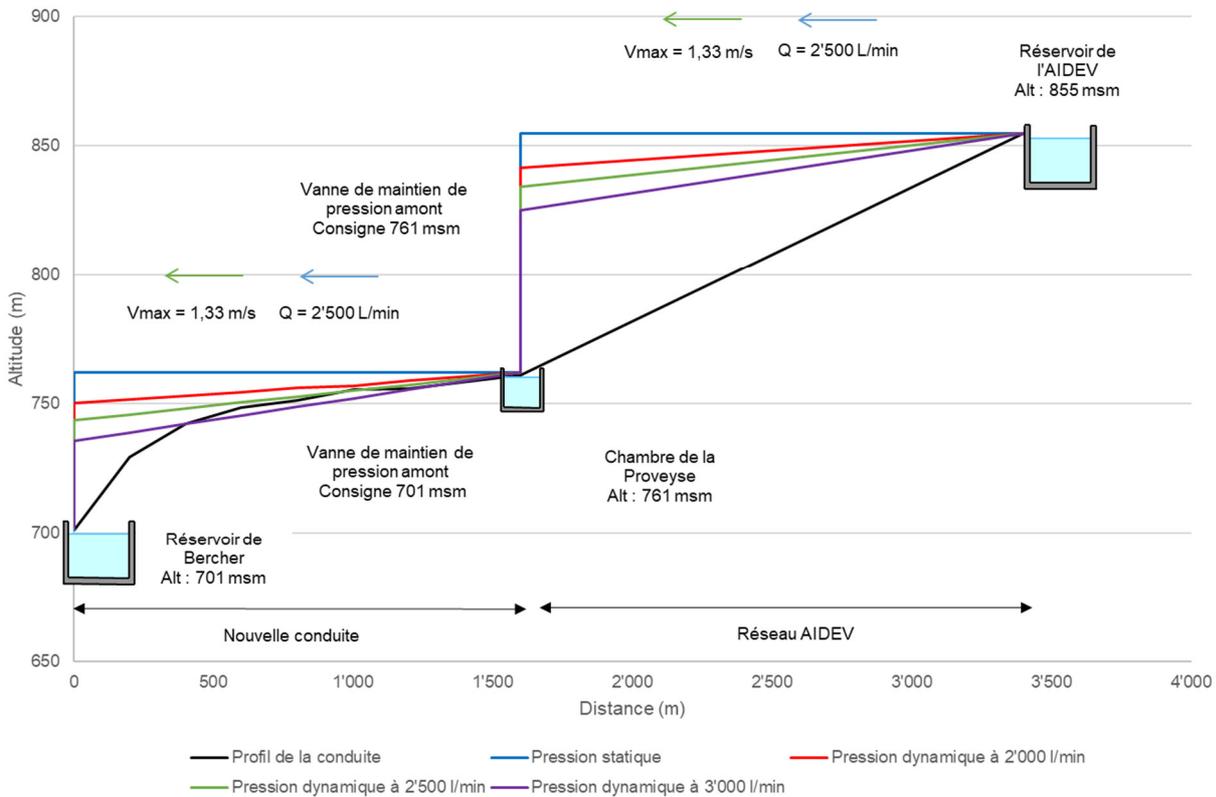


Figure 14 : Profil piézométrique de la liaison entre le réservoir de l'AIDEV et le réservoir de Bercher

La modélisation a été poussée à un débit de 3'000 L/min. **Le débit de 2'500 L/min correspond au débit maximal qui peut être demandé.** Au-delà de cette valeur, des pressions négatives sont obtenues.

Un débit de 3'000 L/min est techniquement possible avec un diamètre 200, mais n'est pas recommandé, car la ligne piézométrique passe, en certains points, sous la ligne altimétrique de la nouvelle conduite, ce qui correspond à un siphonnage de celle-ci avec **une mise en dépression de la conduite.**

Hors cas d'incendie, la conduite est prévue pour apporter un appui alimentaire, ce qui signifie qu'il n'y a pas forcément un débit journalier, hors période d'été. Il est donc **impératif de renouveler régulièrement l'eau présente dans cette conduite.** L'eau ne peut séjourner plus de 3 jours dans la conduite. Il existe plusieurs possibilités, qui peuvent être envisagées pour effectuer ce renouvellement : renouveler en une seule fois tous les 3 jours le volume d'eau, renouveler sur la période un petit volume d'eau, ou bien renouveler l'eau de manière continue. Le tableau suivant reprend les différents volumes qui sont mis en jeu.

Volume de la conduite	50 m ³
Volume à renouveler annuellement	6'116 m ³ /an
Volume renouvelé tous les 3 jours	50 m ³
Volume renouvelé journalièrement	17 m ³ /j
Débit continu	12 L/min

Tableau 13 : Volumes mis en jeu pour le renouvellement de l'eau

4.5 Rattachement de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE

Comme indiqué dans la présentation des différentes variantes, l'AIAE doit construire un nouveau réservoir pour rééquilibrer son réseau.

4.5.1 Dimensions et implantation du réservoir

Il est généralement admis pour dimensionner un réservoir, et dans le cadre d'une première approche, les hypothèses suivantes :

- Le volume nécessaire pour la **réserve alimentaire = la moitié de la consommation journalière moyenne.**
- Le volume nécessaire pour la **réserve incendie = la moitié de la consommation journalière moyenne.**

La capacité totale de stockage est donc égale au volume de la consommation journalière moyenne. Si l'on ramène cette valeur au nombre d'habitants desservis, **la capacité de stockage d'un réservoir doit être comprise entre 0.4 et 0.5 m³/j/hab.** Le mandataire de l'AIAE a estimé que ce nouveau réservoir devrait avoir une capacité totale de 3'000 m³.

L'une des contraintes principales pour l'implantation de ce nouveau réservoir est **l'altitude du réservoir actuel de l'AIAE qui est de 744 msm.** Afin d'avoir **le même régime de pression sur l'ensemble du réseau**, le nouveau réservoir doit être lui aussi à la même altitude. Cette contrainte nous a permis d'en déduire une zone d'implantation. En plus de cette contrainte, d'autres sont venues se rajouter. Il s'agit de contraintes environnementales, géologiques...Les annexes M,N,O et P représentent ces différentes contraintes. Après l'étude de l'ensemble de ces contraintes, une zone pour l'implantation de ce nouveau réservoir a pu être déterminée. La carte ci-dessous représente la zone identifiée.



Figure 15 : Zone d'implantation du nouveau réservoir de l'AIAE

4.5.2 Dimensionnement de la station de pompage et estimation des coûts énergétiques

Dans le cadre de l'adhésion de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE, l'association rachète les sources de Bercher qui permettront d'alimenter le nouveau réservoir intercommunal. Pour ce faire, l'association doit implanter une station de pompage à proximité immédiate des réservoirs actuels de Bercher.

Les pompes permettent d'augmenter la pression d'un fluide en lui fournissant de l'énergie. Une pompe doit :

- **Vaincre une hauteur géométrique**
- **Vaincre les pertes de charge**
- **Fournir éventuellement une pression résiduelle**
- **Fournir un certain débit**

Les 3 premiers éléments définissent l'une des **caractéristiques principales d'une pompe, à savoir sa HMT**. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$HMT = H_{géo} + \sum \text{pertes de charge}$$

Pour cette station de pompage, la hauteur géométrique est de 43 m. Les pertes de charge sont calculées à partir de la formule de Lechapt et Calmon, avec un débit de 556 m³/j, un diamètre de 0.3 m, une rugosité de 0.25 mm et une longueur totale de 460 m. On obtient ainsi une perte de charge totale de 15 mm. Si l'on compare cette valeur avec le modèle Epanet, on obtient une perte de charge de 18 mm.

Afin d'avoir une marge de sécurité, la HMT de la pompe de refoulement est estimée à 44 m.

Au-delà du dimensionnement de la station de pompage, l'un des principaux critères pris en compte par les exploitants est **le coût énergétique**.

Pour cela, il est nécessaire de connaître l'énergie que la pompe doit fournir pour élever 1 m³ d'eau de 1 m ainsi que le rendement global de l'installation de pompage. L'énergie potentielle nous permet de déterminer cette valeur. Elle s'exprime de la manière suivante :

$$E = m \times g \times h$$

avec E l'énergie qui s'exprime en Joules, m la masse en Kg, g l'accélération de la gravité en m/s² et h la hauteur en m.

L'énergie qui est nécessaire pour élever 1 m³ d'eau de 1 m est de 3.78 Wh.

Pour connaître la consommation électrique horaire, nous avons eu recours à la formule suivante :

$$\text{Consommation électrique horaire} = \frac{Q \times HMT}{367 \times \eta}$$

avec Q le débit en m³/h, la HMT en m et η le rendement

Le tableau ci-dessous reprend les différentes valeurs.

Rendement moteur électrique	90% [-]
Rendement pompe	80% [-]
Rendement global installation	72% [-]
Energie nécessaire pour monter 1 m ³ de 1 m	3.78 Wh
Débit moyen d'adduction	330 L/min
HMT de pompage	44 m
Consommation électrique horaire	3.3 kWh
Consommation électrique annuelle	28'835 kWh
Tarif d'achat d'électricité	0.25 CHF/kWh
Coût d'achat électrique horaire	0.82 CHF
Coût d'achat électrique annuel	7'221 CHF

Tableau 14 : Estimation des coûts énergétiques

4.5.3 Modélisation de la variante 2A

Dans le cadre de l'adhésion de Bercher, Rueyres et Ogens à l'AIAE, **leur régime de pression va changer** du fait de la nouvelle altitude du réservoir de tête. Cette augmentation de pression va solliciter davantage les conduites, et peut provoquer **des fuites plus nombreuses et importantes**. Pour protéger les conduites en place, des réducteurs de pression seront installés à l'entrée de chaque zone d'alimentation, avec une consigne de 701 msm.

Cette solution a fait l'objet d'une simulation sous Epanet, afin de connaître les pressions statiques et dynamiques. Comme pour le diagnostic, il a été admis une perte de charge singulière de 1 bar en sortie d'hydrante pour un débit de soutirage de 2'000 L/min.

4.5.3.1 Impacts de la variante 2A sur le réseau de Bercher

BERCHER			
Altitude du réservoir : 744 msm			
Consigne du stabilisateur de pression aval : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	636	6.6	4.2
2	635	6.6	4.9
3	625	7.6	6.6
4	628	7.3	6
5	630	7.1	6.1
6	634	6.7	5.7
7	636	6.5	5.5
8	638	6.4	5.3
9	637	6.4	5.3
10	638	6.3	5
11	641	6	4.7
12	645	5.6	3.1
13	638	6.3	4.8
14	636	6.5	5.2
15	634	6.7	4.5
16	628	7.3	5.8
17	626	7.5	6.3
18	627	7.5	6.3
19	628	7.3	6.1
20	623	7.8	6
21	637	6.4	5.2
22	635	6.6	5.4
23	638	6.3	5.2
24	578	16.6	15.8
25	568	7.7	5.9
26	642	5.9	4.5
27	644	5.7	4.3
28	635	6.6	5.3
29	629	7.2	5.9
40	616	8.5	6.7
41	618	8.3	7.1

Tableau 15 : Pressions aux hydrantes de Bercher dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE

Les pressions statiques sont comprises entre 5,6 et 8,5 bars. Seule la BH 24 possède une pression élevée, car elle est située en amont du réducteur de pression. En ce qui concerne **les pressions dynamiques**,

elles sont largement supérieures aux attentes de l'ECA, sauf pour la BH12. La modélisation numérique nous a permis d'établir le profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal et le centre du village de Bercher.

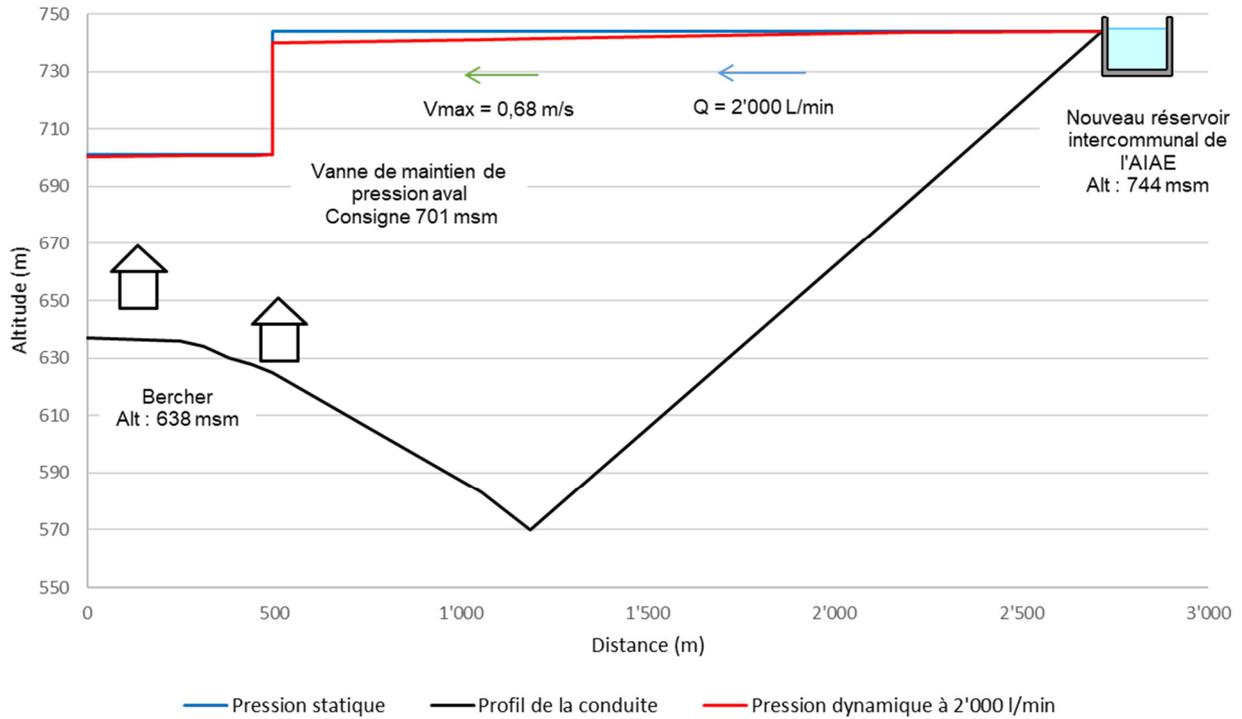


Figure 16 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Bercher

4.5.3.2 Impacts de la variante 2A sur le réseau de Rueyres

RUEYRES			
Altitude du réservoir : 744 msm			
Consigne du stabilisateur de pression aval : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	606	9.5	8.2
2	608	9.3	7.7
3	610	9.1	7.1
4	618	8.3	6.1
5	620	8.1	6
6	618	8.3	6.4
7	619	8.2	6.2
8	619	8.2	6
9	617	8.4	6.1

RUEYRES			
Altitude du réservoir : 744 msm			
Consigne du stabilisateur de pression aval : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
10	617	8.4	5.9
11	615	8.6	6
12	614	8.7	4.8
13	608	9.3	7.8
14	614	8.7	6.2
15	609	9.2	8.1
16	610	13.4	12

Tableau 16 : Pressions aux hydrants de Rueyres dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE

Les pressions statiques sont comprises entre 8,1 et 13,4 bars, et **toutes les pressions dynamiques sont supérieures à 4 bars**. La modélisation numérique nous a permis d'établir le profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal et le centre du village de Rueyres.

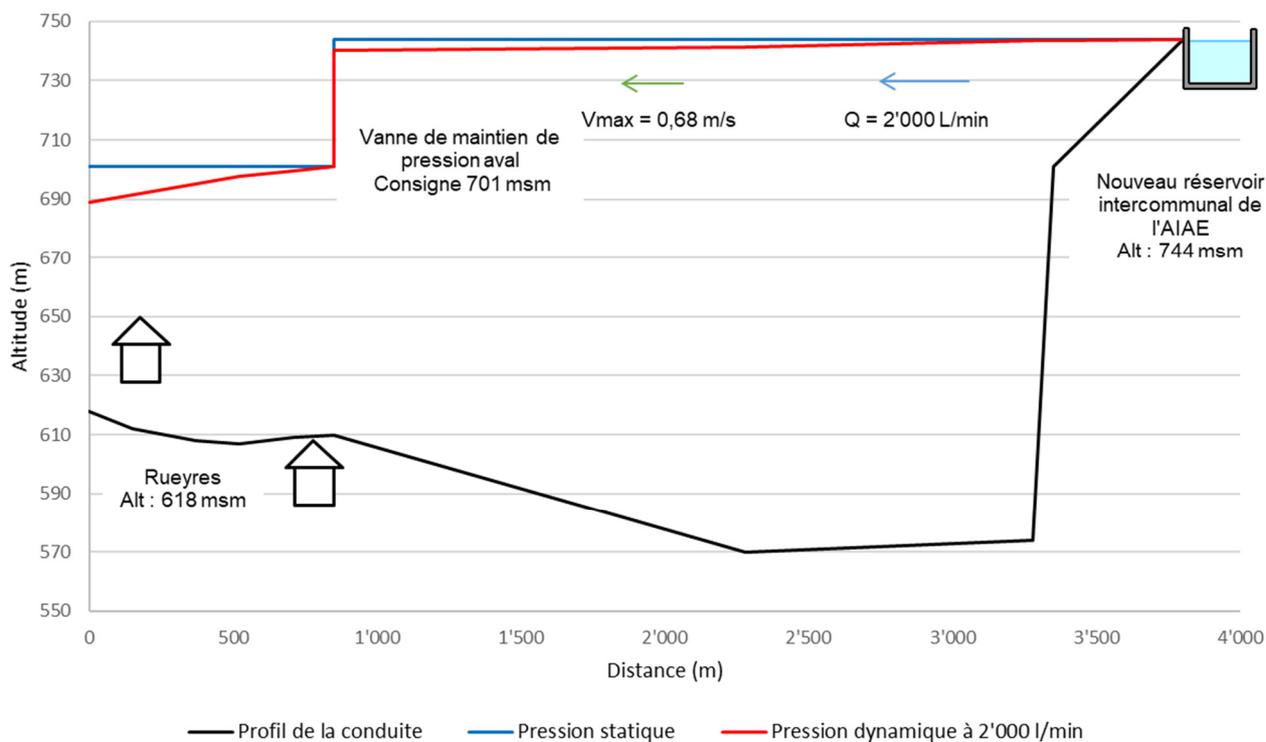


Figure 17 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Rueyres

4.5.3.3 Impacts de la variante 2A sur le réseau d'Ogens

OGENS			
Altitude du réservoir : 744 msm			
Consigne du stabilisateur de pression aval : 701 msm			
Identification BH	Altitude (m)	Pression statique (bar)	Pression dynamique à 2'000 L/min (bar)
1	626	7.5	4.1
2	633	6.8	4.8
3	640	6.1	3.3
4	636	6.5	4.5
5	623	7.8	5.6
6	631	7	5.1
7	628	7.3	5
8	620	8.1	4.9
9	622	7.9	5
10	631	7	5.1
11	634	6.7	5.1
12	637	6.4	5
13	647	5.4	4.4

Tableau 17 : Pressions aux hydrants d'Ogens dans le cadre de l'adhésion à l'AIAE

Les pressions statiques sont comprises entre 5 et 8 bars. Seule la BH3 n'atteint pas les critères de l'ECA. La modélisation numérique nous a permis d'établir le profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal et le centre du village d'Ogens.

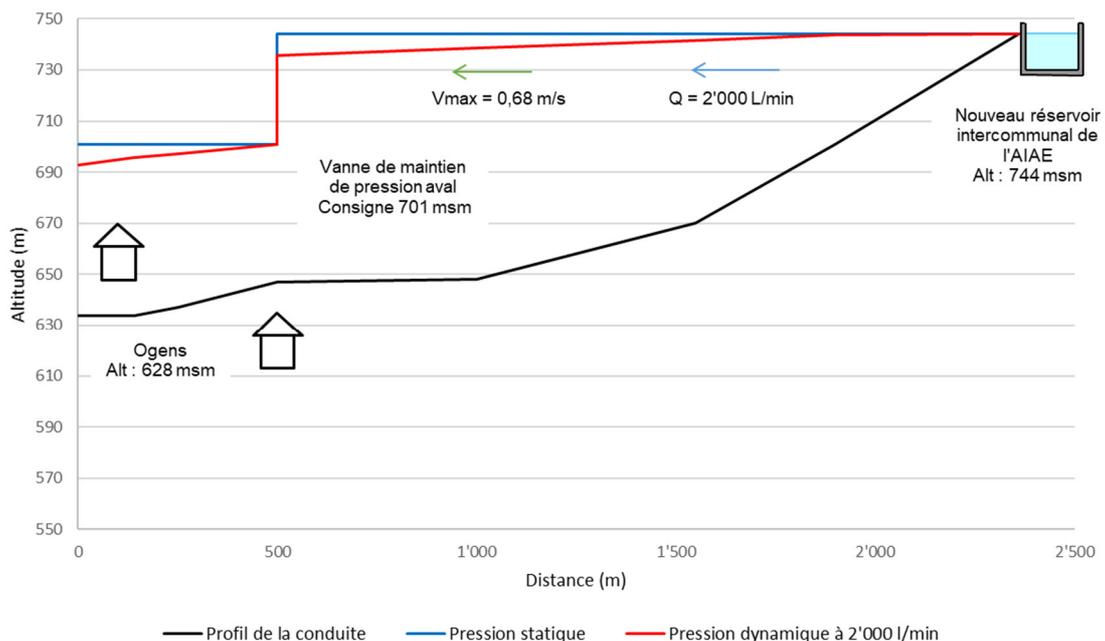


Figure 18 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Ogens

4.5.3.4 Profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal et Pailly

La modélisation numérique nous a permis de tracer le profil piézométrique entre le nouveau réservoir intercommunal de l'AIAE et le début de son réseau.

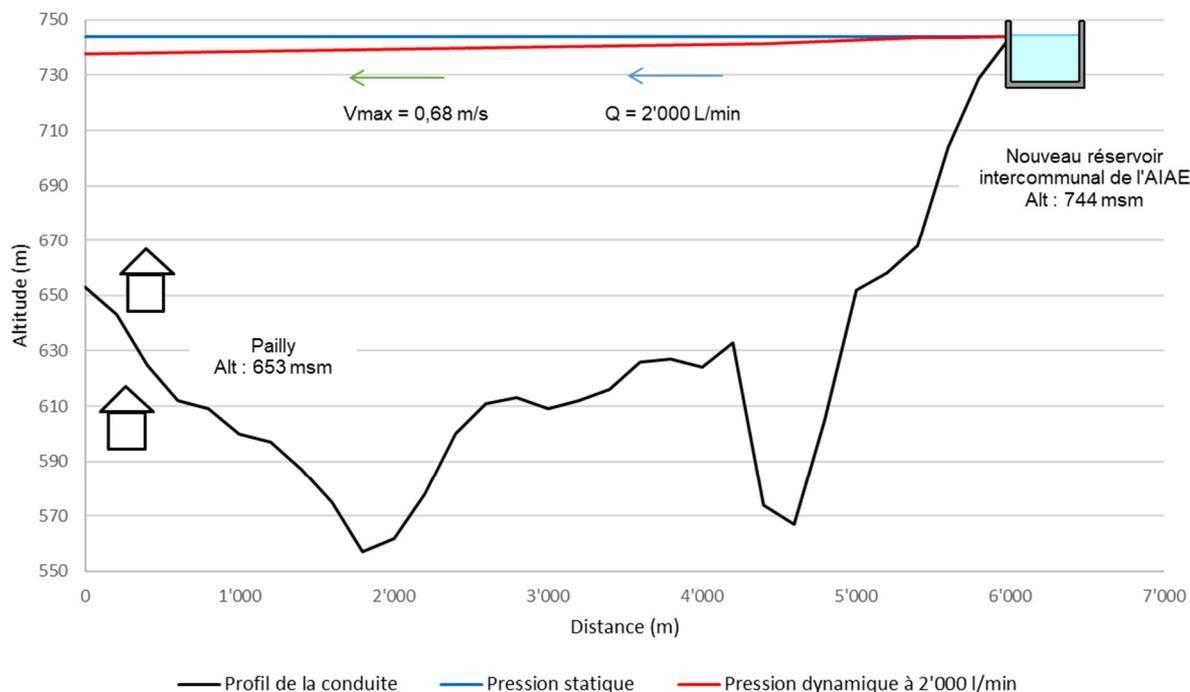


Figure 19 : Profil piézométrique entre le réservoir de l'AIAE et Pailly

4.5.4 Variante 2B

En ce qui concerne l'impact de cette variante sur les réseaux communaux, il n'y a **aucun changement de pression** car ils continuent d'être alimentés par le réservoir de Bercher. En cas d'incendie, les différents réducteurs de pression installés à l'entrée de chaque village ont pour consigne 701 msm, soit la même altitude que le réservoir de Bercher. Les pressions seront identiques à celles présentées dans les tableaux 10.11 et 12 sous réserve que les différents aménagements proposés soient effectifs.

5. ÉTUDE ÉCONOMIQUE DES SOLUTIONS PROPOSÉES

Pour rappel, cette étude avait deux objectifs principaux :

- Trouver une solution technique pour les communes de Bercher, Rueyres et Ogens
- Trouver la meilleure solution financière

Cette partie présente les résultats de l'étude financière des deux solutions (variante 1 et variante 2A). Cette analyse prend en compte les coûts d'investissements, de renouvellement des équipements et des ouvrages, ainsi que les coûts énergétiques et d'exploitation.

Le périmètre de l'étude correspond à tous les ouvrages d'adduction : réservoirs, captages, traitements, conduites d'adduction, conduites maîtresses entre les réservoirs et les réseaux de distribution. Cela correspond à l'ensemble des ouvrages d'eau potable hors réseaux de distribution de Bercher, Rueyres et Ogens.

5.1.1 Comparaison des deux solutions proposées à Bercher

Le tableau ci-dessous reprend les différents éléments dans le cadre de la liaison avec l'AIDEV et de l'adhésion à l'AIAE.

		AIDEV	AIAE
Investissements pour les ouvrages intercommunaux	CHF	1'073'704	135'000
Frais d'adhésion	CHF	146'112	1'831'756
Charge financière sur 30 ans	CHF/an	62'234	100'342
Maintien de la valeur à neuf des ouvrages intercommunaux	CHF/an	48'226	-
Achat d'eau	CHF/an	37'327	181'611
Coût d'exploitation des ouvrages intercommunaux	CHF/an	30'000	-
Coût énergétique	CHF/an	5'000	-
Coûts intercommunaux annuels, an 1 à 30	CHF/an	182'787	281'953
Coûts intercommunaux annuels, an 31 à 60	CHF/an	120'553	181'611
Coûts cumulés, an 1 à 30	CHF	5'483'624	8'458'590
Coûts cumulés, an 31 à 60	CHF	3'616'601	5'448'317
Coûts cumulés sur 60 ans	CHF	9'100'225	13'906'906

Tableau 18 : Estimation des coûts dans le cadre de la liaison avec l'AIDEV et de l'adhésion à l'AIAE

Sur 60 ans, le coût d'approvisionnement en eau avec cette liaison représente un investissement de **9'100'225 CHF**, alors que l'adhésion à l'AIAE représente un investissement de **13'906'906 CHF** pour les 3 communes.

À partir de ces montants et des consommations moyennes futures, il est possible d'en déduire le coût d'adduction en eau moyen. Pour mémoire, la part du coût de l'eau liée au réseau de distribution n'est pas calculée dans cette étude.

		AIDEV	AIAE
Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2035	m ³ /an	172'470	
Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2065	m ³ /an	209'964	
Consommation en eau sur 60 ans	m ³	11'473'020	
Rendement de réseau	-	82%	
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2035	m ³ /an	141'425	
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2065	m ³ /an	172'170	
Volume d'eau facturé en 60 ans	m ³	9'407'876	
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 1 à 30	CHF/m ³	1.29	1.99
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 31 à 60	CHF/m ³	0.70	1.05
Coût d'adduction de l'eau moyen sur 60 ans	CHF/m ³	1.00	1.52

Tableau 19 : Impact de la liaison avec l'AIDEV et de l'adhésion avec l'AIAE sur le prix de l'eau

Le coût d'adduction moyen sur les 60 prochaines années est donc estimé à **1.00 CHF/m³** dans le cadre de la liaison avec l'AIDEV. Il est de **1.52 CHF/m³** dans le cadre de l'adhésion des 3 communes à l'AIAE.

Le détail des calculs est présent en annexe Q et R.

La liaison avec le réseau de l'AIDEV se révèle être la solution la plus économique pour les 3 communes, car elle est **34 %** moins élevée que la solution proposée par l'AIAE.

CRITERES TECHNIQUES	VARIANTE 1	VARIANTE 2A
	Liaison avec l'AIDEV	Adhésion à l'AIAE
Défense incendie	+	++
Garantie de l'approvisionnement en eau	-	+
Cohérence régionale de l'approvisionnement en eau	+	++
Coûts énergétiques	+	-
Maitrise du coût de l'eau	+	-
Charge communale pour l'exploitation réseau	-	+
Indépendance et autonomie	++	-

Tableau 20 : Comparaison des critères techniques pour les deux solutions

Le tableau ci-dessus compare différents critères pour les 2 solutions en comparant des critères non pris en compte dans l'étude.

5.1.2 Comparaison des deux variantes

Dans le cas où Bercher, Rueyres et Ogens adhèrent à l'AIAE, il était intéressant de savoir quelle variante serait la plus économique pour l'AIAE entre les variantes 2A et 2B.

Le tableau ci-dessous reprend les différents éléments dans le cadre de la variante 2A et de la variante 2B.

		VARIANTE 2A	VARIANTE 2B
Investissements pour les ouvrages intercommunaux	CHF	7'201'588	8'796'837
Charge financière sur 30 ans	CHF/an	367'420	448'808
Maintien de la valeur à neuf des ouvrages intercommunaux	CHF/an	114'673	145'713
Coût d'exploitation des ouvrages intercommunaux	CHF/an	-	-
Coût énergétique	CHF/an	8'103	-
Coûts intercommunaux annuels, an 1 à 30	CHF/an	490'196	594'521
Coûts intercommunaux annuels, an 31 à 60	CHF/an	122'776	145'713
Coûts cumulés, an 1 à 30	CHF	14'705'885	17'835'620
Coûts cumulés, an 31 à 60	CHF	3'683'294	4'371'377
Coûts cumulés sur 60 ans	CHF	18'389'178	22'206'997

Tableau 21 : Estimation des coûts pour la variante 2A et la variante 2B

Pour connaître l'impact de ces variantes sur le prix moyen d'adduction, il serait nécessaire de connaître l'évolution de la consommation des communes membres de l'AIAE, or nous ne possédons que les données de consommation pour les communes de Bercher, Rueyres et Ogens. L'analyse financière des 2 variantes avait uniquement pour but de donner des éléments pour l'aide à la prise de décision.

La solution de base proposée par l'AIAE représente pour cette dernière un investissement sur 60 ans de **18'389'178 CHF**, alors que la variante 2B représente pour l'AIAE un investissement de **22'206'997 CHF**.

Le détail des calculs figure en annexe S et T.

Au vu de ces chiffres, la solution la plus économique pour l'AIAE est la variante 2A, car elle est **17 %** moins élevée que la variante 2B.

Pour résumer, la solution la plus avantageuse pour Bercher est de créer une nouvelle liaison avec le réseau de l'AIDEV. Si Bercher fait le choix de rejoindre l'AIAE, il serait préférable pour l'association de construire un ouvrage de plus grande capacité et de pomper l'ensemble des eaux.

CONCLUSION

Les sources de Bercher qui permettent actuellement d'alimenter les villages de Bercher et de Rueyres et en toute probabilité celui d'Ogens à terme, ne seront pas en capacité dans les prochaines années de couvrir les besoins en eau de ces 3 communes.

Il est donc nécessaire d'avoir un appui d'appoint, d'incendie et de secours de la part d'un autre réseau. L'AIDEV, qui est une association intercommunale voisine, disposera des ressources suffisantes pour répondre aux besoins d'appoint des 3 communes.

L'AIAE, qui est une autre association intercommunale voisine de Bercher, permet, dans le cadre d'une adhésion, de faire bénéficier aux 3 communes de son approvisionnement global en eau, reposant en grande partie sur des achats à d'autres réseaux.

Cette étude a permis de comparer d'un point de vue technique et financier ces deux variantes qui sont proposées aux municipalités.

Au vu des différents chiffres, il ressort qu'il serait plus avantageux pour Bercher de se rapprocher de l'AIDEV. En effet, les coûts rapportés sur 60 ans sont 34 % moins élevés que dans le cadre d'un rapprochement avec l'AIAE.

Toutefois, il n'est pas exclu qu'un rapprochement entre Bercher, Rueyres et Ogens et l'AIAE se fasse, en cas de changement des conditions financières d'adhésion proposées par l'AIAE.

Dans un tel cas, l'AIAE étant contrainte de réaliser de nouveaux ouvrages pour alimenter les 3 communes, il s'offre à elle deux possibilités.

La première solution consiste à reprendre toutes les sources de Bercher dans une station de pompage pour les refouler vers le nouveau réservoir. Les réservoirs de Bercher seraient désaffectés.

L'autre solution consiste à ce que l'AIAE maintienne le réservoir de Bercher pour l'alimentation des 3 communes, par le biais d'une nouvelle conduite gravitaire. L'AIAE ferait l'économie d'une capacité moindre pour son nouveau réservoir intercommunal et de coûts de pompage diminués.

L'analyse financière entre ces deux variantes montre que la variante de base par pompage proposée par l'AIAE est la plus avantageuse pour l'association. Sur 60 ans, elle est 17 % moins élevée que la variante gravitaire.

Les communes de Bercher, Rueyres et Ogens ne sont pas des cas isolés et beaucoup de communes décident de se regrouper ou de créer des interconnexions sur des réseaux voisins afin d'assurer à plus long terme leur approvisionnement en eau potable. Au-delà de régionaliser les réseaux d'eau, l'une des priorités pour les distributeurs d'eau est la protection des aires d'alimentation des captages qui sont de plus en plus vulnérables face notamment à l'augmentation de la population et aux activités humaines (agriculture).

BIBLIOGRAPHIE

BARDIAUX Jean-Bernard. « **Cours eau potable réseaux ENGEES FIPA 1** »

BELKOUAR Soukaina. « **Modélisation de trois réseaux d'eau potable de la Communauté Urbaine de Toulouse Métropole pour le marché des six communes Nord-Ouest** » Mémoire de fin d'études - Mastère spécialisé eau potable et assainissement – ENGEES, octobre 2014, 74p.

Canton de Vaud. « **Loi du 30 novembre 1964 sur la distribution de l'eau** ». Novembre 1964.

Canton de Vaud. « **Règlement d'application de la loi du 2 mars 2010 sur le service de défense contre l'incendie et de secours (RLSDIS)** ». Décembre 2010.

Canton de Vaud. « **Règlement sur l'approbation des plans directeurs et des installations de distribution d'eau et sur l'approvisionnement en eau potable en temps de crise (RAPD)** ». Février 1998.

Canton de Vaud. « **Perspectives de population 2015 - 2045, Vaud et ses régions** ». Février 2016, 84p.

CSD Ingénieurs. « **Commune d'Ogens - Plan directeur de la distribution de l'eau communal** ». Août 2016, 30p.

CSD Ingénieurs. « **Communes de Bercher et de Rueyres - Plan directeur de la distribution de l'eau communal** ». Août 2016, 38p.

CSD Ingénieurs. « **Communes d'Ogens et de Bercher - Raccordement du réseau d'eau potable d'Ogens sur le réservoir de Bercher - Projet de l'ouvrage - Rapport technique** ». Juin 2017, 12p.

FINAUD-GUYOT Pascal et GARAMBOIS Pierre-André. « **Cours de mécanique des fluides, hydraulique en charge et hydraulique à surface libre** ». 2016-2017, 200p.

GILBERT Denis. « **Calcul et dimensionnement des réseaux d'eau en régime permanent** ». 2004-2008, 22p.

GILBERT Denis et WEBER Eugène. « **Alimentation en eau potable** ». 2001-2008, 78p.

KHADRI Diakité A. « **Étude d'avant-projet de la faisabilité technique de la création d'un réservoir de 1300m³ et la suppression de quatre réservoirs existants** ». Mémoire de fin d'études-Mastère spécialisé eau potable et assainissement - ENGEES, novembre 2017, 86p.

PETER Andreas et al. « **Approvisionnement en eau : penser plus large** ». La vie économique. Mai 2019, 4p.

ROSSMAN Lewis A. « **EPANET 2.0 Simulation hydraulique et qualité pour les réseaux d'eau sous pression** ». Générale des eaux. Septembre 2003, 222p.

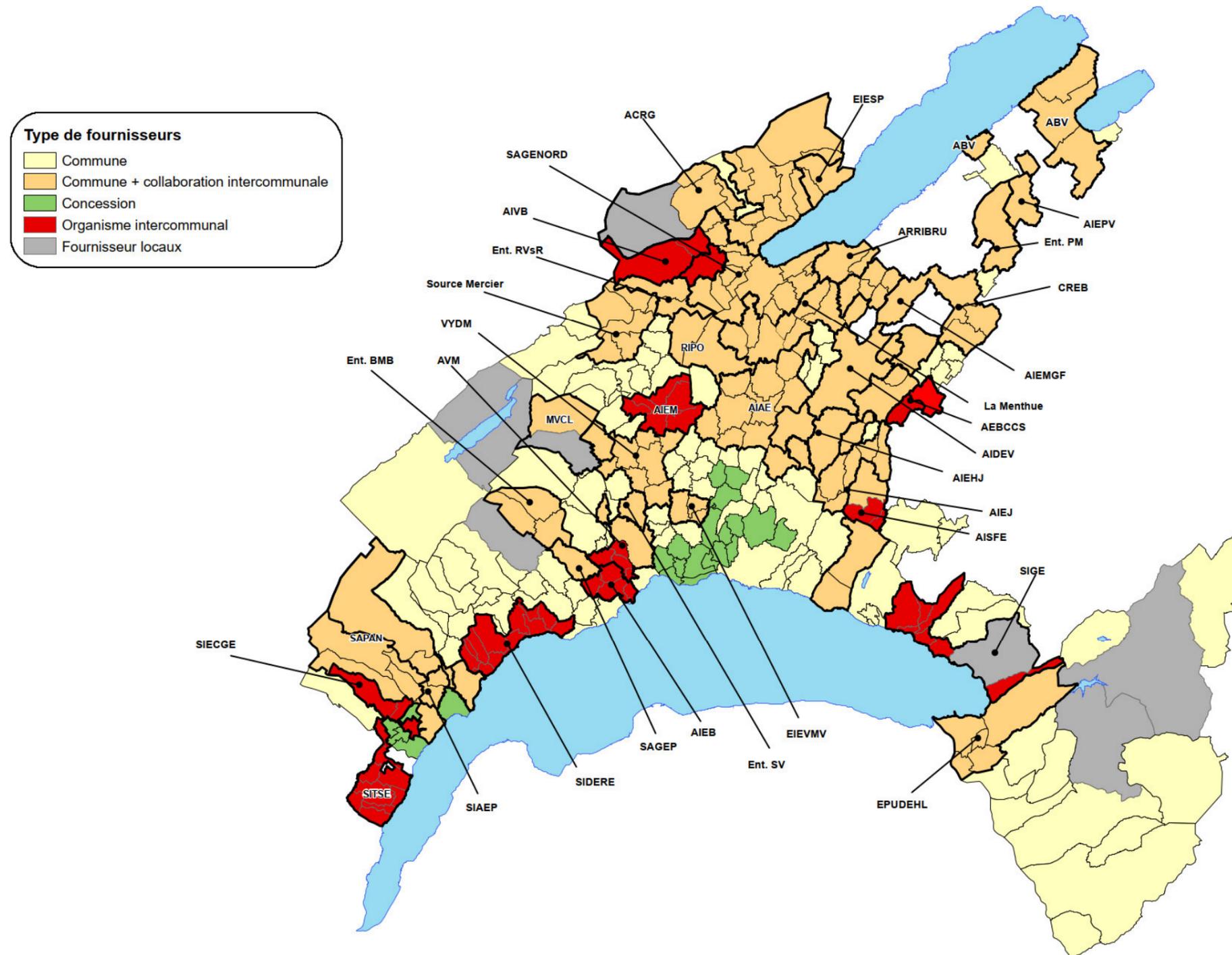
SIF Ilias. « **Élaboration du schéma directeur d'alimentation en eau potable du SIAEP de la région d'Ancenis - Diagnostic en situations actuelle et future et propositions d'aménagements** ». Mémoire de fin d'études - Mastère spécialisé eau potable et assainissement - ENGEES, octobre 2014, 134p.

Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux. « **Directive W4 sur la distribution de l'eau : Étude, construction, essai, exploitation et maintenance des réseaux d'eau potable à l'extérieur des bâtiments** ». Mars 2013, 69p.

Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux. « **Recommandation W1006 pour le financement de la distribution d'eau** ». Janvier 2009, 37p.

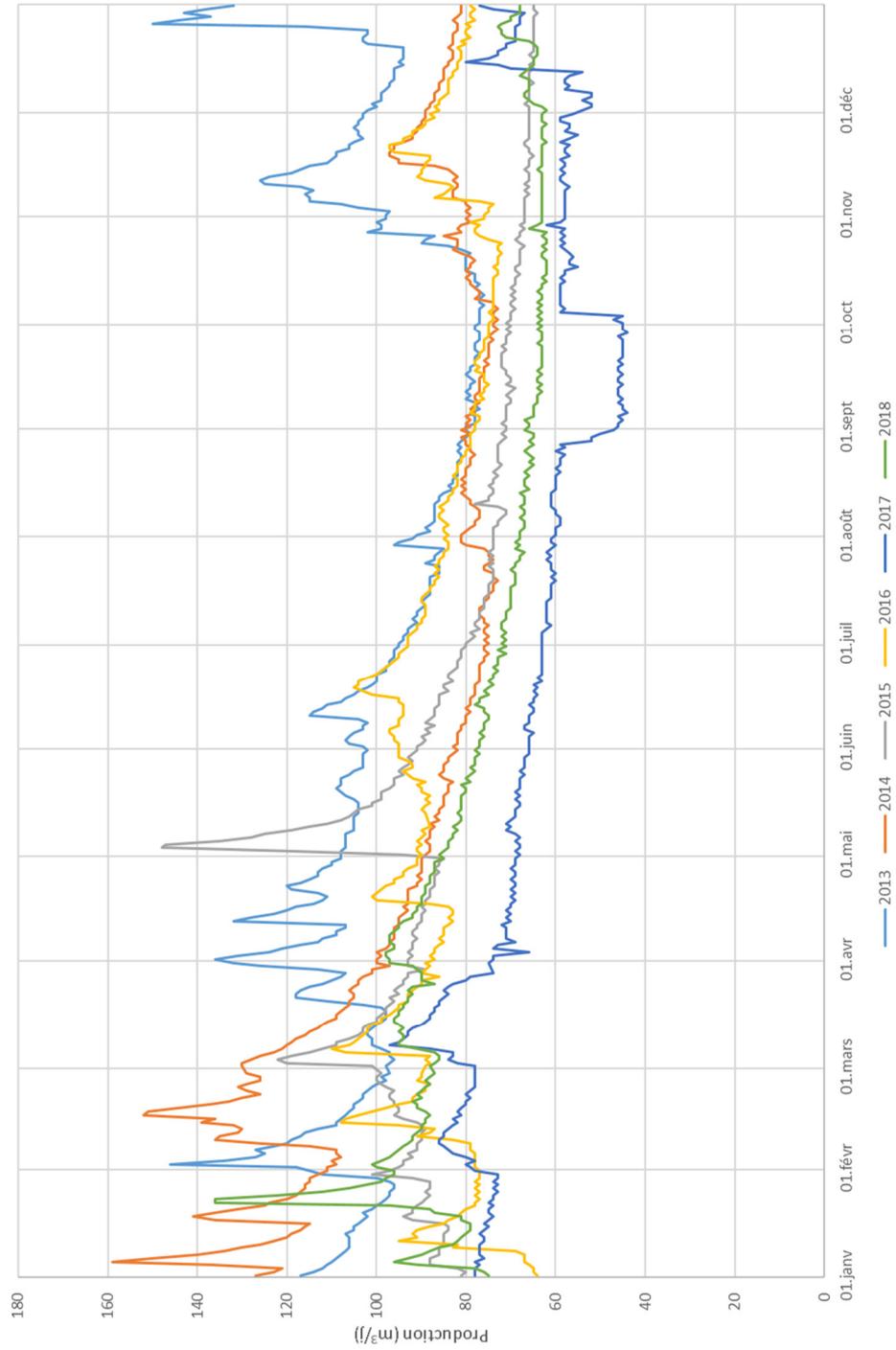
ANNEXE A

ORGANISATION DE LA DISTRIBUTION DE L'EAU DANS LE CANTON DE VAUD

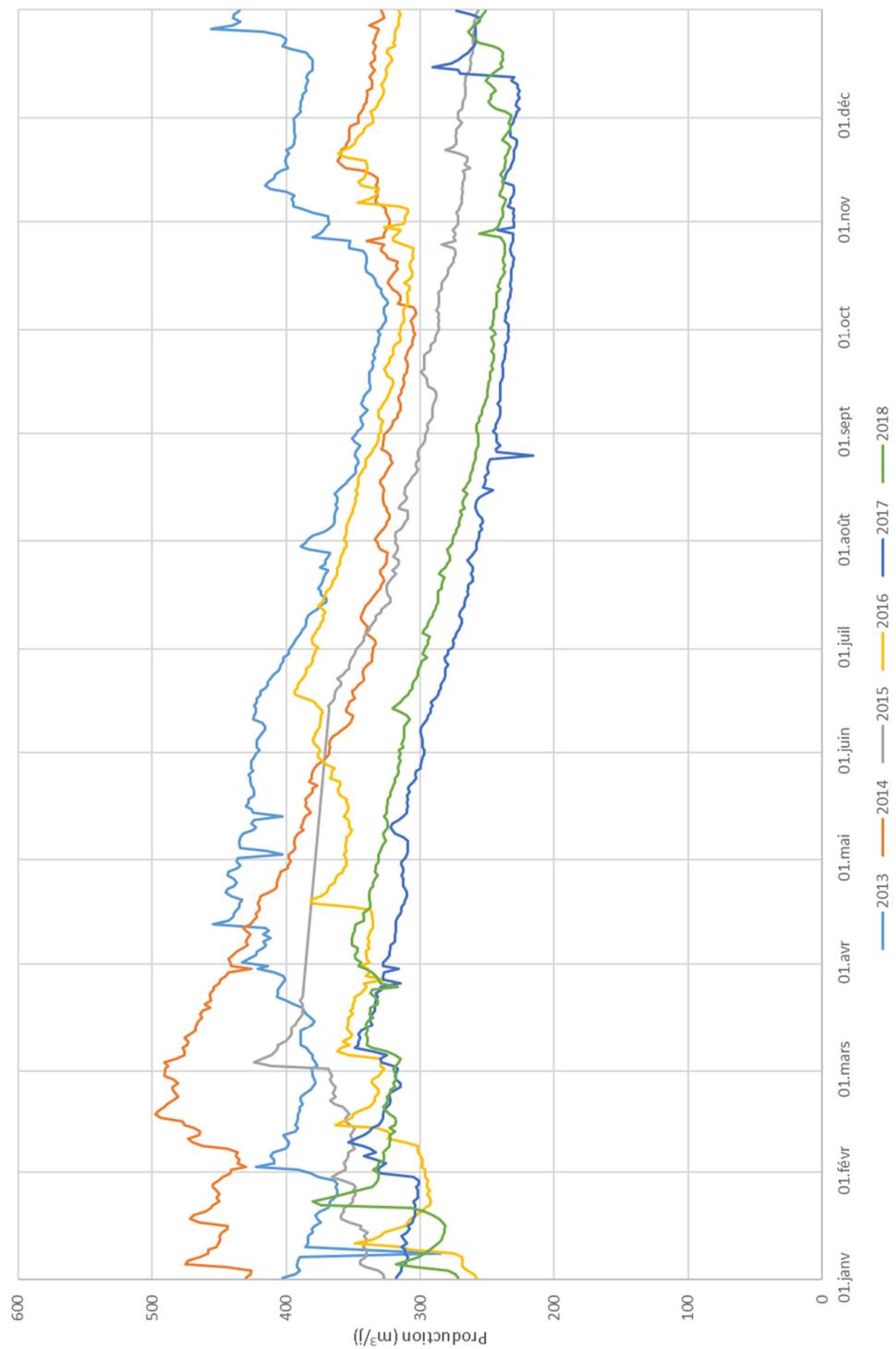


ANNEXE B

PRODUCTION ANNUELLE DE LA SOURCE DE TOLORENT

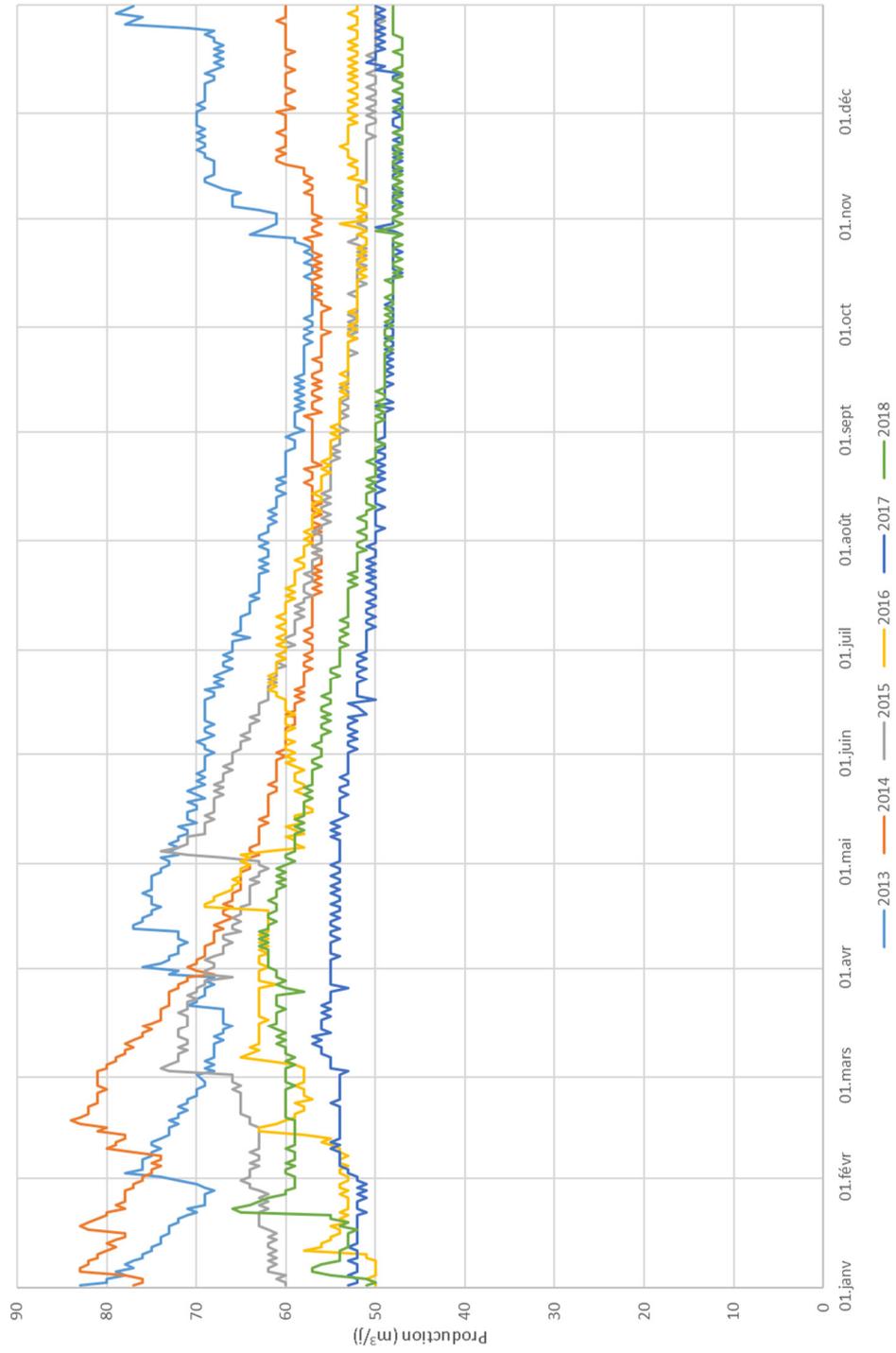


ANNEXE C PRODUCTION ANNUELLE DES SOURCES DE LA VUADELAINÉ ET DU RIOND-BOSSON

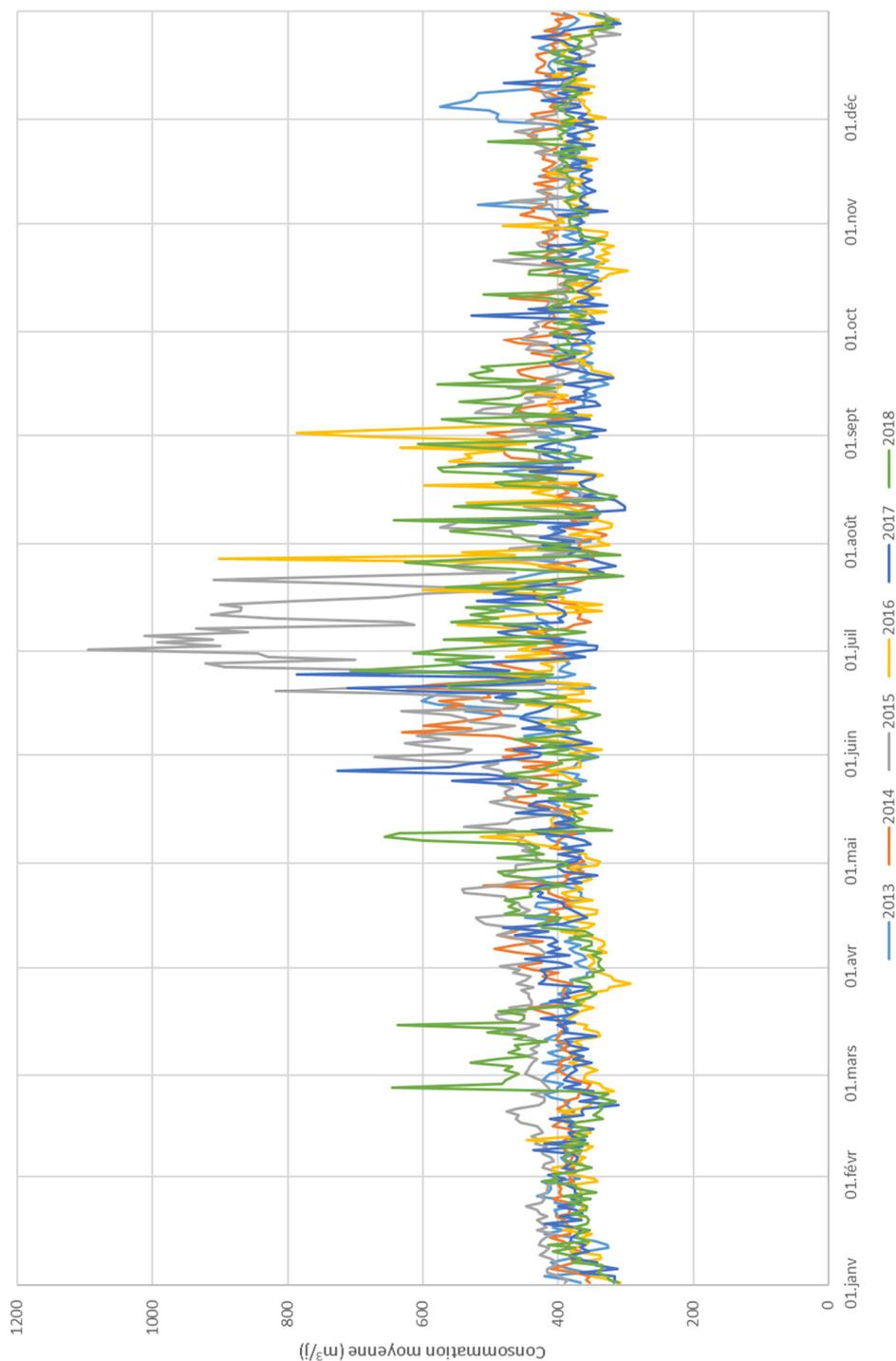


ANNEXE D

PRODUCTION ANNUELLE DE LA SOURCE DE LA COTTAIRE

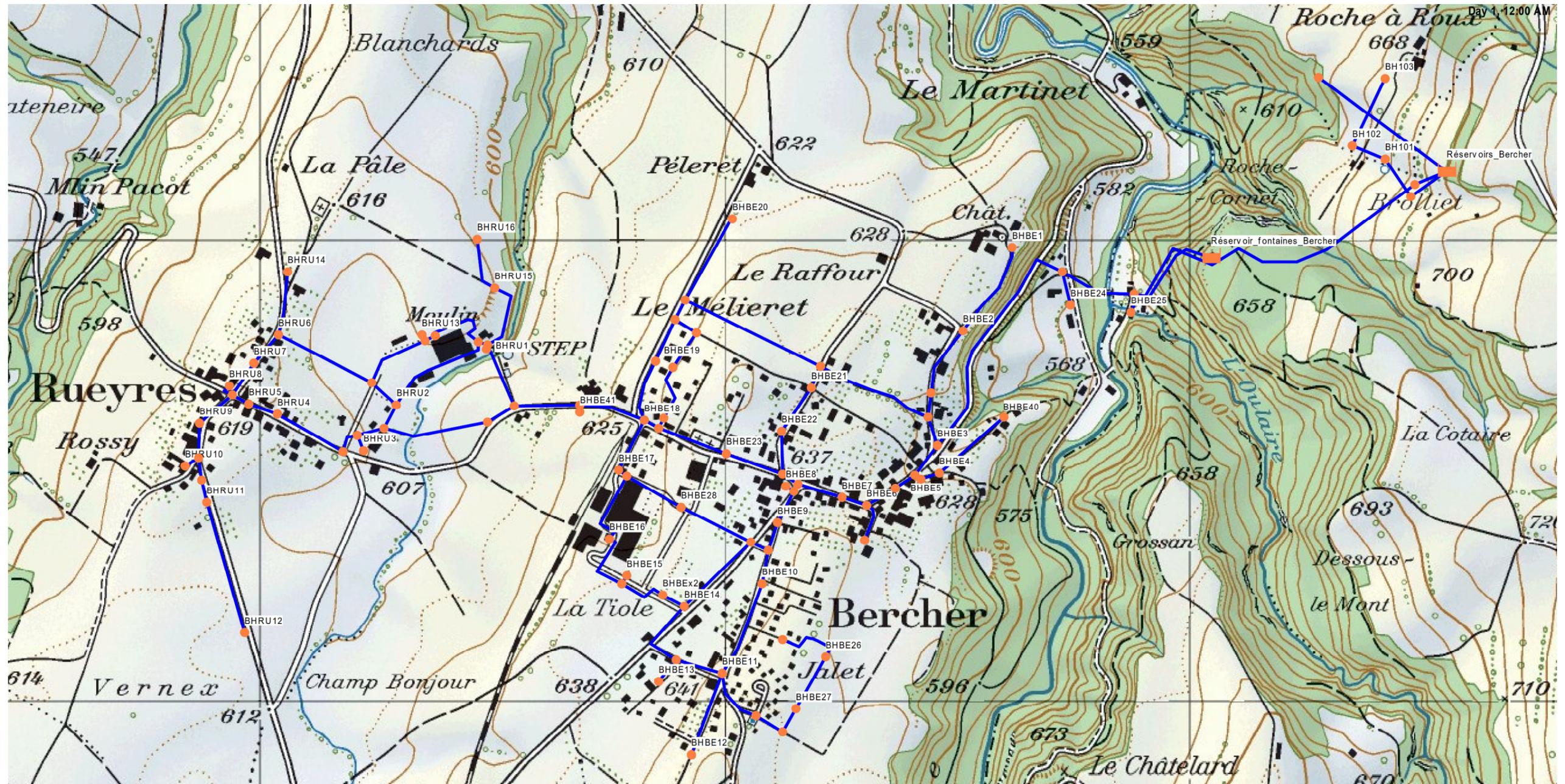


ANNEXE E CONSOMMATION JOURNALIÈRE DE BERCHER, RUEYRES ET OGENS

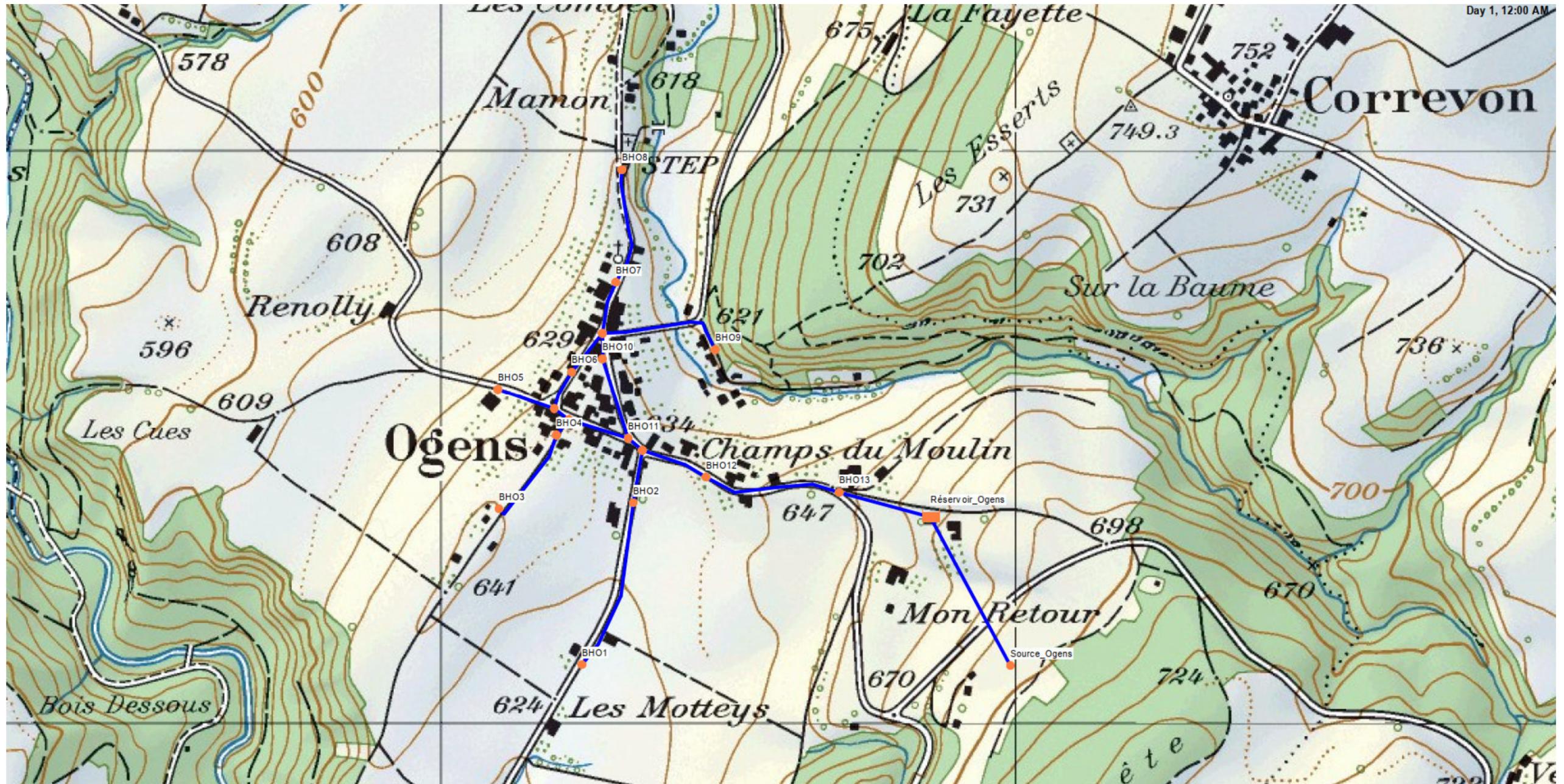


ANNEXE F

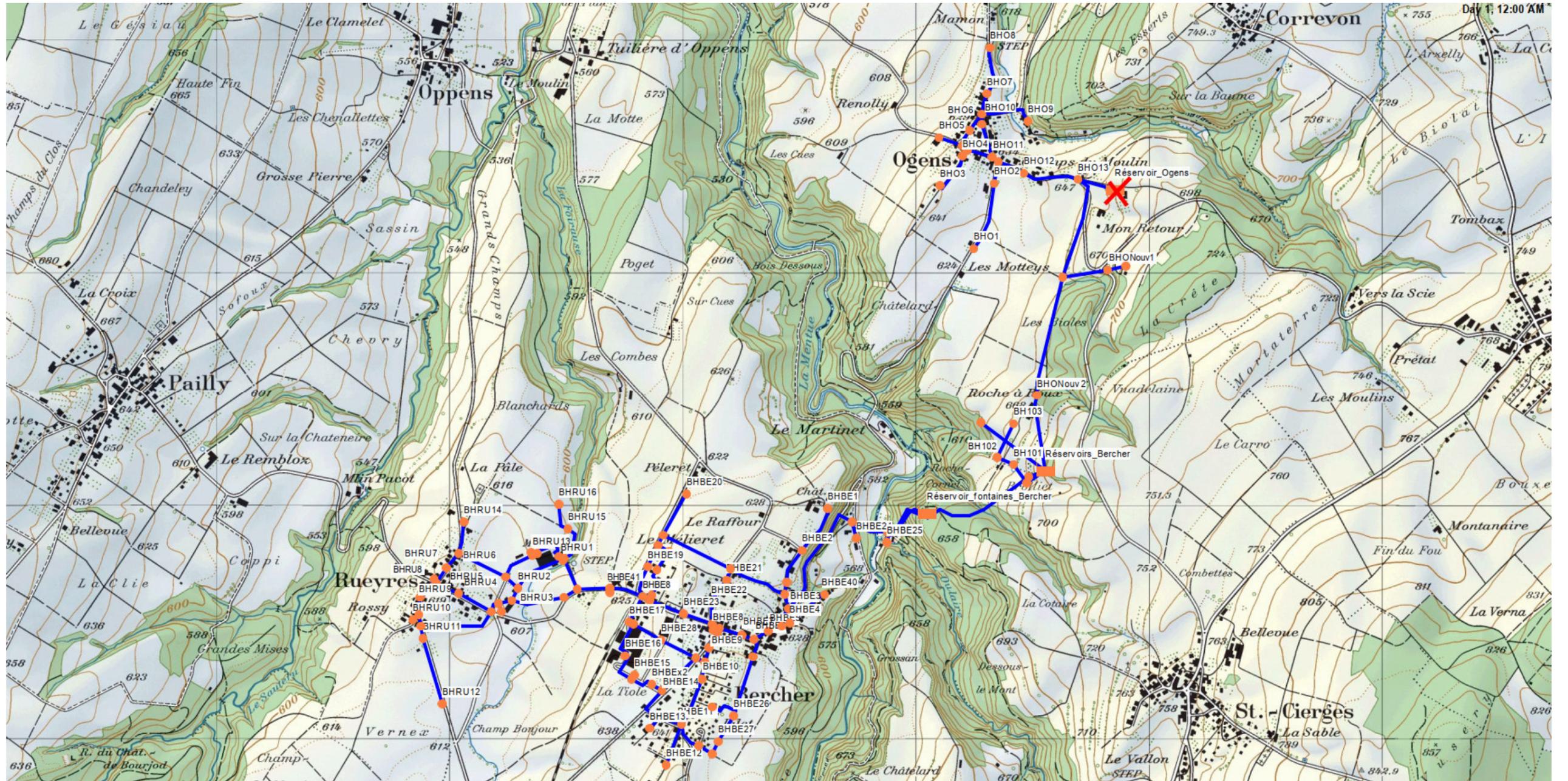
PLAN DU RÉSEAU ACTUEL DE BERCHER ET DE RUEYRES



ANNEXE G PLAN DU RÉSEAU ACTUEL D'OGENS

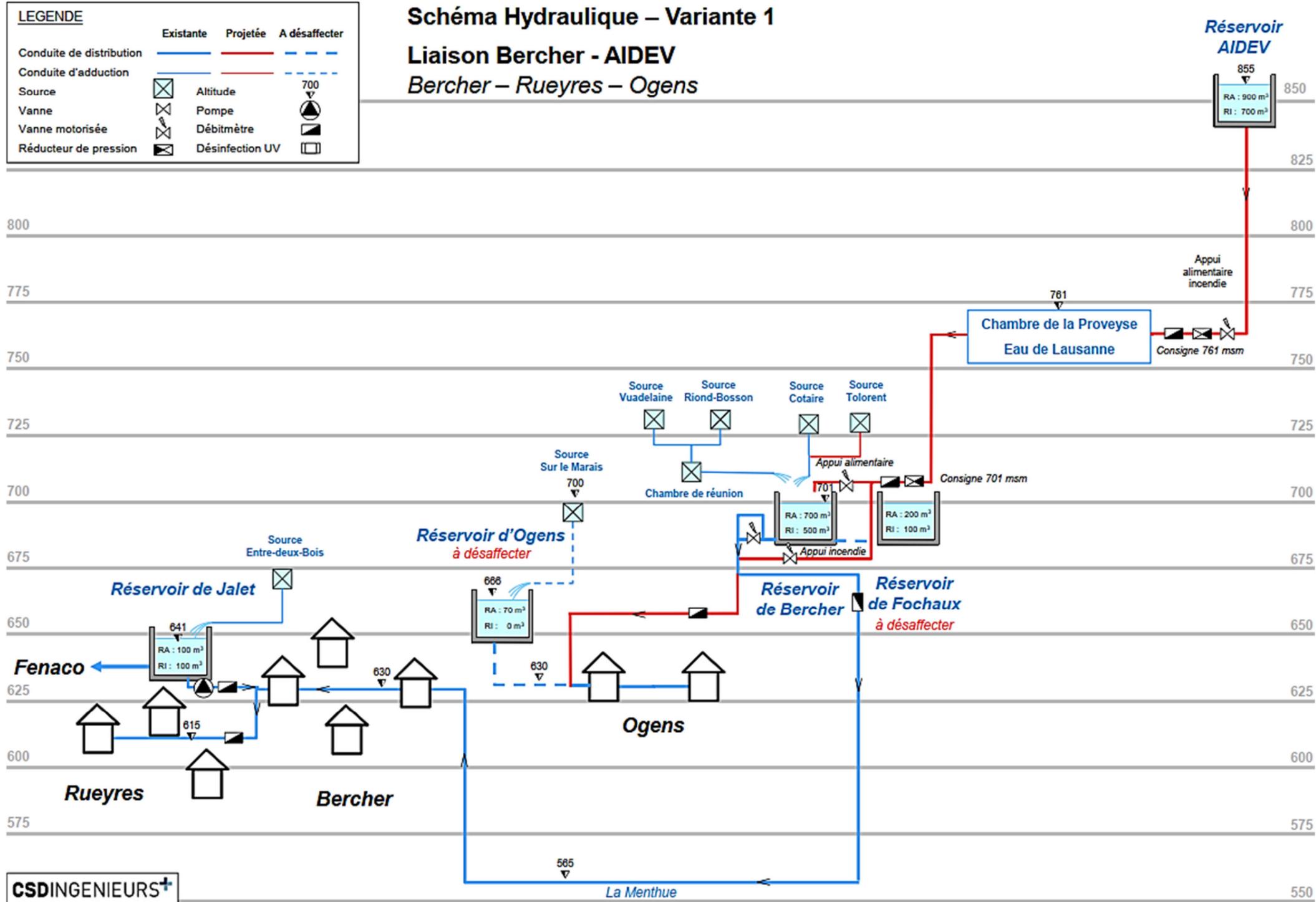


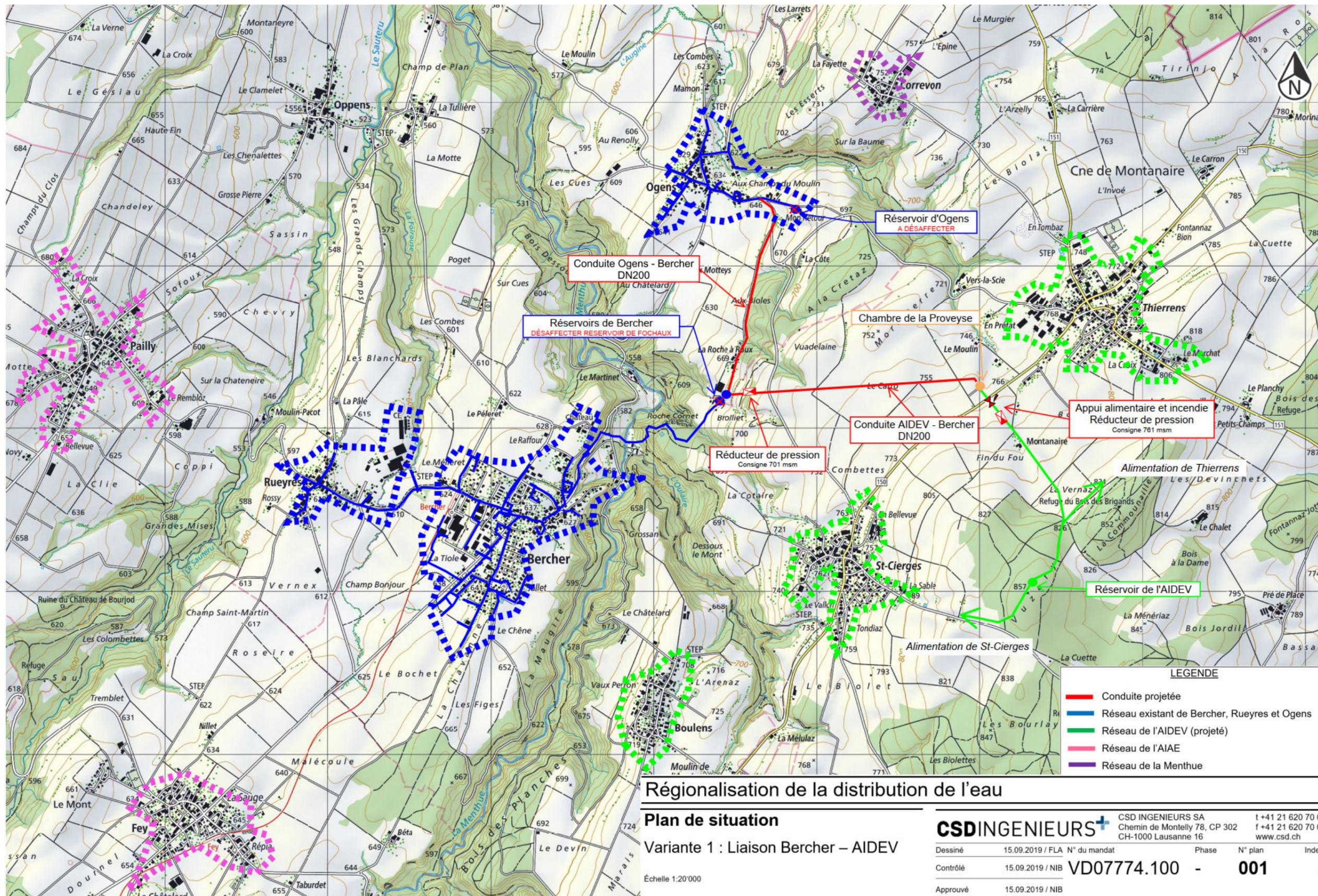
ANNEXE H PLAN DU RÉSEAU DE BERCHER, RUEYRES ET OGENS



ANNEXE I

SYNOPTIQUE ET PLAN DE SITUATION DE LA VARIANTE 1





Régionalisation de la distribution de l'eau

Plan de situation

Variante 1 : Liaison Bercher – AIDEV

Échelle 1:20'000

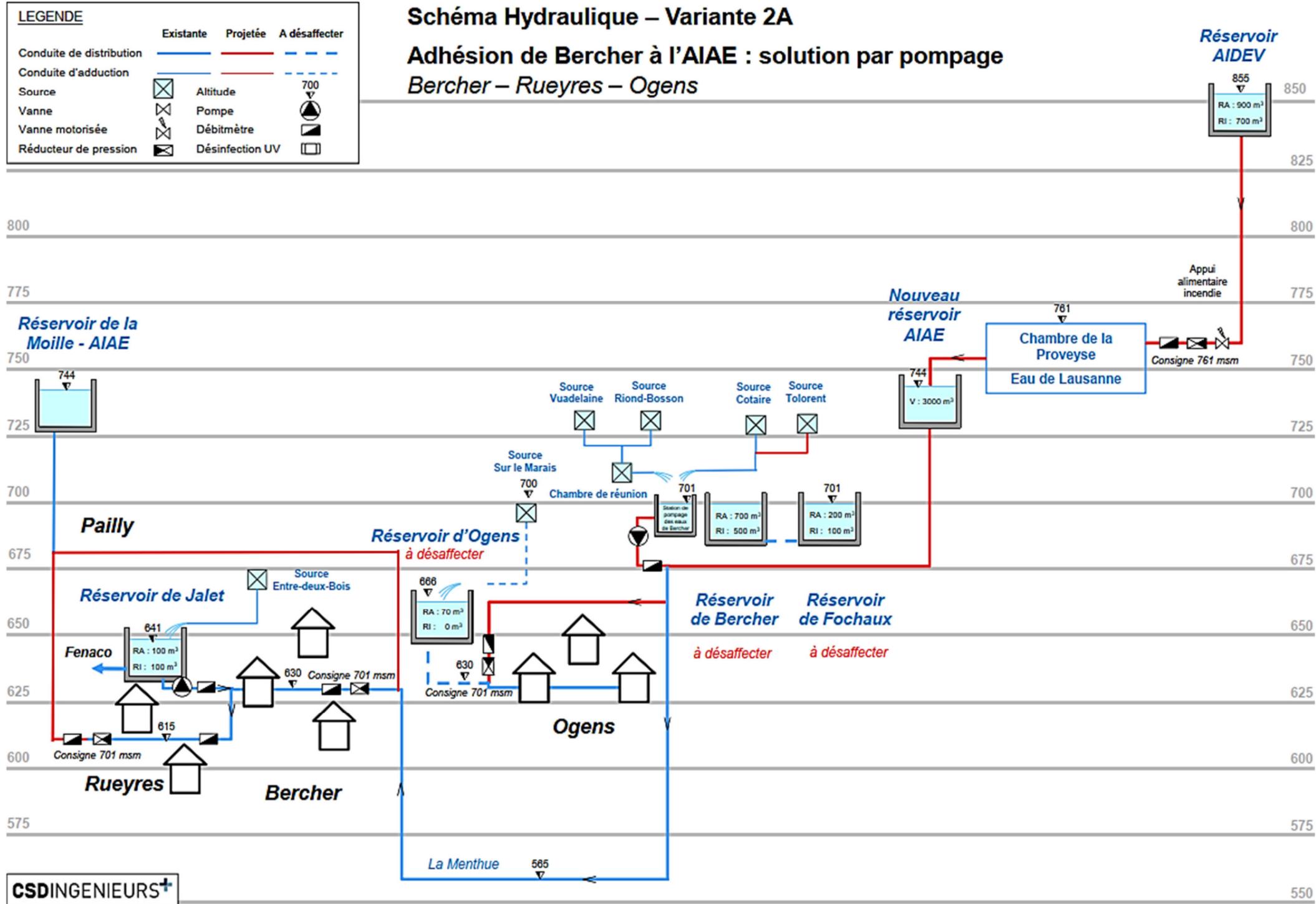
CSDINGENIEURS+

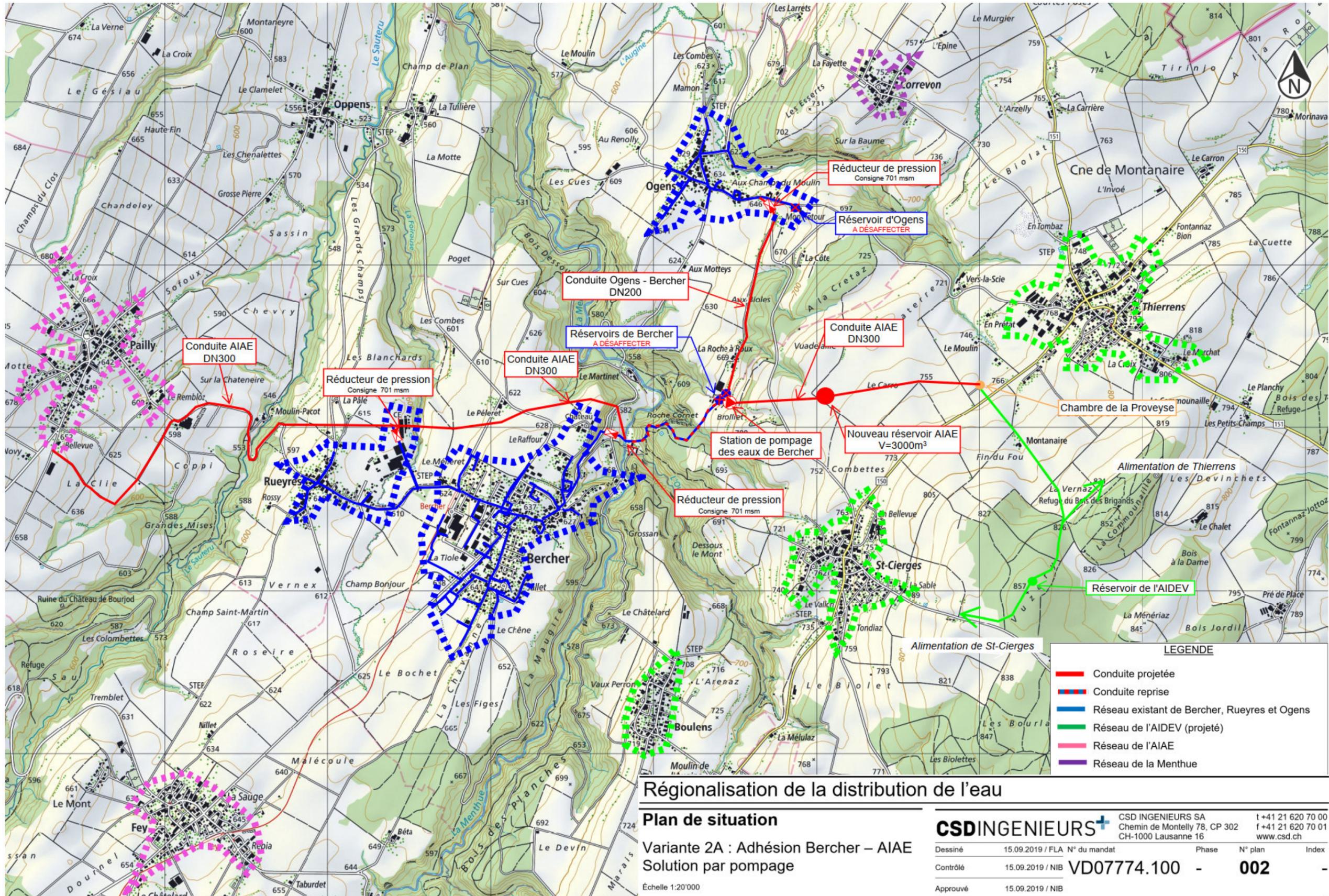
CSD INGENIEURS SA
Chemin de Montelly 78, CP 302
CH-1000 Lausanne 16
t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
www.csd.ch

Dessiné	15.09.2019 / FLA	N° du mandat	Phase	N° plan	Index
Contrôlé	15.09.2019 / NIB	VD07774.100	-	001	-
Approuvé	15.09.2019 / NIB				

ANNEXE J

SYNOPTIQUE ET PLAN DE SITUATION DE LA VARIANTE 2A





Régionalisation de la distribution de l'eau

Plan de situation

Variante 2A : Adhésion Bercher – AIAE
Solution par pompage

Echelle 1:20'000

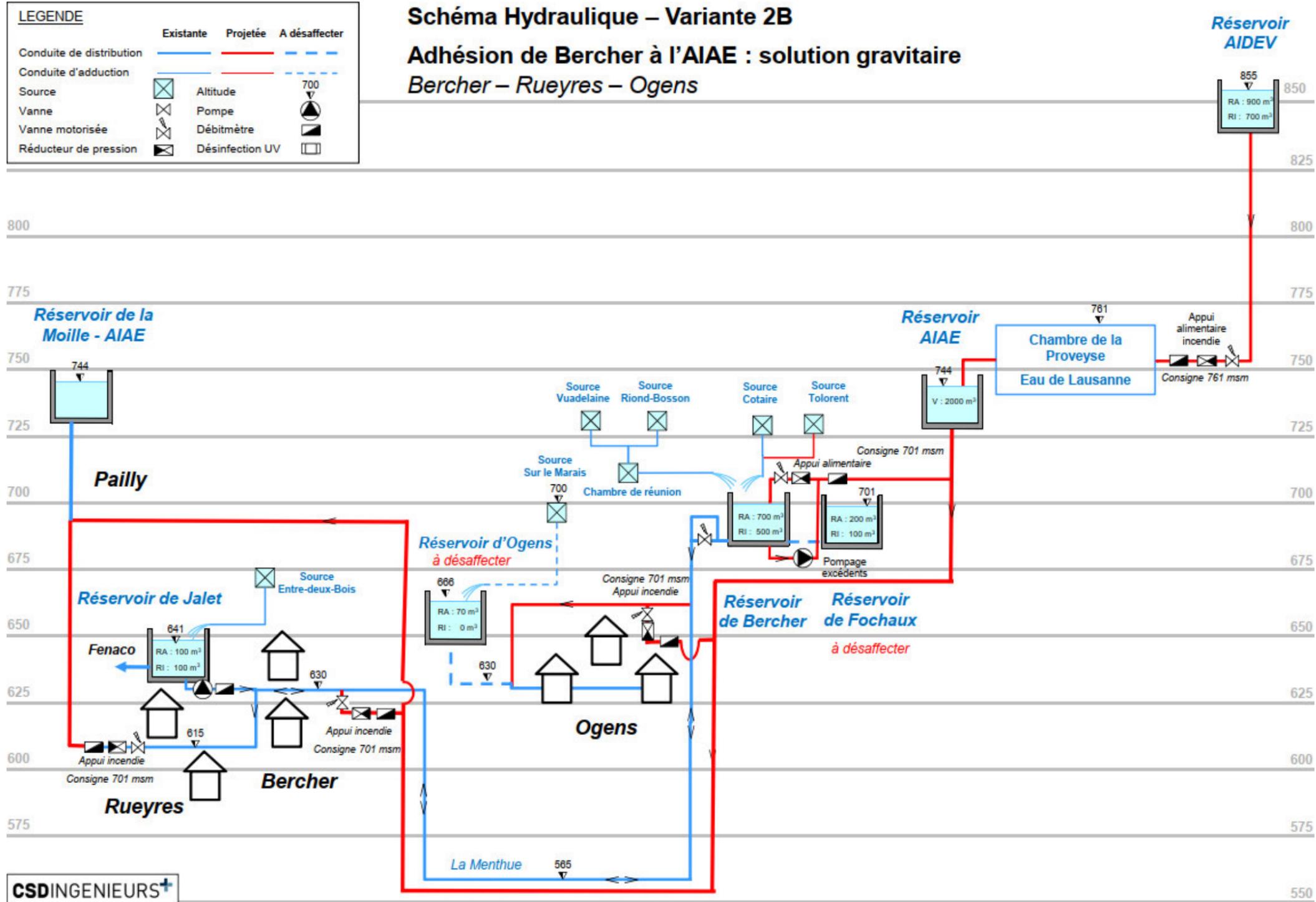
LEGENDE

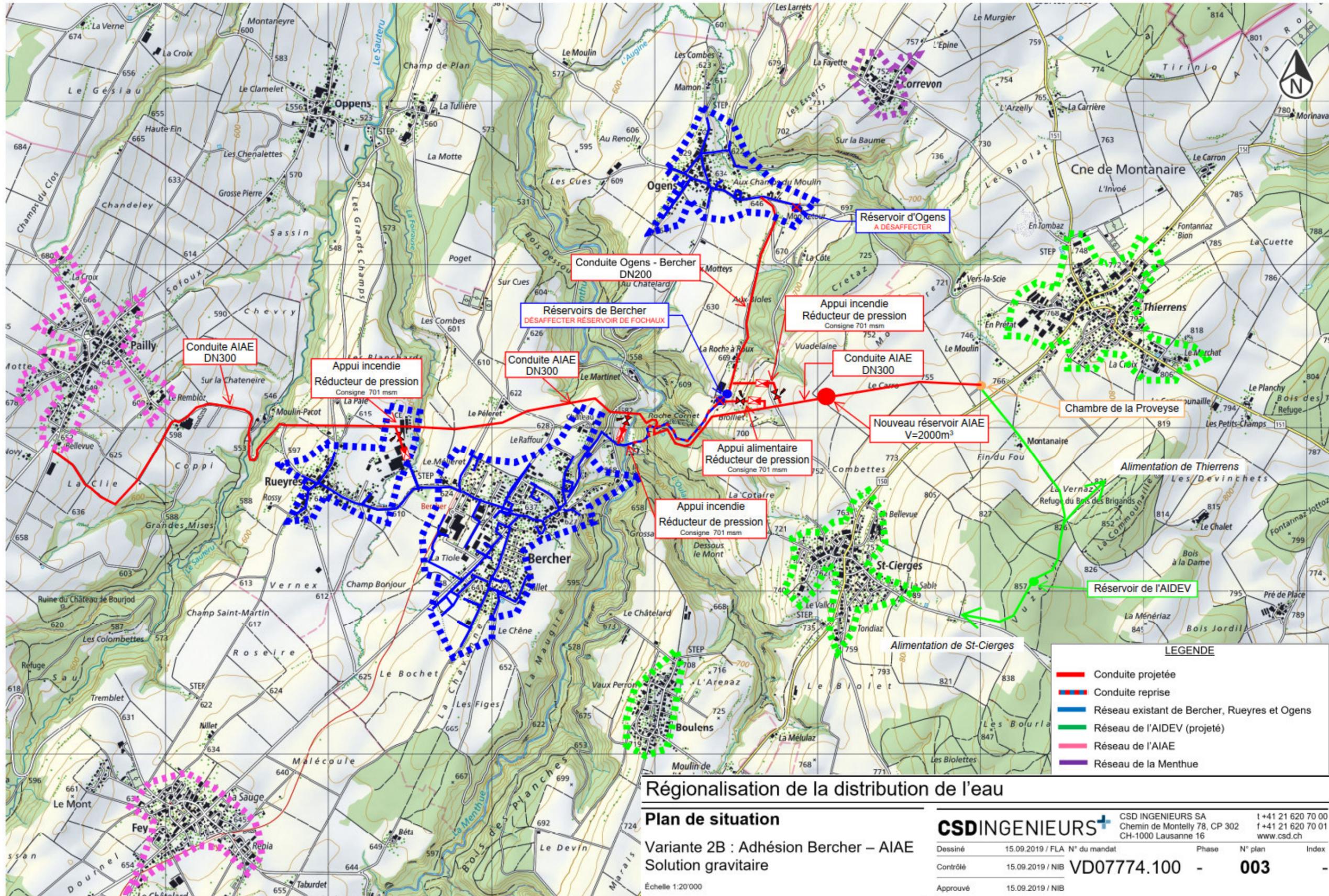
- Conduite projetée
- Conduite reprise
- Réseau existant de Bercher, Ruyères et Ogens
- Réseau de l'AIDEV (projeté)
- Réseau de l'AIAE
- Réseau de la Mentue

CSDINGENIEURS+	CSD INGENIEURS SA		t +41 21 620 70 00		
	Chemin de Montelly 78, CP 302		f +41 21 620 70 01		
	CH-1000 Lausanne 16		www.csd.ch		
Dessiné	15.09.2019 / FLA	N° du mandat	Phase	N° plan	Index
Contrôlé	15.09.2019 / NIB	VD07774.100	-	002	-
Approuvé	15.09.2019 / NIB				

ANNEXE K

SYNOPTIQUE ET PLAN DE SITUATION DE LA VARIANTE 2B





Régionalisation de la distribution de l'eau

Plan de situation

Variante 2B : Adhésion Bercher – AIAE
Solution gravitaire

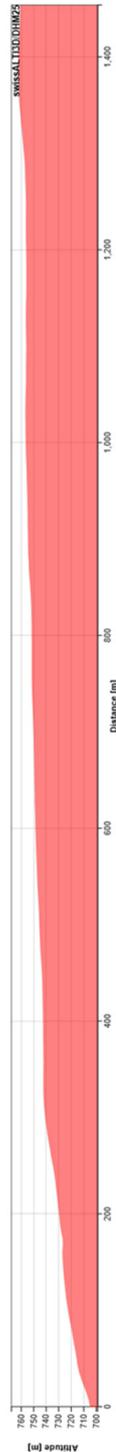
Échelle 1:20'000

CSDINGENIEURS+

CSD INGENIEURS SA
Chemin de Montelly 78, CP 302
CH-1000 Lausanne 16
t +41 21 620 70 00
f +41 21 620 70 01
www.csd.ch

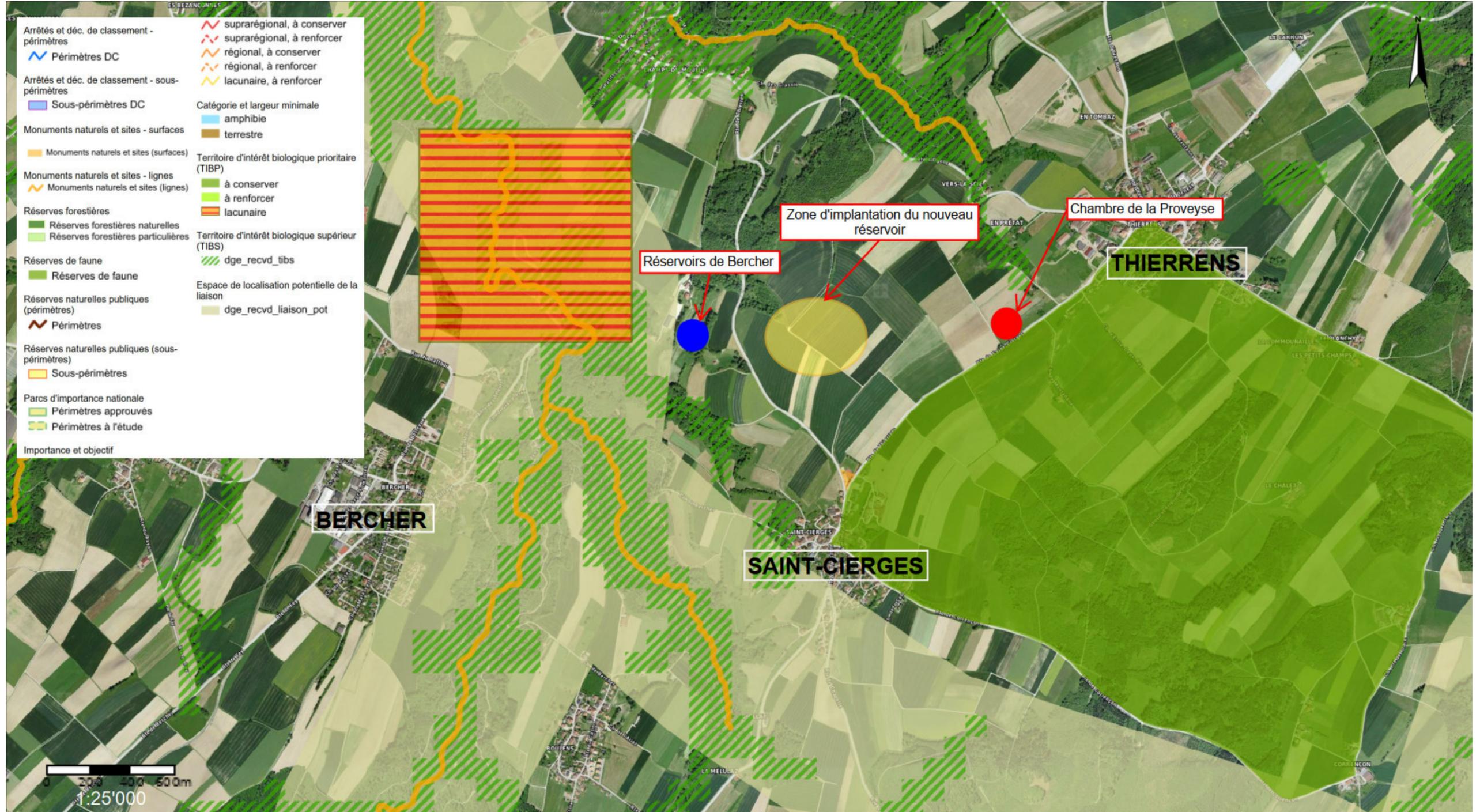
Dessiné	15.09.2019 / FLA	N° du mandat	Phase	N° plan	Index
Contrôlé	15.09.2019 / NIB	VD07774.100	-	003	-
Approuvé	15.09.2019 / NIB				

ANNEXE L PROFIL EN LONG DE LA CONDUITE

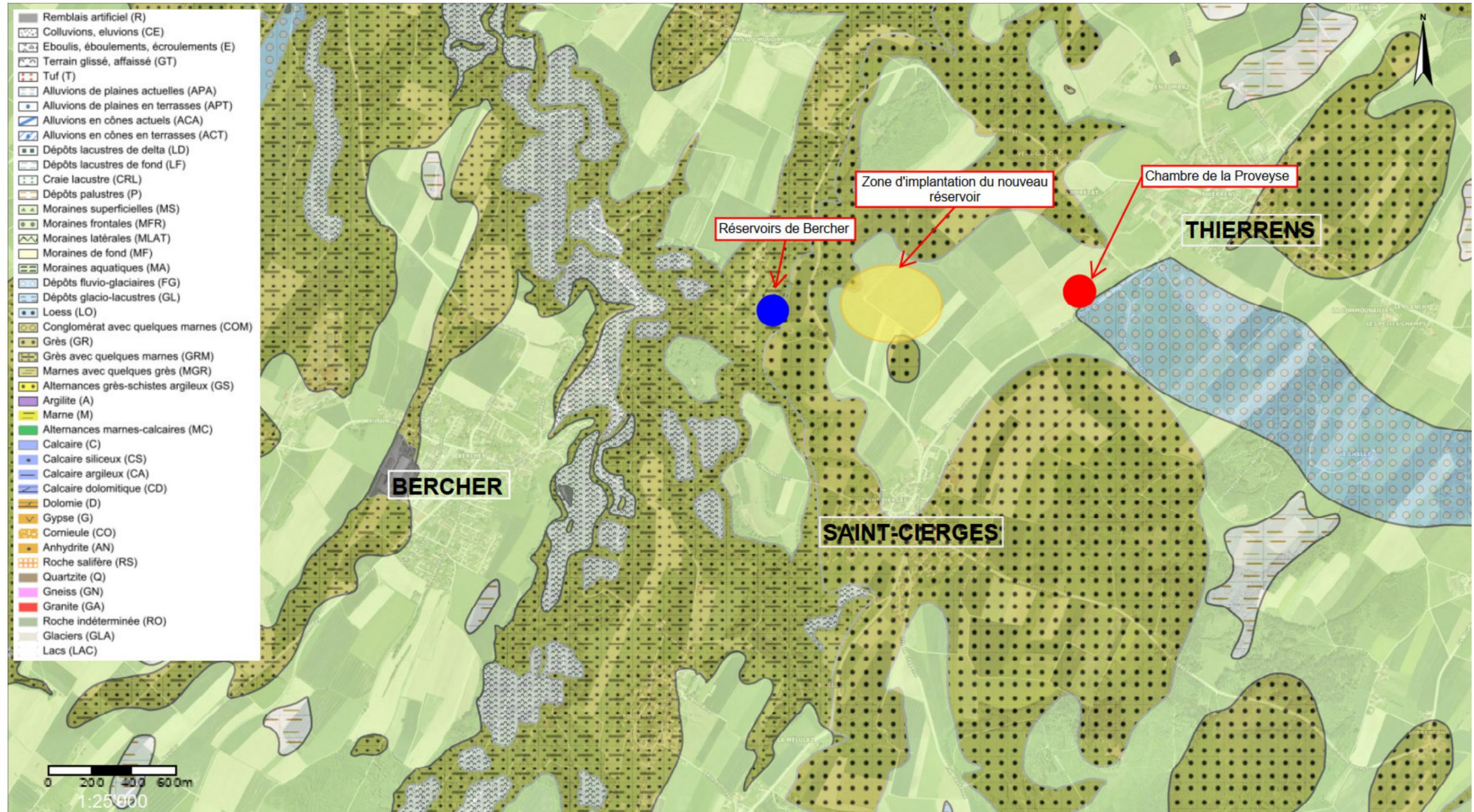


ANNEXE M

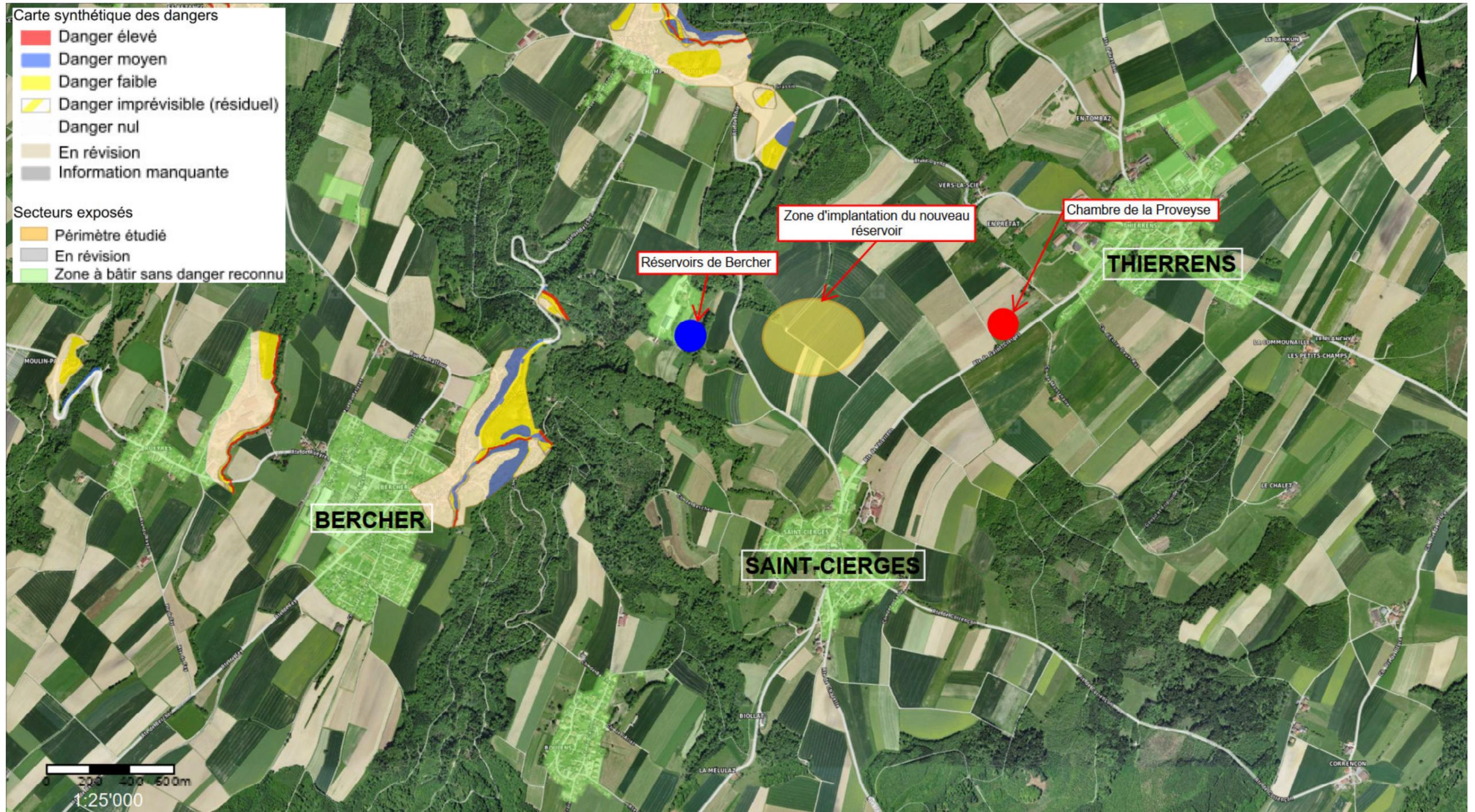
CARTOGRAPHIE DES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES



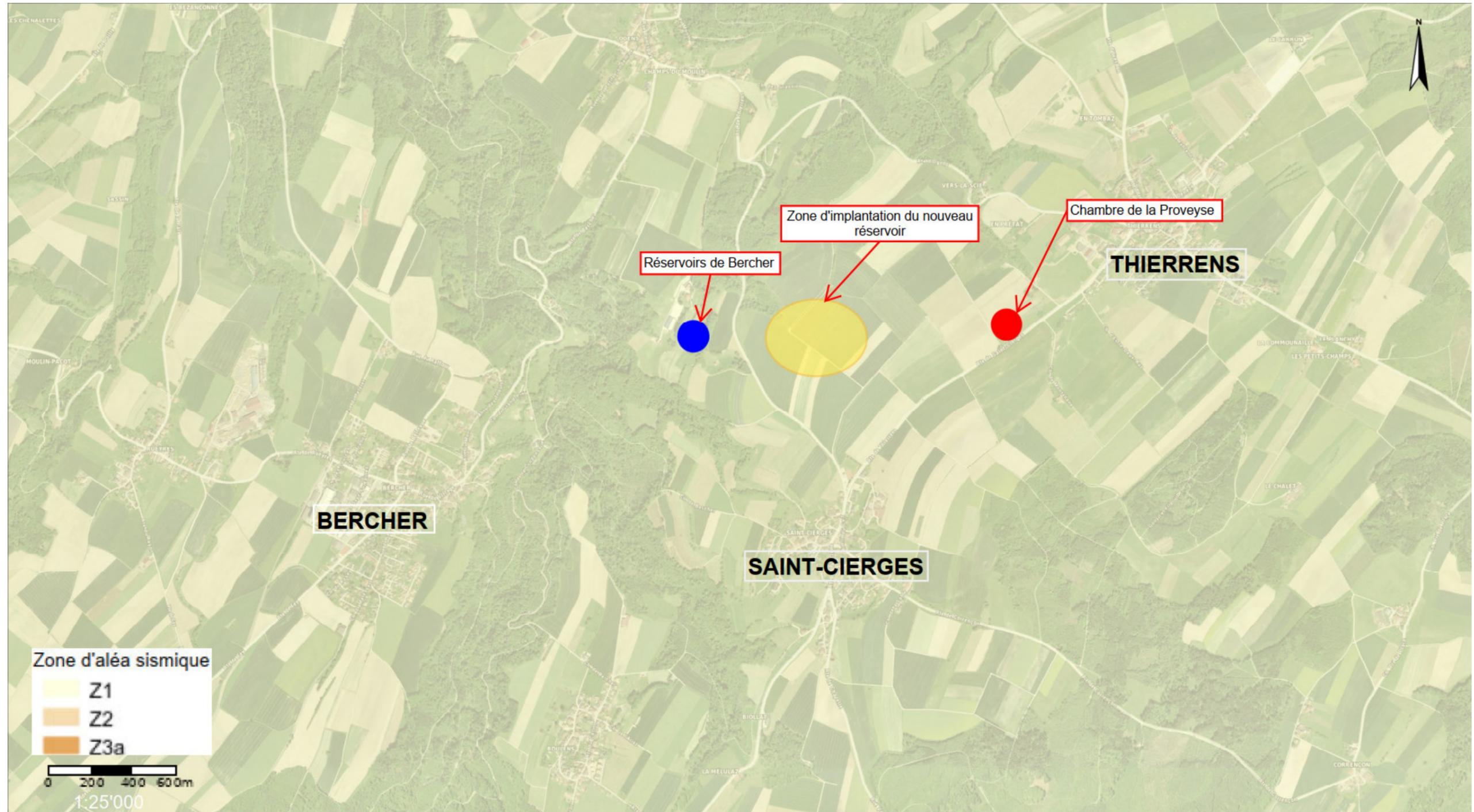
ANNEXE N CARTE GÉOLOGIQUE



ANNEXE O CARTE SYNTHÉTIQUE DES DANGERS



ANNEXE P CARTE DES ALÉAS SISMIQUES



ANNEXE Q

ANALYSE FINANCIÈRE DE LA LIAISON AVEC LE RÉSEAU DE L'AIDEV

INVESTISSEMENTS POUR NOUVEAUX OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

		CHF		1'073'704
	Montant brut	Subvention ECA	Subvention AF	Montant net
	CHF	%	%	CHF
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
Rénovation partielle du réservoir de Bercher	169'897		10%	152'907
Modification du réservoir de Bercher pour la conduite Ogens	52'069	25%	10%	33'845
Démolition de l'ancien réservoir de Bercher, dérivation des sources de Tolorent	100'000		10%	90'000
Renouvellement de la supervision et du poste de commande de Bercher	30'467	5%	10%	25'897
Mise en place d'un traitement UV des sources de Bercher	100'000		10%	90'000
50% de la conduite DN 200 Chambre de la Proveyse - Réservoir de Bercher	387'000	25%	24%	197'370

PARTICIPATION FINANCIÈRE UNIQUE AU RACCORDEMENT À L'AIDEV

		CHF		146'112
	Montant brut	Subvention ECA	Subvention AF	Montant net
	CHF	%	%	CHF
Valeur du tronçon Réservoir AIDEV - chambre de la Proveyse	435'000			435'000
Participation de Bercher à hauteur de 16% pour ce tronçon	69'600	28%	24%	33'408
50% du tronçon Chambre de la Proveyse - Réservoir de Bercher	387'000	28%	24%	185'760
Total net				219'168
Taxe unique, 2/3 du coût des travaux supplémentaires				146'112

CHARGE FINANCIÈRE DES INVESTISSEMENTS INTERCOMMUNAUX

	CHF/an			62'234
Capital-emprunt	Durée d'amortissement de l'emprunt	Taux d'intérêt annuel	Amortissement et intérêts annuel	
CHF	ans	%	CHF/an	
1'219'816	30	3%	62'234	

VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

CHF 2'950'235

	<i>Montant brut</i>	<i>Subvention ECA</i>	<i>Subvention AF</i>	<i>Montant net</i>
	<i>CHF</i>	<i>%</i>	<i>%</i>	<i>CHF</i>
Réservoir de Bercher, Capacité 1'200 m ³	1'600'000	20%	10%	1'120'000
Conduite réservoir de Bercher - village de Bercher DN 250	700'000	25%	10%	455'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
50% de la conduite DN 200 Chambre de la Proveyse - Réservoir de Bercher	387'000	25%	10%	251'550
Traitement des sources de Bercher	100'000	10%	10%	80'000
Captages, conduites d'adduction et traitement des sources de Bercher	700'000	10%	10%	560'000

MAINTIEN DE LA VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

CHF/an 48'226

	<i>Valeur à neuf nette</i>	<i>Durée d'utilisation</i>	<i>Taux de renouvellement</i>	<i>Coût de maintien de la valeur à neuf</i>
	<i>CHF</i>	<i>ans</i>	<i>%</i>	<i>CHF/an</i>
Réservoir de Bercher, Capacité 1'200 m ³	1'120'000	67	1.50%	16'842
Conduite réservoir de Bercher - village de Bercher DN 250	455'000	67	1.50%	6'842
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	483'685	67	1.50%	7'273
50% de la conduite DN 200 Chambre de la Proveyse - Réservoir de Bercher	251'550	67	1.50%	3'783
Traitement des sources de Bercher	80'000	35	2.86%	2'286
Captages et conduites d'adduction des sources de Bercher	560'000	50	2.00%	11'200

ACHATS D'EAU À L'AIDEV

CHF/an 37'327

	<i>Capital-emprunt</i>	<i>Durée d'amortissement de l'emprunt</i>	<i>Taux d'intérêt annuel</i>	<i>Taxe annuelle</i>
	<i>CHF</i>	<i>ans</i>	<i>%</i>	<i>CHF/an</i>
Taxe fixe annuelle de raccordement à l'AIDEV	73'056	30	3%	3'727
		<i>Volume d'eau acheté</i>	<i>Prix de l'eau</i>	<i>Coût d'achat en eau annuel</i>
		<i>m³/an</i>	<i>CHF/m³</i>	<i>CHF/an</i>
Taxe variable annuelle de consommation d'eau de l'AIDEV		32'000	1.05	33'600

COÛT D'EXPLOITATION DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX	CHF/an	30'000
Personnel d'exploitation		15'000
Maintenance des équipements (ouvrages de régulation, traitements, supervision)		15'000
ENERGIE	CHF/an	5'000
Equipements de traitement et de supervision, éclairage		5'000
COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 1 à 30	CHF/an	182'787
COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 31 à 60	CHF/an	120'553
COÛTS CUMULES, AN 1 à 30	CHF	5'483'624
COÛTS CUMULES, AN 31 à 60	CHF	3'616'601
COÛTS CUMULES SUR 60 ANS	CHF	9'100'225
IMPACT SUR LE PRIX DE L'EAU		
Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2035	m ³ /an	172'470
Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2065	m ³ /an	209'964
Consommation en eau sur 60 ans	m ³	11'473'020
Rendement de réseau	-	82%
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2035	m ³ /an	141'425
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2065	m ³ /an	172'170
Volume d'eau facturé en 60 ans	m ³	9'407'876
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 1 à 30	CHF/m³	1.29
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 31 à 60	CHF/m³	0.70
Coût d'adduction de l'eau moyen sur 60 ans	CHF/m³	1.00

ANNEXE R ANALYSE FINANCIÈRE DE L'ADHÉSION AVEC L'AIAE

INVESTISSEMENTS POUR NOUVEAUX OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

CHF 135'000

	Montant brut CHF	Subvention ECA %	Subvention AF %	Montant net CHF
Démolition des réservoirs de Bercher	150'000		10%	135'000

PARTICIPATION FINANCIÈRE UNIQUE ADHESION AIAE

CHF 1'831'756

	Montant brut CHF	Subvention ECA %	Subvention AF %	Montant net CHF
Quote-part adhésion Bercher à AIAE (selon étude Sabert 12 juin 2018)	990'140			990'140
Quote-part adhésion Rueyres à AIAE (selon étude Sabert 12 juin 2018)	412'999			412'999
Quote-part adhésion Ogens à AIAE (selon étude Sabert 12 juin 2018)	428'617			428'617

CHARGE FINANCIÈRE DES INVESTISSEMENTS INTERCOMMUNAUX

CHF/an 100'342

Capital-emprunt CHF	Durée d'amortissement de l'emprunt ans	Taux d'intérêt annuel %	Amortissement et intérêts annuel CHF/an
1'966'756	30	3%	100'342

ACHATS D'EAU À L'AIAE

CHF/an 181'611

	m ³ /an	CHF/m ³	CHF/an
Taxe variable annuelle de consommation d'eau de l'AIAE	191'169	0.95	181'611

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 1 à 30

CHF/an 281'953

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 31 à 60

CHF/an 181'611

COÛTS CUMULES, AN 1 à 30

CHF 8'458'590

COÛTS CUMULES, AN 31 à 60

CHF 5'448'317

COÛTS CUMULES SUR 60 ANS

CHF 13'906'906

IMPACT SUR LE PRIX DE L'EAU

Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2035	m ³ /an	172470
Consommation annuelle d'eau à l'horizon 2065	m ³ /an	209964
Consommation en eau sur 60 ans	m ³	11'473'020
Rendement de réseau	-	82%
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2035	m ³ /an	141'425
Volume d'eau facturé annuellement à l'horizon 2065	m ³ /an	172'170
Volume d'eau facturé en 60 ans	m ³	9'407'876
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 1 à 30	CHF/m³	1.99
Coût d'adduction de l'eau moyen, an 31 à 60	CHF/m³	1.05
Coût d'adduction de l'eau moyen sur 60 ans	CHF/m³	1.52

ANNEXE S ANALYSE FINANCIÈRE DE LA VARIANTE 2A

INVESTISSEMENTS POUR NOUVEAUX OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	CHF			7'201'588
	Montant brut	Subvention ECA	Subvention AF	Montant net
	CHF	%	%	CHF
Conduite Chambre de la Proveyse - nouveau réservoir de l'AIAE DN 300	1'000'000	25%	10%	650'000
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN 300	600'000	25%	10%	390'000
Nouveau réservoir AIAE 3'000m ³	3'000'000	20%	10%	2'100'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
Achat des sources de Bercher	558'803			558'803
Dérivation des sources et construction d'une station de pompage et de traitement UV	400'000		10%	360'000
Achat de 1000 ml de conduite DN 250 du réservoir de Bercher à Bercher	351'200			351'200
Conduite Pailly-Rueyres (étape 1) DN 250	2'065'000	25%	10%	1'342'250
Conduite contournement Bercher-Rueyres (étape 2) DN 250	1'001'000	25%	10%	650'650
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	300'000	20%	10%	210'000
Chambre de pompage et de réduction de pression AIAE à Rueyres pour l'étape 1	150'000	20%	10%	105'000

CHARGE FINANCIÈRE DES INVESTISSEMENTS INTERCOMMUNAUX

	CHF/an			367'420
	Capital-emprunt	Durée d'amortissement de l'emprunt	Taux d'intérêt annuel	Amortissement et intérêts annuel
	CHF	ans	%	CHF/an
	7'201'588	30	3%	367'420

VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	CHF			7'081'585
	Montant brut	Subvention ECA	Subvention AF	Montant net
Conduite Chambre de la Proveyse - nouveau réservoir de l'AIAE DN 300	1'000'000	25%	10%	650'000
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN 300	600'000	25%	10%	390'000
Nouveau réservoir AIAE 3'000m ³	3'000'000	20%	10%	2'100'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
Captages, conduites d'adduction	800'000	10%	10%	640'000
Station de pompage et traitement des sources de Bercher	200'000	10%	10%	160'000
Conduite St-Cierges - Bercher DN 250	700'000	25%	10%	455'000
Conduite Pailly-Rueyres (étape 1) DN 250	2'065'000	25%	10%	1'342'250
Conduite contournement Bercher-Rueyres (étape 2) DN 250	1'001'000	25%	10%	650'650
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	300'000	20%	10%	210'000

MAINTIEN DE LA VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

			CHF/an	114'673
	Valeur à neuf nette	Durée d'utilisation	Taux de renouvellement	Coût de maintien de la valeur à neuf
Conduite Chambre de la Proveyse - nouveau réservoir de l'AIAE DN 300	650'000	67	1.50%	9'774
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN 300	390'000	67	1.50%	5'865
Nouveau réservoir AIAE 3'000m ³	2'100'000	67	1.50%	31'579
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	483'685	67	1.50%	7'273
Captages, conduites d'adduction	640'000	50	2.00%	12'800
Station de pompage et traitement des sources de Bercher	160'000	35	2.86%	4'571
Conduite St-Cierges - Bercher DN 250	455'000	67	1.50%	6'842
Conduite Pailly-Rueyres (étape 1) DN 250	1'342'250	67	1.50%	20'184
Conduite contournement Bercher-Rueyres (étape 2) DN 250	650'650	67	1.50%	9'784
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	210'000	35	2.86%	6'000

COÛT D'EXPLOITATION DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	CHF/an	0
Non calculé, considéré comme équivalent entre les 2 variantes gravitaire et pompage	-	-

ENERGIE POMPAGE DES EAUX DE BERCHER

	CHF/an	8'103
Débit moyen d'adduction	L/min	330
HMT de pompage	m	48
Rendement global des pompes	-	0.70
Consommation électrique horaire	kWh	3.7
Consommation électrique annuelle	kWh	32'412
Tarif d'achat d'électricité	CHF/kWh	0.25
Coût d'achat électrique horaire	CHF	0.9
Coût d'achat électrique annuel	CHF	8'103

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 1 à 30

CHF/an 490'196

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 31 à 60

CHF/an 122'776

COÛTS CUMULES, AN 1 à 30

CHF 14'705'885

COÛTS CUMULES, AN 31 à 60

CHF 3'683'294

COÛTS CUMULES SUR 60 ANS

CHF 18'389'178

ANNEXE T ANALYSE FINANCIÈRE DE LA VARIANTE 2B

INVESTISSEMENTS POUR NOUVEAUX OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	Montant brut	Subvention ECA	Subvention AF	Montant net
	CHF	%	%	CHF
Conduite chambre de la Proveyse - Nouveau réservoir de l'AIAE DN300	1'000'000	25%	10%	650'000
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN300	600'000	25%	10%	390'000
Conduite Réservoir de Bercher - Pailly DN300	5'380'000	25%	10%	3'497'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
3 Chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	300'000	20%	10%	210'000
Achat de 1000 ml de conduite DN 250 du réservoir de Bercher à Bercher	351'200			351'200
Nouveau réservoir AIAE 2'000m ³	2'200'000	20%	10%	1'540'000
Achat du réservoir de Bercher, capacité 1'200m ³	663'500			663'500
Rénovation partielle du réservoir de Bercher	169'897		10%	152'907
Modification du réservoir de Bercher pour la conduite Ogens	52'069	25%	10%	33'845
Dérivation des sources de Tolorent	50'000		10%	45'000
Renouvellement de la supervision et du poste de commande de Bercher	30'467	5%	10%	25'897
Achat des sources de Bercher	558'803			558'803
Mise en place d'un traitement UV des sources de Bercher	100'000		10%	90'000
Chambre de pompage et de réduction de pression AIAE à Rueyres pour l'étape 1	150'000	20%	10%	105'000

CHARGE FINANCIÈRE DES INVESTISSEMENTS INTERCOMMUNAUX

	Capital-emprunt	Durée d'amortissement de l'emprunt	Taux d'intérêt annuel	Amortissement et intérêts annuel
	CHF	ans	%	CHF/an
	8'796'837	30	3%	448'808

VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	<i>Montant brut</i>	<i>Subvention ECA</i>	CHF <i>Subvention AF</i>	9'145'685 <i>Montant net</i>
Conduite chambre de la Proveyse - Nouveau réservoir de l'AIAE DN300	1'000'000	25%	10%	650'000
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN300	600'000	25%	10%	390'000
Conduite Réservoir de Bercher - Pailly DN300	5'380'000	25%	10%	3'497'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
Conduite DN 250 du réservoir de Bercher à Bercher	700'000	25%	10%	455'000
Nouveau réservoir AIAE 2'000m ³	2'200'000	20%	10%	1'540'000
Réservoir de Bercher, capacité de 1'200m ³	1'600'000	20%	10%	1'120'000
Captages, conduites d'adduction	800'000	10%	10%	640'000
Station de pompage et traitement des sources de Bercher	200'000	10%	10%	160'000
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	300'000	20%	10%	210'000

VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	Montant brut	Subvention ECA	CHF Subvention AF	9'145'685 Montant net
Conduite chambre de la Proveyse - Nouveau réservoir de l'AIAE DN300	1'000'000	25%	10%	650'000
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN300	600'000	25%	10%	390'000
Conduite Réservoir de Bercher - Pailly DN300	5'380'000	25%	10%	3'497'000
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	744'131	25%	10%	483'685
Conduite DN 250 du réservoir de Bercher à Bercher	700'000	25%	10%	455'000
Nouveau réservoir AIAE 2'000m ³	2'200'000	20%	10%	1'540'000
Réservoir de Bercher, capacité de 1'200m ³	1'600'000	20%	10%	1'120'000
Captages, conduites d'adduction	800'000	10%	10%	640'000
Station de pompage et traitement des sources de Bercher	200'000	10%	10%	160'000
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	300'000	20%	10%	210'000

MAINTIEN DE LA VALEUR À NEUF DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX EXISTANTS

	Valeur à neuf nette	Durée d'utilisation	CHF/an Taux de renouvellement	145'713 Coût de maintien de la valeur à neuf
Conduite chambre de la Proveyse - Nouveau réservoir de l'AIAE DN300	650'000	67	1.50%	9'774
Conduite Nouveau réservoir AIAE - réservoir de Bercher DN300	390'000	67	1.50%	5'865
Conduite Réservoir de Bercher - Pailly DN300	3'497'000	67	1.50%	52'586
Conduite réservoir de Bercher - village d'Ogens DN 200	483'685	67	1.50%	7'273
Conduite DN 250 du réservoir de Bercher à Bercher	455'000	67	1.50%	6'842
Nouveau réservoir AIAE 2'000m ³	1'540'000	67	1.50%	23'158
Réservoir de Bercher, capacité de 1'200m ³	1'120'000	67	1.50%	16'842
Captages, conduites d'adduction	640'000	50	2.00%	12'800
Station de pompage et traitement des sources de Bercher	160'000	35	2.86%	4'571
3 chambres de comptage et de réduction de pression pour les villages	210'000	35	2.86%	6'000

COÛT D'EXPLOITATION DES OUVRAGES INTERCOMMUNAUX

	CHF/an	0
Non calculé, considéré comme équivalent entre les 2 variantes gravitaire et pompage	-	-

ENERGIE

	CHF/an	0
non pris en compte, car négligeable	-	-

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 1 à 30

CHF/an 594'521

COÛTS INTERCOMMUNAUX ANNUELS, AN 31 à 60

CHF/an 145'713

COÛTS CUMULES, AN 1 à 30

CHF 17'835'620

COÛTS CUMULES, AN 31 à 60

CHF 4'371'377

COÛTS CUMULES SUR 60 ANS

CHF 22'206'997

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme MASTÈRE SPÉCIALISÉ

Spécialité EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT

Auteur Florent LARDIN

2019

Titre Régionalisation des réseaux d'eau potable pour l'appui alimentaire et la défense incendie

Nombre de pages 42 p de texte et 18 annexes

Nombre de références bibliographiques 18

Structure d'accueil CSD Ingénieurs SA, Lausanne, Suisse

Maître de stage Nicolas BECKER

Résumé

Les communes de Bercher, Rueyres et Ogens gèrent leur approvisionnement en eau de manière indépendante à partir des différentes sources communales, qui leur permettent ainsi de répondre à la quasi-totalité des besoins. Les infrastructures existantes sont jugées pour certaines non conformes d'un point de vue sanitaire et l'investissement pour les renouveler serait important pour les 3 communes. De plus, face à l'augmentation de la population de ces dernières années, la production des sources est périodiquement insuffisante.

Face à ces pénuries d'eau, les petits distributeurs d'eau ne peuvent rester isolés et sont souvent obligés de se rapprocher de distributeurs plus importants ou de se regrouper, s'ils souhaitent sécuriser leur approvisionnement en eau.

C'est le cas pour Bercher, Rueyres et Ogens qui doivent trouver un appui extérieur pour assurer l'approvisionnement en eau potable ainsi que la défense incendie.

Deux propositions s'offrent aux municipalités :

- Créer une liaison sur le réseau du distributeur régional, l'AIDDEV
- Adhérer au distributeur régional, l'AIAE

Cette étude avait pour objectif de comparer les deux solutions afin de trouver la meilleure solution technique et financière pour les différentes municipalités.

Mots-clés : régionalisation, sécurisation, liaison, eau potable, défense incendie, modélisation, besoins, epanet, réseau