



HAL
open science

Diagnostic du système d'alimentation en eau potable, commune de Garrebourg

Amélie Blanchet

► **To cite this version:**

Amélie Blanchet. Diagnostic du système d'alimentation en eau potable, commune de Garrebourg. Sciences de la Terre. 2015. hal-01827443

HAL Id: hal-01827443

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01827443>

Submitted on 2 Jul 2018

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.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

RAPPORT DE STAGE

Diagnostic du Système d’Alimentation en Eau Potable

-

Commune de GARREBOURG



BLANCHET Amélie

Septembre 2015

Maître de stage : Arnaud HOGNON – Chargé d’affaires – BEPG

Rapporteur et Responsable de formation : Sylvie DOUSSET – Professeur – LIEC

SOMMAIRE

Remerciements.....	4
I. Présentation de l'entreprise.....	5
1) Localisation	5
2) Historique	5
3) Secteurs d'activités	5
II. Introduction	6
III. Situation de l'étude.....	7
1) Localisation géographique	7
2) Géologie et hydrogéologie.....	7
IV. Système d'Alimentation en Eau Potable.....	9
1) Présentation du système d'Alimentation en Eau Potable	9
2) Présentation du réseau de distribution	9
a) Caractéristiques des canalisations	10
3) Qualité des eaux prélevées et distribuées	11
La source Thiergartenbach	12
La station de neutralisation	13
La distribution.....	14
4) Performances du réseau : ratios caractéristiques.....	15
a) L'Indice Linéaire de consommation.....	15
b) Objectif de rendement.....	15
c) L'Indice Linéaire de perte	16
5) Vulnérabilité quantitative	17
a) Bilan besoins-ressources pour la commune de Garrebouurg	17
Bilan besoins-ressources actuel.....	17
Bilan besoins-ressources futur	18
6) Prévisions de renouvellement	19
V. La campagne de mesures.....	21
1) Mesures de débits.....	21
a) La source « Thiergartenbach »	21
b) Production : Chambre de comptage	22
c) Mise en distribution : sortie du réservoir	23
2) Mesures de marnage au réservoir	24
3) Interprétation des résultats	25
a) Débit minimal nocturne	25
b) Indice Linéaire de pertes.....	25
c) Autonomie du réservoir et âge de l'eau	25
VI. Conclusion de l'étude	26
VII. Conclusion du stage.....	27

Liste des figures

Figure 1 Localisation de la société BEPG	5
Figure 2 Localisation de la commune de Garrebourg (échelle 1/50 000)	7
Figure 3 Localisation de la source "Thiergartenbach" sur extrait de cartes géologiques de Saverne (n° 233) .	8
Figure 4 Localisation des ouvrages du système AEP de la commune de Garrebourg (échelle 1/25 000)	9
Figure 5 Date de pose des canalisations.....	10
Figure 6 Etat de la canalisation de mise en distribution au droit de l'ancien réservoir	10
Figure 7 Echelle de dureté d'une eau	11
Figure 8 Evolution de la conductivité	13
Figure 9 Evolution de la conductivité de l'eau distribuée au sein de la commune de Garrebourg.....	14
Figure 10 Capteur de vitesse en sortie du drain de la source	21
Figure 11 Profil de l'eau dans un drain et variation des vitesses.....	21
Figure 12 Evolution des débits de production.....	22
Figure 13 Installation de l'enregistreur sur le compteur de mise en distribution	23
Figure 14 Evolution des débits mis en distribution	23
Figure 15 Evolution de la consommation ajustée.....	24
Figure 16 Evolution du marnage.....	24

Liste des tableaux

Tableau 1 Indice de Larson	12
Tableau 2 Indice de Ryznar	12
Tableau 3 Méthode Hallopeau-Dubin	13
Tableau 4 ILc net global de la commune de Garrebourg.....	15
Tableau 5 Rendements primaires globaux du réseau AEP de Garrebourg.....	16
Tableau 6 Valeurs guide pour le rendement primaire (Source: Etude inter-agences)	16
Tableau 7 Valeurs de référence de l'ILp (Source: Agence de l'Eau)	17
Tableau 8 ILp brut global de la commune de Garrebourg	17
Tableau 9 Bilan besoins-ressources sur l'année 2014	18
Tableau 10 Notes des différents paramètres des canalisations	19
Tableau 11 Notes des conduites et renouvellement	20
Tableau 12 Echéance de renouvellement des canalisations	20
Tableau 13 Valeurs des mesures de vitesse sur la production de la source "Thiergartenbach"	22
Tableau 14 Calcul de l'ILp réel	25

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont permis d'effectuer ce stage de fin d'études et assurer de son bon déroulement.

Tout d'abord, je remercie M. Gilles UDA, Directeur des Etudes de BEPG, pour m'avoir permis de réaliser mon stage au sein de son bureau d'études.

Je remercie vivement M. Arnaud HOGNON, Chargé d'Affaires, d'avoir été mon tuteur de stage et pour toutes les connaissances qu'il m'a partagées ainsi que pour sa bonne humeur.

Je remercie également Mme Laetitia BEAUFORT pour sa présence et pour les explications qu'elle m'a apportées.

Je souhaite remercier tout le personnel de BEPG pour son accueil et son aide tout au long de mon stage.

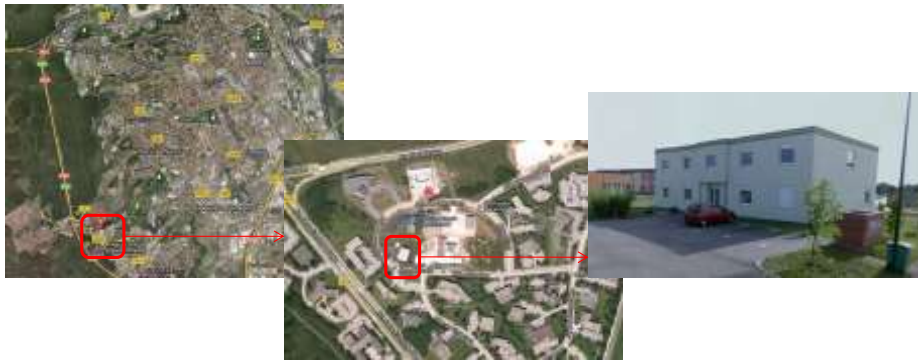
Enfin, je tiens à remercier le personnel de l'Université de Lorraine et principalement Mme DOUSSET d'avoir accepté ma candidature au sein du Master SEE ainsi que pour être rapporteur de ce rapport de stage.

I. Présentation de l'entreprise

1) Localisation

La société BEPG (Bureau d'études en Environnement, Pédologie et Géologie) est située au cœur du Technopôle de NANCY-BRABOIS à VILLERS-LES-NANCY dans le département de la Meurthe-et-Moselle ([Figure 1](#)).

Figure 1 Localisation de la société BEPG



2) Historique

BEPG a été créé en 1987 par M. Gilles UDA, actuel Directeur des Etudes. BEPG est un bureau d'études indépendant implanté à Villers-lès-Nancy en Meurthe-et-Moselle. Depuis le 1er Janvier 2000, BEPG est une SARL (Société à Responsabilité Limitée) au capital de 100 000 Euros.

La société est composée d'une équipe pluridisciplinaire proposant ses compétences aux professionnels, aux collectivités et aux particuliers. Actuellement, cette équipe est composée d'un directeur des études, de sept chargés d'affaires et d'études, de deux techniciens et d'un employé administratif.

3) Secteurs d'activités

Les principales missions proposées par le bureau d'études sont les suivantes :

- Etudes diagnostiques – Schéma directeur d'assainissement
- Zonages d'assainissement
- Service Public d'Assainissement Non Collectif – Etudes d'assainissement non collectif
- Etudes préalables à la mise en place des périmètres de protection des captages AEP
- Diagnostics de réseaux d'alimentation en eau potable et schéma directeur d'exploitations
- Dossiers « Loi sur l'eau »
- Etudes de sites et sols pollués
- Etudes hydrogéologiques et pédologiques

II. Introduction

Un réseau d'Alimentation en Eau Potable (AEP), constitué de canalisations et d'ouvrages, se dégrade plus ou moins rapidement en fonction de différents paramètres. Ces derniers sont liés à la nature des conduites, de l'eau captée et de l'environnement. Le temps et ces paramètres contribuent à la dégradation de la conduite. Avec l'âge, le réseau subit des ruptures, des fuites, et des dégradations de la qualité de l'eau. Ainsi, la connaissance de tous ces facteurs et la description de l'ensemble du réseau permettent d'analyser l'état de celui-ci et de prévenir les causes de sa dégradation.

La réalisation d'un diagnostic d'un réseau AEP est une étape nécessaire aux structures intercommunales, aux communes et aux syndicats AEP afin d'obtenir des subventions quant à la réhabilitation de leur réseau AEP. En effet, l'objectif d'un diagnostic de réseau d'alimentation en eau potable est de proposer, compte-tenu des éléments techniques et économiques mis en évidence, une politique d'intervention aux élus et agents techniques pour une bonne gestion du patrimoine collectif ; qu'il s'agisse des infrastructures existantes ou de la ressource en eau. Le présent diagnostic est basé sur le décret n° 2012-97 du 27 janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction des pertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable.

L'origine de ce décret provient de la loi « Grenelle II » ou loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

Notre diagnostic, réalisé sur la commune de Garrebourg, a permis de mettre en corrélation différents paramètres, tels que la nature de l'eau captée, les matériaux et l'âge des canalisations, avec l'état de dégradation du réseau AEP de cette commune.

Ainsi, après avoir présenté le système AEP de la commune de Garrebourg, nous établirons un bilan global de l'état actuel du réseau de cette commune à partir de l'analyse de la qualité de l'eau et des caractéristiques des conduites. Afin de confirmer l'état de dégradation du réseau, le calcul de ratios a été réalisé dans le but d'avoir une vision globale de ses performances. De plus, l'évaluation du taux de casse aide à estimer une échéance de renouvellement des conduites. Enfin, la réalisation de la campagne de mesure permet d'avoir une vision plus précise sur l'âge de l'eau dans les réseaux et donc d'estimer l'état réel de dégradation de ceux-ci.

III. Situation de l'étude

1) Localisation géographique

La commune de Garrebourg est située dans le département de la Moselle, à environ 9 km au Sud de Phalsbourg (*Figure 2*). Cette commune adhère à la Communauté de Communes du Pays de Phalsbourg.

La topographie de l'ensemble de la commune de Garrebourg est comprise entre 215 m et 491 m d'altitude et sa superficie totale atteint 834 ha.

Figure 2 Localisation de la commune de Garrebourg (échelle 1/50 000)



2) Géologie et hydrogéologie

D'un point de vue géomorphologique, le secteur d'étude est situé en domaine sédimentaire, au sein des grès du massif vosgien. Le secteur présente des failles de direction SSW – NNE. Les captages d'Haselbourg (une source et un forage), qui alimentent la commune de Garrebourg via le Syndicat Intercommunal des Eaux (SIE) de Phalsbourg et l'ancienne ressource de la Commune, la source « Thiergartenbach » se situent sur des colluvions d'âge Wurm à Holocène (*Figure 3*). Ces deux ressources captent l'aquifère des Grès Vosgien, au niveau des formations du Buntsandstein, affleurantes dans le secteur d'étude [1].

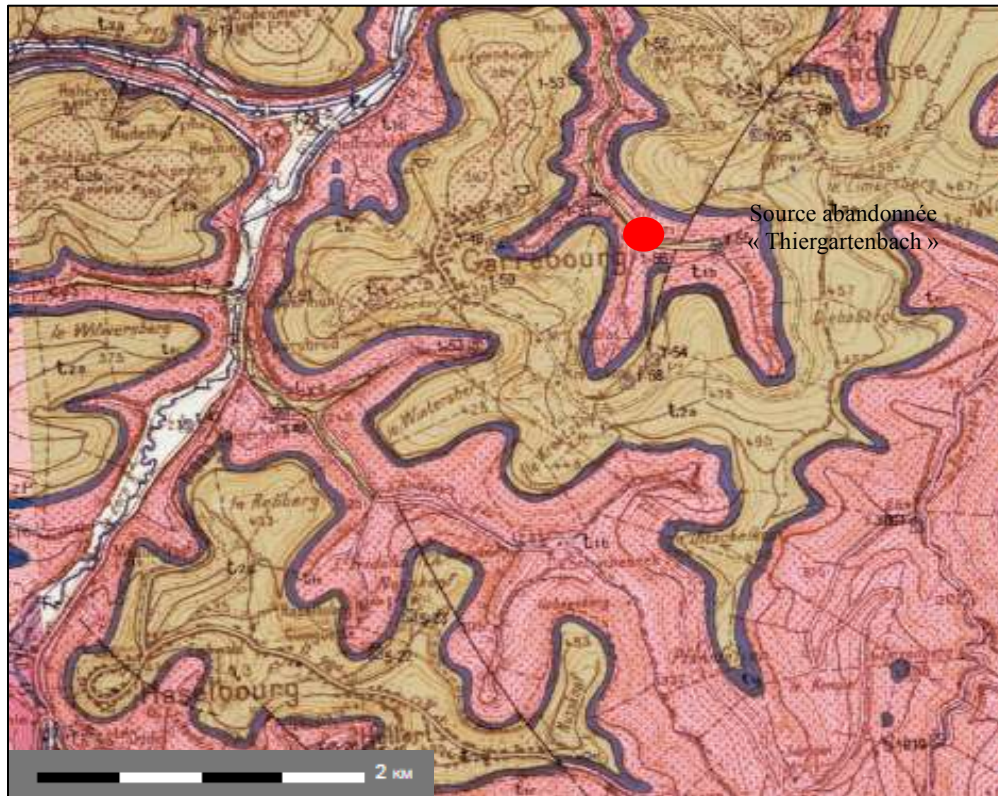
Les captages d'Haselbourg et la source abandonnée « Thiergartenbach » captent la nappe des Grès du Trias inférieur de la Hardt défini par l'entité hydrogéologique 210 f et appartenant à la Masse d'Eau CG004 Grès vosgien en partie libre. Il s'agit d'un environnement à dominance sédimentaire avec un écoulement libre. Ces sources sont des émergences permanentes du réseau souterrain des Grès Vosgiens.

La masse d'eau des Grès Vosgien présente un bon état chimique [2].

En raison de la nature gréseuse de l'aquifère, la ressource est satisfaisante d'un point de vue aussi bien qualitatif que quantitatif. En effet, la nappe des grès du Trias inférieur est le plus grand réservoir d'eau souterraine de la région Lorraine [3]. La faible minéralisation des eaux brutes captées dans les Grès Vosgien


impose toutefois un traitement par neutralisation. En effet, au sein des Grès du Trias inférieur, l'aquifère présente une grande vulnérabilité en affleurement, avec localement une dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines [4]. La qualité des eaux sur le réseau AEP de la Commune de Garreboung sera traitée au chapitre IV.

Figure 3 Localisation de la source "Thiergartenbach" sur extrait de cartes géologiques de Saverne (n° 233)




Légende :


Formations superficielles

Fz  Alluvions de fond de vallée de la Moselle


Cy-z  Colluvions.

Formations du Buntsandstein :

t1c  Poudingue à galets de quartz et de quartzite, ciment de grès rouge

t1b  Grès vosgien : grès rouges à roses à rares intercalations argileuses

t2a  Couches intermédiaires : grès massifs rouges, micacés, avec intercalations sablo-argileuses noirâtres

t2b  Alternance de grès micacés et d'argillites rouges ou bariolées vert et gris, grès massifs rouges, micacés

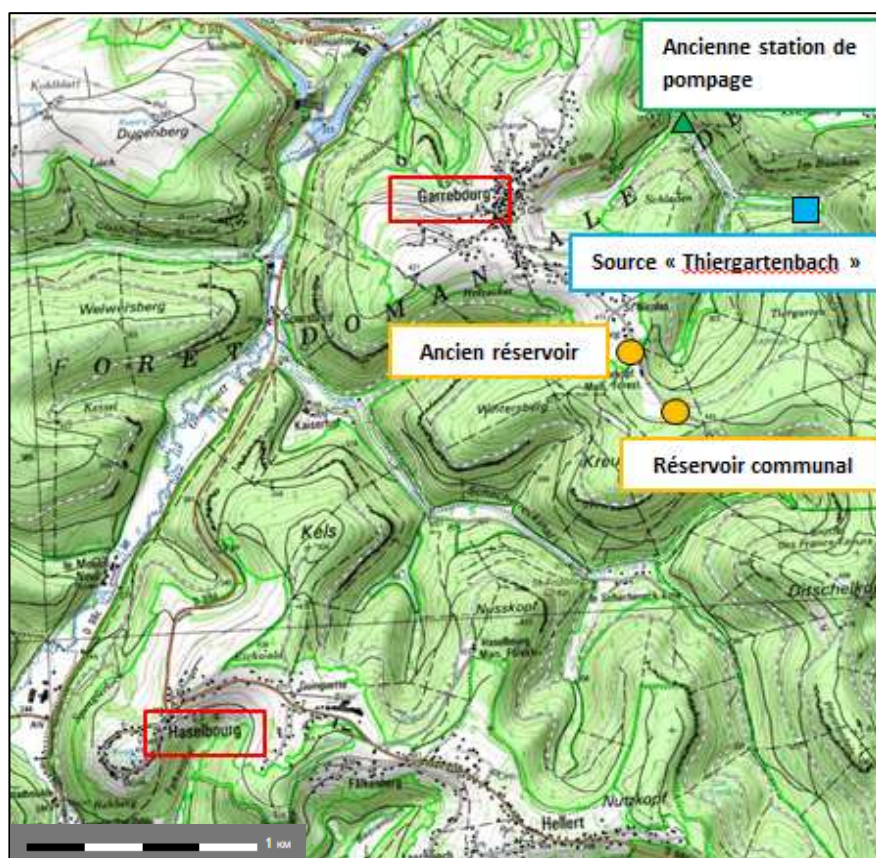
IV. Système d'Alimentation en Eau Potable

1) Présentation du système d'Alimentation en Eau Potable

Actuellement, les eaux captées par la source et le forage d'Haselbourg sont envoyées par refoulement vers la station de traitement appartenant au SIE de Phalsbourg. De cette station, les eaux sont dirigées vers le réservoir communal de Garrebourg d'une capacité de 250 m³.

Depuis ce réservoir, l'eau est ensuite distribuée à la Commune de Garrebourg de manière gravitaire. Sur le linéaire de distribution, un réducteur de pression est localisé en entrée du bourg de la Commune afin de pallier aux fortes pressions en sortie du réservoir communal ([Figure 4](#)). Ce réducteur de pression a été mis en place afin de soulager le réseau ancien, qui est fragilisé.

Figure 4 Localisation des ouvrages du système AEP de la commune de Garrebourg (échelle 1/25 000)



Les ouvrages intégrés dans le réseau AEP de la Commune de Garrebourg ont été visités et sont détaillés en **Annexe 3** ainsi que le synoptique détaillé du fonctionnement du système AEP en **Annexe 2**.

2) Présentation du réseau de distribution

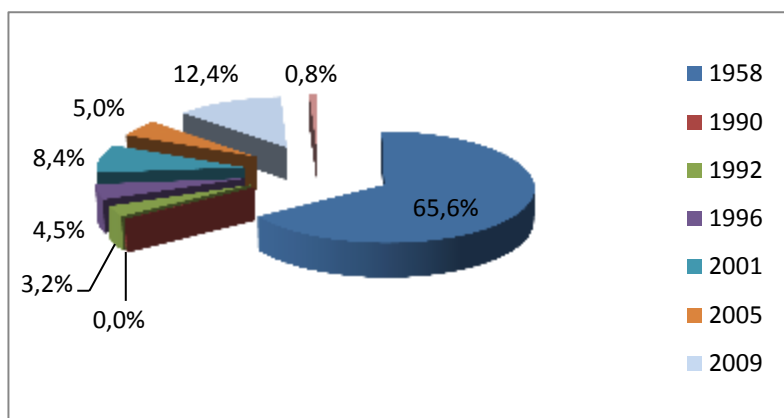
Afin de permettre l'étude des réseaux et des ouvrages actuellement en place sur la commune de Garrebourg, un levé topographique a été réalisé et retransmis sous format SIG, via le logiciel QGIS. Le présent diagnostic étant ciblé sur le fonctionnement du système AEP de la commune de Garrebourg, aucune donnée n'est disponible sur le réseau et les ouvrages du SIE de Phalsbourg.

Le plan du réseau est disponible en **Annexe 1**. Le tableau sur les caractéristiques des conduites est disponible

a) Caractéristiques des canalisations

Elles sont recensées en vue d'étudier la vulnérabilité de l'ensemble du réseau. La longueur totale du réseau sur la Commune de Garrebourog est de **5,76 km**. La majeure partie du réseau est en fonte (44 %), le reste étant en acier (39 %) et en PVC (17 %). Les canalisations se répartissent en 5 classes de diamètres. La taille de canalisations rencontrée le plus fréquemment au sein du réseau est le DN 150 à hauteur de 37,7 %. Les diamètres en place suffisent à alimenter les abonnés pour leur usage domestique.

Figure 5 Date de pose des canalisations



Dans la partie de recueil des informations, l'âge des canalisations est nécessaire afin de déterminer, selon les matériaux, l'état de dégradation supposé de celles-ci. Sur la Commune de Garrebourog, la majorité des canalisations sont de 1958 ([Figure 5](#)).

L'âge est un facteur à prendre en considération dans l'analyse du risque

de casse des canalisations, au même titre que la nature de l'eau captée.

De plus, ce réseau entraîne des investissements importants pour être maintenu en un état satisfaisant. En effet, via une conduite tronçonnée au droit de l'ancien réservoir, l'état du réseau en acier a montré une corrosion importante avec un colmatage progressif de celui-ci ([Figure 6](#)).

Figure 6 Etat de la canalisation de mise en distribution au droit de l'ancien réservoir



La corrosion et le colmatage observés sur cette conduite s'expliquent par la nature des roches aquifères qui influencent la qualité des eaux. L'aquifère des Grès Vosgien induit une eau très douce et très peu minéralisée, ce qui en fait une eau très agressive et provoque des conséquences sur le vieillissement des réseaux, et une corrosion.

3) Qualité des eaux prélevées et distribuées

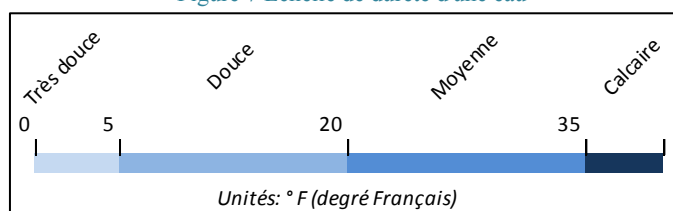
a. Propriétés d'une eau captée dans les Grès Vosgien

L'eau captée est un mélange constitué de nombreux composés minéraux et organiques avec la molécule d'eau, H₂O. L'équilibre des caractères physico-chimique d'une eau est instable du fait des variations de température et des teneurs en gaz dissous, amenant de nouvelles réactions et des conséquences sur le milieu en contact avec l'eau. Plus spécifiquement, les problèmes de traitement, d'agressivité, d'incrustation ou de corrosion sont générés par les variations d'équilibres physico-chimiques et induisent des problèmes techniques pour le captage et la distribution des eaux. L'étude de ces problèmes amène à parler d'équilibres calco-carboniques. La recherche de cet équilibre nécessite de donner à l'eau des caractéristiques intrinsèques stables tout en prenant en compte les matériaux mis en place sur le réseau [5].

Un défaut d'équilibre des eaux, induit, dans le contexte des grès vosgien, une corrosion vis-à-vis des métaux (Acier) et un caractère d'encroûtement.

Dans l'analyse de la qualité des eaux, différents paramètres permettent de déterminer la nature de l'eau. En effet, dans le cas des grès vosgien le Total Alcalimétrique Complet (TAC) ou alcalinité représente la dureté carbonatée de l'eau. Celle-ci illustre la capacité d'une eau à résister à une acidification. Une eau acide ne contient pas de bicarbonate, et plus une eau contient de bicarbonate, plus elle est alcaline. Le Titre Hydrotimétrique (TH) représente la dureté de l'eau. Il indique la minéralisation de l'eau. Il correspond approximativement à la somme de Ca et Mg. De plus, les roches les plus riches en Ca et Mg sont à même de neutraliser l'acidité et produisent des eaux neutres, avec des valeurs de TAC élevées et pauvres en nitrate [6]. Pour caractériser la dureté de l'eau, les classes suivantes sont adoptées :

Figure 7 Echelle de dureté d'une eau



De plus, l'agressivité d'une eau caractérise son aptitude à dissoudre le calcaire. Elle est liée à la présence de CO₂ agressif. Dans ces conditions, la dissolution du calcaire se poursuit jusqu'à l'obtention de l'équilibre calco-carbonique [5]. Enfin, la conductivité est proportionnelle au degré de minéralisation. Ainsi, une eau présentant une conductivité très faible caractérise une eau très faiblement minéralisée.

Afin d'atteindre l'équilibre calco-carbonique, l'eau distribuée doit même être légèrement entartrante ce qui va permettre la formation d'une fine couche de protection. Pour satisfaire cette condition, le TH (dureté) doit se situer entre 8 et 15 °F (degré Français), le TAC de l'ordre de 7 à 10 °F, le pH supérieur à 7,2 et ne pas contenir de gaz carbonique en excès (CO₂ agressif). Ces paramètres ont été étudiés dans le cadre de l'analyse de la qualité des eaux brutes et des eaux mises en distribution.

b. Analyses des eaux prélevées et distribuées

Les eaux distribuées aux abonnés de la commune de Garrebourog sont captées dans les grès. Elles sont très peu minéralisées et agressives vis-à-vis du calcaire et tendent à retrouver un équilibre calco-carbonique au sein du réseau.

Afin de définir le meilleur système de traitement, l'analyse de la qualité des eaux a été réalisée sur les eaux brutes de la source « Thiergartenbach » ainsi que sur les eaux des ouvrages de traitement et de stockage

inclus dans le réseau AEP de la commune de Garrebourog. Actuellement, le texte de référence utilisé pour les eaux destinées à la consommation humaine est l'Arrêté du 11 Janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R 1321-2, R-1321-3, R-1321-7 et R 1321-38 du Code de la Santé Publique [7]. Cet Arrêté est joint en **Annexe 4**.

L'étude de la qualité de l'eau est menée à partir des analyses pratiquées par l'Agence Régionale de Santé (ARS).

La source Thiergartenbach

Une seule analyse est disponible pour la source « Thiergartenbach », en 2006. Les paramètres révèlent néanmoins la nature de cette eau ;

- ✓ La conductivité à 25 °C est de 164 µS/cm. Elle est inférieure aux références de qualité situées entre 200 et 1100 µS/cm,
- ✓ Le titre hydrotimétrique (TH) est de 7,3 °F, caractéristique d'une eau douce.

L'analyse des eaux captées par la source « Thiergartenbach » montre une eau douce avec une faible conductivité, indiquant une faible minéralisation. Le pH est inclus dans les références de qualité. Les autres paramètres sont conformes aux limites et références de qualités fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007.

Avec la faible minéralisation, l'eau captée pourrait donc être légèrement corrosive. La capacité de corrosion de l'eau a toutefois été calculée par la méthode simplifiée de Hallopeau-Dubin en fonction des caractéristiques de l'analyse du 30 Août 2006 effectuée sur les eaux de la source «Thiergartenbach ». Cette méthode permet de déterminer l'équilibre calco-carbonique via un calcul des concentrations en éléments fondamentaux par la connaissance de valeurs caractéristiques de couples tels que pH et TAC et par une estimation de la force ionique [5].

Cette méthode présente deux indices de corrosion :

- l'indice de Larson : il permet le calcul de l'indice de corrosion des métaux, par le rapport suivant : $[(\text{sulfates} \times 2) + \text{chlorures}] / \text{alcalinité (TAC)}$

Tableau 1 Indice de Larson

Indice de Larson (LR)	Tendances
LR < 0,2	Pas de tendance à la corrosion
0,4 < LR => 0,2	Faible tendance
0,5 < LR => 0,4	Légère tendance
1 < LR => 0,5	Tendance moyenne
LR => 1	Nette tendance à la corrosion

- l'indice de Ryznar : appelé également indice de stabilité, il est calculé par la formule $2 \text{ pHs} - \text{pH}$

Tableau 2 Indice de Ryznar

Indice de Ryznar	Indication
<= 6,5	Pas de tendance corrosive
> 6,5 et <= 7,8	Corrosion légère
> 7,8 et <= 8,5	Corrosion sévère
> 8,5	Corrosion très importante

La capacité de corrosion calculée par la méthode simplifiée Hallopeau-Dubin est la suivante :

Tableau 3 Méthode Hallopeau-Dubin

DONNEES			
Température	9,40	°C	
pH	7,10		
TAC	5,00	°F	1,00 meq/l
Calcium	16,00	°F	3,20 meq/l
Résidu Sec (facultatif)		RS calculé:	155,42 mg/l
Conductivité (facultatif)	164,00	µS/cm	
Résistivité (facultatif)		Ohm/cm	
Chlorure (facultatif)	4,00	mg/l	0,11 meq/l
Sulfate (facultatif)	17,00	mg/l	0,35 meq/l
CALCULS			
pHs	8,23		
Indice de saturation	-1,13		
Alc/CaO	0,31		
CO2 libre	9,3	mg/l	
CO2 agressif (sur CaCO3)	8,1	mg/l	
CaCO3 dissolvable (CCPP)	18,4	mg/l	
Indice de stabilité (Ryznar, IR)	9,4		Indice de Larson (LR) = 0,47
Selon IR : Corrosion sévère		Selon LR : tendance à la corrosion	
Nature : agressivité vis à vis du calcaire.			
pH à l'équilibre (au CaCO3)	8,1		
TAC à l'équilibre	6,8	°F	
CO2 à l'équilibre	1,2	mg/l	

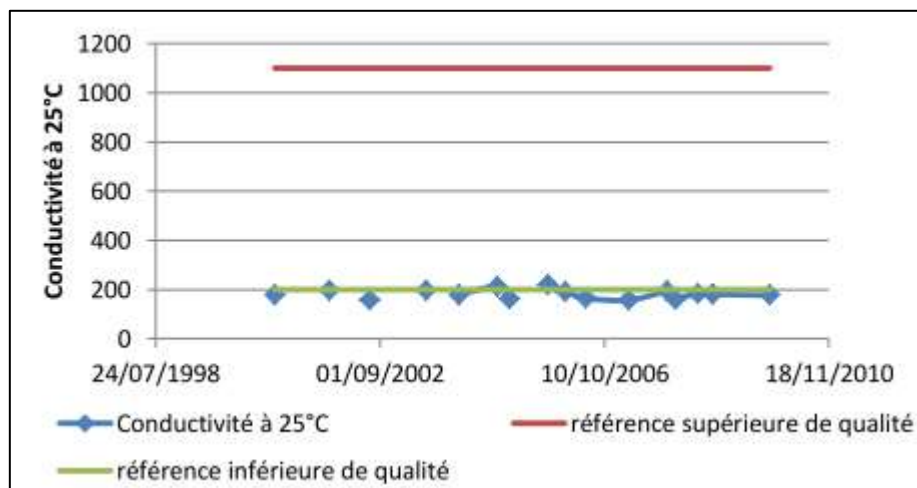
Les résultats indiquent, qu'à la température mesurée, l'eau présente une agressivité vis-à-vis du calcaire avec une tendance à la corrosion.

La station de neutralisation

22 analyses sont disponibles pour la station de neutralisation jusqu'en 2009 (année de l'arrêt de la production de la source « Thiergartenbach »). Les paramètres sont similaires à l'eau captée depuis la source « Thiergartenbach » ;

✓ La conductivité à 25°C varie entre 157 et 220 µS/cm, avec des valeurs inférieures aux références de qualité situées entre 200 et 1100 µS/cm (Figure 8) ;

Figure 8 Evolution de la conductivité



✓ Le titre hydrotimétrique (TH) varie entre 5,2 et 10,6 °F, caractéristique d'une eau douce à très douce.

Les analyses des eaux de la station de neutralisation montrent une eau douce et très peu minéralisée. Ceci est caractéristique d'un traitement sous-dimensionné. De plus, des pics en bactéries isolés ont été relevés. Les autres paramètres sont conformes aux limites et références de qualité fixées par l'arrêté du 11 janvier 2007

L'unité de neutralisation est placée en aval du captage. Elle se compose de deux bacs filtrants remplis de neutralite. Cette dernière est utilisée pour neutraliser et reminéraliser une eau agressive (elle est composée à 90 % de CaCO_3 et à 10 % de MgCO_3). En réagissant avec le CO_2 agressif, la neutralite entraîne l'augmentation du TH et du TAC par dissolution des minéraux qui le compose.

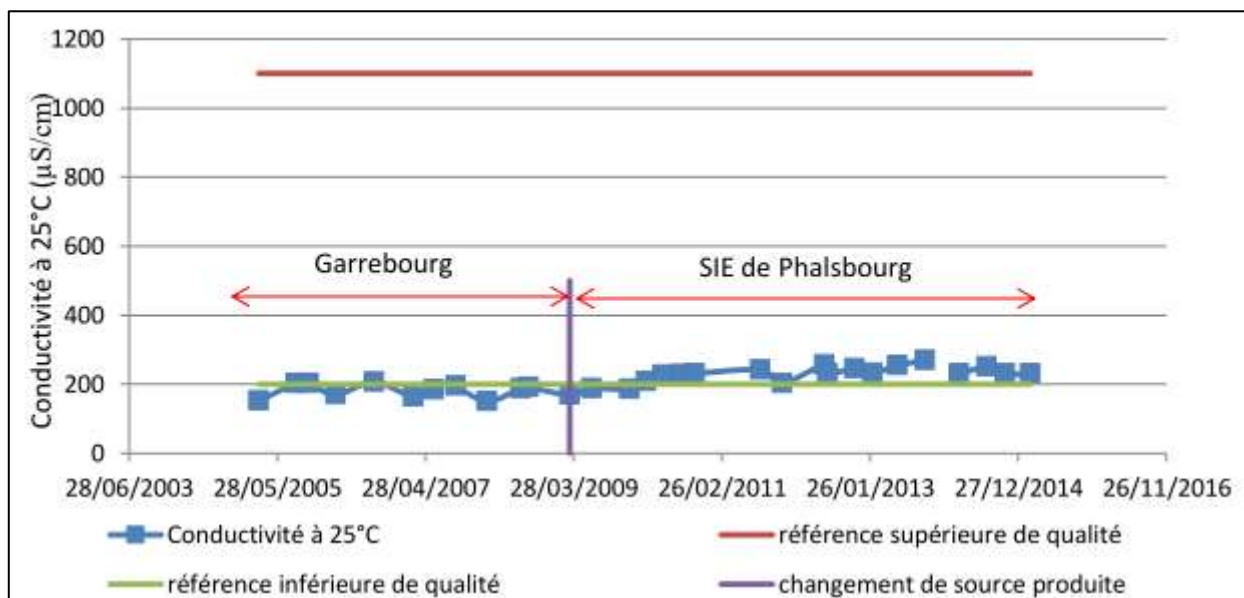
La distribution

L'analyse de la qualité des eaux mise en distribution est étudiée en distinguant la période précédant l'arrêt de la source « Thiergartenbach » et la période correspondant à l'achat d'eau au Syndicat des Eaux de Phalsbourg (à partir de 2009).

32 analyses sont disponibles jusqu'en 2015. Sur ces analyses, on peut y distinguer :

✓ La faible minéralisation (conductivité entre 151 et 270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 25°C) avec une légère augmentation depuis 2009 (Figure 9). A partir de l'année 2010, les valeurs de la conductivité sont au-dessus de la référence de qualité. Ces résultats montrent l'efficacité du traitement de neutralisation du Syndicat des Eaux de Phalsbourg.

Figure 9 Evolution de la conductivité de l'eau distribuée au sein de la commune de Garrebou



□ L'eau trop douce contribue à la dégradation du réseau, essentiellement sur les conduites en Acier mises en place sur cette commune. L'état de la canalisation tronçonnée au niveau de l'ancien réservoir témoigne d'une eau agressive avec une tendance à la corrosion.

- Le traitement de neutralisation doit permettre une reminéralisation de l'eau afin d'obtenir l'équilibre calco-carbonique avant la mise en distribution. Il faut neutraliser l'agressivité de l'eau liée à son acidité.
- Nécessité d'une adjonction d'une quantité faible de chlore des non-conformités bactériologiques.

Concernant les installations d'origine, telles que les canalisations en Acier sur la commune de Garrebourog, l'équilibre de l'eau ne peut être obtenu parfaitement que dans l'amélioration des caractéristiques de ces canalisations et plus particulièrement dans le remplacement des matériaux.

4) Performances du réseau : ratios caractéristiques

Les performances du réseau sont essentielles au diagnostic AEP car elles permettent d'obtenir les rendements sur le réseau et donc l'état de celui-ci. De plus, les subventions sont fournies à partir de ces rendements.

Les ratios caractéristiques du réseau d'alimentation en eau potable de la commune de Garrebourog sont calculés à partir des relevés du compteur de production du SIE de Phalsbourg et de l'analyse des rôles d'eau (indiquant les factures de consommation d'eau sur l'ensemble de la commune).

a) L'Indice Linéaire de consommation

L'indice linéaire de consommation représente le volume d'eau consommé rapporté au linéaire de canalisation, il permet d'exprimer la « densité » de consommation au sein du réseau. Ce ratio est utilisé pour évaluer la conformité du rendement de réseau par rapport au décret du 27 janvier 2012 sur les rendements [8].

L'ILC net : il est calculé de la manière suivante ([Tableau 4](#)) :

$$ILCN = (\text{Volume consommé facturé} + \text{Volumes consommés non facturé}) / (365 * \text{longueur du réseau})$$

Tableau 4 ILC net global de la commune de Garrebourog

ILC NET GLOBAL		2008-2009	2009-2010	2010-2011	2012	2013	2014
Volume consommé facturé	m ³ /an	22 586	21 927	22 363	20 318	20 570	21 533
Volume consommé non facturé total	m ³ /an		2 396	2 428,8	2 276,4	2 297,1	2 362,4
Linéaire du réseau	km	5,76					
ILC net global			11,57	11,79	10,75	10,88	11,37

Depuis 2009, l'ILC net global a subi une diminution de 1,7 %. Il atteint **11,37 m³/jour/km** en 2014. Cet indice indique un réseau de type « semi-rural » (ILC > 10).

b) Objectif de rendement

Le rendement représente le ratio entre le volume d'eau consommé (facturé) et le volume d'eau mis en distribution, il caractérise à ce stade de l'étude le rendement théorique du réseau AEP permettant d'avoir une vision économique de ce réseau. Ainsi, un rendement maximal correspond à un gain optimal sur les investissements effectués sur le réseau AEP.

Conformément à l'Article 3 du Décret n° 2012-97 du 27 Janvier 2012 relatif à la définition d'un descriptif détaillé des réseaux des services publics de l'eau et de l'assainissement et d'un plan d'actions pour la réduction des pertes d'eau du réseau de distribution d'eau potable, l'objectif de rendement du réseau est fixé à 85 % ou lorsque cette valeur n'est pas atteinte, à 65 % + 1/5 ILC, soit **67,1 %** sur ce présent diagnostic.

Les rendements primaires peuvent être définis par trois types de rendements :

- Le rendement transport : il est égal au rapport du volume mis en distribution (sortie de réservoir) sur le volume produit par le SIE de Phalsbourg ;
- Le rendement distribution : il est égal au rapport du volume consommé facturé (rôles d'eau) sur le volume distribué (sortie de réservoir) ;
- Le rendement global : il est égal au rapport du volume consommé facturé (rôles d'eau) sur le volume produit et acheminé par le SIE de Phalsbourg ;

Les volumes mis en distribution en sortie du réservoir de Garreboung n'étant pas connu, les rendements transport et distribution ne peuvent pas être calculés.

Sur la période 2010-2014, le **rendement global** de la commune de Garreboung atteint **62,5 %** ([Tableau 5](#)). Ce rendement est considéré comme « médiocre » ([Tableau 6](#)).

Tableau 5 Rendements primaires globaux du réseau AEP de Garreboung

RENDEMENTS PRIMAIRES GLOBAUX		2009-2010	2010-2011	2012	2013	2014
Volume produit	m ³ /an	30 793	34 925	34 383	38 127	29 558
Volume consommé facturé	m ³ /an	21 927	22 363	20 318	20 570	21 533
Rendement global		71,2%	64%	59,1%	54%	72,8%
		62,5%				

Tableau 6 Valeurs guide pour le rendement primaire (Source: Etude inter-agences)

Rendement primaire	Correspondance qualité
50 à 60 %	Mauvais
60 à 70 %	Médiocre
70 à 75 %	Moyen
75 à 80 %	Bon
80 à 85 %	Très bon
85 à 90 %	Excellent

Sur la période 2010-2014, les objectifs de rendements de 85% et de **67,1%** (correspondant à 65% +1/5 ILC) ne sont pas atteints. Le calcul du rendement a été effectué entre le volume consommé facturé par la commune de Garreboung et le volume acheté depuis le SIE de Phalsbourg.

c) L'Indice Linéaire de perte

Une notion importante dans l'économie d'eau est la réduction des pertes en distribution sur le système AEP. L'indicateur choisi pour quantifier et suivre l'évolution des pertes dans les réseaux est l'Indice Linéaire de pertes (ILp), rapport entre les pertes moyennes journalières et la longueur du réseau hors branchement (en m³/j/km) [9].

L'indice linéaire de perte est un indice technique qui permet, entre autres, d'évaluer l'état du réseau en déterminant ses pertes. Il diffère en fonction de l'environnement rural, semi-rural ou urbain. Pour les réseaux peu urbains, le niveau des pertes est davantage lié au nombre d'abonnés qu'au linéaire de réseau. La longueur totale du réseau de Garreboung étant de 5,76 km pour un nombre moyen de 223 abonnés sur la période 2009 – 2014, le réseau AEP de la commune de Garreboung correspond à un réseau de type « semi-rural » avec 38,7 abonnés / km ([Tableau 7](#)).

Tableau 7 Valeurs de référence de l'ILp (Source: Agence de l'Eau)

	<u>Rural</u>	<u>Semi-rural</u>	<u>Urbain</u>
Indice de perte (en m³/j/km)	< 25 abonnés/km	< 50 abonnés/km	>50 abonnés/km
Bon	< 1,5	< 3	< 7
Acceptable	1,5 à 2,5	3 à 5	7 à 10
Médiocre	2,5 à 4	5 à 8	10 à 15
Mauvais	> 4	> 8	> 15

- L'ILp brut est calculé de la manière suivante ([Tableau 8](#)) :

$$ILpB = (\text{Volume produit} - \text{Volume consommé facturé}) / (365 * \text{longueur du réseau})$$

Tableau 8 ILp brut global de la commune de Garrebourg

ILP BRUT GLOBAL		2009-2010	2010-2011	2012	2013	2014
Volume produit	m ³ /an	30 793	34 925	34 383	38 127	29 558
Volume consommé facturé	m ³ /an	21 927	22 363	20 318	20 570	21 533
Linéaire du réseau	km	5,76				
ILP brut global		4,22	5,98	6,69	8,35	3,82

L'ILp brut global atteint 3,82 m³/jour/km en 2014, ce qui montre un ILp « Acceptable ». Cependant, on observe une grande variabilité de cet ILp depuis 2009, ce qui nécessite à la commune d'intervenir en continu. En effet, les investissements sont constants sur le réseau de cette commune.

5) Vulnérabilité quantitative

Le bilan besoins-ressource est réalisé à partir du volume acheminé depuis le SIE de Phalsbourg vers le réservoir de la commune de Garrebourg. Ce bilan besoins-ressources permet de déterminer si le volume produit suffit aux consommations de la commune. Le volume produit correspond au volume issu des ouvrages de production du service pour être introduit dans le réseau de distribution [8]. La production étant réalisée au sein du SIE de Phalsbourg, le volume produit correspond au volume acheminé au droit du réservoir communal de Garrebourg.

a) Bilan besoins-ressources pour la commune de Garrebourg

Bilan besoins-ressources actuel

En 2014, le volume acheminé au droit du réservoir de Garrebourg est de 29 558 m³ et le volume consommé facturé par la Commune est de 21 533 m³. Le rendement, calculé par le rapport du volume consommé facturé via le volume acheté, est de 72,8%.

Le besoin journalier de la Commune a été calculé à partir des données de la mairie. En période d'étiage, le besoin du jour de pointe est d'environ 75 m³/j. Ce besoin est de 68,2 m³/j en jour moyen en 2014 avec un rendement de 72,8% ([Tableau 9](#)).

Tableau 9 Bilan besoins-ressources sur l'année 2014

Situation actuelle 2014	
Consommation annuelle (m ³ /an)	21 533
Rendement %	72,8
Besoin du jour moyen (m ³ /j)	68,2
Kjp	1,1
Besoin du jour de pointe (m ³ /j)	75
Ressource	
Ressource maximale disponible (m ³ /j)	Via le SIE
Bilan pour le jour moyen (m³/j)	Positif
Bilan pour le jour de pointe (m³/j)	Positif
Réserve (m ³)	250

Le volume moyen acheminé via le SIE de Phalsbourg pour la période 2009 – 2014 est de 33 557 m³/an soit 91,9 m³/j. L'année de plus forte demande correspond à 2013 avec 38 127 m³ achetés, soit 104,5 m³/j. Ces volumes permettent de calculer un coefficient de jour de pointe de 1,1.

Actuellement, le bilan pour le jour moyen et le jour de pointe est positif au vue du volume acheté depuis le SIE de Phalsbourg et l'adhésion à ce SIE permet à la commune d'acheter un volume nécessaire à ses besoins.

Bilan besoins-ressources futur

Le bilan besoins-ressources futurs permet d'analyser si les volumes produits suffiront aux consommations futures. Pour ce faire et avec les informations sur les projets d'extension de la commune, une estimation est réalisée sur l'évolution du nombre d'habitations. Les données fournies par la mairie sur les projets en cours sur la commune nous indiquent une évolution de la population de l'ordre de trois puis deux habitations par an sur les périodes 2015-2025 et 2025-2035 respectivement. Cette estimation nous permet d'obtenir une augmentation de cinquante abonnés sur les 20 prochaines années, avec le ratio actuel.

- Dans 10 et 20 ans, soit aux horizons 2024 et 2034, et avec l'adhésion de la commune de Garrebourog au SIE de Phalsbourg, nous pouvons émettre l'hypothèse que les besoins moyens et de pointes seront positifs avec un rendement depuis l'achat d'eau via le SIE de 72,8%.
- La Commune de Garrebourog consommant 72,8% du volume acheté et acheminé depuis le SIE de Phalsbourg, ce volume sera suffisant pour le jour moyen et de pointe.

Le volume consommé en 2024 par les abonnés de la commune de Garrebourog suite à l'augmentation de la population est estimé à **24 126 m³**.

Le volume consommé en 2034 par les abonnés de la commune de Garrebourog suite à l'augmentation de la population est estimé à **25 855 m³**.

Il est à noter que le SIE de Phalsbourg achemine un volume d'eau qui est fonction de la consommation de la commune de Garrebourog. En effet, si la commune présente une évolution de ses consommations, le SIE de Phalsbourg permettra de fournir en conséquence les besoins de la commune. De plus, une étude de réhabilitation de la source « Thiergartenbach » est envisagée.

6) Prévisions de renouvellement

Afin de hiérarchiser le renouvellement des différents tronçons de la commune, le barème de « note » suivant a été attribué à chaque critère d'état retenu ([Tableau 10](#)) ;

- L'âge : l'ancienneté des conduites induit des fragilités qui peuvent amener à une rupture de celles-ci ;
- Le taux de casse : c'est le ratio du nombre de défaillances rencontrées au cours des 5 dernières années sur le linéaire du réseau total, le tout étant ensuite rapporté à l'année ;
- L'importance hydraulique : elle caractérise la localisation au sein du réseau AEP. Il faut ainsi distinguer la conduite d'adduction, de transport et de distribution. Ces dernières ne présentent pas la même importance vis-à-vis d'une rupture ou d'une fuite sur la conduite. Sur la commune de Garrebou, les conduites d'adduction et de transport n'étant pas traitées, seule la conduite de distribution est prise en compte. La conduite de distribution présente une importance hydraulique maximale, une fragilité sur ce réseau peut en effet affecter la mise en distribution.
- Le matériau : en fonction de la nature des eaux captées, les matériaux peuvent être plus ou moins dégradés. Sur cette commune, l'exemple des eaux corrosives avec les conduites d'origine en Acier montrent l'importance d'étudier la qualité des eaux afin de mettre en place des matériaux adaptés à la nature de ces eaux ;
- Le facteur de corrosion : associé aux conduites en Acier et à des eaux captées très faiblement minéralisées, la corrosion est induite par l'oxydation ferrique d'un métal ferreux et évoque une transformation du matériau et une perte de matière qui aboutissent à la dégradation d'une conduite. Ce facteur prend ainsi en compte les effets d'actions chimiques via l'eau captée sur l'Acier d'origine.
- Le taux d'encrouement : celui-ci est lié au facteur de corrosion. Moins l'eau est minéralisée plus son facteur de corrosion est important et va donc induire un taux d'encrouement important ;
- L'environnement (trafic routier) : il permet d'analyser l'importance du trafic sur la zone d'étude soit la probabilité de dégradation du réseau. Un trafic routier faible évoque un état de dégradation des conduites moindre.

Tableau 10 Notes des différents paramètres des canalisations

Matériaux	Note/20	Année de pose	Note/20	Trafic routier	Note/20
Amiante - Ciment	20	Plus de 75 ans	20	Important	20
Acier	20	De 55 à 75 ans	13	Moyen	10
Plomb	20	De 30 à 55 ans	5	Faible	0
Fonte grise	13	De 10 à 30 ans	2		
PVC collé	12	Moins de 10 ans	0		
Inconnu	8	Inconnu	8		
Acier inoxydable	7				
Autres	2				

Taux de casse (casse/km/an)	Note/20	Importance Hydraulique	Note/20
Plus de 2	20	Plus de 75%	20
De 1 à 2	12	De 50 à 75%	15
De 0,5 à 1	8	De 25 à 50%	10
Moins de 0,5	6	De 10 à 25%	5
0	0	Moins de 10%	0

Facteur corrosion	Note/20	Taux d'encroustement	Note/20
Important	20	Fort	20
Moyen	10	Moyen	10
Faible	0	Nul	0

Selon les résultats obtenus, une note sur 140 est attribuée à chaque canalisation et permet d'avoir l'échéance de renouvellement de celle-ci, soit l'importance du risque de casse ([Tableau 11](#), [Tableau 12](#)).

Tableau 11 Notes des conduites et renouvellement

Note de la conduite	Échéance de renouvellement
< 30	Après 2055
31 à 50	2045 à 2055
51 à 70	2035 à 2045
71 à 90	2025 à 2035
91 à 110	2015 à 2025
> 111	Immédiat

Cette démarche est évolutive. Elle permet une réévaluation du score et donc du renouvellement des canalisations dans le temps [10].

Sur la base de ce scénario, la proposition de renouvellement du réseau d'eau potable est la suivante :

Tableau 12 Echéance de renouvellement des canalisations

Echéance de renouvellement	Linéaire
Immédiat	19%
2015 à 2025	43,5%
2025 à 2035	6,6%
2035 à 2045	4,2%
2045 à 2055	26,6%
Après 2055	0%

La majorité des canalisations est à renouveler d'ici 2025 (62,5%). En effet, les calculs montrent l'importance du facteur de corrosion et du taux d'encroustement, essentiellement sur les canalisations en Acier d'origine, datées de 1958.

La liste des canalisations et de leurs caractéristiques est jointe en **Annexe 6** ainsi que le plan du réseau avec les échéances de renouvellement en **Annexe 5**.

V. La campagne de mesures

Les informations utilisées pour la réalisation de la présente phase proviennent, entre autres des enregistrements effectués aux points clés du système AEP.

En vue de disposer de l'ensemble des éléments hydrauliques permettant une modélisation du système AEP, nous avons mis en place les points de mesures suivants :

1. Station de neutralisation : Mesures du débit sur la source « Thiergartenbach » ;
2. Chambre de comptage : Enregistrement des débits de production ;
3. Réservoir : Enregistrement des débits mis en distribution et du marnage.

La campagne de mesures a été menée du 29 juin au 9 juillet 2015. Les résultats sont exploités sur des journées complètes, soit du 30 juin au 8 juillet 2015.

1) Mesures de débits

a) La source « Thiergartenbach »

Une mesure de débits a été menée au droit de la station de neutralisation, sur le drain d'arrivée de la source « Thiergartenbach ».

Afin de déterminer le débit de la source « Thiergartenbach », le temps de remplissage du bassin d'arrivée a été calculé. La largeur du bassin étant de 2,2 mètres, la longueur de 0,58 mètres et la hauteur de 0,90 mètres, le volume du bassin est de 1,15 m³. Deux mesures ont été réalisées, espacées de 10 jours. Les débits obtenus sont de 301 et 305,3 m³/j.

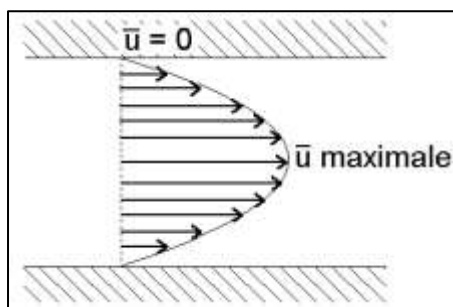


De plus, des mesures de vitesse ont été réalisées au droit du drain d'arrivée de la source. Ces vitesses ont pu être déterminées via un capteur de vitesse ([Figure 10](#)).

Figure 10 Capteur de vitesse en sortie du drain de la source

Sept mesures ont été effectuées à différentes positions dans le drain. En effet, le régime d'un écoulement se caractérise par la fluctuation temporelle des vitesses et des pressions au sein d'une conduite [11]. La connaissance du profil de vitesse dans une conduite permet de calculer le débit. Dans un drain, le profil de l'eau est le suivant :

Figure 11 Profil de l'eau dans un drain et variation des vitesses (u)



Ainsi, la plus grande vitesse se situe au centre de la canalisation. La mesure la plus réaliste correspond à la plus grande vitesse mesurée, elle est donc retenue dans le cadre de cette prise de mesures. Sachant que lors du précédent calcul du débit de la source, la mesure ne présente pas de variations et que le drain dispose de queues de renard, ces derniers sont responsables d'une diminution de la vitesse dans le drain. En ce sens, la plus grande vitesse apparaît comme la plus fiable possible ([Tableau 13](#)).

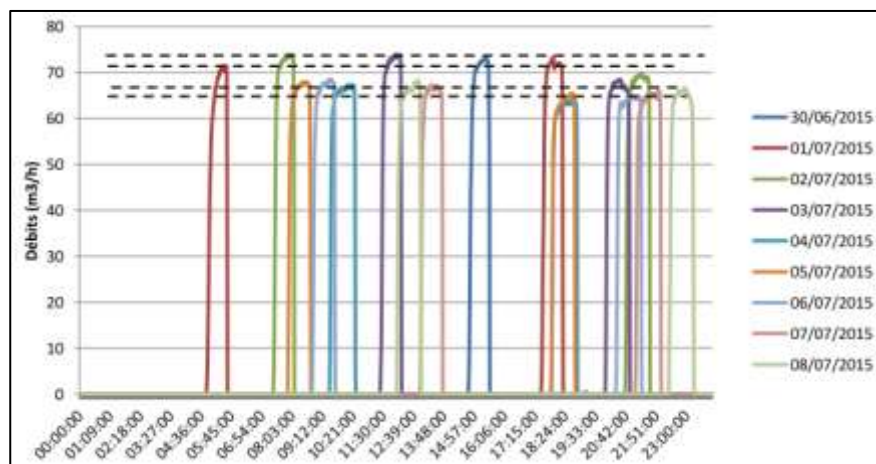
Tableau 13 Valeurs des mesures de vitesse sur la production de la source "Thiergartenbach"

N° mesure	Vitesse (m/s)	Hauteur (cm)	Sh (m ²)	Q (m ³ /s)	Q(m ³ /h)	Q (m ³ /j)
1	0,47	3,5	0,0034	0,001598	5,7528	138,0672
2	0,485		0,0034	0,001649	5,9364	142,4736
3	0,59		0,0034	0,002006	7,2216	173,3184
4	0,613		0,0034	0,002084	7,50312	180,0749
5	0,566		0,0034	0,001924	6,92784	166,2682
6	1,1		0,0034	0,00374	13,464	323,136
7	0,747		0,0034	0,00254	9,14328	219,4387

b) Production : Chambre de comptage

Les débits enregistrés au droit de la chambre de comptage témoignent du fonctionnement des pompes du SIE de Phalsbourg. Celles-ci permettent de remplir le réservoir lorsque la sonde de niveau indique un niveau bas. La durée de fonctionnement des pompes est d'environ 49 minutes. En vue d'étudier le débit par heure, les données, par minute, sont transposées en m³/h. Les résultats indiquent que le fonctionnement des pompes varie selon quatre régimes : 74 m³/h ; 70 m³/h ; 68 m³/h et 66 m³/h ([Figure 12](#)).

Figure 12 Evolution des débits de production



c) Mise en distribution : sortie du réservoir

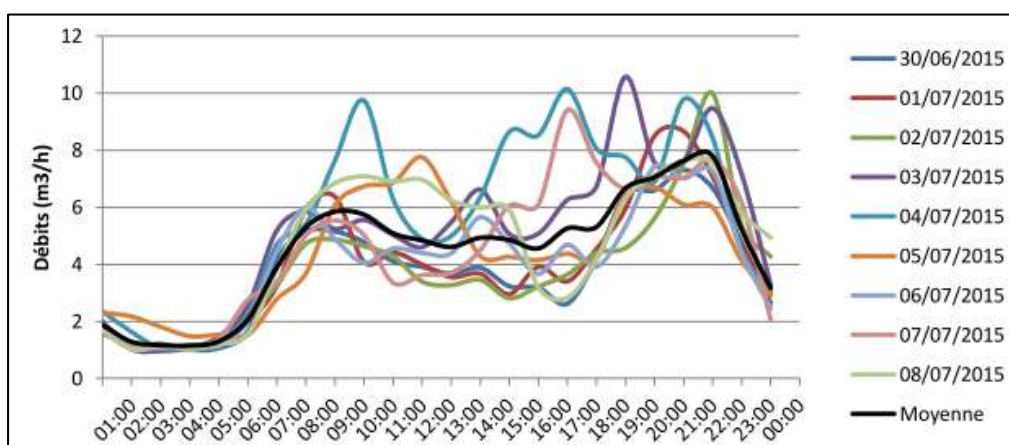
Un compteur de mise en distribution a été installé en sortie de réservoir. Afin de mener la campagne de mesures, ce compteur a été équipé d'une tête émettrice et relié à un enregistreur permettant la collecte des informations en continu ([Figure 13](#)).

Figure 13 Installation de l'enregistreur sur le compteur de mise en distribution



La courbe ci-dessous ([Figure 14](#)) représente les débits réellement mis en distribution en sortie du réservoir de Garrebourg. On y observe la consommation des usagers ainsi qu'un débit minimal nocturne assimilable à la part de fuite globale du réseau.

Figure 14 Evolution des débits mis en distribution

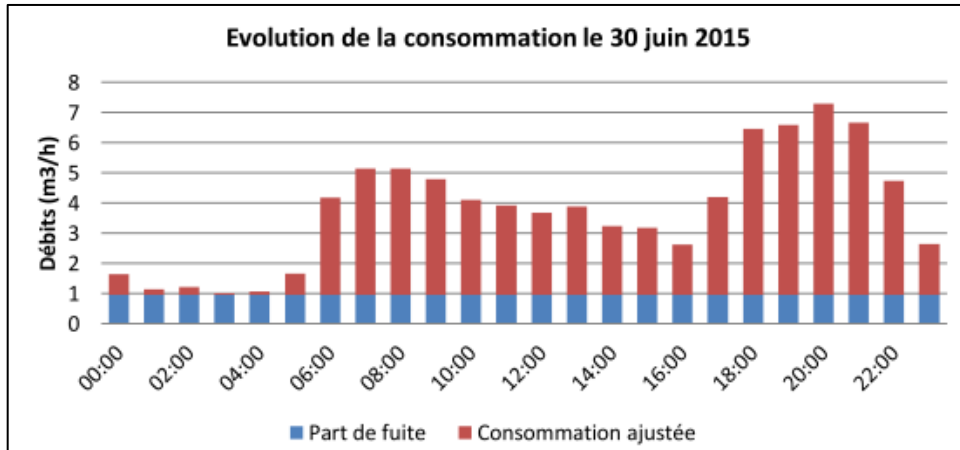


Sur la période de mesures, la consommation moyenne est de $106,54 \text{ m}^3$.

Globalement, on retrouve un profil de consommation typique des usages domestiques, qui représente environ 78 % des consommations recensées sur Garrebourg. On observe donc un premier pic le matin, entre 7 et 9h00. Un second pic, globalement plus fort, est observé entre 18 et 22h00.

Le minimal nocturne est relevé le 3 juillet 2015 à 2h00, à hauteur de $0,96 \text{ m}^3/\text{h}$, soit $23,04 \text{ m}^3/\text{j}$ assimilable aux pertes. En effet, le minimal nocturne correspond aux fuites. Avec la part de fuite, il est possible d'ajuster la consommation pour permettre d'étudier son évolution ([Figure 15](#)).

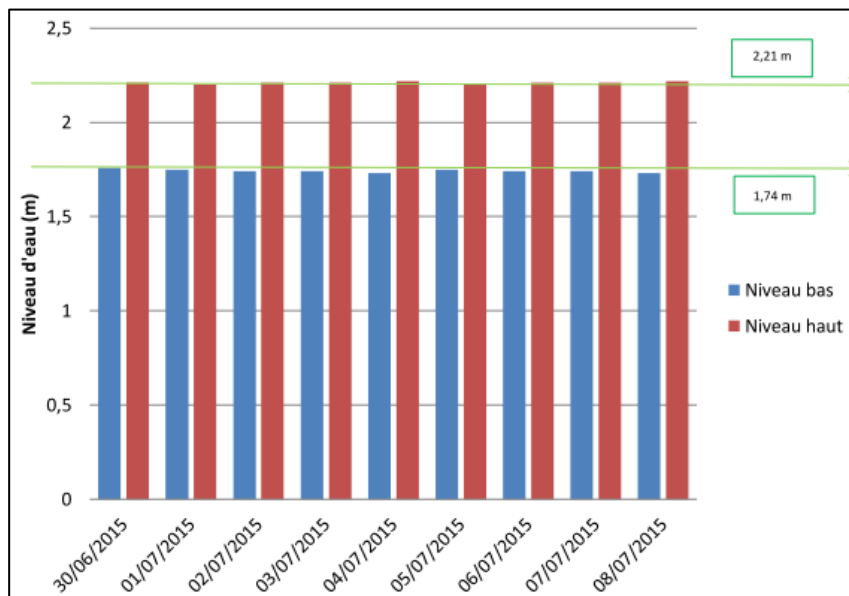
Figure 15 Evolution de la consommation ajustée



2) Mesures de marnage au réservoir

La mesure du marnage s'effectue via une sonde placée au droit de la cuve. Les variations de niveaux correspondent à un et demi voir deux principaux cycles journaliers de remplissage ([Figure 16](#)). L'amplitude de celui-ci demeure proche de 45-50 cm.

Figure 16 Evolution du marnage



D'après les données sur l'évolution du marnage, le niveau bas est à 1,74 m et le niveau haut à 2,21 m. Le niveau haut correspond à la capacité maximale de la cuve, soit 250 m³. Le niveau bas représente un volume de 196,83 m³. Le volume minimum dédié à la défense incendie de 120 m³ est respecté avec les conditions actuelles de fonctionnement du réservoir.

L'amplitude du marnage variant entre 45 et 49 cm par jour sur la période du 30 juin au 8 juillet 2015, il est représentatif d'une variation de volume dans le réservoir entre 50,9 et 55,43 m³ par cycle de marnage.

3) Interprétation des résultats

a) Débit minimal nocturne

Concernant la commune de Garrebourg, le débit minimal nocturne est atteint le 3 juillet 2015 à 2h00. Ce dernier a été mesuré à 0,96 m³/h soit 23,04 m³/j.

La consommation moyenne est de 106,54 m³/j, pertes comprises. Les besoins en consommation lors de la période de mesures sont portés à :

$$106,54 - 23,04 = \mathbf{83,5 \text{ m}^3/\text{j}}$$

A partir de ces hypothèses, il est possible de recalculer un rendement théorique du réseau d'alimentation en eau potable :

$$R = 83,5/106,54 = \mathbf{78,4 \%}$$

Cette valeur est proche du rendement de 72,8 % calculée en phase 1 pour la commune de Garrebourg. Cette faible variation du rendement signifie que les volumes théoriques utilisés dans les chapitres précédents sont proches des volumes réels.

b) Indice Linéaire de pertes

Le débit de fuite et l'ILp correspondant ont pu être calculés ([Tableau 14](#)).

Tableau 14 Calcul de l'ILp réel

	Débit nocturne minimal (m ³ /h)	Pertes journalières (m ³ /j)	Linéaire de canalisation (km)	Ilp (m ³ /j/km)	Etat
Garrebourg	0,96	23,04	5,76	4	Acceptable

Le calcul théorique effectué en phase 1 concernant les ILp était le suivant : 3,82

Le fait que l'ILp théorique soit proche de l'ILp réel indique que le rendement moyen de Garrebourg est principalement dû à l'état du réseau. La part de sous-comptage des compteurs de facturation doit être de fait relativement faible.

c) Autonomie du réservoir et âge de l'eau

L'évolution du marnage nous renseigne sur le niveau d'eau à partir duquel les pompes se mettent en marche. Cependant, en cas d'arrêt des pompes, le réservoir ne sera plus alimenté. Pour ceci, il est intéressant d'estimer l'autonomie que peut permettre le réservoir.

L'autonomie de la commune se calcule à partir du niveau bas du réservoir. L'autonomie du réservoir avec une consommation sans fuites est de :

$$196,83 / 83,5 = \mathbf{2,36 \text{ jours}}$$

En intégrant la part de fuites :

$$196,83 / 106,54 = \mathbf{1,85 \text{ jours}}$$

A partir du volume maximal atteint dans le réservoir et la consommation moyenne, l'âge de l'eau dans le réservoir peut se déterminer de la façon suivante :

$$250 / 106,54 = \mathbf{2,35 \text{ jours}}$$

Le temps de séjour au droit du réservoir est de 2,35 jours auxquels il convient d'ajouter le temps de séjour dans les canalisations du SIE de Phalsbourg (inconnu à cette date). L'âge total de l'eau, ajouté aux non-conformités bactériologiques relevés en phase 1, indiquent qu'il pourrait être nécessaire de mettre en place un système de chloration au droit du réservoir.

VI. Conclusion de l'étude

Dans un réseau AEP, toute non-conformité doit être interprétée comme un signal devant entraîner des investigations et des actions permettant une réparation immédiate afin de pallier à cette situation. Depuis le 1er janvier 2014, pour les communes dont le rendement net est inférieur à l'objectif de rendement fixé par le décret n°2012-97 du 27 janvier 2012 (ce qui n'est pas le cas ici), si aucune action n'est menée, la redevance « prélèvement » pourrait être majorée, d'où l'intérêt pour cette commune de réaliser ce présent diagnostic.

La réalisation de la phase 1 et de l'analyse des volumes de la phase 2 a permis de mettre en évidence les dysfonctionnements rencontrés sur le réseau d'Alimentation en Eau Potable de la Commune de Garrebourg. Ces dysfonctionnements sont les suivants :

- Eau captée dans les grès vosgien : eau très faiblement minéralisée, n'atteint pas l'équilibre calco-carbonique ;
- Eau distribuée présente des non-conformités bactériologiques ;
- Majorité des canalisations en Acier de 1958 (représentant 62,5 %) : risque de casse important sur ces canalisations ;
- La majorité des canalisations doit être renouvelée d'ici 2025 ;

L'adhésion au SIE de Phalsbourg a cependant permis des améliorations, tels que :

- L'équilibre calco-carbonique est atteint avec un traitement de neutralisation ;
- Bilan besoins-ressource positif avec l'adhésion au SIE de Phalsbourg ;

La mise en évidence de dysfonctionnements lors de cette première phase d'étude permet d'ores et déjà de proposer des préconisations pour l'amélioration de l'Alimentation en Eau Potable de la commune de Garrebourg. Ces préconisations sont les suivantes :

- Ajout de chlore au sein du réservoir afin de prévenir les non-conformités bactériologiques ;
- Renouvellement d'une majorité des canalisations en Acier de 1958 (représentant 62,5% du linéaire total).

Notons que pour que la qualité de l'eau du robinet soit garantie, il faut veiller à ce que les canalisations du réseau de distribution soient en bon état. Ainsi, l'amélioration de la qualité des eaux doit se faire en concomitance avec le renouvellement des canalisations d'origine.

Concernant la campagne de mesure, sur l'ensemble de la commune, la consommation minimale est de l'ordre de 0,94 m³/h, assimilable aux fuites. Le débit de fuite correspondant est de 23,04 m³/j. Via ce débit de fuite, l'Indice Linéaire de perte a pu être déterminé à 4 m³/j/km. Sur la commune de Garrebouurg, ceci correspond à un ILp « ACCEPTABLE » (entre 3 et 5 m³/j/km) pour un réseau de type semi-rural.

L'âge total de l'eau ajouté aux non conformités bactériologiques relevés en phase 1 indiquent qu'il pourrait être nécessaire de mettre en place un système de chloration au droit du réservoir.

VII. Conclusion du stage

Ce stage au sein de BEPG m'a permis de découvrir le métier de chargée d'études spécialisée en eau potable. Durant ces 6 mois, j'ai pu travailler essentiellement sur deux diagnostics d'Alimentation en Eau Potable (sur les Communes de Garrebouurg et de Chambrey) et sur une étude de sécurisation sur la Communauté de Communes du Pays de Colombey et du Sud Toulousain.

La majeure partie de mon travail a consisté à récupérer toutes les informations nécessaires à la compréhension du fonctionnement des systèmes d'Alimentation en Eau Potable, à visiter des ouvrages et à la rédaction de rapports.

L'étude diagnostic présentée dans le présent rapport m'a permis de compléter les notions acquises lors de mon cursus universitaire.

Ce sujet de stage a été très enrichissant et m'a permis de développer mon sens relationnel grâce aux collaborations avec d'autres bureaux d'études, avec les collectivités et les partenaires tels que l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

Durant ce stage, j'ai également travaillé avec deux logiciels, Autocad et QGIS. Les études auxquelles j'ai participé m'ont permis de développer des compétences en utilisation de ces logiciels.

Ce stage m'a permis de découvrir les missions et les responsabilités auxquelles sont soumis les chargés d'étude. Cela m'a conforté dans mes choix pour mon avenir professionnel.

BIBLIOGRAPHIE

[7] Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique, 9 pages ;

[1] Carte géologique n° 233 de Saverne au 1/50 000, éditions du BRGM, publication 1981 ;

[6] Dambrine E., Duc M., Nicolaï M., Partey JP., Pollier B., Probst A., Rozin Ch., Acidification des eaux de source et saturnisme dans le massif vosgien ;

[10] G2C environnement – Inventaire des canalisations d'eau potable – 2013; 22 pages ;

[9] Renaud, Eddy, 2009, Valeurs de référence de l'indice linéaire de pertes des réseaux d'alimentation en eau potable, Cemagref, 64 pages

[11] Vazquez, José, ENGEES, Hydraulique générale, 69 pages ;

Site internet

[3] La vigie de l'eau : <http://www.lavigiedeleeau.eu>

[2] Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse : <http://www.rhin-meuse.eaufrance.fr>

[8] Observatoire national des services d'eau et d'assainissement : <http://www.services.eaufrance.fr>

[4] Système d'information pour la gestion des eaux souterraines du bassin Rhin-Meuse : <http://www.sigesrm.brgm.fr>

[5] Site d'informations scientifiques, techniques et écologiques sur l'eau : <http://www.pravarini.free.fr/EauPotab2.htm>

Bureau d'études en Environnement, Pédologie et Géologie
2, Allée de Saint Cloud
54 600 VILLERS-LES-NANCY

BLANCHET Amélie
Master 2 GPRE
Spécialité Sol, Eau et Environnement

Rapport de stage : Diagnostic du réseau AEP – Commune de Garrebourg

Mots clés : Diagnostic, Eau Potable, Rendement, Neutralisation

Type de travail : Stage en entreprise dans le cadre du Master 2 GPRE

1 volume – 29 pages – 6 Annexes – 11 Références bibliographiques

Date de rendu : Septembre 2015

Maître de stage : Arnaud HOGNON – Chargé d'Affaires AEP

Tuteur et Responsable de formation : Sylvie DOUSSET – Professeur – LIEC

Résumé : La commune de Garrebourg, située dans le département de la Moselle, a décidé de faire appel à BEPG pour la réalisation de son diagnostic d'Alimentation en Eau Potable. En effet, elle souhaite améliorer sa connaissance de son système AEP et mettre en conformité son service vis-à-vis de la réglementation en matière de Schéma Général d'Alimentation en Eau Potable. Le diagnostic réalisé va permettre d'optimiser et de pérenniser le système AEP via un Schéma Directeur techniquement justifié et financièrement quantifié.

Afin de réaliser le Schéma Directeur, le diagnostic est réalisé en 3 phases pour étudier le fonctionnement du système AEP. La phase 1 et une partie de la phase 2 mettent en avant les dysfonctionnements rencontrés sur ce réseau et permettent de pouvoir apporter des préconisations sur celui-ci. La commune de Garrebourg est caractérisée par un réseau très fragilisé du fait de sa composition Acier / Fonte, associée à une eau, très douce et très minéralisée, captée au sein des Grès Vosgien, qui induit une tendance à la corrosion au droit des canalisations. L'état de ces canalisations oblige la Commune à investir sur le réseau afin de pallier aux fuites et ruptures fréquentes.

Abstract: The City of Garrebourg, located in the department of the Moselle, decided to call on BEPG to realise its diagnosis of drinking water supply. Indeed, the municipality wishes to improve its knowledge of system of drinking water supply and to put in conformity its service with respect to the regulation as regards General Outline of drinking water supply. This present diagnosis goes, in this direction, to allow to optimize and to perennialize system of drinking water supply by an Information system strategic plan technically justified and financially quantified.

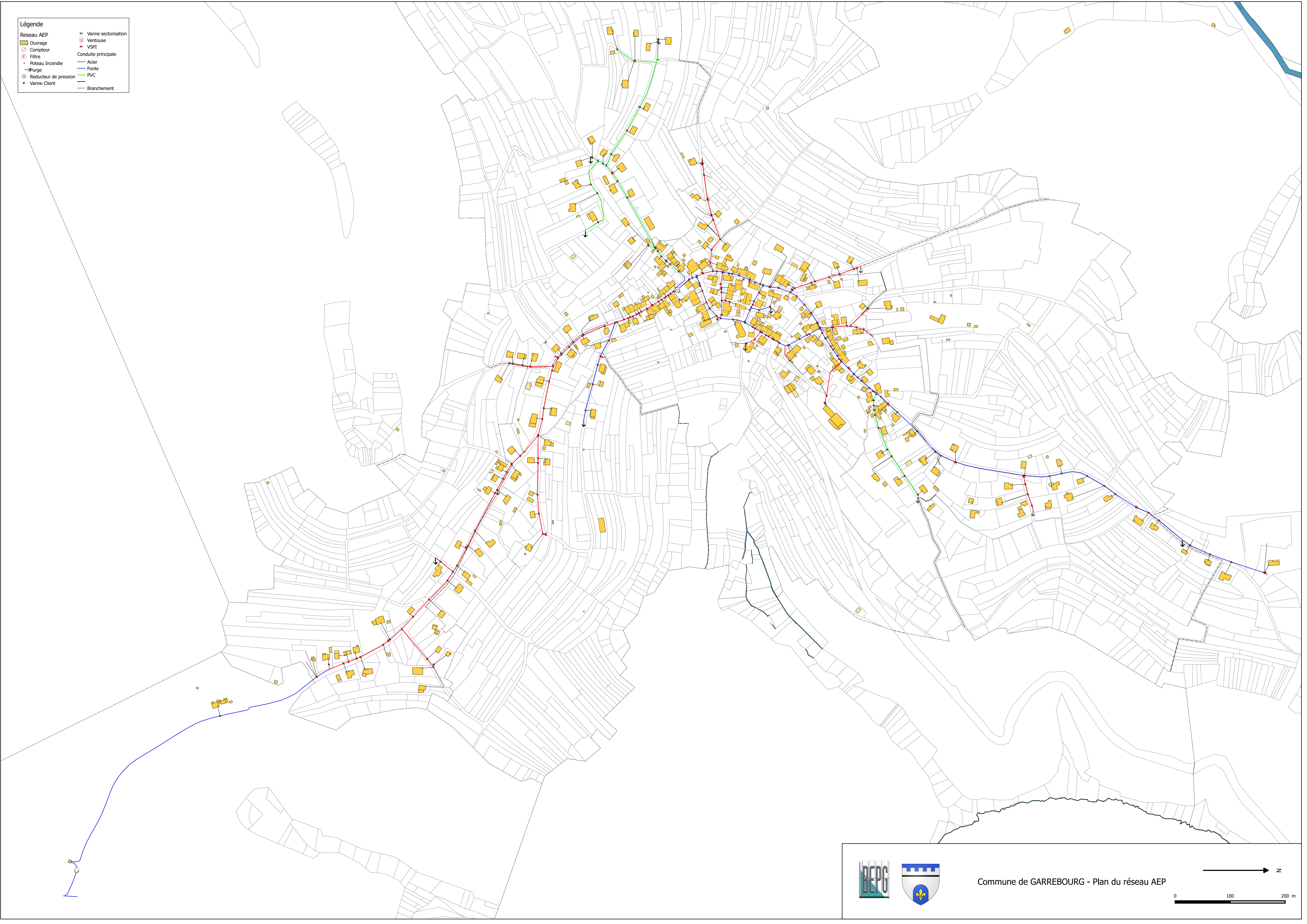
In order to carry out the Information system strategic plan, the diagnosis is composed of 3 phases which will allow to study the operation of system of drinking water supply. On phase 1 and part of studied phase 2, nature of the resources and the network allow to propose the dysfunctions met on this network and to be able to bring recommendations on this one. The municipality of Garrebourg is characterized by a very weakened network of the fact a majority composition out of steel associated with a water collected within the Vosgean Sandstone, very soft and very mineral-bearing water which induces a trend with corrosion with the right of the drains. The nature of these drains obliges the municipality to invest on the drinking water network in order to mitigate the leaks and ruptures.

ANNEXES

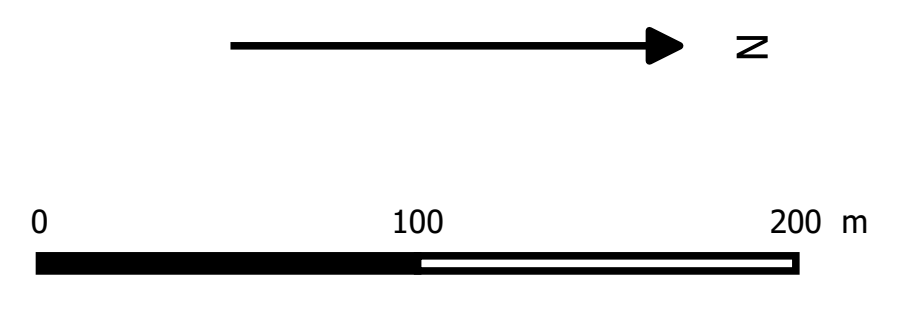
ANNEXE 1 : Plan du réseau d'Alimentation en Eau Potable de la commune de Garrebourog

Légende

Reseau AEP	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ouvrage ○ Compteur ○ Filtre ● Poste incendie → purge ○ Reducteur de pression ● Vanne Client 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Vanne sectorisation ○ Ventouse ○ VSPI — Conduite principale — Acier — Fonte — PVC — Branchement
------------	---	--









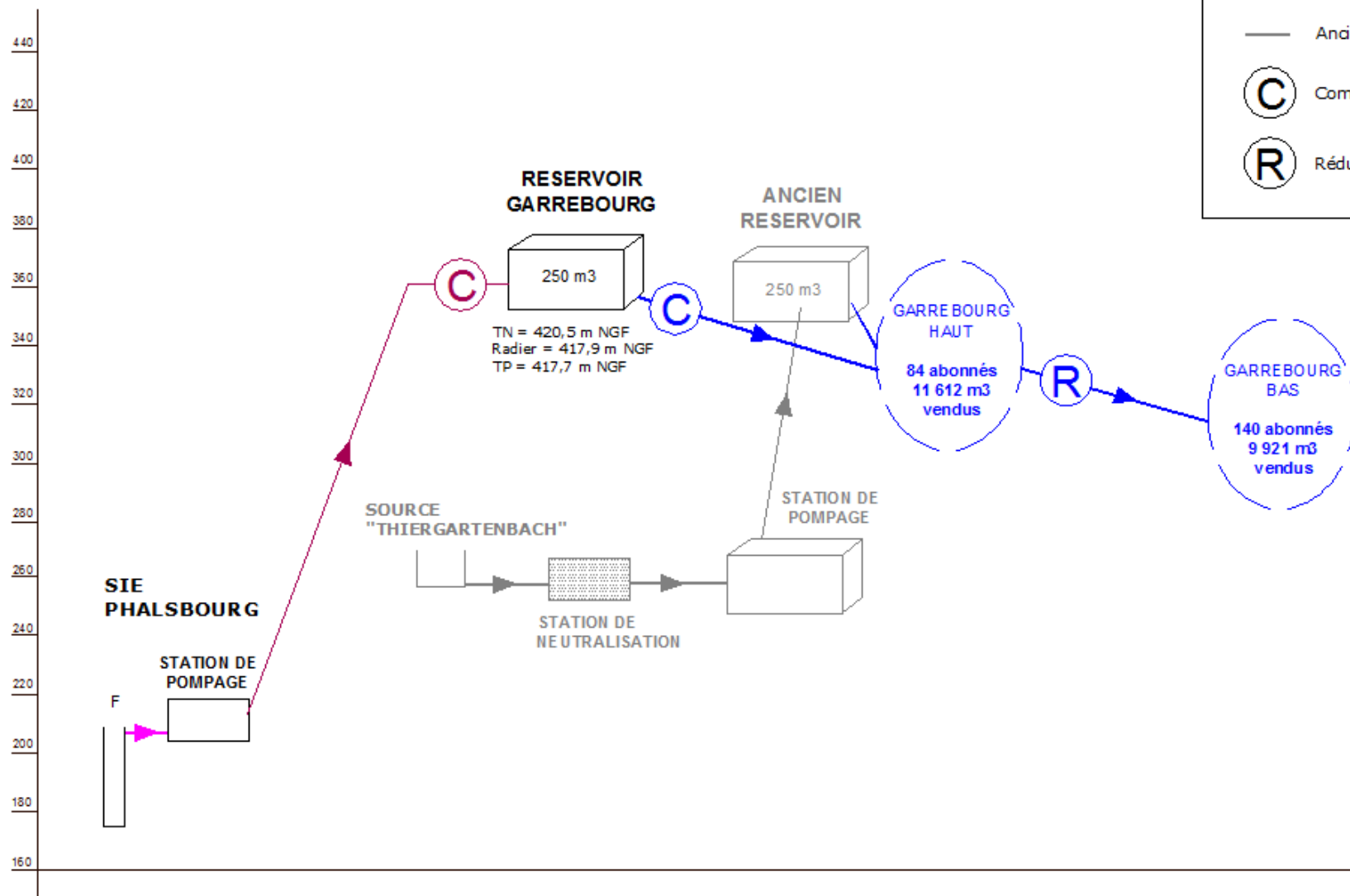
Commune de GARREBOURG - Plan du réseau AEP



ANNEXE 2 : Synoptique du fonctionnement du système d'Alimentation en Eau Potable de la commune de Garrebourg

Légende

-  Adduction
-  Transport
-  Distribution
-  Ancien réseau
-  Compteur
-  Réducteur de pression



ANNEXE 3 : Fiches techniques des ouvrages de la commune de Garrebourg

Commune de Garrebourg

Fiche technique de la source Thiergartenbach



Photographies de l'ouvrage

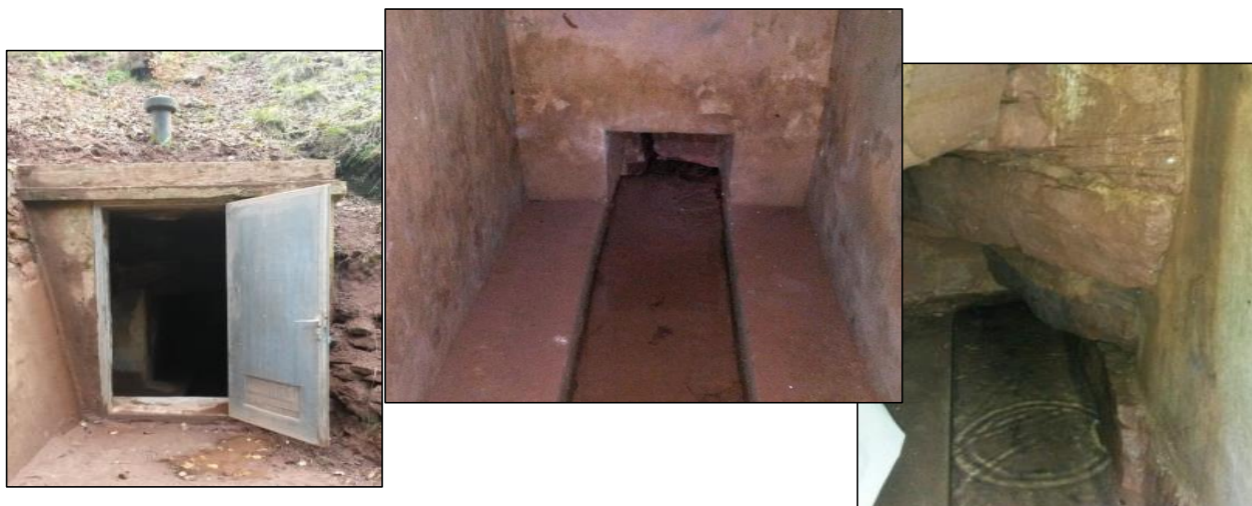
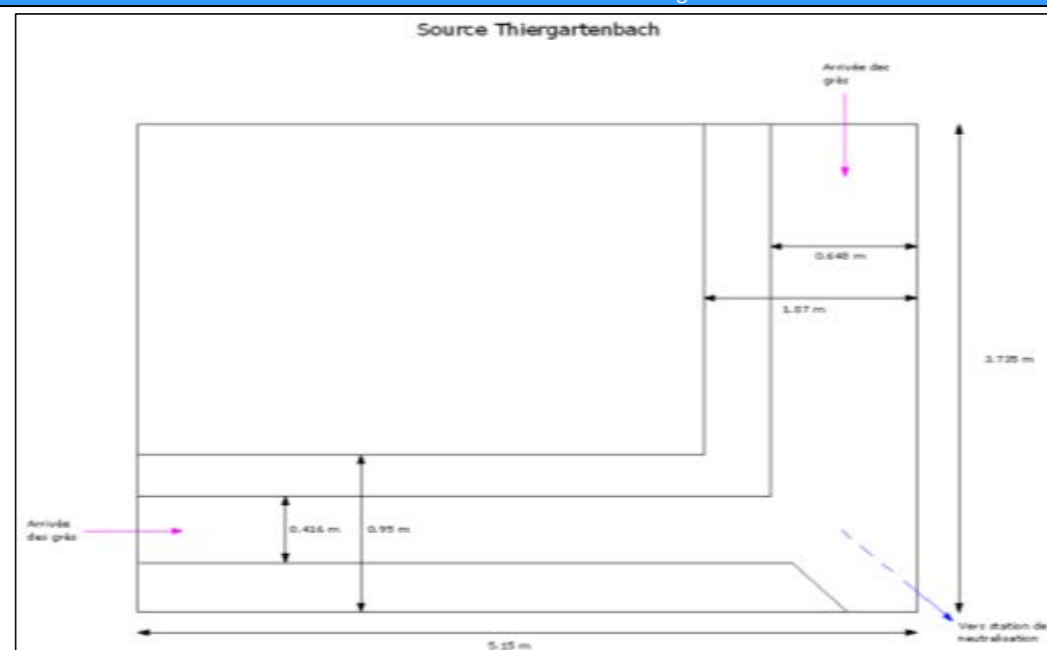


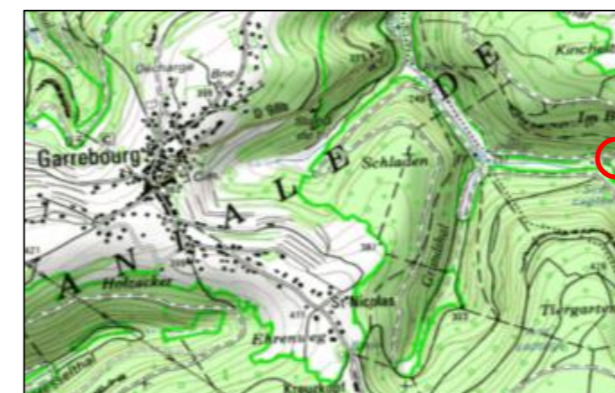
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

Les eaux captées par la source Thiergartenbach arrive naturellement des grès via 2 résurgences. Cela en fait un captage superficiel qui peut être vulnérable à des pollutions ponctuelles.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 012 948 environ
Y(m)	6 853 936 environ
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	273
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	Source
Date de réalisation	1958
Entreprise	
Commune	Garrebourg
Capacité	-

Principaux équipements

La source Thiergartenbach est une source non drainée, directement dans les grès. La source est composée d'une conduite munie d'une crépine. Dans l'environnement proche de cette source, de nombreuses sources sont observables directement au niveau des grès.

- Présence d'une porte fermée à clé
- Présence de 2 aérations
- La conduite vers la station de neutralisation est munie d'une crépine faite avec un seau
- Précédant la visite, un nettoyage a permis d'oter le sable qui obstruer les cheminées d'aération

Dysfonctionnements observés en vue d'une réutilisation

- La crépine est faite avec un seau
- Du sable a recouvert temporairement les cheminées d'aération

Travaux à réaliser en vue d'une réutilisation

- Pose d'une crépine sur la conduite vers la station de neutralisation
- Nettoyage régulier si du sable recouvre les cheminées d'aération

Commune de Garrebourg

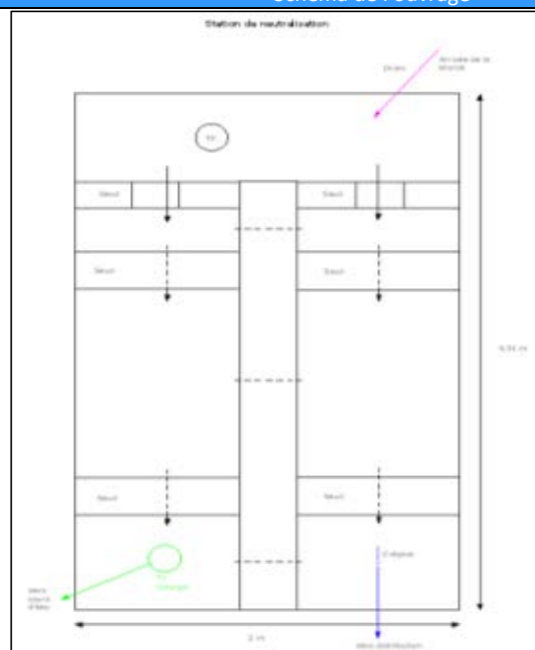
Fiche technique de la station de neutralisation



Photographies de l'ouvrage



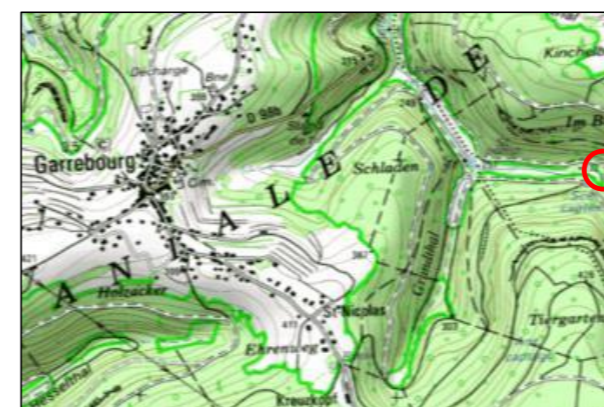
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

L'eau de la source arrive au niveau de la station de neutralisation via un drain. Cette eau va traverser différents seuils qui correspondent à différents bassins. Après le bassin contenant de la neutralite, l'eau peut s'évacuer dans le trop-plein au niveau du cours d'eau ou être dirigée vers la station de pompage via une canalisation avec une crépine.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1012470 environ
Y(m)	6 854 051
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	265 environ
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	station de neutralisation
Date de réalisation	1958
Entreprise	inconnue
Commune	Garrebourg
Capacité	-

Principaux équipements

La station de neutralisation se compose de plusieurs bassins. L'eau est amenée dans un premier bassin via un drain. Ce premier bassin est composé d'un trop-plein. L'eau passe au-dessus du premier seuil et arrive dans le deuxième bassin. Puis, l'eau s'infiltre sous le seuil pour arriver dans le bassin composé de cailloux et anciennement de neutralites. Enfin, l'eau s'infiltre sous le dernier seuil au niveau du dernier bassin. De ce bassin, l'eau est amenée à la station de pompage via une canalisation crépinée. Un trop-plein et une vidange sont également présents au niveau du dernier bassin.

- Présence d'un trop-plein et d'une vidange
- Le trop-plein s'évacue au niveau du cours d'eau, en aval
- Présence d'un accès par une structure en béton au centre de la station de neutralisation
- Présence de seuils permettant le passage aux différents bassins

Dysfonctionnements observés en vue d'une réutilisation

- La crépine est rouillée
- Présence de racines dans le drain d'arrivée
- Traitement sous dimensionné (analyses ARS)

Travaux à réaliser en vue d'une réutilisation

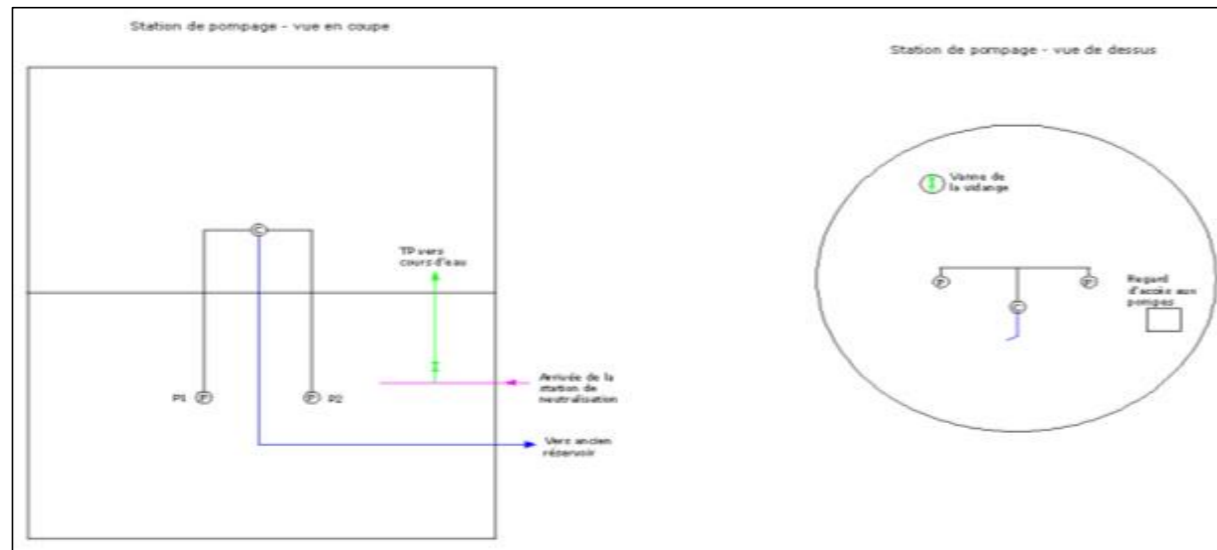
- Nettoyage de l'extérieur et l'intérieur du réservoir
- Curage du drain d'arrivée



Photographies de l'ouvrage



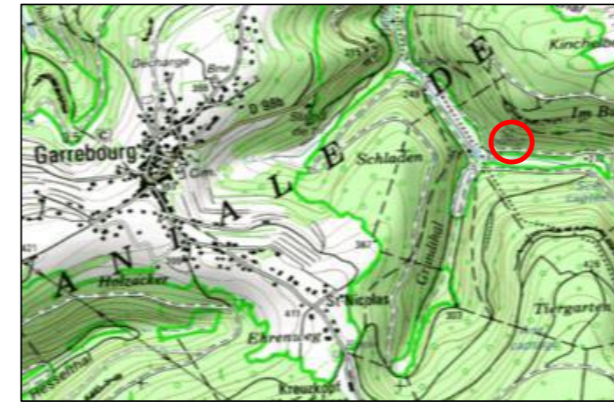
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

L'eau, en provenance de la station de neutralisation, est stockée au niveau de la cuve avant d'être dirigée vers le réservoir via les 2 pompes immergées. Le transport vers le réservoir s'effectuait par refoulement.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 012 485 environ
Y(m)	6 854 004 environ
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	260 environ
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	station de pompage
Date de réalisation	1958
Entreprise	inconnue
Commune	Garrebourg
Capacité	-

Principaux équipements

La station de pompage est composée de 2 pompes immergées et d'un compteur Schlumberger Woltex. Lors de la visite, le niveau d'eau étant de 2,95 m, la cuve n'a pu être visitée malgré la présence d'une échelle d'accès.

- Présence de 2 pompes immergées
- Présence d'un trop-plein qui s'évacue, par une structure en béton, le long du cours d'eau en aval
- Présence d'une armoire pour le fonctionnement des pompes
- La porte d'accès à la station de pompage est fermée à clé
- La maintenance était réalisée par la société AquaMaintenance

Caractéristiques pompes		
Débit :	inconnues	m ³ /h
HMT :	inconnues	m

Equipements métrologiques				
Nom	Type	Enregistrement des données	Historique disponible	Age de pose
Compteur	Schlumberger Woltex	non	oui	1986

Dysfonctionnements observés en vue d'une réutilisation

- Manque de visibilité sur la cuve et les pompes immergées

Travaux à réaliser en vue d'une réutilisation

- Nettoyage de l'extérieur et l'intérieur du réservoir
- Remplacement des pompes
- Mise en place d'un nouveau compteur

Commune de Garrebourg

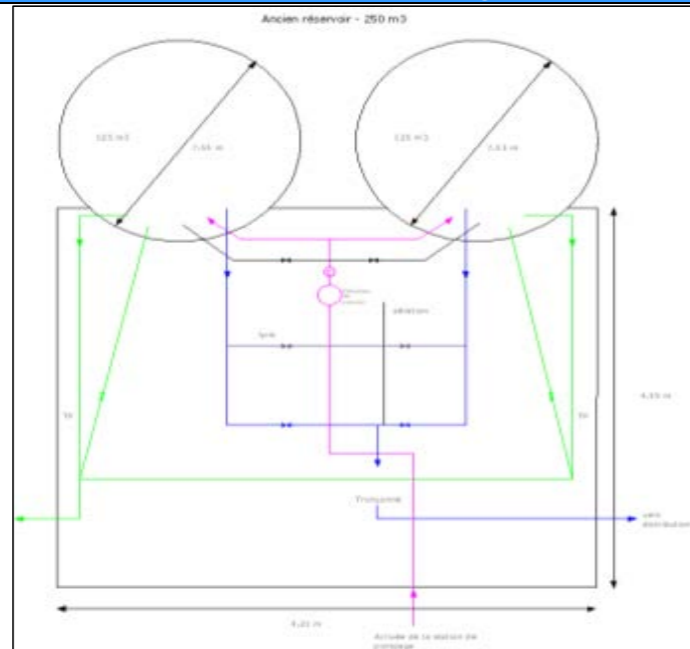
Fiche technique de l'ancien réservoir



Photographies de l'ouvrage



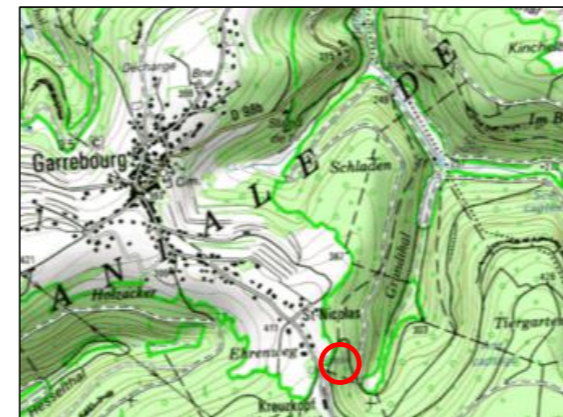
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

L'eau, en provenance de la station de pompage était stockée dans les cuves avant d'être mise en distribution vers la commune de Garrebourg. Les 2 cuves sont reliées par une canalisation qui permet leur communication.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 011 970
Y(m)	6 853 114
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	418 environ
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	Semi-enterré
Date de réalisation	1958
Entreprise	-
Commune	Garrebourg
Capacité	250 m ³

Principaux équipements

L'ancien réservoir, d'une capacité totale de 250 m³, est composé de 2 cuves. La canalisation qui amenait l'eau de la station de pompage au réservoir est composée d'un compteur, placé au niveau des cuves. Ce réservoir possède une lyre, localisée sur la canalisation de distribution. Cette canalisation de mise en distribution a été coupée et on peut ainsi y observer les dépôts de Fer et de Manganèse qui remplissent cette canalisation.

- Présence d'un robinet flotteur
- La maintenance était réalisée par la société AquaMaintenance

Equipements métrologiques

Nom	Type	Enregistrement des données	Historique disponible	Age de pose
Compteur	Woltex Itron DN 65	non	oui	2005

Dysfonctionnements observés en vue d'une réutilisation

- Les cuves contiennent encore un certain volume d'eau
- Absence d'une clôture

Travaux à réaliser en vue d'une réutilisation

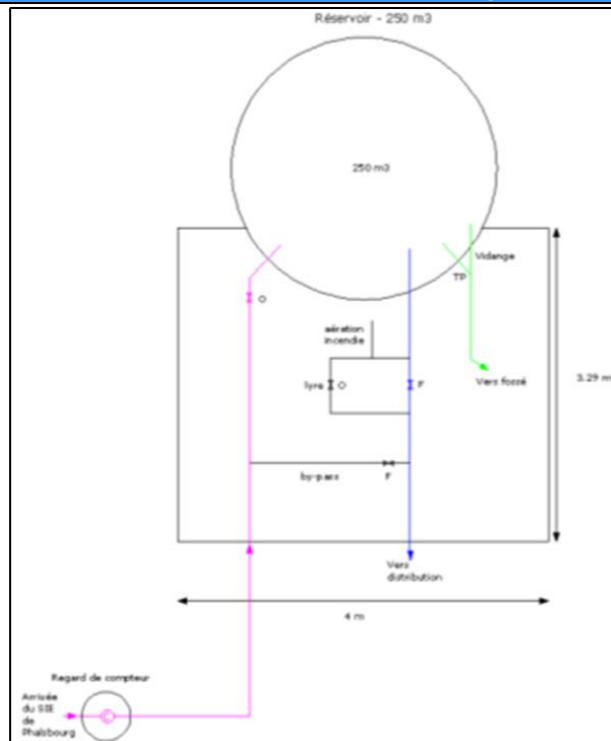
- Repeindre l'intérieur du réservoir
- Vidanger l'eau restante dans les cuves
- Nettoyage de l'extérieur et l'intérieur du réservoir



Photographies de l'ouvrage



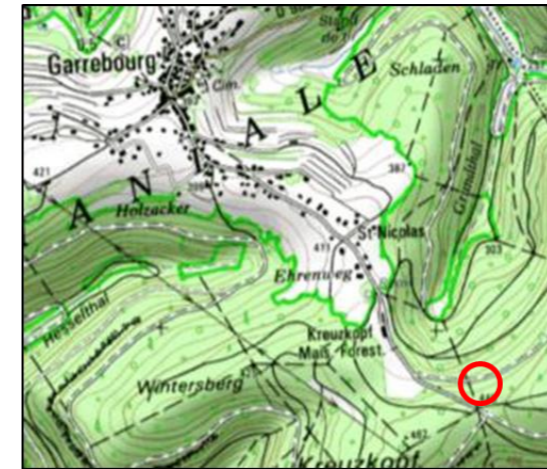
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

L'eau provient du Syndicat des Eaux de Phalsbourg. Le compteur d'arrivée se trouve à l'extérieur du bâtiment, dans un regard prévu à cet effet. Le réservoir possède une réserve incendie de 120 m³ et un by-pass permettant l'alimentation directe de la commune lors des opérations de nettoyage ou de travaux.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 012 300
Y(m)	6 852 741
Z radier (m NGF)	417,9
Z TN (m NGF)	420,5
Z trop plein (m NGF)	417,7

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	semi-enterré
Date de réalisation	2009
Entreprise	-
Commune	Garrebourg
Capacité	250 m ³

Principaux équipements

Un compteur d'entrée se trouve à l'extérieur, il indique la production du Syndicat des Eaux de Phalsbourg. L'accès à la cuve s'effectue dans le bâtiment.

- Présence d'une alarme anti-intrusion
- Présence de 3 cheminées d'aération (local, cuve et incendie)
- Présence d'une échelle pour l'accès à la cuve
- Présence d'une télégestion Sofrel S530
- Présence d'une lyre
- Présence d'un trop-plein et d'une vidange
- La maintenance est réalisée par la société AquaMaintenance, qui procède à un nettoyage annuel

Equipements métrologiques

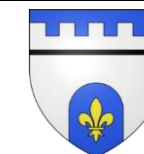
Nom	Type	Enregistrement des données	Historique disponible	Age de pose
Niveau	Sonde US	oui	non	2010

Dysfonctionnements observés

- Absence de compteur de mise en distribution

Travaux à réaliser

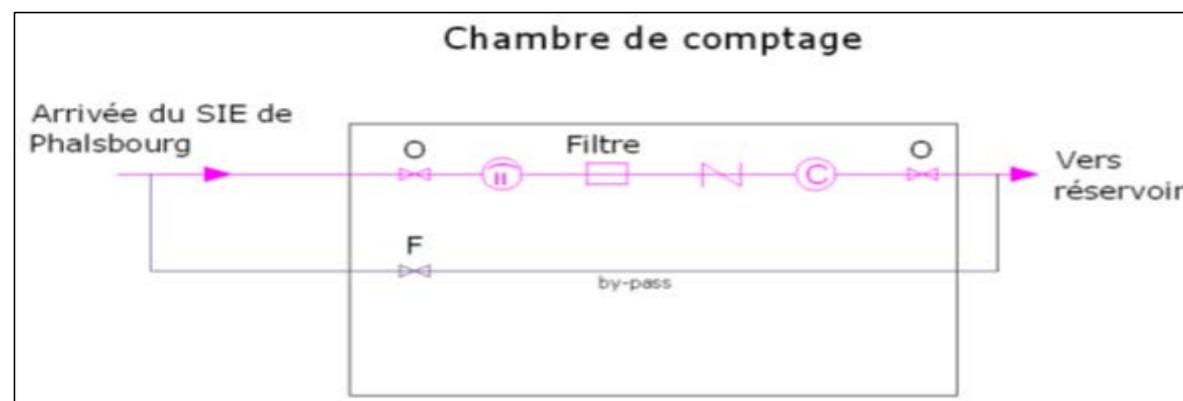
- Mise en place d'un compteur de mise en distribution et y effectuer une relève quotidienne



Photographies de l'ouvrage



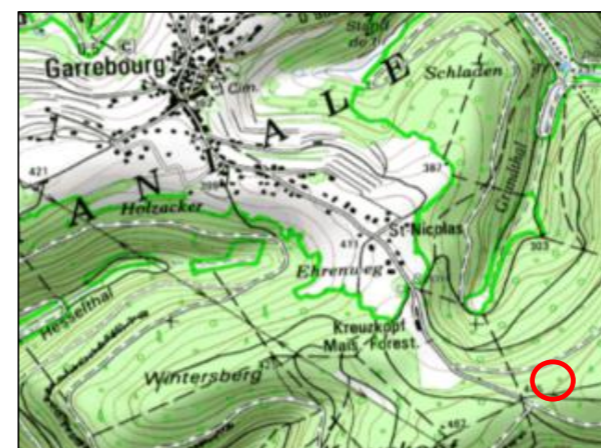
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

Les eaux en provenance du SIE de Phalsbourg sont amenées dans la chambre de comptage. Le compteur permet d'enregistrer, via un système de télégestion, les volumes produits par le SIE de Phalsbourg. Les eaux sont ensuite dirigées au réservoir communal situé à quelques mètres de cette chambre de comptage.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 012 314
Y(m)	6 852 753
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	416
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	chambre préfabriquée
Date de réalisation	2009
Entreprise	Reichart
Commune	Garrebourg
Capacité	-

Principaux équipements

La chambre de comptage enregistre la production du SIE de Phalsbourg, via un système de Télégestion localisé dans le réservoir communal. Cette chambre de comptage est équipée d'un by-pass, d'une ventouse, d'un filtre et d'un clapet anti-retour.

- Présence d'une échelle d'accès à la chambre de comptage
- Présence d'un by-pass
- Présence d'une ventouse
- Présence d'un filtre en fonte
- Présence d'un clapet anti-retour

Equipements métrologiques

Nom	Type	Enregistrement des données	Historique disponible	Age de pose
Compteur	Woltex Itron DN 80	oui	oui	2009

Dysfonctionnements observés

- RAS

Travaux à réaliser

- RAS

Commune de Garrebourg

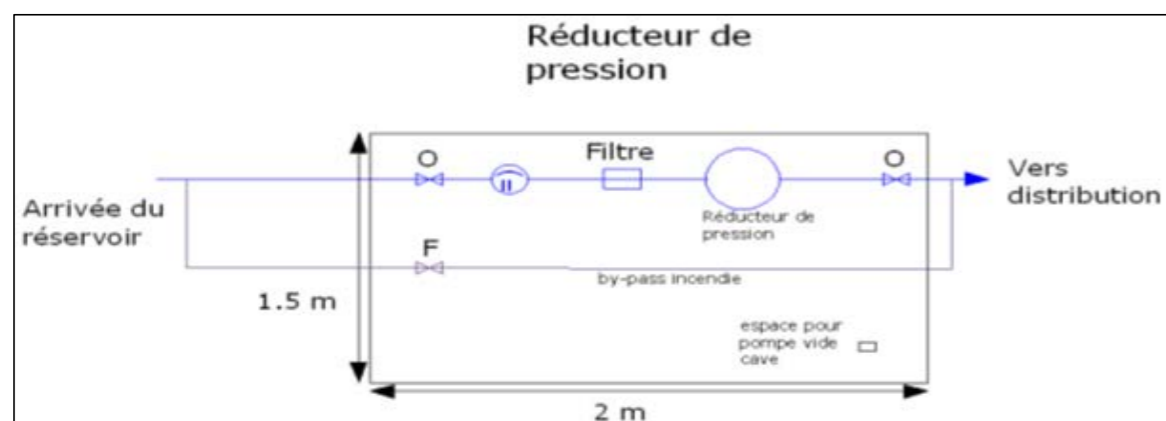
Fiche technique du réducteur de pression



Photographies de l'ouvrage



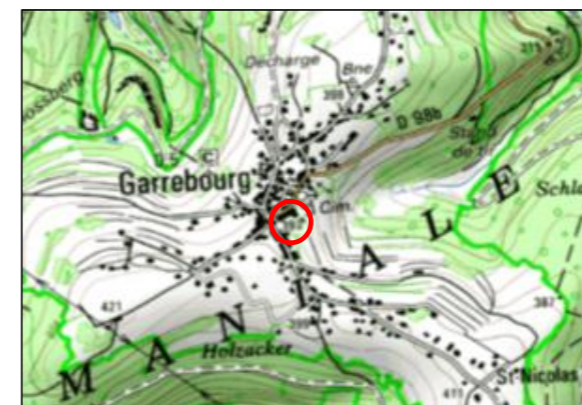
Schéma de l'ouvrage



Principe de fonctionnement

L'eau qui provient du réservoir est dirigée vers ce réducteur de pression avant la mise en distribution dans les secteurs bas de la commune. Avant de réduire la pression, l'eau transite par une ventouse et un filtre. Si un incendie se déclare dans la commune, il y a obligation à venir au niveau de la chambre du réducteur de pression afin de fermer la vanne positionnée sur le by-pass.

Généralités



Données géographiques	
Coordonnées Lambert 93	
X (m)	1 011 258
Y(m)	6 853 845
Z radier (m NGF)	inconnu
Z TN (m NGF)	393,28
Z trop plein (m NGF)	inconnu

Caractéristiques de l'ouvrage	
Type	chambre préfabriquée
Date de réalisation	2009
Entreprise	Reichart
Commune	Garrebourg

Principaux équipements

La chambre du réducteur de pression est composée d'une ventouse, d'un filtre et du réducteur de pression permettant la mesure de la pression en amont et en aval du réducteur de pression. Cette chambre contient également un by-pass pour la sécurité incendie.

- Présence d'une échelle d'accès à la chambre du réducteur de pression
- Présence d'une ventouse
- Présence d'un filtre
- Présence d'un by-pass
- La maintenance était réalisée par la société AquaMaintenance

Equipements métrologiques

Nom	Type	Pression amont	Pression aval	Age de pose
Réducteur de pression	Bayard Pilot 51 DN100 TWW	6,5 bars	3,2 bars	2009

Dysfonctionnements observés

- Fracturation autour du joint de la canalisation
- Echelle d'accès non fixée mais cadenassée

Travaux à réaliser

- Reprise du joint autour de la canalisation afin d'éviter les suintements
- Fixation définitive de l'échelle

ANNEXE 4 : Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine

ANNEXE 5 : Plan du réseau et échéances de renouvellement des canalisations

ANNEXE 6 : Tableau caractéristique des canalisations de la commune de Garrebourg