

Etude diagnostique du réseau d'eau potable du Syndicat Intercommunal des Eaux de Breuches

Département de la Haute-Saône

PHASE 1 bis ***Mesures et modélisation***



SOMMAIRE

I.	Note methodologique	1
I.1.	<i>Quelques définitions</i>	1
I.2.	<i>Les objectifs des mesures</i>	1
II.	Investigations réalisées	1
II.1.	<i>Les points de mesures</i>	1
II.2.	<i>La campagne de mesures réalisée</i>	4
III.	Resultats des campagnes de mesures.....	6
III.1.	<i>Résultats des mesures en continu</i>	6
III.1.1	Mesures de débit.....	6
III.1.2	Synthèse des mesures de débit.....	13
III.1.3	Marnage des réservoirs.....	14
III.1.4	Suivi des pressions.....	16
III.1.5	Contrôle des réducteurs de pression	19
IV.	Conclusion Mesures	21
V.	Modélisation hydraulique du reseau d'eau potable	22
V.1.	<i>Généralités</i>	22
V.2.	<i>Méthode</i>	23
V.2.1	Modélisation simplifiée du réseau	23
V.2.2	Modélisation des consommations communales.....	26
V.2.3	Calage du modèle	29
V.2.4	Valeurs guides de la modélisation.....	31
V.2.5	Paramètre appliquer pour le calage du modèle.....	31
VI.	resultats de la modelisation hydraulique.....	33
VI.1.	<i>Modélisation de la situation actuelle</i>	33
VI.2.	<i>Modélisation de la chloration</i>	38
VI.3.	<i>Analyse du temps de séjour dans les canalisations et réservoirs</i>	41
VI.3.1	Temps de séjour en situation moyenne dans les réservoirs.....	41
VI.3.2	Temps de séjour en situation moyenne dans les canalisations.....	42
VI.3.3	Conclusion temps de séjour	44
VII.	Conclusion.....	46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Données surveillées par le syndicat	2
Figure 2 : Localisation des points de mesures.....	5
Figure 3 : Evolution des volumes produits – moyenne horaire sur la période de mesures.....	6
Figure 4 : Fluctuation des volumes amenés – Moyenne horaire sur la période de mesures	7
Figure 5 : Fluctuation des volumes distribués – Moyenne horaire sur la période de mesures	8
Figure 6 : Fluctuation des volumes vendus – Moyenne horaire sur la période de mesures	9
Figure 7 : Fluctuation moyenne des volumes transitant dans le réseau d'eau potable du syndicat	10
Figure 8 : Fluctuation moyennes des volumes transitant dans le réseau d'eau potable du syndicat ..	11
Figure 9 : Répartition du volume de fuite par secteur	13
Figure 10 : Marnage du réservoir de La Villedieu en Fontenette.....	15
Figure 11 : Marnage du réservoir d'Equevilley.....	15
Figure 12 : Evolution de la pression au sein du réseau d'eau potable.....	17
Figure 13 : Evolution de la pression au PI n°37	18
Figure 14 : Evolution de la pression au PI n°52	18
Figure 15 : Evolution de la pression au PI n°47	19
Figure 16 : Localisation des réducteurs de pression	19
Figure 17 : Caractéristiques des réducteurs de pression	20
Figure 18 : Mode de fonctionnement du puits Sainte Marie.....	24
Figure 19 : Description du réservoir d'Ehuns	25
Figure 20 : Description du réservoir de La Villedieu.....	25
Figure 21 : Description du réservoir d'Equevilley.....	26
Figure 24: Schéma de principe pour le calage du modèle	30
Figure 25 : Variation du niveau au sein des réservoirs	34
Figure 26 : Pressions simulées sur le réseau d'eau potable du SIEB (unité: bar).....	35
Figure 27 : Evolution de la concentration en chlore	38
Figure 28 : Emplacement des principales extrémités du réseau	43

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Présentation des points de mesures Oxya Conseil.....	3
Tableau 2 : Données surveillées et transmises par le SIEB	3
Tableau 3 : Estimation du débit de fuite	12
Tableau 4 : Variation des hauteurs dans les réservoirs - Moyenne horaire sur la période de mesures	14
Tableau 5 : Synthèse des mesures de pression.....	16
Tableau 6 : Descriptif des tronçons.....	23
Tableau 7 : Modèles de consommation pour les gros consommateurs	28
Tableau 8 : Modèle de consommation pour les fuites.....	29
Tableau 9 : Concentration en chlore libre - Analyses ARS	39
Tableau 10 : Calage de la concentration en désinfectant	40
Tableau 11 : Temps de séjour moyen au sein des canalisations.....	44

ANNEXES

Annexe 1 : Suivi des débits

Annexe 2 : Marnage des réservoirs

Annexe 3 : Suivi des pressions

Annexe 4 : Vue générale du modèle sous Porteau

Annexe 5 : Données relatives aux nœuds

Annexe 6 : Données relatives aux tronçons

Annexe 7 : Profils de consommation des abonnés

Annexe 8 : Courbes de calage du modèle

Avant-propos

La mission des collectivités en matière d'eau potable est de mettre en permanence à la disposition des usagers la quantité d'eau dont ils ont besoin, d'une qualité conforme aux normes de potabilité et à un coût raisonnable tant pour le consommateur que pour la collectivité.

Dès lors, la perte d'une quantité importante d'eau potable peut s'assimiler à la perte d'un produit fini ayant entraîné des coûts de production. En France, on estime qu'en moyenne près de 30% de l'eau produite est perdue avant l'arrivée au compteur de l'utilisateur. Mais cette moyenne présente de grandes variations. Si les réseaux urbains neufs peuvent atteindre des rendements supérieurs à 90 %, le rendement des réseaux anciens peut être inférieur à 50%.

Face à ce constat, de nombreux propriétaires de réseaux et certains exploitants ont décidé d'engager un diagnostic de leur réseau d'eau potable afin d'en dégager les insuffisances et de procéder à d'éventuelles modifications et réparations.

Le Syndicat Intercommunal des Eaux de Breuches qui est composé de 13 communes a engagé un tel diagnostic de son réseau d'eau potable dans l'optique de définir un schéma directeur de travaux et de se mettre en conformité avec la réglementation en vigueur en ce qui concerne son service d'alimentation en eau potable.

Cette prestation sera conforme à l'article L. 2224-7-1 du Code Général des Collectivités Territoriales (C.G.C.T.) qui précise l'obligation d'arrêter un schéma de distribution d'eau potable et la réalisation d'un descriptif détaillé des ouvrages de transport et de distribution d'eau potable.

Le programme d'étude comprend :

- **Phase 1 : Recueil, analyse et synthèse des données existantes.**
- **Phase 2 : Besoins futurs et adéquation des infrastructures actuelles.**
- **Phase 3 : Etudes des ressources potentielles.**
- **Phase 4 : Schéma directeur d'alimentation en eau potable**

Ce document présente le rapport d'étude de phase 1, et la partie mesures et modélisation.

PHASE 1 : ANALYSE ET MODELISATION DU RESEAU DE DISTRIBUTION

I. NOTE METHODOLOGIQUE

I.1. Quelques définitions

a) Unités de pression

Plusieurs unités existent :

- Le Pascal (Pa) : unité du système international, peu employé en pratique
- Le bar (bar)
- Le mètre de colonne d'eau (mCE)

La correspondance entre ces unités est la suivante :

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 10,13 \text{ mCE}$$

b) Pression statique et pression dynamique

La pression statique est la pression mesurée lorsque le réseau est "fermé", c'est à dire lorsqu'on ne constate aucun écoulement dans les conduites. Elle est liée à la hauteur de colonne d'eau présente en amont du point mesure.

La pression dynamique en revanche dépend de la vitesse de l'eau et donc du débit dans les canalisations (si débit = 0, pression dynamique = 0).

Lors de la mesure de pression sur un réseau, on mesure la pression totale :

$$P \text{ totale} = p \text{ statique} + p \text{ dynamique}$$

I.2. Les objectifs des mesures

Dans le cadre de l'étude diagnostique du réseau d'alimentation en eau potable plusieurs types de mesures étaient prévus.

- Des mesures en continu du niveau des réservoirs afin de suivre le marnage de ceux-ci et ceci pendant une durée minimale de 10 jours ;
- Un suivi en temps réel de la pression du réseau au niveau de 12 poteaux incendie pendant une durée minimale de 10 jours ;
- Un relevé en continu des index des compteurs de distribution à l'aide des dispositifs équipés de têtes émettrices raccordées aux compteurs existants pendant une durée minimale de 10 jours.

Les objectifs principaux des **mesures de débit** sont de :

- Suivre l'évolution des débits distribués par tranche horaire ;
- Connaître le volume d'eau distribué ;
- Déterminer le débit de pointe ainsi que la demande nocturne (indicateur de fuite) ;

Les principaux objectifs des **mesures de pression** sont de :

- Vérifier si la pression est suffisante pour chaque secteur ;
- Suivre l'évolution des pressions en fonction de la consommation.

Le principal objectif du **suivi du marnage** du réservoir est de :

- Connaître le fonctionnement des réservoirs (remplissage et mise à l'équilibre)

II. INVESTIGATIONS REALISEES

II.1. Les points de mesures

L'objectif des mesures est de déterminer le fonctionnement du réseau, de détecter ses points faibles et ses défauts.

Le choix de localisation de ces points répond principalement aux objectifs suivants :

- Quantification des volumes distribués sur la commune ;
- Vérification des pressions en différents points du réseau (points hauts, bas et éloignés) ;

- Suivi du marnage des réservoirs.

Le syndicat intercommunal des eaux de Breuches suit en permanence les volumes transitant dans son réseau via un réseau de compteur de distribution équipé de tête émettrice transmettant les données quotidiennement aux membres du syndicat. Il existe également un suivi permanent du marnage de chaque réservoir via des sondes de niveau reliées à des modules de télégestion.

Le fonctionnement de la station de traitement de Ste Marie en Chaux est également surveillé quotidiennement.

Le schéma suivant présente les installations suivies en télégestion par le syndicat.

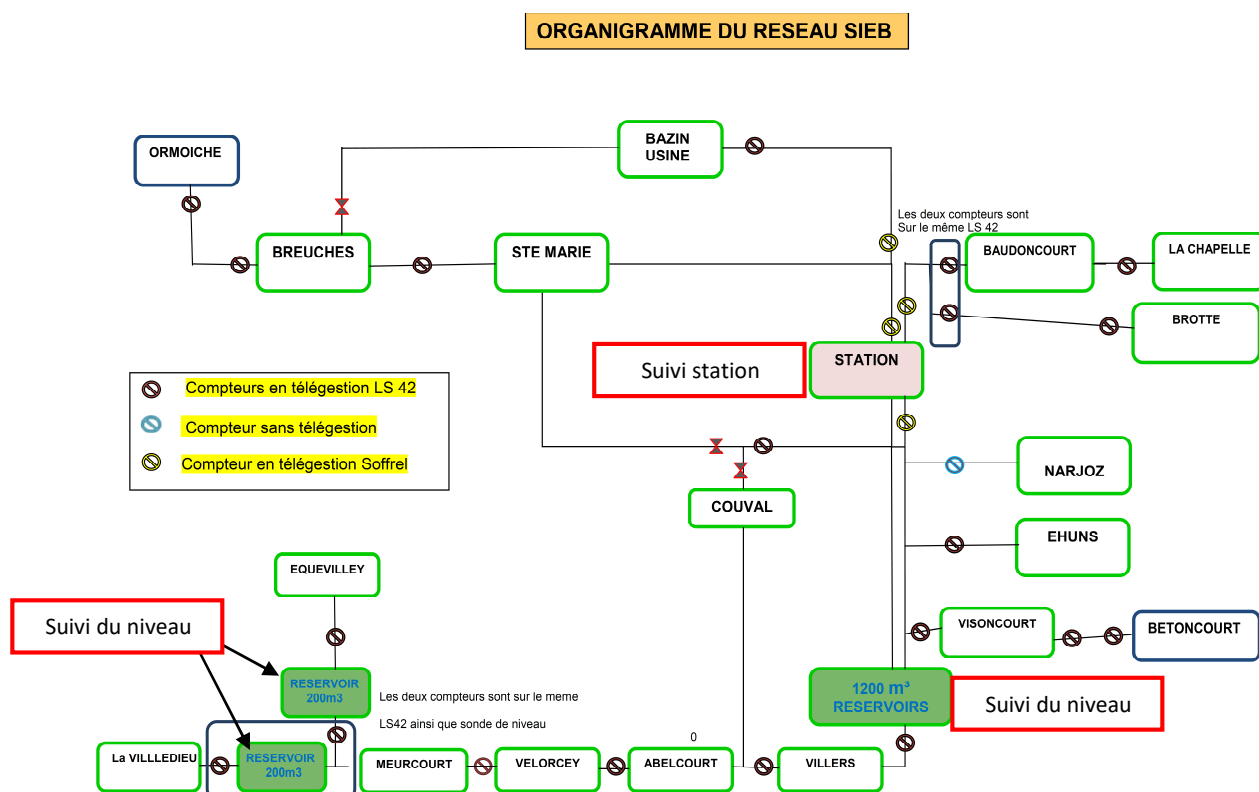


Figure 1 : Données surveillées par le syndicat

Durant la période de mesures, le réseau du syndicat était surveillé par 46 capteurs, dont 20 ont été installés ponctuellement par nos soins dans le cadre du diagnostic du réseau d'eau potable. Les points de mesures installés par nos soins sont tous des capteurs de pression installés sur des poteaux incendie. Le détail de ceux-ci est présenté dans le tableau suivant :

Détail des points de mesures de pression des poteaux incendie						
Point de mesures	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Localisation	PI Mairie Grande Rue Equevilley	PI 3 Grande Rue La Villedieu	PI 5 RD 6 La Villedieu	PI 11 Pl. du centre Meurcourt	PI 14 Route de Luxeuil Meurcourt	PI 28 Rue des Chenenevières Velorcey
Point de mesures	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Localisation	PI 33 Rue de l'ancienne mairie Abelcourt	PI 37 Rue des Combes Abelcourt	PI 43 Rue du Faubourg Villers	PI 47 Rue de la Fontaine Ehuns	PI Ferme Rue de la Côte Ehuns	PI 48 Rue de la Station Ste Marie

Point de mesures	P13	P14	P15	P16	P17	P18
Localisation	PI 52 La gare du Tram Ste Marie	PI 23 Bazin Breuches	PI 54 Rue des Prés Breuches	PI Oiseaux Lot. Les Oiseaux Breuches	PI 76 Rte de Luxeuil La Chapelle	PI 60 Rue de l'Ecole Baudoncourt
Point de mesures	P19	P20				
Localisation	PI 84 Rue de Baudoncourt Brotte	PI 74 Impasse de la Prairie Visoncourt				
Type d'ouvrage	Poteau incendie					
Type de mesure	Pression					
Appareillage mis en place	Enregistreur de pression interne					
Durée	2 semaines					

Tableau 1 : Présentation des points de mesures Oxya Conseil

A ces points de mesures, viennent s'ajouter les données issues de la télégestion présentées ci-dessous.

Télesurveillance Syndicat des eaux de Breuches		
Localisation	Puits Sainte Marie	
Type de mesure	Volume produit + temps de fonctionnement de la station	
Localisation	Réservoir Ehuns	
Type de mesure	Niveau du réservoir 2x300 m ³ et 600 m ³	Volume distribué
Localisation	Réservoir Equevilley	
Type de mesure	Niveau du réservoir	Volume distribué
Localisation	Réservoir La Villedieu	
Type de mesure	Niveau du réservoir	Volume distribué
Localisation	Compteur de sectorisation	
Type de mesure	Volume distribué (cf figure 1)	

Tableau 2 : Données surveillées et transmises par le SIEB

Les mesures ont toutes été réalisées en simultanée. Celles-ci se sont déroulées **du 3 au 18 Juillet 2019**. Les points de mesures ponctuels ont été installés par un technicien du bureau d'études OXYA conseil en collaboration avec un agent du syndicat intercommunal.

Globalement, il n'y a pas eu de dysfonctionnement des points de mesures. Nous noterons toutefois la fermeture par le syndicat intercommunal du poteau incendie n°37 à Abelcourt pour mener une campagne de recherche de fuite. De ce fait, les données enregistrées pour ce point de mesures se sont terminées le 15/07/2019.

A titre d'information la précision des volumes horaires transmis par le SIEB est faible. En effet, les valeurs sont arrondies à l'unité supérieur.

Il n'y a pas eu d'événement majeur (casse, incendie, ...) survenu sur le réseau d'eau potable au cours de la période de mesures.

II.2. La campagne de mesures réalisée

La mesure des **pressions** est effectuée directement sur les bouches de 20 poteaux d'incendie avec la mise en place d'un bouchon (diamètre 100 mm ou 65 mm), d'un capteur de pression et d'un boîtier enregistreur Octopus C ou Vistaplus. Les mesures sont effectuées en continu durant au minimum 10 jours.

Les **débits** distribués sont enregistrés par l'intermédiaire des compteurs de distribution. L'enregistrement des index de ces compteurs s'effectue toutes les minutes à l'aide d'un enregistreur type Sofrel (LT ou LS R2) relié à la tête émettrice du compteur. Les valeurs sont récupérées par le syndicat via leur logiciel de supervision.

Le **niveau d'eau** des réservoirs est enregistré à l'aide d'une sonde de pression immergée dans la cuve de chacun des réservoirs et reliée à un enregistreur de type Sofrel. Cela permet d'enregistrer les hauteurs d'eau à un pas de temps 1 minute.

La localisation des points de mesures est présentée sur le plan suivant

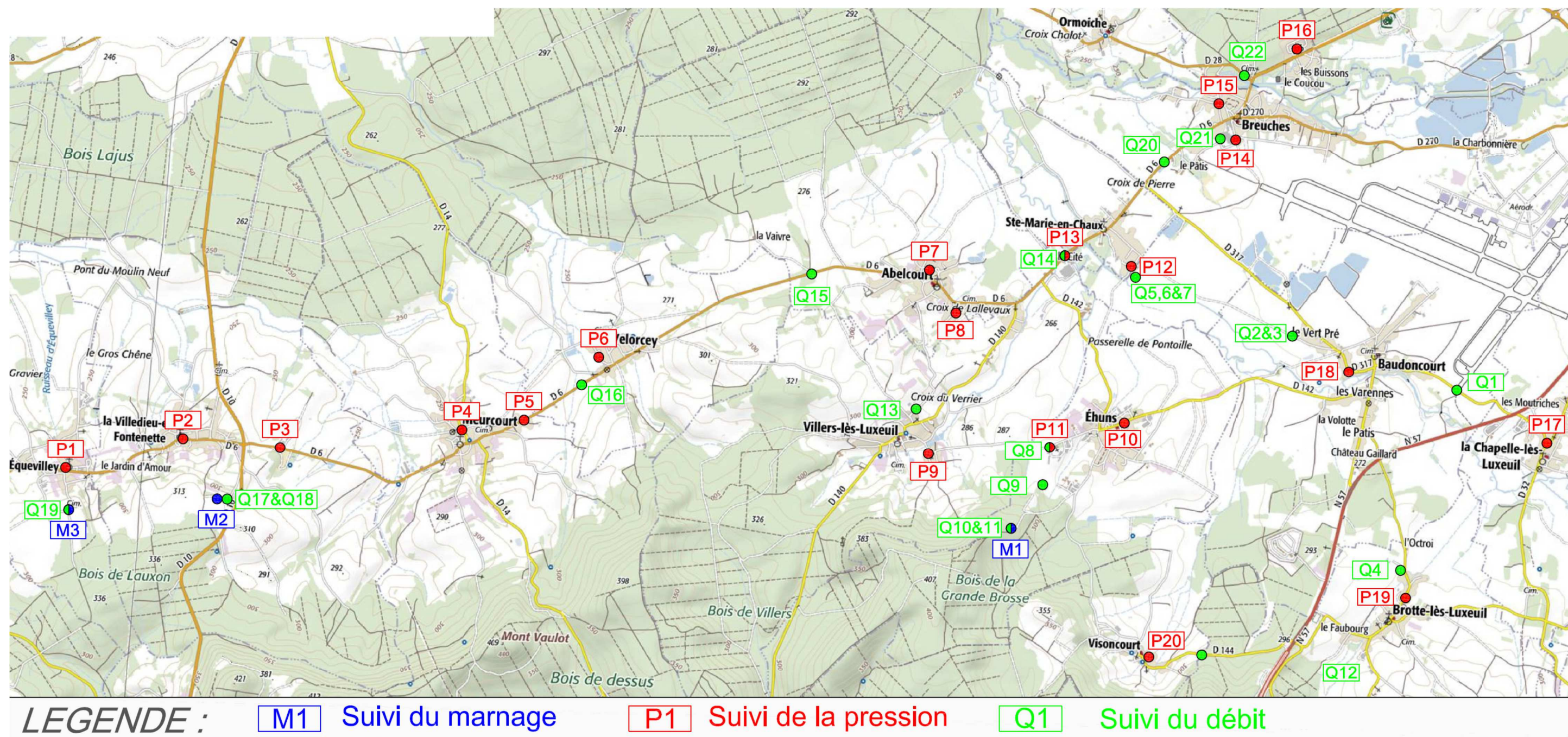


Figure 2 : Localisation des points de mesures

III. RESULTATS DES CAMPAGNES DE MESURES

III.1. Résultats des mesures en continu

III.1.1 Mesures de débit

a) Les volumes produits

Pour rappel, l'eau du réseau du syndicat intercommunal des eaux de Breuches est produite à un unique endroit :

- Le puits Sainte-Marie à Sainte Marie en Chaux

Le forage de Sainte Marie en Chaux alimente par refoulement le réservoir principal de 1200 m³ situé sur les hauteurs de la commune de Ehuns. Il existe un réservoir d'eau brute au sein de la station de traitement de Sainte Marie qui permet de faire tampon avant le refoulement des eaux vers le réservoir. Le débit des pompes est limité à 110 m³/h.

Par arrêté préfectoral D2/B4/I/2001/N° 2402 28/09/2001, les périmètres de protection du point de prélèvement du syndicat ont été instaurés. Ce même arrêté a fixé le débit de prélèvement autorisé à 150 m³/h pendant 12 heures soit 1 800 m³/j. Jusqu'à présent le débit du puits a toujours été supérieur aux besoins.

Les volumes produits sont suivis en permanence par le SIEB. Pour la période de mesures s'étendant du 4 au 18 Juillet, les volumes produits sont les suivants :

	Volume total produit du 4 au 18 Juillet 2019	Volume moyen produit	Débit maximal de production	Débit minimal de production
Puits Ste Marie	19390 m ³	1292,7 m ³ /j	110 m ³ /h	0 m ³ /h

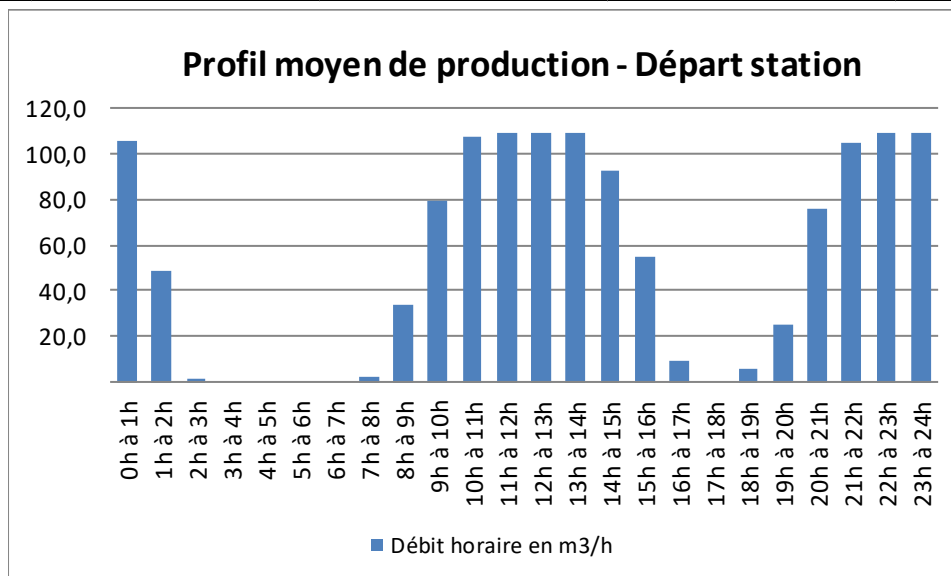


Figure 3 : Evolution des volumes produits – moyenne horaire sur la période de mesures

L'exploitation des mesures issues du compteur de production permet d'affirmer les points suivants :

- Il existe deux grosse périodes de fonctionnement de la station de traitement l'une en soirée à partir de 19h jusqu'à 2h et la seconde en milieu de journée à partir de 9h. Ces périodes de fonctionnement corréleront avec l'atteinte du niveau bas du réservoir de Ehuns ;
- Les volumes produits sont inférieurs au volume maximal autorisé par l'arrêté préfectoral D2/B4/I/2001/N° 2402 28/09/2001.

Le débit de fuite sur la conduite d'amenée est considéré comme nulle. D'après nos calculs la somme des volumes distribués est équivalente au volume produit (1268 m³/j distribué et comptabilisé pour une production moyenne de 1292,7 m³/j).

b) Volumes amenés aux réservoirs

Le Syndicat des Eaux de Breuches gère 3 sites de stockage :

- Le réservoir d'Ehuns (1 200 m³)
- Le réservoir d'Equevilley (200 m³)
- Le réservoir de La Villedieu (200 m³)

Sur ces 3 réservoirs il n'existe pas de compteurs d'adduction à proprement parlé. En effet un compteur d'adduction doit être placé à l'entrée du réservoir, soit au pied de celui-ci ou dans la chambre à vannes du réservoir. Il n'existe pas de tel dispositif pour les réservoirs gérés par le syndicat.

Cependant nous pouvons assimiler certains compteurs à des compteurs d'adduction. C'est notamment le cas pour le réservoir d'Ehuns dont le volume amené au réservoir peut être assimilé au volume produit au niveau de la station de traitement de Ste Marie. Quant aux volumes amenés au réservoir d'Equevilley, ils sont comptabilisés au pied du réservoir de La Villedieu-en-Fontenette.

Ainsi le tableau suivant présente les volumes amenés au réservoir d'Equevilley

	Volume total amené du 4 au 18 Juillet 2019	Volume moyen amené	Débit maximal amené	Débit minimal amené
Réservoir d'Equevilley	879 m ³	58,6 m ³ /j	4 m ³ /h	<1 m ³ /h

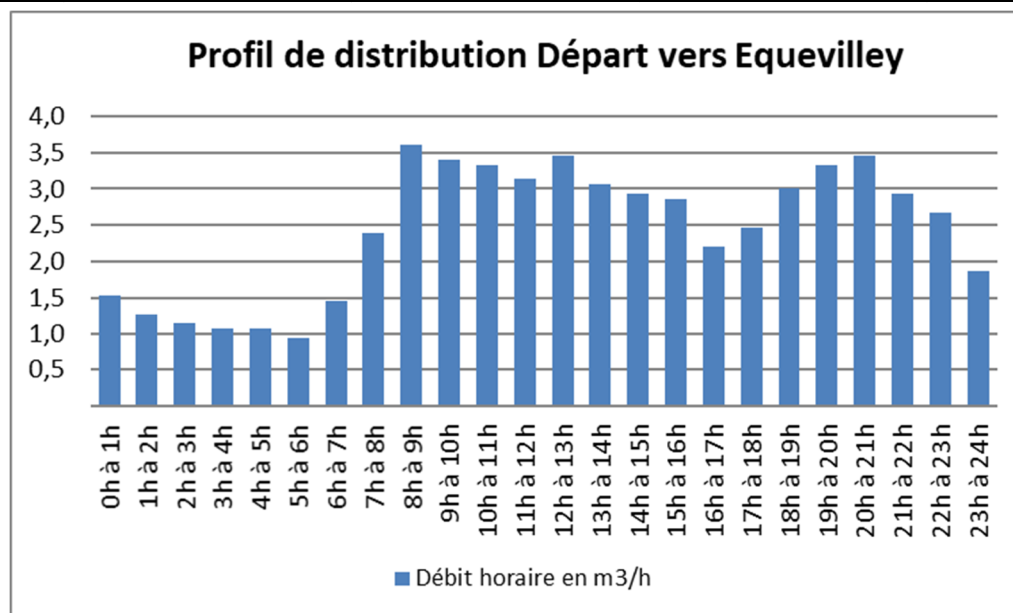


Figure 4 : Fluctuation des volumes amenés – Moyenne horaire sur la période de mesures

L'acheminement de l'eau vers le réservoir d'Equevilley est gravitaire. Le remplissage du réservoir d'Equevilley est régulé par un robinet flotteur. De ce fait, le remplissage se fait en continu tout au long de la journée et est fonction de la consommation des abonnés.

Le débit minimal de remplissage est obtenu en période nocturne lorsque la consommation des abonnés est la plus basse. Ce débit minimal de remplissage peut, d'après la méthode des minimas nocturnes, être assimilé au débit de fuite sur le réseau de distribution desservi par ce réservoir. En effet, en période nocturne (de minuit à 6h) on estime que seulement 10% des volumes distribués sont consommés par les abonnés, les 90% restants étant perdus sous forme de fuite. Celui-ci est inférieur à 1 m³/h. La précision des données télégrées ne permet pas d'affiner le minima nocturne.

c) Volumes distribués

Comme vu précédemment il existe 3 réservoirs gérés par le syndicat des eaux de Breuches.

Le réservoir d'Ehuns est le réservoir principal qui peut alimenter tous les autres réservoirs du syndicat. Avec la configuration actuelle du réseau, le réservoir d'Ehuns permet le remplissage du réservoir d'Equevilley et le remplissage du réservoir de La Villedieu-en-Fontenette.

L'alimentation du réservoir d'Ehuns se fait par refoulement tandis que le remplissage des réservoirs annexes se fait gravitairement.

Il existe un compteur de distribution à la sortie du réservoir d'Equevilley et à la sortie du réservoir de La Villedieu-en-Fontenette.

Le réservoir d'Ehuns n'est pas équipé d'un compteur de distribution général. Pour connaître le volume sortant de ce réservoir il est nécessaire de faire la somme de 5 compteurs de sectorisation à savoir :

- Compteur sortie réservoir vers Villers-les-Luxeuil
- Compteur de sectorisation vers Visoncourt
- Compteur de sectorisation vers Ehuns
- Compteur de sectorisation – départ vers Breuches
- Compteur de sectorisation – départ vers Baudoncourt

Le tableau suivant présente donc les volumes sortants de chaque réservoir. Le volume sortant du réservoir d'Ehuns a été reconstitué à partir des volumes des compteurs de sectorisation présentés ci-dessus.

	Volume total distribué du 4 au 18 Juillet 2019	Volume moyen distribué	Débit maximal distribué	Débit minimal distribué
Réservoir d'Ehuns	19 027 m ³	1 268,5 m ³ /j	98,4 m ³ /h	18 m ³ /h
Réservoir de La Villedieu	381 m ³	25,4 m ³ /j	5 m ³ /h	0 m ³ /h
Réservoir d'Equevilley	826 m ³	55,1 m ³ /j	8 m ³ /h	0 m ³ /h

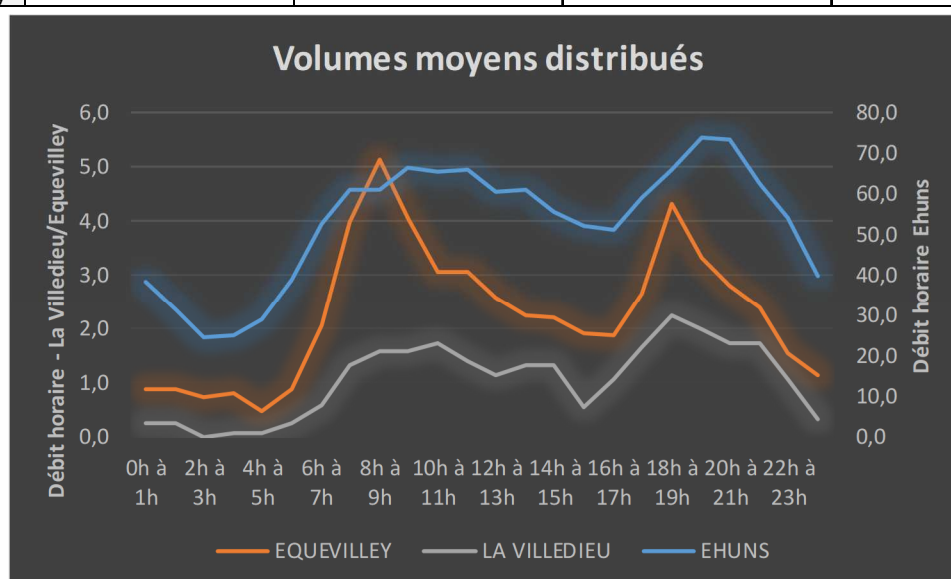


Figure 5 : Fluctuation des volumes distribués – Moyenne horaire sur la période de mesures

Pour rappel la précision des données télésurveillées est faible puisque les valeurs des débits horaires sont arrondies à l'unité supérieur. Ceci a un impact sur la valeur des minimas nocturne qui est du fait difficilement exploitable.

L'exploitation des mesures issues des compteurs de distribution permet d'affirmer les points suivants :

- Tous les profils de distributions sont semblables sur la forme, avec une baisse des débits en période nocturne et des pics de consommation aux périodes de fortes activités humaines (repas).
- Seulement 6,3% des volumes transitant dans le réservoir d'Ehuns servent à alimenter les abonnés desservis par le réservoir d'Equevilley et par le réservoir de La Villedieu.
- Le débit minimal sortant des réservoirs d'Equevilley et de La Villedieu étant proche de zéro, on peut considérer que le débit de fuite sur les réseaux desservis par ces réservoirs est faible.

- Le débit minimal sortant du réservoir d'Ehuns est estimé à 18 m³/h (d'après nos calculs). Cependant celui-ci n'est pas pour autant à assimiler au débit de fuite total des réseaux gérés par le SIEB. En effet, l'usine de salaison Bazin consomme en tout temps un volume d'eau conséquent. Après déduction des volumes moyens consommés par l'entreprise Bazin, le minima nocturne sortant du réservoir principal serait de 13,6 m³/h.

d) Volumes vendus

Le syndicat dans le cadre de deux contrats de vente d'eau, alimente les réseaux de distribution de la commune de Ormoiches et de la commune de Betoncourt-les-Brotte. Les compteurs de vente d'eau sont télé-surveillés afin de connaître les fluctuations quotidiennes des volumes consommés par les communes voisines. Notons que la télé-surveillance du compteur situé à la sortie du village de Visoncourt et permettant de comptabiliser les volumes vendus à Betoncourt-les-Brotte n'a pas fonctionné. De ce fait nous avons assimilé les volumes comptabilisés à l'entrée du village de Betoncourt-les-Brotte comme les volumes vendus à cette commune.

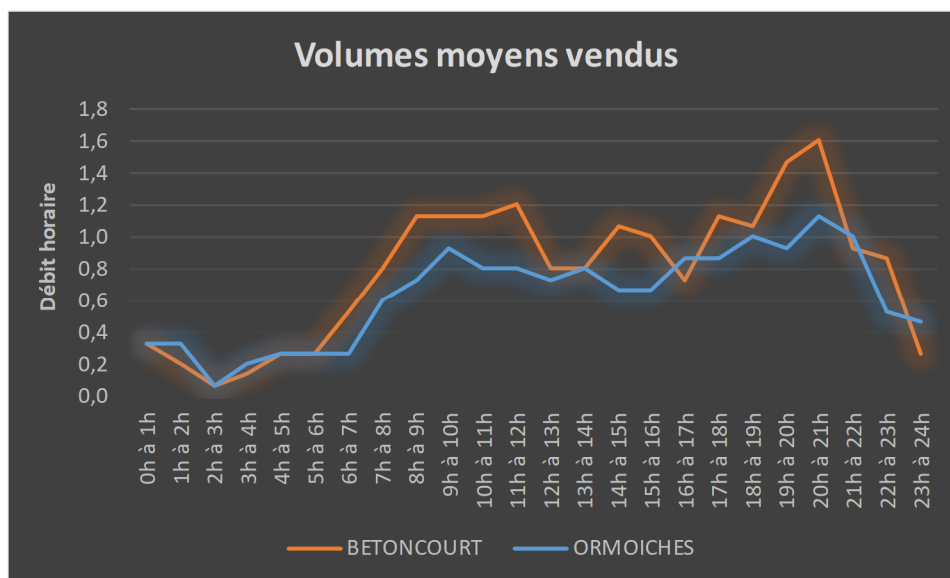


Figure 6 : Fluctuation des volumes vendus – Moyenne horaire sur la période de mesures

Les volumes vendus représentent approximativement 2,5% des volumes produits quotidiennement au niveau du puits Sainte-Marie. D'après la méthode des minima nocturne, on peut estimer que le débit de fuite sur la commune de Ormoiches et de Betoncourt-les-Brotte est quasiment nulle. Il n'est donc pas nécessaire de mener des investigations complémentaires sur ces communes.

e) Volume compteur de sectorisation

Il existe plusieurs compteurs de sectorisation gérés par le SIEB. Mise à part le compteur comptabilisant les volumes amenés au branchement Narjoz, tous sont télé-surveillés. Les tableaux et graphiques suivants présentent les données issues de ces compteurs.

Localisation	Volume distribué du 4 au 18 Juillet 2019	Volume moyen distribué	Débit maximal distribué	Débit minimal distribué
Abelcourt	3135 m ³	209 m ³ /j	13 m ³ /h	0 m ³ /h
Baudoncourt	1837 m ³	122,5 m ³ /j	12 m ³ /h	0 m ³ /h
Breuches	2468,1 m ³	164,5 m ³ /j	11,9 m ³ /h	3,5 m ³ /h
Brotte	943 m ³	62,9 m ³ /j	6 m ³ /h	1 m ³ /h
Couval	0 m ³	0 m ³ /j	0 m ³ /h	0 m ³ /h
Ehuns	557 m ³	37,1 m ³ /j	5,6 m ³ /h	0 m ³ /h
Equevilley	826 m ³	55,1 m ³ /j	8 m ³ /h	0 m ³ /h
La Chapelle	694 m ³	46,3 m ³ /j	5 m ³ /h	0 m ³ /h
La Villedieu	381 m ³	25,4 m ³ /j	5 m ³ /h	0 m ³ /h
Velorcey	2075 m ³	138,3 m ³ /j	9 m ³ /h	2 m ³ /h
Villers	5870 m ³	391,3 m ³ /j	22 m ³ /h	5 m ³ /h
Visoncourt	632 m ³	15,1 m ³ /j	7 m ³ /h	0 m ³ /h
Usine Bazin	5185 m ³	345,7 m ³ /j	35 m ³ /h	3 m ³ /h
Départ Bazin	5244 m ³	349,6 m ³ /j	35 m ³ /h	3 m ³ /h
Départ Breuches	7949 m ³	529,3 m ³ /j	45 m ³ /h	7 m ³ /h
Départ Baudoncourt	2846 m ³	189,7 m ³ /j	15 m ³ /h	2 m ³ /h
Départ Brotte	1094 m ³	72,9 m ³ /j	7 m ³ /h	1 m ³ /h

DEBIT MOYEN PENDANT LA PERIODE DE MESURE EN M3/H												
	ABELCOURT	BAUDONCOURT	BREUCHES	BROTTE	COUVAL	EHUNS	EQUEVILLEY	LA CHAPELLE	LA VILLEDIEU	VELORCHEY	VILLERS	VISONCOURT
0h à 1h	9,0	2,0	4,6	1,6	0	0,1	0,9	0,5	0,3	5,0	14,3	0,7
1h à 2h	7,2	1,6	4,2	1,7	0	0,1	0,9	0,3	0,3	3,8	12,1	0,2
2h à 3h	5,4	1,4	4,0	1,5	0	0,0	0,7	0,5	0,0	3,0	10,3	0,1
3h à 4h	4,4	1,5	4,0	1,3	0	0,0	0,8	0,4	0,1	2,5	9,5	0,2
4h à 5h	3,8	1,3	4,1	1,1	0	0,1	0,5	0,1	0,1	2,8	9,1	0,3
5h à 6h	4,3	2,1	4,4	1,5	0	0,2	0,9	0,5	0,3	4,2	9,8	0,7
6h à 7h	1,3	4,3	5,7	2,6	0	0,9	2,1	1,7	0,6	6,3	13,3	1,9
7h à 8h	9,7	6,5	7,8	3,1	0	1,7	4,0	2,7	1,3	6,3	17,5	2,4
8h à 9h	10,0	7,2	8,6	4,3	0	3,1	5,1	3,1	1,6	6,4	18,7	2,5
9h à 10h	9,7	7,5	8,9	3,5	0	3,1	4,1	2,9	1,6	6,8	19,3	2,5
10h à 11h	10,6	7,3	8,7	3,2	0	2,4	3,1	2,7	1,7	6,3	19,2	3,3
11h à 12h	10,1	7,1	8,1	3,0	0	2,4	3,1	2,3	1,4	6,8	19,2	3,0
12h à 13h	10,3	6,6	8,0	2,7	0	1,8	2,6	2,6	1,1	6,7	18,8	2,5
13h à 14h	10,5	6,7	8,1	2,7	0	1,7	2,3	2,5	1,3	7,1	18,6	1,7
14h à 15h	10,4	6,0	7,2	2,9	0	1,4	2,2	2,3	1,3	6,5	17,9	1,6
15h à 16h	9,7	4,9	6,7	2,7	0	1,2	1,9	1,7	0,5	6,3	17,7	1,5
16h à 17h	9,1	4,9	6,7	2,6	0	1,7	1,9	2,0	1,1	5,9	17,1	1,3
17h à 18h	9,2	5,9	7,3	2,7	0	1,8	2,7	2,5	1,7	6,0	17,3	2,3
18h à 19h	10,0	7,1	8,6	3,4	0	2,5	4,3	2,9	2,3	6,0	18,7	2,7
19h à 20h	10,3	7,5	9,5	4,0	0	3,2	3,3	2,9	2,0	6,2	19,5	2,9
20h à 21h	10,7	8,1	9,1	3,7	0	3,1	2,8	3,1	1,7	6,2	19,8	3,7
21h à 22h	11,3	6,9	8,2	3,0	0	2,7	2,4	2,9	1,7	7,4	19,5	2,3
22h à 23h	11,5	5,1	6,5	2,3	0	1,4	1,5	2,1	1,1	7,4	18,0	1,2
23h à 24h	10,5	3,1	5,4	2,0	0	0,6	1,1	1,1	0,3	6,4	16,1	0,5

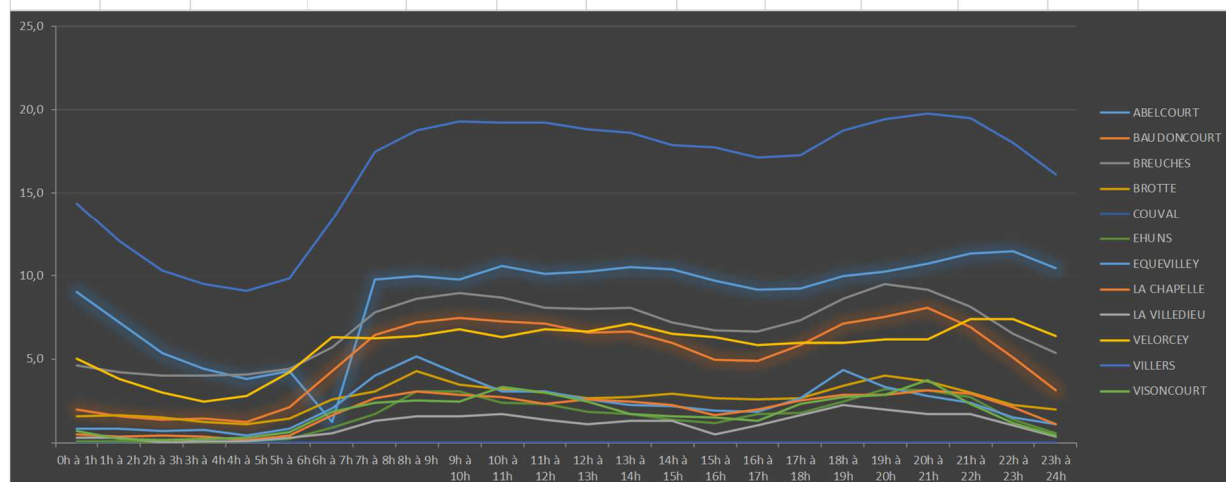


Figure 7 : Fluctuation moyenne des volumes transitant dans le réseau d'eau potable du syndicat

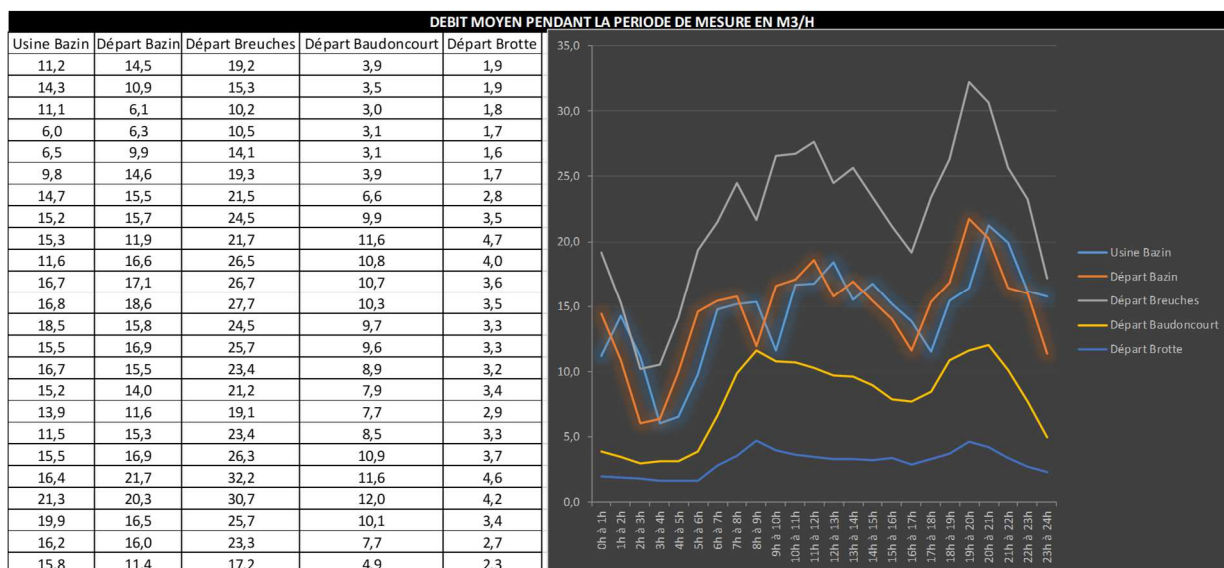


Figure 8 : Fluctuation moyennes des volumes transitant dans le réseau d'eau potable du syndicat

Tous les compteurs donnent des fluctuations semblables à savoir des pics de consommation lors des périodes de fortes activités humaines (repas, toilettes, ...) et des baisses en période nocturne.

Plusieurs compteurs indiquent un débit minimal de 0 m³/h au cours des périodes de mesures. Cependant la précision de la télésurveillance étant faible (arrondi à l'unité) cela ne veut pas pour autant signifier que le débit minimum nocturne est égale à zéro mais que celui-ci est compris entre 0 et 1 m³/h.

f) Estimation des volumes de fuite par secteurs

A partir des différents compteurs présents sur le réseau du syndicat, il est possible, avec l'aide de la méthode des minimas nocturnes d'estimer les débits de fuites. En période nocturne, on estime que le débit de fuite est égal à 90% du débit minimal distribué.

Dans cette partie nous allons étudier les débits moyens observés pendant les 15 jours de mesures afin de s'approcher au maximum de la réalité. Afin de faire une approche du volume de fuite de chaque village nous allons effectuer la différence entre les volumes comptabilisés en entrée de village et ceux comptabilisés en sortie de village.

Les débits de fuite estimés sont donnés dans le tableau suivant :

	Volume moyen m ³ /j	Débit minimal du secteur concerné (m ³ /h)	Estimation du débit de fuite (90% du minima nocturne) (m ³ /h)	Volume de fuite quotidien (m ³ /j)
Abelcourt + Couval	182,3	4,9	4,41	105,84
Baudoncourt	76,2	0,9	0,81	19,44
Breuches	149,3	3,8	3,42	82,08
Brotte	62,9	1,1	0,99	23,76
Couval	0	0	0	0
Ehuns	37,1	0	0	0
Equevilley	55,1	0,5	0,45	10,8
La Chapelle	46,3	0,1	0,09	2,16
La Villedieu	25,4	0	0	0
Meurcourt	54,3	0,7	0,63	15,12
Velorcey	70,7	0,1	0,09	2,16
Villers	78,2	0,1	0,09	2,16
Visoncourt	23,2	0	0	0
Ste Marie en Chaux	15,8	0,1	0,09	2,16
Liaison Bazin	3,9			3,9
Liaison Brotte	10,1			10,1
Liaison Equevilley	3,5			3,5
Liaison Baudoncourt	0			0
TOTAL VOLUME DE FUITE ESTIME				283,18

Tableau 3 : Estimation du débit de fuite

D'après nos estimations et en exploitant les minima nocturnes, le volume de fuite quotidien sur le réseau géré par le syndicat intercommunal des eaux de Breuches serait d'environ 283,2 m³/j soit 103 368 m³/an.

Ce volume de fuite estimé semble cohérent par rapport aux derniers volumes de fuites enregistrés sur les RPQS (96 277 m³ en 2017 et 122 343 m³ en 2018).

D'après ces données, le rendement du réseau de distribution du syndicat serait d'environ 78%.

La répartition des volumes de fuite par secteur est présentée sur le schéma suivant.

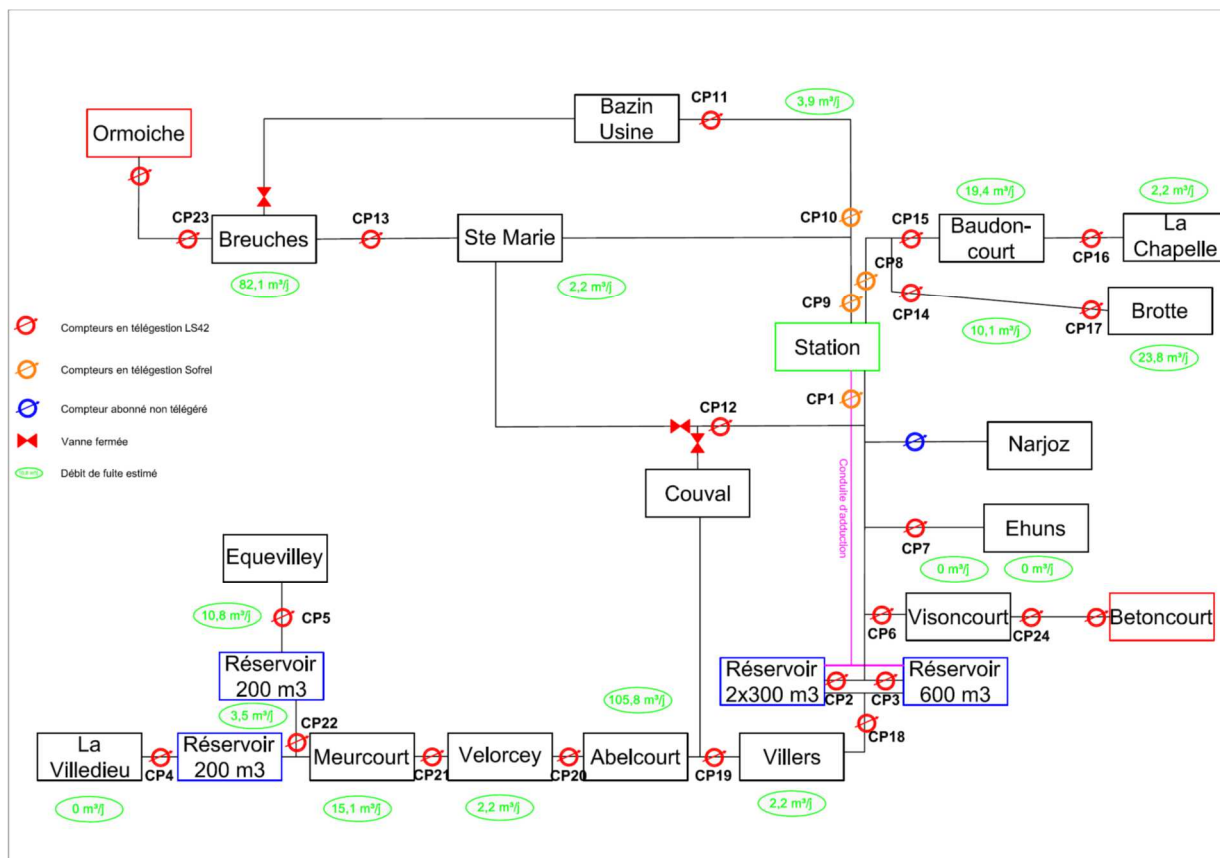


Figure 9 : Répartition du volume de fuite par secteur

III.1.2 Synthèse des mesures de débit

Les mesures de suivi des débits réalisées sur le réseau du syndicat intercommunal ont permis de mieux comprendre le fonctionnement du réseau.

Celles-ci ont permis de constater que le volume produit est légèrement supérieur aux volumes distribués aux abonnés. En effet, si l'on se fie aux mesures issues de la télégestion, les volumes produits durant la période de mesures s'élevaient à 19 390 m³ alors que les volumes sortant du réservoir s'élevaient à 19 027 m³ soit une différence d'environ 24 m³/j entre les volumes produits et distribués. Cette différence peut s'expliquer par la consommation en eau propre au fonctionnement de l'usine de traitement mais surtout par la consommation des abonnés situé sur la conduite de descente du réservoir à la station. La faible différence entre volumes produits et volumes distribués permet de confirmer l'hypothèse qu'il n'existe pas de fuite sur la conduite d'adduction.

Le volume distribué quotidiennement est d'environ 1268,5 m³/j dont 34,2 m³ sont vendus aux collectivités voisines.

D'après nos estimations le volume de fuite est de 283,2 m³/j soit environ 22% des volumes produits. D'après les mesures, le rendement du réseau avoisine 80% ce qui est considéré comme excellent. Le gestionnaire du réseau doit maintenir ses efforts pour conserver ce rendement. Notons tout de même qu'il est difficile d'extrapoler 15 jours de mesures à une année entière.

L'objectif du Syndicat étant d'atteindre 85% de rendement, il reste quelques efforts à faire, même si le rendement actuel est conforme à la réglementation compte tenu du linéaire du réseau.

Les données enregistrées sont présentées en annexe 1.

III.1.3 Marnage des réservoirs

Le suivi du marnage des réservoirs permet de connaître le fonctionnement du stockage de l'eau au sein des cuves de stockage. Il permet de mettre en évidence si le remplissage est suffisant en fonction de la consommation d'eau sur le syndicat.

Au SIEB, le niveau de chaque réservoir est suivi en permanence à l'aide de sonde de niveau.

a) Mesure des hauteurs d'eau au niveau du réservoir d'eaux traitées

Les données présentées ci-après sont issues de la télésurveillance transmise par le SIEB pour la période du 4 au 18 Juillet 2019.

Réservoirs	Hauteur mini (cm)	Hauteur maxi (cm)	Moyenne (cm)
Ehuns 2x300 m ³	229,4	299,6	266,6
Ehuns 600 m ³	222,6	293,4	255,5
La Villedieu	192,0	215,0	205,8
Equevilley	297,5	305,7	301,8

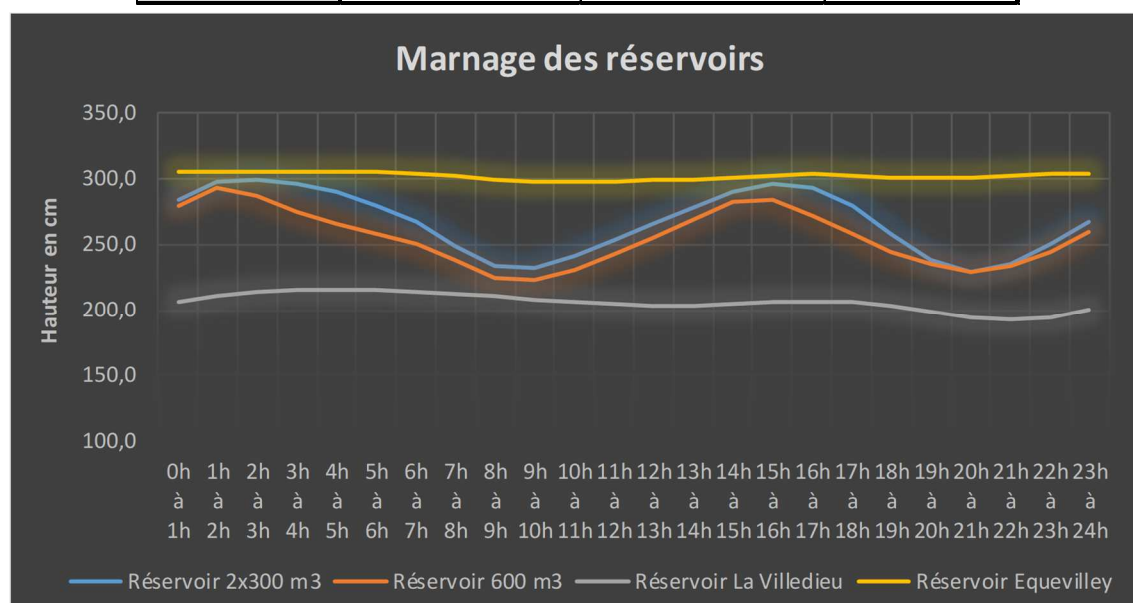
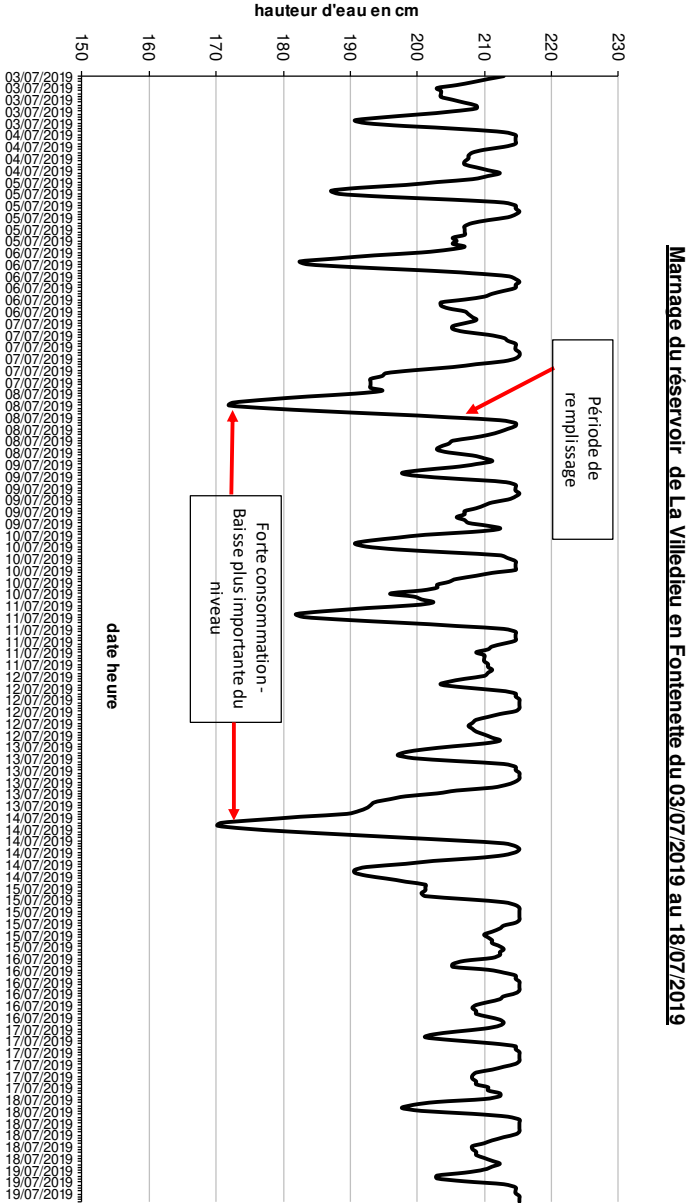


Tableau 4 : Variation des hauteurs dans les réservoirs - Moyenne horaire sur la période de mesures

L'exploitation des mesures issues du marnage des réservoirs permet d'affirmer les points suivants :

- Les réservoirs d'Equevilley et de La Villedieu sont régulés par un robinet flotteur fonctionnel qui empêche tout débordement de celui-ci. Le marnage du réservoir est faible (de 10 à 15 cm au maximum). On peut donc supposer que le temps de séjour dans les cuves de ces réservoirs est important.
- Les différentes cuves du réservoir d'Ehuns ont le même mode de fonctionnement avec des valeurs de marnage relativement semblables. Le niveau dans ces cuves s'équilibre en permanence.
- Les fluctuations du niveau dans les cuves du réservoir d'Ehuns sont plus importantes car leur remplissage est assuré par la station de pompage du puits Sainte-Marie dont le démarrage est asservi au niveau du réservoir.
- Le démarrage de la station de pompage permettant le remplissage du réservoir d'Ehuns se fait quand le niveau d'eau dans la cuve atteint 2,20 m et s'arrête lorsque le niveau atteint 3 m.
- Le démarrage de la pompe de remplissage du réservoir d'Ehuns s'effectue lorsque le volume restant équivaut à environ 75% de la capacité maximale des réservoirs (réserve incendie comprise).

- Le niveau d'eau au sein des réservoirs n'atteint jamais un niveau critique. Le remplissage est parfaitement régulé et aucun débordement des cuves n'est survenu au cours de la période de mesures.
- Notons quelques points particuliers issus de l'exploitation des données :
 - Une baisse plus importante du réservoir de La Villedieu-en-Fontenette est survenue le 8 et le 14 juillet 2019 alors que la consommation des abonnés n'est pas plus importante ces 2 jours de la semaine.



- Une baisse plus importante du niveau dans le réservoir d'Equivilley pour la journée du 13 juillet 2019. Une consommation légèrement plus importante que la moyenne est à noter ce jour-là.

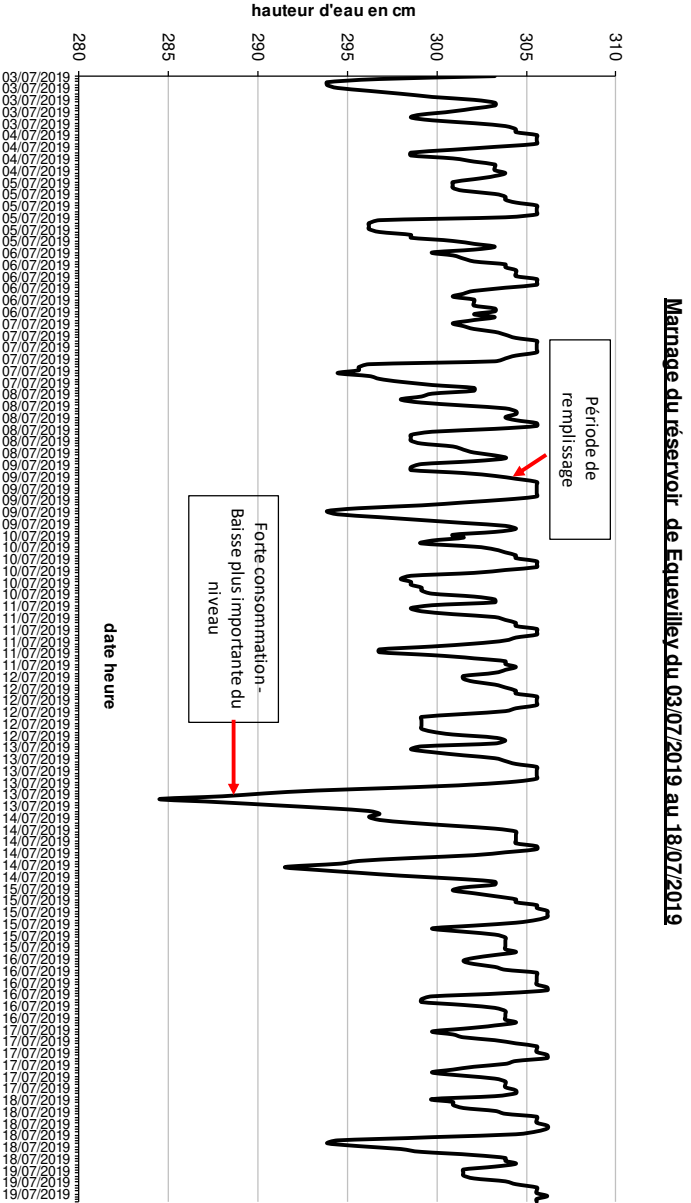


Figure 11 : Marnage du réservoir d'Equivilley

b) Conclusion concernant le marnage des réservoirs

Les niveaux d'eau dans les différents réservoirs sont parfaitement régulés ce qui évite les pertes d'eaux traitées par le trop plein des ouvrages. Le niveau d'eau est en tout temps suffisant pour subvenir aux besoins des abonnés et assurer une pression constante et correcte au sein du réseau de distribution. Il n'est pas nécessaire d'apporter de modification au fonctionnement des réservoirs.

Les données enregistrées sont présentées en annexe 2.

III.1.4 Suivi des pressions

a) Enregistrement continu

Les mesures en continu ont été réalisées du 3 au 18 Juillet 2019, au niveau de 20 poteaux incendie répartis sur l'ensemble du territoire du syndicat. Le but est d'appréhender les variations de pression au sein du réseau d'eau potable en fonction de la consommation des abonnés. Pour rappel la localisation des poteaux incendie équipés d'un capteur de pression est présentée sur la figure 2 en début de rapport.

N° PI	Commune	Adresse	Pression mini (bar)	Pression maxi (bar)	Pression moyenne (bar)
PI 33	Abelcourt	Rue de l'ancienne mairie	5,8	6,8	6,2
PI 37	Abelcourt	Rue des Combes	5,3	6,2	5,7
PI 60	Baudoncourt	Rue de l'Ecole	3,8	4,8	4,3
PI 23	Breuches	Bazin	4,4	4,9	4,5
PI 54	Breuches	Rue des Prés	4,4	5,4	4,8
PI non numéroté	Breuches	Lot Les piseaux	3,2	4,5	3,9
PI 84	Brotte	Rue de Baudoncourt	5,4	6,0	5,8
PI 47	Ehuns	Rue de la Fontaine	1,5	4,7	3,0
PI non numéroté	Ehuns	Rue de la Côte	3,7	5,2	4,6
PI non numéroté	Equevilley	Grande Rue	3,4	3,4	3,4
PI 76	La Chapelle	Route de Luxeuil	3,3	4,4	3,7
PI 3	La Villedieu	Grande Rue	5,2	5,2	5,2
PI 5	La Villedieu	RD n°6	4,6	4,8	4,7
PI 11	Meurcourt	Place du centre	5,9	6,2	6,0
PI 14	Meurcourt	Route de Luxeuil	4,7	5,1	4,9
PI 48	Ste Marie	Rue de la Station	4,6	5,5	4,8
PI 52	Ste Marie	La Gare du Tram	7,0	7,5	7,2
PI 28	Velorcey	Rue des Chenevières	5,5	5,8	5,7
PI 43	Villers	Rue du Faubourg	4,9	5,2	5,1
PI 74	Visoncourt	Impasse de la prairie	5,0	5,2	5,2

Tableau 5 : Synthèse des mesures de pression

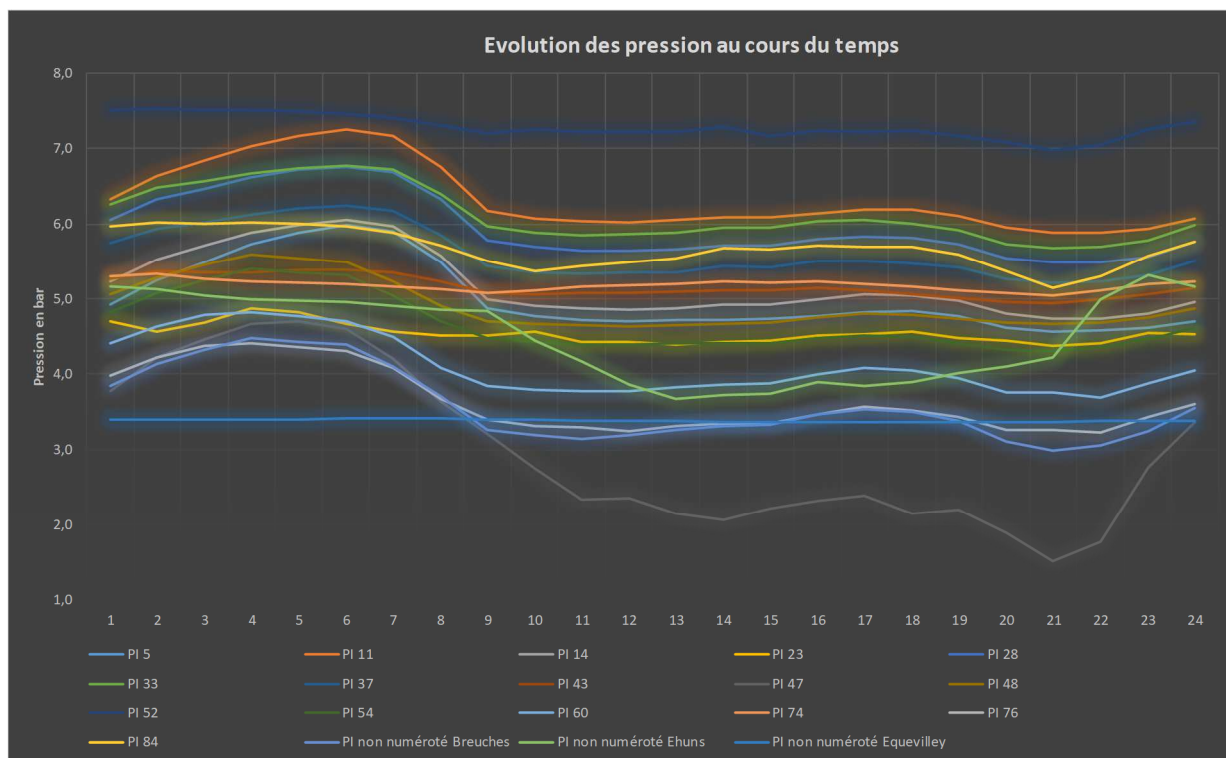


Figure 12 : Evolution de la pression au sein du réseau d'eau potable

➤ Points particuliers

- Les pressions varient essentiellement en fonction des phases de remplissage du réservoir d'Ehuns qui alimente la majorité des poteaux incendie étudiés. En effet, le réservoir d'Ehuns a un marnage de ± 1 m ce qui peut influencer la pression au sein du réseau d'eau potable.
- L'écart entre les pressions maximales et minimales est relativement important pour les poteaux incendie desservis par le réservoir d'Ehuns.
- La pression au sein du réseau est généralement plus élevée en période nocturne qu'en période diurne mettant en évidence un impact de la consommation sur la pression du réseau.
- La pression au sein du réseau de La Villedieu et d'Equevilley fluctue peu du fait du faible marnage des réservoirs d'eau potable.
- Les pressions minimales enregistrées sont convenables et permettent d'assurer une bonne pression tout au long de la journée aux abonnés.
- Les réducteurs de pression semblent jouer leur rôle en limitant la pression des réseaux à 7 bars.
- Les pressions moyennes sont convenables par rapport aux règles de défense incendie imposant une pression supérieure à 1 bar.

Notons quelques événements marquant durant la campagne de mesures :

- La fermeture du PI n°37 à Abelcourt par le syndicat des eaux pour effectuer de la recherche de fuite sur la commune ;
- Une baisse significative de la pression du PI n°52 à Sainte Marie pouvant s'apparenter à la fermeture du poteau incendie durant la période de mesures.
- Les fluctuations de la pression enregistrée au niveau du PI 47 à Ehuns semblent incohérentes par rapport à un fonctionnement normal. En effet à plusieurs reprises la pression enregistrée au niveau de ce PI est nulle et cela sans explication apparente. De plus les fluctuations ne sont pas cycliques comme sur les autres points de mesures.

Pression PI n°37 - Rue des Combes - Abelcourt - Du 03 au 18 juillet 2019

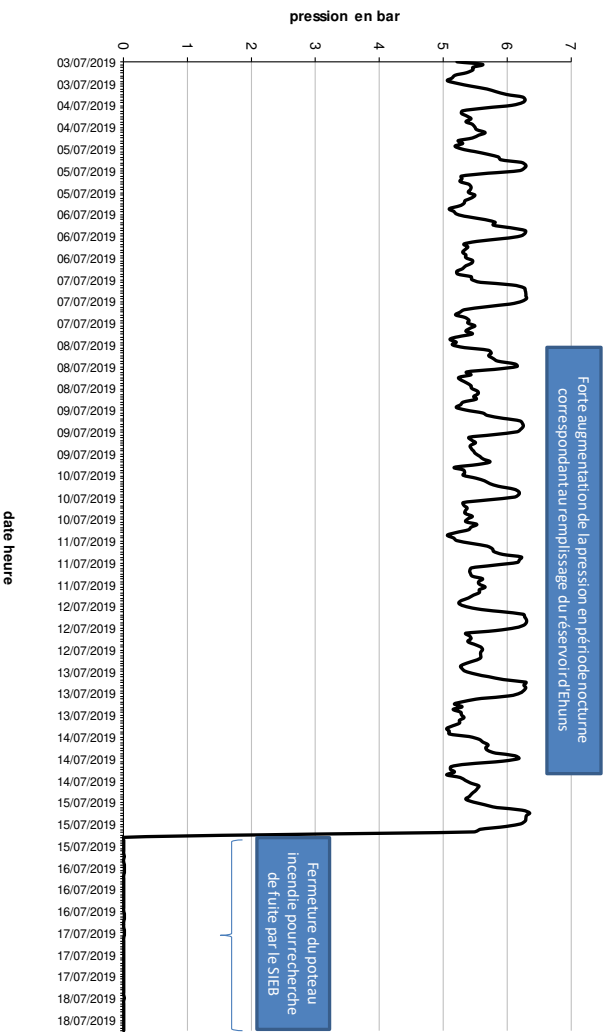


Figure 13 : Evolution de la pression au PI n°37

Pression PI 52- Quartier de la Gare du Tram - STE MARIE - Du 03 au 18 juillet 2019

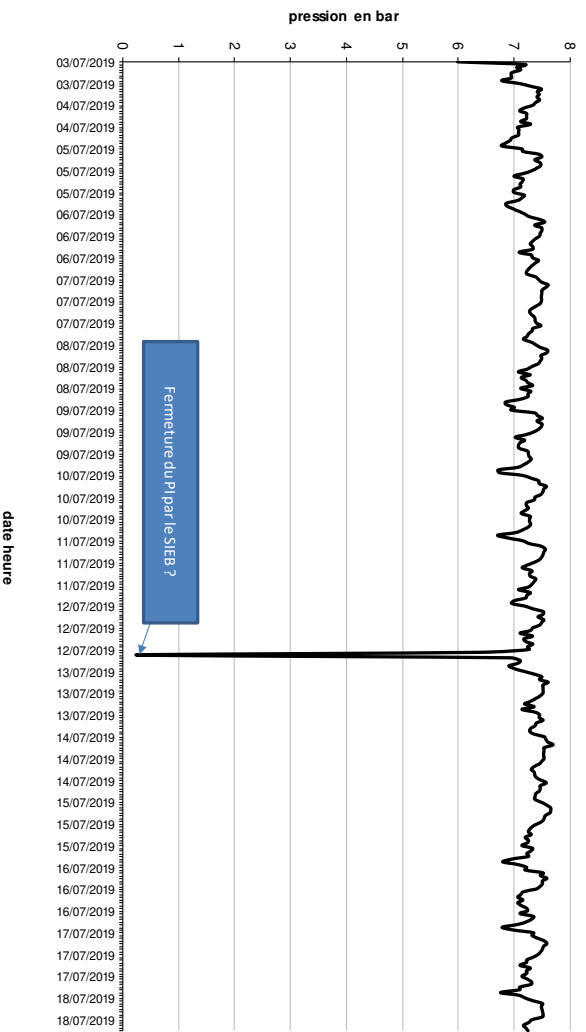


Figure 14 : Evolution de la pression au PI n°52

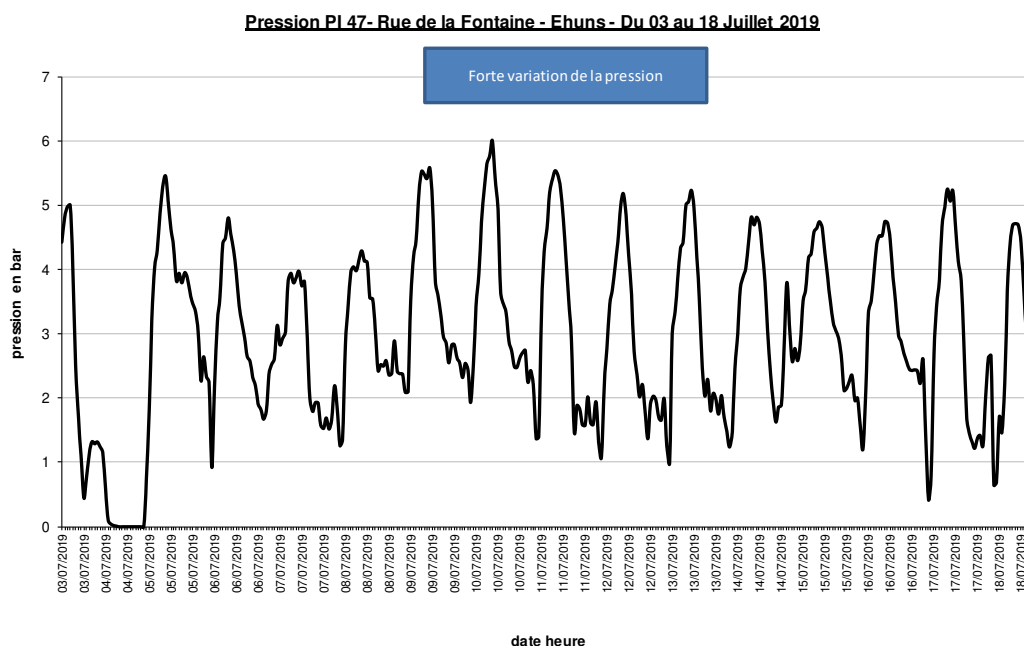


Figure 15 : Evolution de la pression au PI n°47

Les données enregistrées sont présentées en annexe 3.

b) Tests débit-pression

En toute logique des tests débit pression doivent être réalisés tous les 3 ans pour vérifier la conformité des poteaux incendie. Ces tests doivent être réalisés par le syndicat. Actuellement, le syndicat ne dispose d'aucune information valide concernant la conformité des poteaux incendie implantés sur le territoire syndical.

III.1.5 Contrôle des réducteurs de pression

Afin de limiter la pression au sein des réseaux de distribution, le réseau du syndicat est équipé de 7 réducteurs de pression répartis sur l'ensemble du réseau. Leur localisation est donnée sur le plan suivant.

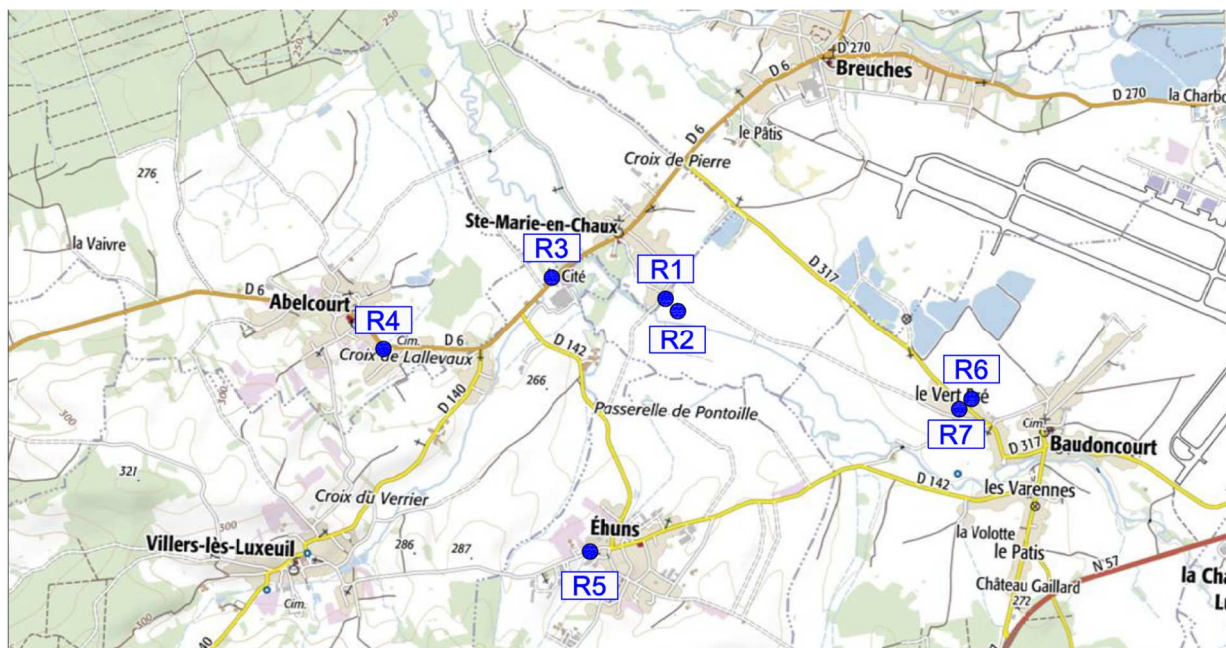


Figure 16 : Localisation des réducteurs de pression

Les réducteurs de pression ont été contrôlés afin d'appréhender les pressions amont et aval. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Localisation	N°	Pression amont (bar)	Pression aval (bar)	Remarques
BREUCHES/STE MARIE	R1	7	4,8	
BAZIN	R2	7	4,8	
COUVAL	R3	-	-	Impossible d'adapter un mano
ABELCOURT	R4	-	-	By-passé
EHUNS	R5	7,2	4,5	
BAUDONCOURT	R6	7	4,5	
BROTTE	R7	7	7	HS - Impossible de faire réglage

Figure 17 : Caractéristiques des réducteurs de pression

Le réducteur de pression n°4 a été by-passé car celui engendrait des problèmes de pression insuffisante en différents points du réseau. La pression était notamment insuffisante pour alimenter le réservoir de La Villedieu.

IV. CONCLUSION MESURES

Les mesures réalisées ont permis de mieux connaître le fonctionnement du réseau de distribution géré par le syndicat intercommunal des eaux de Breuches.

Le débit de fuite a été estimé à partir des mesures à $283,2 \text{ m}^3/\text{j}$ ce qui correspond à un rendement primaire de 78%. Ainsi l'indice linéaire de pertes s'élève à $2,7 \text{ m}^3/\text{j}/\text{km}$. D'après les mesures, l'ILP est considéré comme médiocre et le rendement sont considérés comme bon.

La valeur du rendement atteint la valeur fixée par le décret 2012-97 du 27 janvier 2012 qui est de 67,2%.

Le rendement actuel est supérieur au seuil de rendement « Grenelle 2 » et il n'est donc pas nécessaire d'établir un plan d'actions spécifique. Le syndicat doit poursuivre ses efforts pour améliorer la performance du réseau dans la continuité des actions mises en œuvre en 2018.

Les pressions enregistrées sur le réseau sont convenables et suffisantes du point de vue réglementaire (0,3 bar à la sortie du robinet). La consommation des abonnés influe sur la pression au sein du réseau de distribution sans pour autant compromettre la qualité du service. Il ne semble pas nécessaire de modifier les réglages des réducteurs de pression ni d'en ajouter sur le réseau.

Le suivi du marnage des réservoirs a permis de mettre en évidence la bonne régulation du niveau d'eau dans les cuves ce qui permet d'éviter les pertes d'eau par le trop plein des ouvrages. Il n'est pas nécessaire de modifier les organes de régulations présents.

Les mesures réalisées sur le réseau d'eau potable du SIEB vont contribuer au calage du modèle informatique présenté ci-après.

V. MODELISATION HYDRAULIQUE DU RESEAU D'EAU POTABLE

V.1. Généralités

Pour effectuer une modélisation hydraulique plusieurs logiciels gratuits sont disponibles. On retrouve fréquemment le logiciel Epanet et le logiciel Porteau. La modélisation du réseau d'eau potable du SIEB a été effectuée à l'aide du logiciel Porteau. Développé par le CEMAGREF, celui-ci a pour but d'étudier le comportement d'un réseau maillé de distribution d'eau potable ou de transport d'eau sous pression. Il permet une schématisation du réseau, la représentation de son fonctionnement en pointe, sur un horizon de plusieurs heures ou jours, la modélisation de la qualité avec temps de séjour, cinétique et traçage de provenances. Il est utile comme outil de gestion et d'aide au dimensionnement.

Cet outil permet donc d'une part d'analyser les conditions de fonctionnement actuel du réseau, et d'autre part de simuler son fonctionnement futur, en prenant en considération les perspectives d'urbanisation à court, moyen ou long terme. Il permet enfin de simuler le fonctionnement des réseaux une fois les restructurations mises en œuvre.

La visualisation des variations de niveau des réservoirs au cours d'une journée, ainsi que celles des pressions résiduelles et des vitesses dans les canalisations, pour différentes hypothèses sur les besoins et les ressources, constitue une base à l'élaboration d'un programme de gestion du réseau à court, moyen et long terme.

Le logiciel Porteau est constitué de 3 modules de calculs permettant soit une approche hydraulique, soit une approche qualité des réseaux modélisés.

Le module ZOmayer, que nous avons utilisés pour la modélisation du réseau du syndicat intercommunal des eaux de Breuches, permet de simuler sur plusieurs heures (de 24h à 15 jours), le fonctionnement hydraulique du réseau. Ainsi les calculs effectués par le logiciel permettent de connaître les différentes variations au sein du réseau d'eau potable tel que :

- Variations de pression
- Variations de niveau dans le réservoir
- Fonctionnement des différents organes du réseau (réducteur de pression, électrovanne...)
- Perte de charge
- Etc...

L'interface graphique du logiciel est relativement simple. En effet le réseau est schématisé sous forme de tronçons pour les conduites et sous forme de nœuds pour les intersections. Ces différents éléments sont renseignés de façons précises (diamètre, rugosité, longueur pour les tronçons et l'altitude ainsi que la consommation d'eau potable spécifique pour les nœuds). Il est à noter que les consommations sont régies par des modèles de consommation pouvant être différent en fonction du secteur modélisé.

Enfin, le réseau peut comporter des ouvrages et des appareillages, comme par exemple des réservoirs, des pompes, des limiteurs de débits, des stabilisateurs de pression, des vannes motorisées ainsi que des réducteurs de pression.

Une fois tous ces éléments renseignés au sein du logiciel Porteau, celui-ci permet :

- ✓ De définir différentes courbes type de consommations (domestique, industrielles, fuite) avec un pas de temps horaire ;
- ✓ D'injecter des débits continus de captages ;
- ✓ De calculer les débits et les vitesses en réseau maillé ;
- ✓ De simuler les variations journalières de niveau dans les réservoirs ;
- ✓ De prendre en compte les singularités du réseau ;
- ✓ De mettre en évidence les variations de pressions aux différents nœuds ;
- ✓ De simuler l'impact des modifications apportées sur le réseau et ouvrages, avant tout lancement de tranches de travaux.

V.2. Méthode

V.2.1 Modélisation simplifiée du réseau

- Choix des diamètres

Toutes les canalisations structurantes dont le diamètre était supérieur ou égal à 40 mm ont été intégrées dans le modèle informatique.

Le modèle a été construit à partir des données issues des plans du réseau élaboré par nos soins en collaboration avec les membres du SIEB. Les diamètres et les matériaux n'ont pas été modifiés depuis la visite de terrain.

Au total, le modèle possède un linéaire de canalisation de 74 km

- Les Nœuds et les tronçons

Le réseau est représenté comme une succession de tronçons (les canalisations), séparés entre eux par des nœuds, correspondants soit à une consommation d'abonnés de type domestique ou de type industriel, soit à un maillage entre deux conduites, soit les deux à la fois.

Chaque tronçon est affecté d'un diamètre, d'un type de matériau, d'une longueur et d'une rugosité. Le nombre d'abonnés desservis par le tronçon peut également être renseigné.

La liste des tronçons par diamètres et matériaux utilisés sont répertoriés dans le tableau suivant :

Matériau	Rugosité de Colebrook	Rugosité de Hazen-Williams	Longueur (m)	Pourcentage (%)	Nombre de tronçons
Fonte	1.15	100	55 881	11,9%	285
PVC	0.0015	146	17 828	75,3%	82
PEHD	0.0015	146	25	5,6%	1
Indeterminé	0.1	136	263	5,6%	2

Tableau 6 : Descriptif des tronçons

Chaque nœud est affecté d'un identifiant, d'une altitude et du nombre d'abonnés alimentés en ce point. Ainsi, 2063 abonnés domestiques ont été répartis sur les 339 nœuds et 370 tronçons dont est composé le modèle.

L'ensemble des informations suivantes est présenté en annexe :

- ✓ Schéma de la vue générale du modèle Porteau du réseau du SIEB (Annexe 4) ;
- ✓ Données relatives aux nœuds (Annexe 5) ;
- ✓ Données relatives aux tronçons (Annexe 6).

- Les ouvrages particuliers à intégrer au modèle

Pour que le modèle fonctionne et se rapproche de la réalité il est important d'y intégrer les ouvrages particuliers que l'on retrouve sur la commune du SIEB.

➤ **Le puits Sainte Marie**

Ce forage alimente via une pompe de reprise le réservoir d'Ehuns. Le démarrage de la station de pompage est asservi au niveau d'eau du réservoir d'Ehuns.

D'après les données transmises par le SIEB le démarrage des pompes s'effectue lorsque le niveau d'eau dans le réservoir est compris en 2,15 et 2,20 m et la station se met à l'arrêt lorsque le niveau d'eau dans le réservoir atteint 3 m. Le débit d'exploitation est limité au débit des pompes qui est de 110 m³/h.

Situé à 255 m d'altitude, le débit de production est suivi par un débitmètre électromagnétique. L'exploitation de la ressource doit respecter l'arrêté préfectoral D2/B4/l/2001/N° 2402 28/09/2001 qui a fixé le débit de prélèvement autorisé à 150 m³/h pendant 12 heures soit 1 800 m³/j.

Le débit maximal autorisé de la ressource est intégré au modèle.

La station de pompage est intégrée au modèle sous forme d'une pompe puissance de 65 kW avec un asservissement au niveau de la cuve du réservoir d'Ehuns. Les caractéristiques du forage sont données dans les figures suivantes.

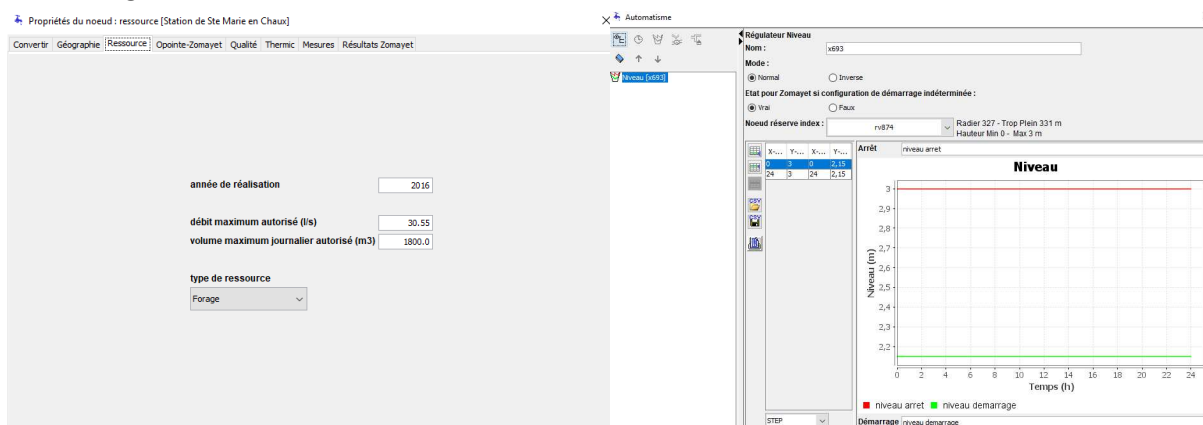


Figure 18 : Mode de fonctionnement du puits Sainte Marie

Les courbes de pompes ont été saisies de façon à caler les mesures modélisées aux mesures enregistrées. Dans la réalité, les courbes de fonctionnement des pompes sont probablement légèrement différentes de celles intégrées au modèle..

➤ Les réservoirs du syndicat

A titre d'information et pour simplifier le fonctionnement du modèle informatique, tous les réservoirs composés de 2 cuves ou plus ont été modélisés sous la forme d'un réservoir possédant une cuve unique dont le volume correspond au volume total de l'ouvrage.

- Le réservoir d'Ehuns

C'est le réservoir principal du syndicat. Il est composé de 3 cuves, l'une de 600 m³ (cuve récente) et deux cuves plus anciennes de 300 m³ chacune. Les 3 cuves fonctionnent à l'équilibre et de ce fait les variations de niveau au sein des différentes cuves restent semblables au fil du temps. Il permet l'alimentation des autres sites de stockage.

Il est alimenté par le puits Sainte Marie.

Pour simplifier le modèle informatique, les 3 cuves du réservoir ont été regroupées en une seule cuve de 1 200 m³. Les différentes cuves fonctionnant à l'équilibre cela n'a pas d'impact sur la qualité de la modélisation.

La cote radier du réservoir a été évaluée à 327 m pour une cote au sol de 333 m. La hauteur d'eau maximale dans le réservoir est estimée à 3 mètres d'après les données du SIEB.

La régulation du niveau d'eau dans le réservoir est assurée par le déclenchement de la station de pompage du Puits Sainte-Marie.

Pour information, les données à intégrer dans le modèle informatique sont présentées ci-dessous.

Figure 19 : Description du réservoir d'Ehuns

- Le réservoir semi enterré de La Villedieu

Son remplissage est assuré par le réservoir d'Ehuns et son niveau est régulé par un robinet flotteur. L'altitude du radier de la cuve a été estimée à 313 m et sa hauteur maximale de remplissage est de 2,15 m. Le volume total du réservoir est de 200 m³ dont 120 m³ est réservé à la défense incendie.

Pour information, les données à intégrer dans le modèle informatique sont présentées ci-dessous.

Figure 20 : Description du réservoir de La Villedieu

- Le réservoir semi enterré d'Equevilley

Le réservoir d'Equevilley est un réservoir semi enterré de 200 m³ dont 120 m³ de réserve incendie. Il est alimenté par le réservoir d'Ehuns et dessert uniquement la commune d'Equevilley.

Implanté sur la commune d'Equevilley, l'altitude du radier de la cuve a été estimée à 306 m et sa hauteur maximale de remplissage à 3,05 m.

Le niveau d'eau du réservoir est régulé par un robinet flotteur. Pour information, les données à intégrer dans le modèle informatique sont présentées ci-dessous.

Figure 21 : Description du réservoir d'Equevilley

➤ Les réducteurs de pression

Il existe 7 réducteurs de pression (dont 1 by passé non modélisé) sur le réseau du SIEB (stabilisateur aval). Leurs caractéristiques sont données dans la figure 17.

A titre d'information le réducteur de pression « Couval » n'ayant pu être vérifié (impossible d'adapter un manomètre), celui-ci n'a pas été modélisé. Cependant, il s'est avéré lors de la reconnaissance de terrain que le maillage Couval/Station/Sainte Marie ne fonctionnait pas à cause de ce réducteur de pression. Le volume transitant par ce réducteur de pression est donc nul ce qui est d'ailleurs confirmé par les valeurs du compteur de sectorisation présent dans la chambre de réduction.

Suite à cette constatation , le modèle a été calé en fermant le maillage Couval/Station/Sainte Marie.

V.2.2 Modélisation des consommations communales

Un modèle de consommation est une courbe sur 24 h à laquelle est affecté un débit ou un volume et qui représente les variations de la consommation pendant la journée.

Sous le logiciel Porteau, il est possible de créer plusieurs types de modèles regroupés dans 2 catégories distinctes :

- Les modèles domestiques (consommation des habitants)
- Les modèles non domestiques (Fuites, arrosage, industriels, etc...)

Pour le cas du syndicat intercommunal, 16 modèles de consommation domestique ont été créés et 24 modèles de consommations non domestiques représentant les gros consommateurs sur le réseau communal ont été intégrés au modèle.

Aucune recherche de fuite n'ayant été effectuée pendant l'étude, la répartition des fuites n'est pas connue sur le réseau du syndicat. De ce fait les volumes de fuites ont été intégrés généralement au centre de chaque village afin que celle-ci soit au mieux réparties

L'impact de l'injection des fuites sur le résultat du modèle est faible compte tenu du bon rendement global du réseau.

- Les modèles de consommations domestiques

Les consommations domestiques ont été définies à l'aide des mesures effectuées au niveau des compteurs équipés d'une tête émettrice. Ainsi nous avons différencié la consommation domestique de chaque village.

Nous avons également créé un modèle spécifique pour l'usine Bazin.

Pour information, les volumes consommés par les abonnés sont les suivants :

• Abelcourt :	408,6 l/abonné/j – 175 abonnés
• Baudoncourt :	204,8 l/abonné/j – 275 abonnés
• Breuches :	162,3 l/abonné/j – 407 abonnés
• Brotte :	241,4 l/abonné/j – 111 abonnés
• Ehuns :	166,1 l/abonné/j – 115 abonnés
• Equevilley :	197,8 l/abonné/j – 91 abonnés
• La Chapelle :	209,2 l/abonné/j – 195 abonnés
• La Villedieu :	222,9 l/abonné/j – 107 abonnés
• Meurcourt :	161,8 l/abonné/j – 191 abonnés
• Ste Marie :	168,3 l/abonné/j – 83 abonnés
• Velorcey :	694,5 l/abonné/j – 98 abonnés
• Villers :	418,9 l/abonné/j – 176 abonnés
• Visoncourt :	598,2 l/abonné/j – 34 abonnés

Les variations entre les différents volumes consommés par les abonnés s'expliquent par la présence d'abonnés ayant, dans la réalité, une consommation nulle.

Le modèle ne permet pas de différencier les consommateurs ayant une consommation nulle des autres consommateurs.

A cela s'ajoute la consommation des communes interconnectées au syndicat de Breuches et qui achète de l'eau à celui-ci :

• Betoncourt :	18,9 m ³ /j fuite comprise
• Ormoiches :	15,3 m ³ /j fuite comprise

L'usine Bazin a également été modélisée sous la forme d'un modèle de consommation domestique à savoir :

• Usine Bazin :	34,6 m ³ /j
-----------------	------------------------

Les courbes représentant les profils de consommation sont données en annexe n°7 du rapport. La consommation totale des abonnés domestiques s'élève à 932,3 m³/j pour 24 heures. Celles-ci ont été élaborées à partir des mesures de débit transmises par le syndicat.

A titre d'information, la création d'un modèle de consommateur consiste à créer un jour moyen de consommation à partir du suivi de débit sur l'ensemble de la période de mesure, avec un pas de temps d'une heure. A ce jour moyen on retranche les débits de fuite (méthode du minima nocturne) et les débits des gros consommateurs (d'après rôle d'eau). La valeur de chaque pas de temps du modèle est alors égale au débit moyen du pas de temps divisé par le débit maximum, exprimé en pourcent.

- Les modèles de consommation non domestiques

Le logiciel Porteau permet d'intégrer des modèles de consommation non domestiques. Pour le cas du SIEB, ceux-ci représentent les différents gros consommateurs recensés sur le réseau du SIEB ainsi que les débits de fuite. Pour rappel ceux-ci sont donnés dans le tableau suivant.

➤ Les gros consommateurs

Dénomination	Volume journalier (m ³ /j)	Secteur	Point d'injection modèle
BAZIN André (restaurant)	1,5	Breuches	OD_528
BOURGOGNE Gérard	3,3	La Chapelle	OD_0
BOUVREUIL EARL	8,7	Brotte	OD_158
CORNUEZ	0,8	Equevilley	OD_461
COULIN EARL	3,7	Ehuns	OD_671
COURTOY SARL	1,3	Visoncourt	OD_678
EARL Camp de César	3,7	Ehuns	OD_671
GAEC de la Gare	22,9	Equevilley	OD_473
GAEC du 1 ^{er} Chêne	6,1	Ehuns	OD_650
GAEC du Pré d'Enfroy	2,7	La Villedieu	OD_856
GAEC du Pré d'Enfroy	1,3	Meurcourt	OD_362
HAAS Francois	1,5	Velorcey	OD_312
JAMEY Pépinière	1,4	Abelcourt	OD_665
JARROT	1	Equevilley	OD_466
LAGIRARDE Christophe	1,7	Baudoncourt	OD_667
Les Bougainvillées SCI	1,4	Meurcourt	OD_880
MATHIEU Alain	3,6	Abelcourt	OD_282/OD_840
MEZELLE EARL	3,1	Visoncourt	PI74
MOULIN Hugo	1,7	Equevilley	OD_454
PARRAIN GAEC	5	Ehuns	OD_658
ROUSSE Philippe	3	Villers	OD_241
Saonoise de Contreplaqué	1,4	Ste Marie	OD_883
VINOT Alain	3,2	Meurcourt	OD_345

Tableau 7 : Modèles de consommation pour les gros consommateurs

Les consommations des gros consommateurs ont été injectées au modèle et ont permis d'affiner le calage. Le volume total attribué aux gros consommateurs s'élève donc à 84 m³/j soit 3,5 m³/h.

➤ Les volumes de fuite

Dénomination	Volume journalier (m ³ /j)	Secteur	Point d'injection modèle
Fuite Abelcourt	105,8	Abelcourt	OD_276
Fuite Baudoncourt	19,44	Baudoncourt	OD_102
Fuite Bazin	3,9	Breuches	OD_879
Fuite Breuches	82,1	Breuches	OD_485
Fuite Brotte	23,76	Brotte	OD_154
Fuite Equevilley	10,8	Equevilley	OD_451
Fuite La Chapelle	2,16	La Chapelle	OD_7
Fuite liaison Brotte	10,1	Brotte	OD_134
Fuite Meurcourt	15,12	Meurcourt	OD_377
Fuite Ste Marie	2,16	Ste Marie	OD_495
Fuite Velorcey	2,16	Velorcey	OD_319
Fuite Villers	1,44	Villers	OD_239

Tableau 8 : Modèle de consommation pour les fuites

Les volumes de fuite ont été calculés à partir des minimas nocturnes enregistrés au niveau de chaque compteur télésurveillé par le SIEB. Certaines valeurs sont issues de la différence entre le compteur situé en entrée de village et celui situé en sortie.

V.2.3 Calage du modèle

Le modèle, une fois construit, ne peut donner de résultats satisfaisant sans une adaptation des caractéristiques hydrauliques de ses tronçons à la réalité. En effet, l'usure des conduites mais aussi des vannes et tout autre organe hydraulique diminue les capacités hydrauliques du réseau d'eau potable en engendrant des pertes de charges linéaires ou ponctuelles. Il convient donc de procéder à un calage des pertes de charge et des rugosités à partir des données de terrain.

Pour caler le modèle, nous utiliserons les données enregistrées lors de la campagne de métrologie effectuée sur la commune en Juillet 2019. Le détail des points de mesures est présenté dans les tableaux n°1 et n°2.

Globalement, le calage d'un modèle suit le schéma suivant :

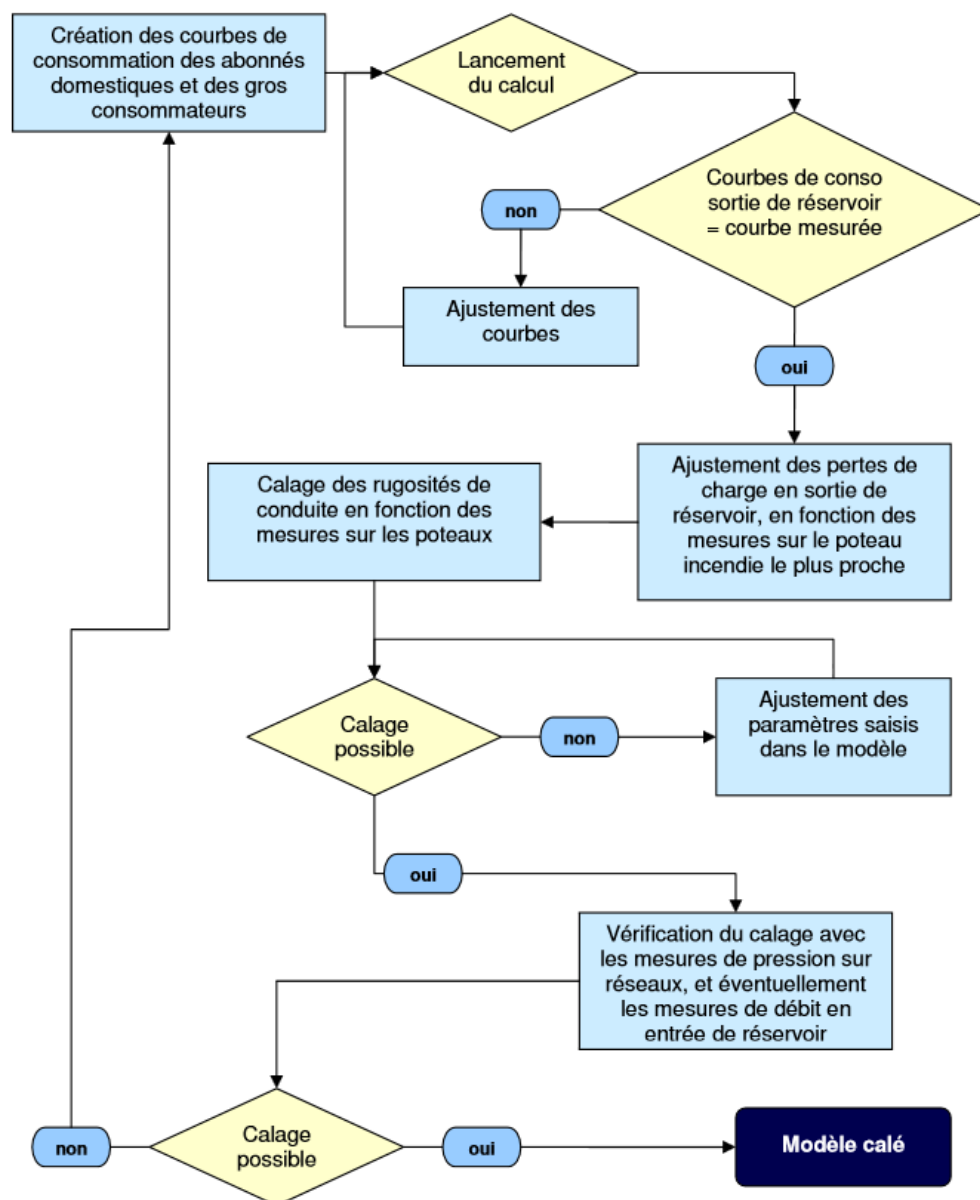


Figure 22: Schéma de principe pour le calage du modèle

A partir des données recueillies lors de la campagne de mesures, différentes courbes ont été définies (courbe de débits et courbe de marnage) et intégrées dans le logiciel Porteau afin de les comparer avec celles obtenus mathématiquement par le modèle informatique. Si la courbe théorique et la courbe résultant des mesures sont superposables, nous pouvons alors considérer que le modèle informatique est "calé". Cependant la perfection étant impossible, il est toléré une certaine marge entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées. Celles-ci sont définies comme suit :

- Débits égaux à plus ou moins 10%
- Pressions moyennes égales à plus ou moins 0,2 bars (2 mce)
- Hauteurs de marnage égales à plus ou moins 10 cm

Le calage du modèle a été effectué à partir des données enregistrées lors de la phase de mesures. Les courbes de calage sont présentées en annexe n°8 du présent rapport.

V.2.4 Valeurs guides de la modélisation

Un réseau d'alimentation en eau potable doit satisfaire à un ensemble d'exigence pour lesquelles des valeurs guides nous permettent de juger du bon fonctionnement des équipements existants.

- La qualité de l'eau : Le temps de séjour ne doit pas excéder 1 journée de besoins de pointe au niveau des réservoirs, et le temps de transfert doit éviter d'être supérieur à 2 jours au niveau des canalisations (et ce bien qu'il n'y ai pas de normes strictes en ce sens).
- La pression doit être comprise en 2 et 7 bars. En dessous de 2 bars, si l'habitation possède un ou plusieurs étages, il y a risque de ne pas avoir assez d'eau au robinet pour le confort des personnes. Au delà de 7 bars, il y a un risque de détérioration au niveau des appareils ménager. Un réducteur de pression est alors nécessaire chez les particuliers.
- Le débit en tout point du réseau doit couvrir les besoins nécessaires à l'alimentation des abonnés en période moyenne et de pointe.
- La vitesse maximale préconisée pour les réseaux de distribution, afin d'éviter une usure trop importante de la canalisation par les matières en suspension dans l'eau et d'augmenter la durée de vie du matériel disposé sur le réseau (réducteurs, clapets, compteurs, ...) est de 1,5 m/s. Afin de restreindre les pertes de charge, il est généralement conseillé de limiter les vitesses à moins de 1 m/s pour les canalisations de diamètres inférieur ou égal à 150mm. Le véritable paramètre de la plus ou moins grande saturation d'un réseau est le coefficient de perte de charge J en m/km : on considérera qu'un tronçon de réseau est correctement dimensionné si ce paramètre reste inférieur à 10 m/km, ce qui représente une perte de charge d'environ 1 bar par kilomètre de conduite.

V.2.5 Paramètre appliquer pour le calage du modèle

- Variations de perte de charge au niveau des réducteurs de pression

Malgré les faibles dénivelés observés sur le syndicat, environ 100 m entre le réservoir principal et le point bas du syndicat, on dénombre au total 6 régulateurs de pression en fonction.

Ces différents appareils sont définis par une perte de charge constante et une perte de charge augmentant avec le débit. C'est cette partie augmentant avec le débit qui est la cause principale des très fortes variations de pression observée sur la majeure partie des antennes du réseau.

Ces pertes de charges proportionnelles aux débits correspondent au fonctionnement mécanique des appareils. Le calage est réalisé pour le fonctionnement normal du réseau.

Les stabilisateurs de pression ont été calés par rapport aux mesures de pression réalisées à proximité de ceux-ci et non pas par rapport aux mesures ponctuelles réalisé par le syndicat. En effet la réduction de la pression diffère en fonction de la plage horaire.

- Perte de charge linéaires

L'ancienneté des canalisations en fonte a souvent pour conséquence d'augmenter leur rugosité, de par leur usure, voire de diminuer leur section capable, de par les dépôts de matériau. Les canalisations du syndicat de Breuches sont de fort diamètre par rapport aux débits transités, même avec des rugosités importantes les pertes linéaires restent de faibles ampleurs. De plus ces faibles pertes sont masquées par les très fortes pertes singulières dues notamment aux régulateurs de pression.

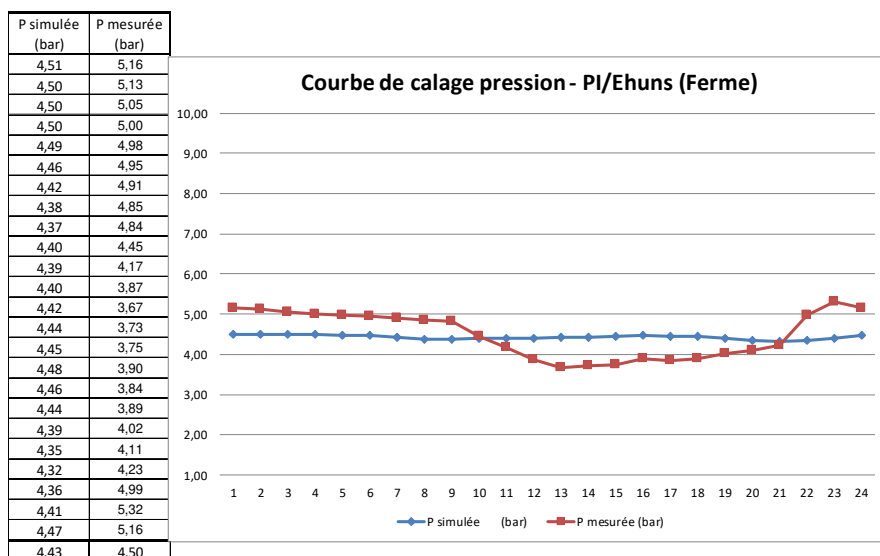
La rugosité des conduites a été modifié uniquement sur la canalisation reliant Villers à Abelcourt (2 mm contre 1,15 mm habituellement) ainsi que sur la canalisation principale reliant Abelcourt à Meurcourt (5 mm contre 1,15 mm).

- Cas particulier d'Ehuns

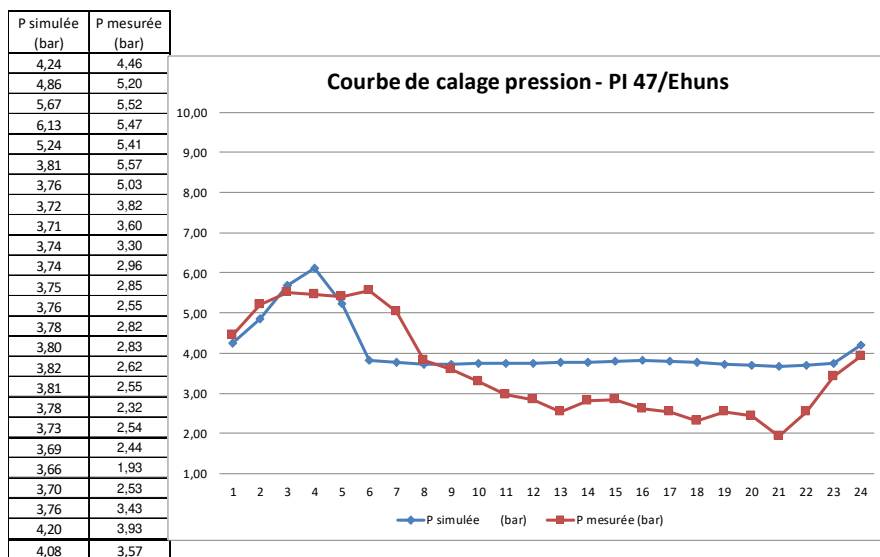
Les pressions sur la commune d'Ehuns enregistrées au cours des mesures semblent perturbées par la consommation des nombreux gros consommateurs présents sur la commune qui représentent près de 50% du volume consommé quotidiennement par cette commune. En effet que ce soit au niveau du Poteau incendie n°47 ou au niveau du poteau incendie situé au niveau de la chambre de comptage, le delta entre pression minimum et maximum est élevé et n'est pas concordant avec les fluctuations de

pression enregistrées sur les autres villages. Des pressions proches de zéro ont d'ailleurs été enregistrés sur ces 2 points de mesures, signifiant qu'une forte demande en eau à lieu sur ce réseau. Le réducteur de pression situé rue de la côte accentue les variations de pression sur le réseau d'Ehuns. De ce fait le calage des pressions semble compromise dans ces conditions comme le montre les 2 courbes de calage suivantes :

Calage - Pression PI - Ehuns Ferme



Calage - Pression PI 47 - Ehuns



VI. RESULTATS DE LA MODELISATION HYDRAULIQUE

VI.1. Modélisation de la situation actuelle

Cette modélisation a pour but d'étudier le fonctionnement des réseaux en prenant en considération la répartition actuelle des abonnés domestiques, des gros consommateurs et des fuites observées sur le réseau d'eau potable.

La simulation hydraulique va permettre d'appréhender les variations journalières des débits, du niveau du réservoir et des variations de pression en situation actuelle.

Aucune extension du réseau n'est actuellement prévue. Le modèle sert donc à rendre part du fonctionnement actuel du réseau d'eau potable.

En cas de projet, le syndicat pourra s'il le souhaite, utiliser le modèle informatique pour connaître l'impact des projets sur le réseau existant.

LE MODELE INFORMATIQUE A ETE CREE A PARTIR DES MESURES ET DES PARAMETRES DU RESEAU VALABLES AU MOIS DE JUILLET 2019. TOUTES LES MODIFICATIONS DU RESEAU SURVENUES APRES CETTE DATE MODIFIERONT INDENIABLEMENT LES PARAMETRES DE CALAGE DU MODELE. TOUTES LES VALEURS ISSUES DU MODELE SURVENANT APRES UNE QUELCONQUE OPERATION SUR LE RESEAU (CREATION DE RESEAU, EXTENSION DE RESEAU, CREATION DE NOUVEAUX OUVRAGES) NE POURRONT ETRE VALIDEES QU'APRES UNE VERIFICATION DU CALAGE DU MODELE.

A partir des données enregistrées lors de la période de mesures, le modèle a permis de suivre précisément plusieurs éléments, à savoir :

- Les variations du niveau d'eau au sein des réservoirs
- Les conditions de pression sur les réseaux
- Les conditions de vitesse dans les conduites

- Variations de niveau au niveau des réservoirs

La simulation est lancée sur une période de 72 heures (3 jours) afin de voir si le niveau du réservoir baisse ou non au fil du temps. Les résultats sont présentés ci-après sous la forme d'une courbe extraite du logiciel Porteau.

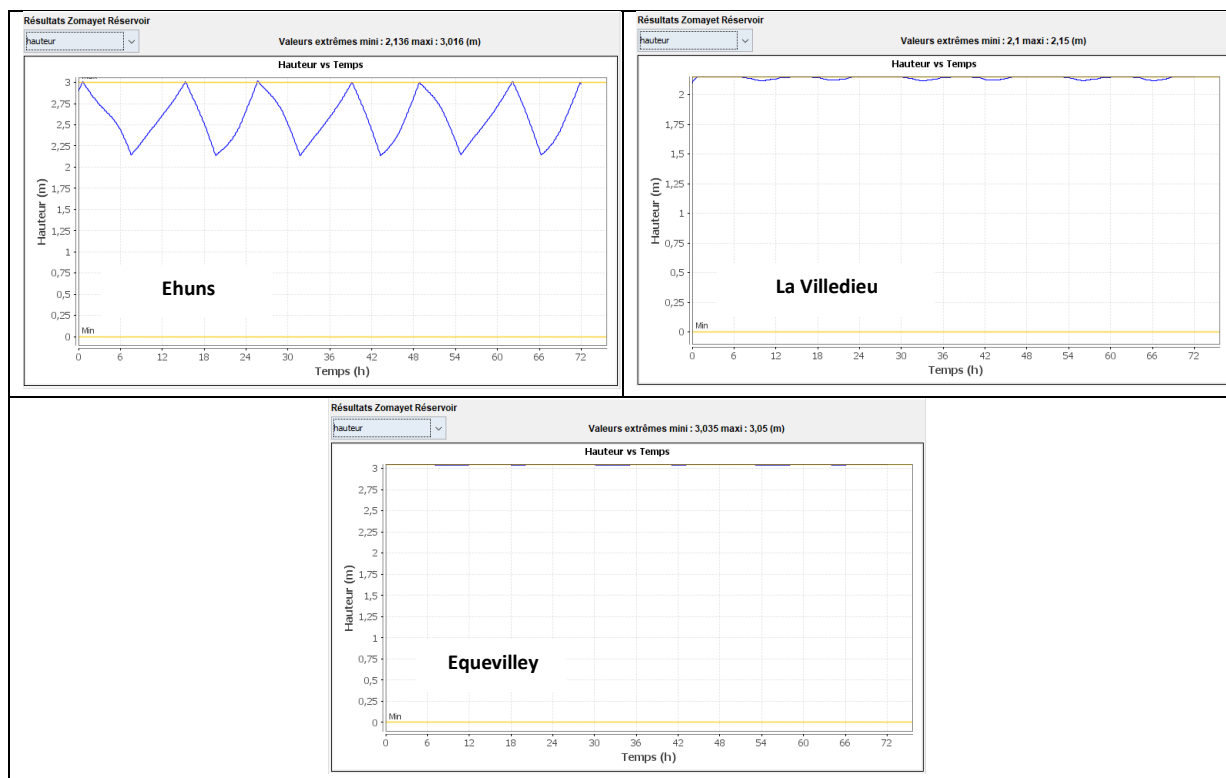


Figure 23 : Variation du niveau au sein des réservoirs

Globalement tous les réservoirs, retrouvent un niveau haut quotidiennement ce qui assure une alimentation continue du réseau de distribution d'eau potable. Les ouvrages de régulation qu'ils soient mécaniques (robinet flotteur) ou automatique (sonde de niveau) fonctionnent correctement et évitent ainsi les débordements d'eaux traitées via les conduites de trop plein des réservoirs.

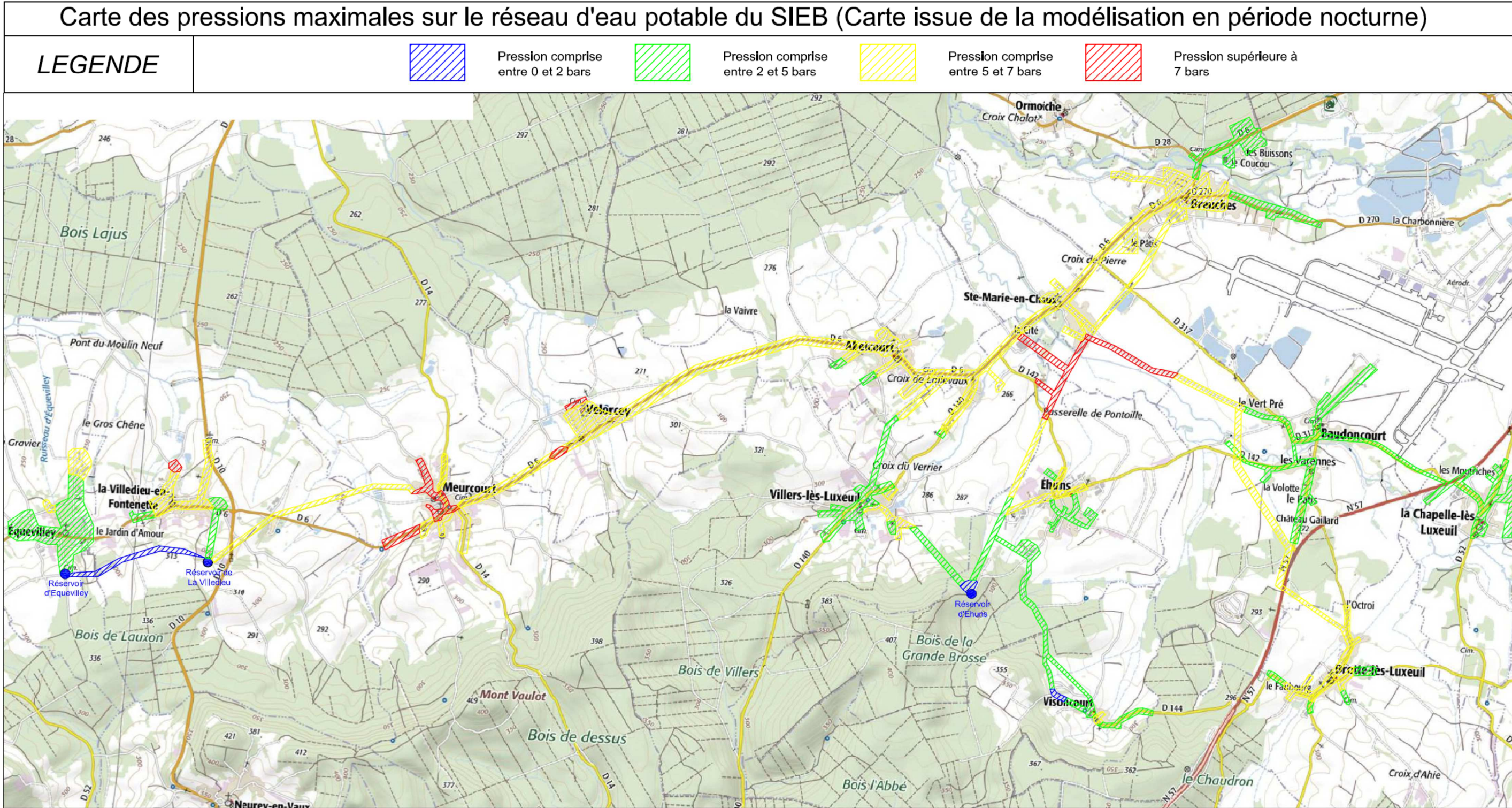
La modélisation n'apporte aucune autre information sur le fonctionnement des réservoirs que celles connues depuis toujours par les services du syndicat. Le suivi en continu des hauteurs d'eau au sein des réservoirs avait permis de mettre en évidence les mêmes conclusions que celles issues du modèle.

En moyenne, le réservoir d'Ehuns se remplit quotidiennement à deux reprises.

- Etudes des conditions de pression sur le réseau

Le schéma suivant indique la pression en tout point du réseau pendant une journée moyenne de consommation.

La carte est issue de la modélisation effectuée à partir du logiciel Porteau et calé à partir des mesures réalisées en Juillet 2019. Les pressions présentées sur la carte suivante sont les pressions maximales enregistrées sur le réseau. Ces pressions sont constatées en période nocturne pendant la tranche horaire 4-5h. C'est en effet pendant cette plage horaire que la pression est la plus forte au sein du réseau.



Les principales conclusions qui nous sont fournies par le modèle au niveau des pressions sont les suivantes :

- Les pressions sont comprises entre 1,2 et 7,5 bars. La pression minimale est enregistrée au niveau de la conduite amenant l'eau au réservoir de La Villedieu. Les pressions maximales sont quant à elles rencontrées au niveau des villages de Velorcey, Equevilley et Meurcourt qui est le village le plus concerné par le phénomène de haute pression. L'usine « Saonoise de Contreplaqué » est également concernée par des pressions supérieures à 7 bars en période nocturne.
- La pression au sein du réseau d'eau potable est majoritairement comprise entre 2 et 7 bars. Ces pressions sont optimales et ne nécessitent pas la mise en place de réducteur de pression chez les abonnés. Elles permettent également de ne pas dégrader prématurément les canalisations. Ces pressions sont obtenues grâce à la mise en place de réducteur de pression.
- Les variations de pression au cours de la journée sont importantes avec une fluctuation de ± 1 bar entre pression maximale et minimale.
- Dans les conditions actuelles la pression au sein du réseau de Meurcourt est obligatoirement élevée afin de pouvoir remplir le réservoir de La Villedieu.
- Les stabilisateurs de pression installés ces dernières années permettent d'avoir une pression convenable sur le réseau d'eau potable.
- Pour les abonnés desservis par des pressions supérieures à 7 bars, il est conseillé d'être équipés de réducteur de pression sur leur système d'alimentation en eau potable (préconisation notamment pour l'usage de certains appareils tels que les chauffe eaux).
- Le modèle ne fait pas apparaître de zone où la pression serait insuffisante pour le confort des abonnés.
- Malgré le dysfonctionnement du réducteur de pression desservant les abonnés de Brotte-Les-Luxeuil, la pression au sein de ce réseau est convenable. Il ne semble donc pas nécessaire de le remplacer.

Globalement, la pression est suffisante dans le réseau d'eau potable car aucun abonné n'a moins de 1 bar au niveau de son branchement d'eau potable. On distingue quelques zones de fortes pressions (pression supérieure à 7 bars) pour lesquelles il est conseillé aux abonnés de mettre en place des réducteurs de pression en aval de leur compteur d'eau afin de limiter le risque de détérioration de leurs appareils ménagers. On peut donc envisager sur ces zones d'étudier des scénarios permettant de limiter cette pression.

- Etudes des conditions de vitesse sur le réseau

La vitesse est également amenée à varier fortement au sein du réseau d'eau potable du syndicat des eaux de Breuches sans pour autant dépasser 0,5 m/s. Les vitesses les plus élevées sont logiquement retrouvées dans les canalisations de distribution situées à proximité des réservoirs.

La carte suivante présente les conduites où les vitesses sont les plus importantes. Les conduites non représentées ont toutes des valeurs de vitesse inférieures à 0,1 m/s.

Pour maintenir une défense incendie satisfaisante, le réseau est globalement surdimensionné du point de vue des vitesses d'écoulement, en situation normale de consommation, et dans l'optique d'une simple alimentation des abonnés.

Carte des vitesses maximales sur le réseau d'eau potable du SIEB (Carte issue de la modélisation)

LEGENDE



Vitesse comprise
entre 0,1 et 0,2 m/s



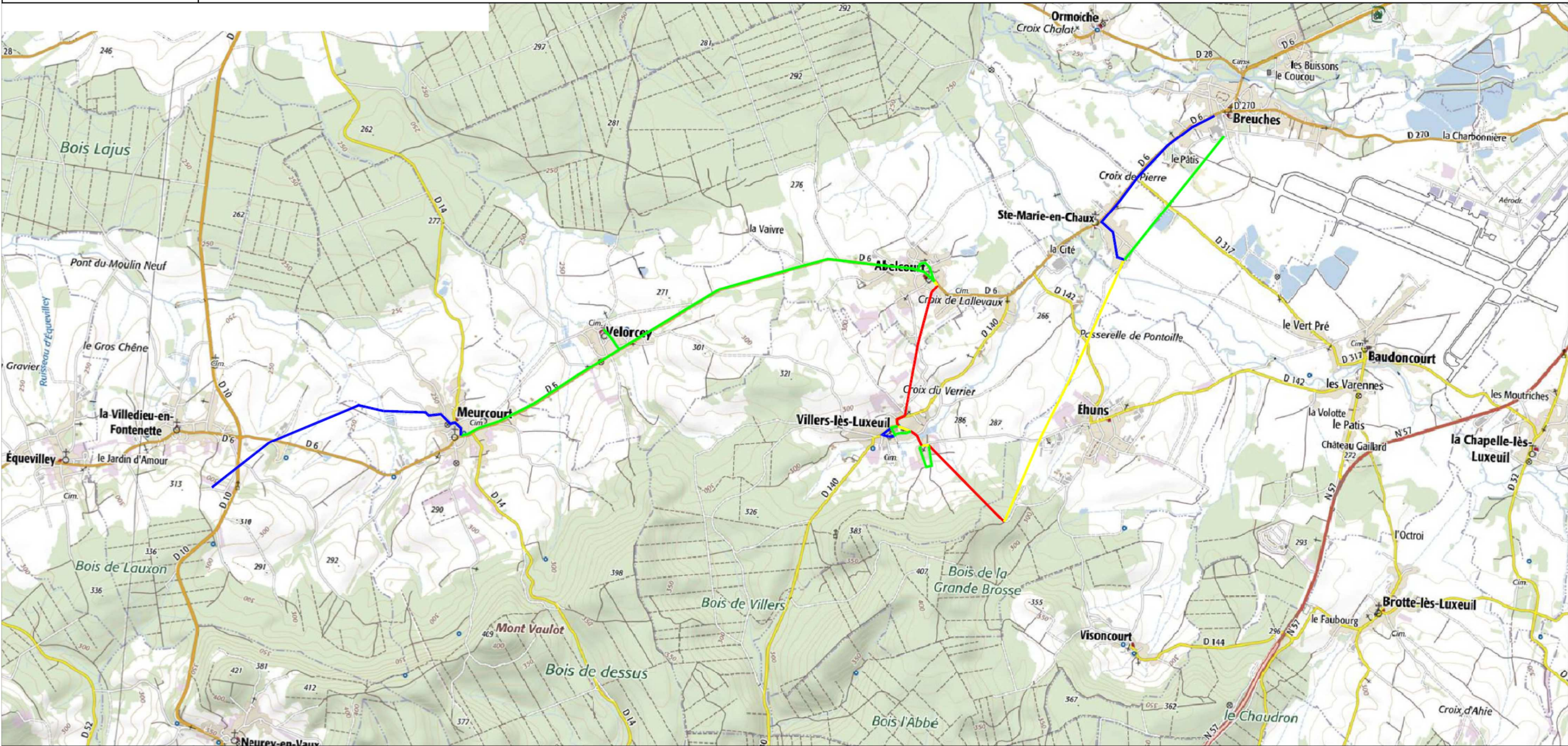
Vitesse comprise
entre 0,2 et 0,3 m/s



Vitesse comprise
entre 0,3 et 0,5 m/s



Vitesse supérieure à
0,5 m/s



- Conclusion de la simulation

La simulation a permis de mettre en évidence les points suivants :

- ✓ En situation moyenne, le débit d'exploitation du forage est suffisant pour subvenir aux besoins des différents abonnés et permet de maintenir un niveau d'eau suffisante dans l'ensemble des réservoirs ;
- ✓ Les pressions sont suffisantes en tout point du réseau mais il existe trois villages concernés par des zones de fortes pressions où il est fortement conseillé aux abonnés de mettre en place des réducteurs de pression sur leur installation d'alimentation en eau potable.
- ✓ Les vitesses dans le réseau sont faibles, le réseau peut donc être considéré comme surdimensionné si l'on considère la seule consommation des abonnés. Par contre ce dimensionnement permet de répondre aux besoins de la défense incendie.

Les résultats de cette simulation montrent qu'il n'est pas nécessaire de mener des travaux particuliers sur la structure des réseaux gérés par le syndicat des eaux de Breuches. Des scénarios pourront être étudiés pour les zones de fortes pressions.

Le modèle permettra d'anticiper les conséquences d'une modification du réseau en cas de travaux.

VI.2. Modélisation de la chloration

Le module qualité du logiciel Porteau permet de simuler en fonction du temps et de l'espace les évolutions de concentration en soluté à travers le réseau. Ce module permet donc de se rendre compte de la qualité de l'eau dans le réseau et d'optimiser les quantités injectées et/ou la position des points d'injection. Ce calcul se base sur les cinétiques de réaction et considère que les mélanges à chaque nœud sont parfaits. Les concentrations sont calculées à partir des données hydrauliques obtenues à l'aide du module ZOmayer.

Actuellement les données en notre possession sont les suivantes :

- La concentration en sortie de station de traitement sous forme graphique présentée ci-dessous.

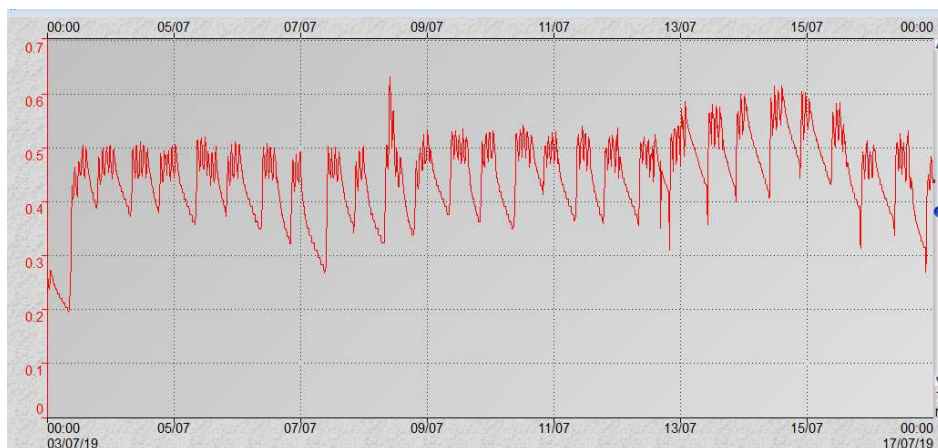


Figure 25 : Evolution de la concentration en chlore

- Les mesures en chlore libre réalisées par l'ARS et présentée dans le tableau suivant

Date Analyse	Commune	Concentration chlore libre
12/03/2019	Abelcourt	0,16
10/09/2018	Baudoncourt	<0,05
30/07/2019		<0,05
04/12/2018	Breuches	0,17
07/01/2019		0,1
12/11/2018	Brotte	0,15
09/07/2019	Ehuns	0,05
19/11/2018	Equevilley	0,05
13/02/2018	La Chapelle	<0,05
26/06/2019	La Villedieu	<0,05
10/09/2018	Meurcourt	0,08
06/05/2019		0,13
2005/2019		0,13
09/10/2018	Ste Marie	<0,05
06/02/2019		0,24
02/04/2019	Velorcey	0,21
08/08/2018	Villers	0,28
20/08/2019	Villers	0,27
25/07/2018	Visoncourt	0,18

Tableau 9 : Concentration en chlore libre - Analyses ARS

Avec le peu de donnée dont nous disposons il est difficile de modéliser de façon précise la qualité de l'eau en tout point du réseau. En effet, les analyses de l'ARS donnent une indication du taux de chlore à un instant t et ne révèle en rien de l'évolution quotidienne du taux de chlore dans le réseau. Il est d'ailleurs important de remarquer que les concentrations relevées par l'ARS sont, pour une même commune, extrêmement variables en fonction de la date du prélèvement. A titre d'exemple on remarquera que la concentration à Sainte Marie en Chaux passe d'une concentration inférieure à 0,05 mg/l à une concentration de 0,24 mg/l. Il en est de même sur la commune de Meurcourt où la concentration en chlore libre varie de +63% entre deux analyses.

Avec le logiciel Porteau, il est possible d'injecter un désinfectant ayant une concentration connue au niveau d'un nœud.

Dans notre cas nous injecterons une solution désinfectante de 15 mg/l au niveau de la sortie de la station de traitement de Sainte Marie en Chaux afin de se rapprocher des valeurs ponctuelles mesurées par l'ARS.

Le calage de la désinfection est réalisé à partir de valeurs ponctuelles qui peuvent varier en fonction des conditions de prélèvements. Le produit désinfectant injecter permet d'avoir une concentration de 0,27 mg/l à la sortie du réservoir de Ehuns ce qui n'a pas été vérifié par des mesures de l'ARS mais qui semble pouvoir correspondre à la teneur en désinfectant injecté à la sortie de la station de traitement. Pour plus de précision il serait nécessaire d'effectuer des prélèvements simultanés sur les différentes communes du syndicat ainsi qu'à la sortie et dans les cuves de chaque réservoir afin de mesurer la concentration en chlore libre.

Pour caler la qualité de l'eau, il est nécessaire d'appliquer au sein de certains ouvrages composant le modèle un coefficient (constante cinétique) matérialisant la dispersion du chlore au sein des ouvrages (ancienne canalisation avec dépôt par exemple). Plus les conduites sont âgées plus ce coefficient est élevé.

Après rectification de la constante cinétique sur les canalisations, les résultats issus de la modélisation sont présentés dans le tableau suivant.

Commune	Concentration modélisée (mg/l)	Concentration ARS (mg/l)
Abelcourt	0,14	0,16
Baudoncourt	0,05	<0,05
Breuches	0,16	0,14
Brotte	0,16	0,15
Ehuns	0,04	0,05
Equevilley	0,04	0,05
La Chapelle	0,04	<0,05
La Villedieu	<0,05	<0,05
Meurcourt	0,13	0,11
Ste Marie	0,26	0,24
Velorcey	0,13	0,21
Villers	0,27	0,27
Visoncourt	0,16	0,18

Tableau 10 : Calage de la concentration en désinfectant

Il est à noter que la concentration en chlore mesurée par l'ARS sur la commune de Velorcey est supérieure à la concentration mesurée sur la commune d'Abelcourt qui est pourtant située en amont de Velorcey. Avec les données actuelles, le calage de la qualité de l'eau n'est pas possible sur cette commune.

NB : les prélèvements peuvent être effectués sur des réseaux domestiques peu utilisés (mairie) d'où des valeurs faibles en chlore liées au temps de séjour dans les canalisations.

Le calage de la qualité de l'eau a permis de constater plusieurs éléments :

- La consommation en chlore est élevée sur la conduite de liaison située entre la chambre de réduction de Baudoncourt et le lieu de prélèvement de l'ARS. En effet d'après le modèle, la teneur en chlore au niveau de la chambre de réduction est de 0,16 mg/l contre une teneur en chlore inférieure à 0,05 mg/l sur la commune de Baudoncourt.
- Le temps de séjour important au sein des réservoirs d'Equevilley et de La Villedieu semble affecter la teneur en chlore en sortie de réservoir. En effet, d'après la modélisation la teneur en chlore à l'entrée des réservoirs est d'environ 0,12 mg/l contre 0,05 mg/l mesurée par l'ARS sur le réseau de La Villedieu et d'Equevilley. La vétusté des conduites peut également être à l'origine de cette consommation de chlore.
- La consommation en chlore est élevée sur la commune de Ehuns passant de 0,26 mg/l au niveau de la chambre de comptage à 0,05 mg/l au lieu de prélèvement de l'ARS. La vétusté du réseau semble à l'origine de cette consommation en chlore.

La teneur en chlore semble insuffisante en plusieurs points du réseau notamment pour les villages de Ehun, Baudoncourt, La Chapelle les Luxeuil, La Villedieu et Equevilley. D'après la modélisation, cette teneur en chlore est faible à cause de la vétusté de certaines conduites dans lesquelles des films bactériens ont pu se constituer entraînant une forte consommation en désinfectant.

Les données de la modélisation sont toutefois obtenues à partir d'un calage réalisé sur des mesures ponctuelles fiables mais dont la fréquence d'analyse reste faible. Pour de meilleurs résultats, il serait nécessaire de mener des campagnes de mesures de la teneur en chlore au sein des différentes communes et des différents ouvrages retrouvés sur le syndicat avec une fréquence plus soutenue que celle des analyses ARS.

VI.3. Analyse du temps de séjour dans les canalisations et réservoirs

Le temps de séjour dans un réseau est un des paramètres majeurs à prendre en compte pour maintenir la qualité de l'eau potable. Dans ce contexte, il convient de rappeler que le critère de dimensionnement usuel d'un réseau recommande un renouvellement intégral des eaux hebdomadaire.

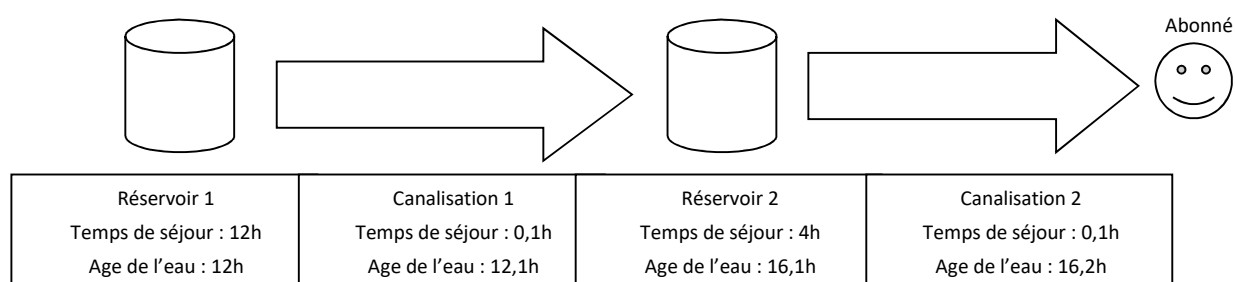
Il est évident que cette valeur ne peut être respectée dans les antennes isolées et notamment dans les conduites d'alimentation d'appoint dont la mise en service est liée à des événements peu fréquents. Aussi, la norme EN 1717 préconise-t-elle un temps de séjour maximal de 1 mois, après quoi la conduite d'alimentation doit être purgée.

Le temps de séjour dans les canalisations en PVC posées avant 1980 doit être inférieur à 48h afin d'éviter tout relargage des CVM (chlorures de vinyle monomère) dans l'eau destinée à la consommation humaine.

VI.3.1 Temps de séjour en situation moyenne dans les réservoirs

Tout d'abord il est nécessaire de savoir que le logiciel Porteau ne calcule pas directement le temps de séjour mais donne l'âge de l'eau. Ainsi, il est nécessaire de différencier ces deux termes :

- ✓ Le temps de séjour est le temps durant lequel l'eau séjourne dans une canalisation ou un ouvrage de stockage avant d'être distribuée.
- ✓ L'âge de l'eau correspond au temps entre le moment où l'eau est captée jusqu'à l'instant où celle-ci est distribuée. Ainsi, l'âge de l'eau est un cumul des différents temps de séjour que l'on peut rencontrer dans un réseau d'eau potable.



Dans cet exemple l'abonné aura une eau qui a été captée il y a 16,2 heures et qui a été stockée 12 heures dans un premier réservoir, 0,2 heures dans des conduites et 4 heures dans un second réservoir.

- Réservoir d'Ehuns

Le réservoir d'Ehuns qui constitue le réservoir principal du réseau du syndicat permet au final l'alimentation de tous les abonnés puisque par un effet cascade il permet le remplissage des différents réservoirs du syndicat.

Le volume total du réservoir est de 1 200 m³. D'après les valeurs de la modélisation, le temps de séjour moyen est de 15,8 h.

Le temps de séjour au sein du réservoir est convenable pour distribuer une eau de qualité aux abonnés. Ce temps relativement faible est dû à une forte consommation quotidienne des abonnés.

- Réservoir de La Villedieu

Le réservoir de La Villedieu alimente le village de La Villedieu-en-Fontenette, son alimentation est assurée par le réservoir de Ehuns. Sa capacité de stockage est de 200 m³.

D'après le modèle informatique, le temps de séjour est supérieur à 120 heures soit 5 jours. Ce temps de séjour est relativement important et s'explique par la faible consommation des abonnés alimentés par ce réservoir et un niveau de réservoir régulé par un robinet flotteur ce qui contribue au remplissage

permanent du réservoir. Cependant, ce temps de séjour n'est pas critique et ne risque pas de dégrader la qualité de l'eau distribuée aux abonnés.

- Réservoir d'Equevilley

Le réservoir d'Equevilley est alimenté gravitairement par le réservoir d'Ehuns. Sa capacité est de 200 m³. Il permet d'alimenter gravitairement la totalité des abonnés du village d'Equevilley. D'après les valeurs de la modélisation, le temps de séjour moyen est de 109 h soit 4,5 jours. Tout comme pour le réservoir de La Villedieu c'est la faible consommation des abonnés couplée au remplissage permanent du réservoir qui engendre ce temps de séjour relativement important.

Globalement, le temps de séjour au sein des réservoirs du syndicat est correct. Le temps de séjour le plus important est rencontré dans la cuve du réservoir de La Villedieu, ce qui s'explique par une faible consommation des abonnés desservis par ce réservoir couplée à un marnage régulé par un robinet flotteur. Bien qu'important (5 jours), il ne présente pas de risque particulier vis-à-vis de la qualité de l'eau distribuée aux abonnés. Les mêmes conclusions peuvent être établies pour le réservoir d'Equevilley.

Afin de réduire le temps de séjour dans ces réservoirs il serait nécessaire de réguler le niveau des réservoirs avec des électrovannes asservies au niveau du réservoir, en préférence aux robinets flotteurs.

VI.3.2 Temps de séjour en situation moyenne dans les canalisations

Dans cette partie, nous allons nous intéresser au temps de séjour dans les canalisations du réseau d'eau potable et plus particulièrement aux branches constituant les principales extrémités de celui-ci.

La carte suivante présente les secteurs où l'on recense des extrémités de réseau (44 zones étudiées).

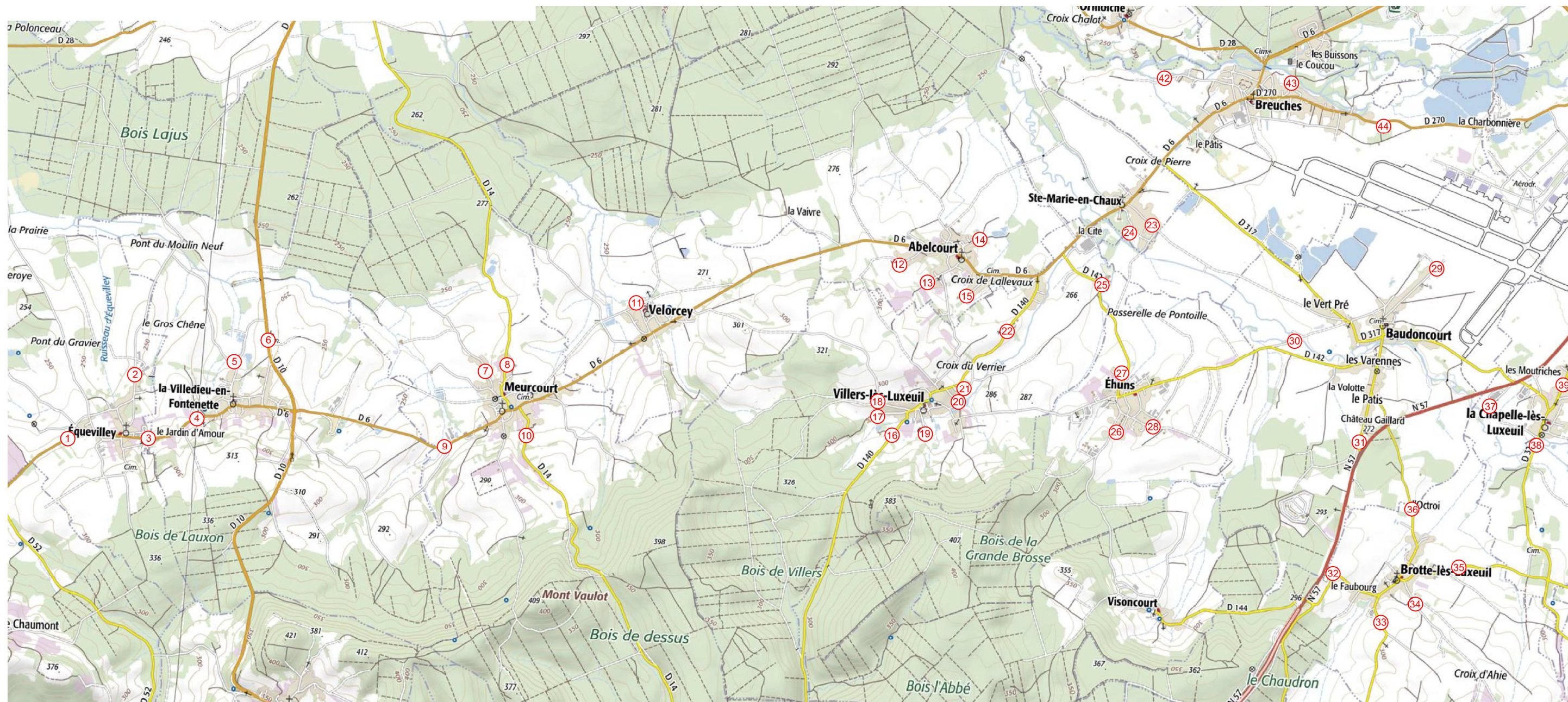


Figure 26 : Emplacement des principales extrémités du réseau

Les temps de séjour moyen quotidien sont présentés dans le tableau ci-dessous.

N° secteur	Lieu	Conduite	Année de pose	Temps de séjour estimé	N° secteur	Lieu	Conduite	Année de pose	Temps de séjour estimé
1	Equevilley - D6	125 Fonte	2006	153,5 h	23	Ste Marie en Chaux - Rue de la station	75 PVC	Inconnu	43,1 h
2	Equevilley - Rue de Conflans	80 Fonte	Inconnu	1,1 h	24	Ste Marie en Chaux - Rue de la station	60 Fonte	1964	81,2 h
3	Equevilley - Rue de la maison commune	80 Fonte	Inconnu	>223 h	25	Ste Marie en Chaux - Moulin du Teux	40 PVC	Inconnu	2,6 h
4	La Villedieu - Grande Rue	63 PVC	Inconnu	5,5 h	26	Ehuns - Lotissement du Champ d'Ognon	50 PVC	Inconnu	7 h
5	La Villedieu - Rue du puits Jacob	60 Fonte	1971	19,8 h	27	Ehuns - Voie du Moulin	75 PVC	Inconnu	69,5 h
6	La Villedieu - D10	60 Fonte	1971	26,1 h	28	Ehuns - Chemin du Tilleul	60 Fonte	1965	3,3 h
7	Meurcourt - Rue des Baraques	40 PVC	Inconnu	9,5 h	29	Baudoncourt - Rue de la Base	63 PVC	1964	19,3 h
8	Meurcourt - D14	50 PVC	Inconnu	4,9 h	30	Baudoncourt - D142	40 PVC	1964	290,8 h
9	Meurcourt - D6	50 PVC	Inconnu	35,9 h	31	Baudoncourt - Route de Vesoul	63 PVC	1964	24,8 h
10	Meurcourt - Route de Vesoul	50 PVC	Inconnu	11 h	32	Brotte - Stade	110 PVC	1994	166,8 h
11	Velorcey - Rue du Tacot	60 Fonte	1966	8,1 h	33	Brotte - Route de Betoncourt	110 PVC	1994	3 h
12	Abelcourt - Rue de La Vierge	110 PVC	Inconnu	18,9 h	34	Brotte - Rue des Vignes	125 PVC	1994	86,2 h
13	Abelcourt - Rue de La Charme	125 PVC	Inconnu	15,6 h	35	Brotte - Route d'Ailloncourt	125 PVC	1994	49,5 h
14	Abelcourt - Rue des Prés	60 Fonte	1964	4,7 h	36	Brotte - Rue de Baudoncourt	110 PVC	1994	246,9 h
15	Abelcourt - Rue des Combes	100 Fonte	Inconnu	8 h	37	La Chapelle - N57	60 Fonte	1964	76,6 h
16	Villers - D140	32 PVC	Inconnu	10,5 h	38	La Chapelle - Route de Luxeuil	60 Fonte	1964	0,7 h
17	Villers - Rue de Mezières	63 PVC	Inconnu	13,9 h	39	La Chapelle - Route de Luxeuil	60 Fonte	1964	40,8 h
18	Villers - Rue du Bois d'Ard	125 Fonte	1964	13,8 h	40	La Chapelle - Rue des Baraques	60 Fonte	1964	23,9 h
19	Villers - Rue du Châtelot	60 Fonte	1964	11,4 h	41	La Chapelle - Rue du Trage	40 PVC	Inconnu	10 h
20	Villers - Rue des Chenevières	80 Fonte	Inconnu	9 h	42	Breuches - Rue des Prés	40 PVC	Inconnu	42,8 h
21	Villers - Rue du Tacot de Montoit	125 Fonte	2017	25,3 h	43	Breuches - Place Dubois	63 PVC	2017	26,6 h
22	Abelcourt - Rue de la Croix de Mallevaux	125 Fonte	1964	48,8 h	44	Breuches - Rue de St Sauveur	60 Fonte	1964	110,2 h

Tableau 11 : Temps de séjour moyen au sein des canalisations

Sur l'ensemble de l'aire d'étude, les temps de séjour au niveau des extrémités sont convenables avec une majorité de conduite ayant un temps de séjour inférieur à 2 jours. Cependant, on dénombre 11 secteurs (soit 25 % des secteurs étudiés) dont le temps de séjour dans la canalisation est supérieur à 48 heures dont 30% ont un temps de séjour supérieur à 1 semaine. Les mêmes caractéristiques sont retrouvées pour tous les secteurs dont le temps de séjour est élevé à savoir un nombre d'abonnés limité pour un linéaire de conduite important.

Il est nécessaire de mener sur ces secteurs des purges régulières afin d'éviter une dégradation de la qualité de l'eau distribuée aux abonnés.

On notera un secteur pour lequel il semble nécessaire et important d'effectuer des purges régulières du réseau afin d'améliorer la qualité de l'eau distribuée aux abonnés :

- Secteur n°30 – Rue des Varennes (RD 142) (290,8 heures)

Ce secteur a un temps de séjour important pouvant engendrer une dégradation de la qualité de l'eau. L'importance de ce temps de séjour est dû au linéaire de conduite très important pour alimenter un faible nombre d'abonné. Pour le secteur n°30, un seul abonné est raccordé sur un linéaire d'environ 550 ml.

Le réseau alimentant la rue des Varennes qui est en PVC de 1964, présente un risque important vis-à-vis du relargage des CVM puisque d'après le modèle, l'eau à l'extrémité de la conduite est renouvelée en plus de 290 heures soit 242 heures de plus que la préconisation réalisée par la direction générale de la santé. Il est préconisé d'effectuer des purges régulières au niveau de ce réseau. **Une purge automatique peut également être mise en place.**

VI.3.3 Conclusion temps de séjour

Globalement, le temps de séjour au sein des canalisations constituant le réseau d'eau potable de l'aire d'étude est correct. Celui-ci est logiquement plus élevé aux extrémités du réseau. De nombreux secteurs sont alimentés par une eau dont le temps de séjour dans les conduites d'alimentation est supérieur à 48 heures. Ceci peut engendrer une baisse de la qualité de l'eau distribuée. Cependant, malgré un temps de séjour élevé celui-ci répond à la norme EN 1717 qui préconise un temps de séjour inférieur à 1 mois. Nous conseillons tout de même de mettre en place soit un programme de purge régulier (1 purge hebdomadaire par exemple) soit la mise en place de purgeur automatique à l'extrémité de certains tronçons.

Concernant le réseau d'alimentation de la rue des Varennes qui est composé de PVC datant de 1964, le temps de séjour au sein de celui-ci est plus important que celui préconisé par la DGS. Il existe donc un risque de relargage des CVM dans cette conduite. Il serait nécessaire dans un premier de faire analyser

la teneur en CVM dans l'eau du robinet des consommateurs implantés dans ce secteur. Nous préconisons également la mise en place d'une purge automatique au bout de ce réseau afin de faire diminuer le temps de séjour de ce secteur.

Au niveau des réservoirs, le temps de séjour est correct dans chacune des cuves des différents sites de stockage du syndicat. Notons tout de même un temps de séjour d'environ 5 jours pour l'eau stockée dans le réservoir de La Villedieu et d'Equevilley, ceci s'expliquant par un nombre réduit d'abonnés desservis par ces réservoirs. Il est possible de diminuer le temps de séjour au sein de ces réservoirs en contrôlant le marnage avec une électrovanne asservie au niveau d'eau du réservoir.

VII. CONCLUSION

Les mesures réalisées en continu sur le réseau d'eau potable de la commune du syndicat intercommunal de Breuches ont permis mieux comprendre le fonctionnement de celui-ci.

Les mesures de débits ont permis de démontrer que le débit de fuite sur la totalité du réseau est d'environ 283,2 m³/j, ce qui correspond à un rendement net de 78%.

L'indice linéaire de pertes s'élève à 2,7 m³/j/km. C'est une valeur qui est considérée comme médiocre.

Néanmoins, la valeur du rendement du syndicat dépasse la valeur fixée par le décret 2012-97 du 27 janvier 2012 qui est de 67,2% (seuil de rendement Grenelle 2).

Il n'est donc pas nécessaire d'établir un plan d'actions spécifique. Le syndicat doit poursuivre ses efforts pour améliorer la performance du réseau dans la continuité des actions mises en œuvre en 2019.

Les pressions enregistrées sur le réseau sont convenables et suffisantes du point de vue réglementaire (0,3 bar à la sortie du robinet). La consommation des abonnés ainsi que le marnage du réservoir principal influent sur la pression au sein du réseau de distribution. La pression peut ainsi varier de ± 1 bar en fonction du lieu et du moment de la journée. Cependant, il ne semble pas nécessaire de modifier les réglages des réducteurs de pression ni d'en ajouter sur le réseau. Les zones où la pression est la plus forte se situe essentiellement sur le village de Velorcey et Meurcourt, mais celles-ci sont nécessaires au remplissage du réservoir de La Villedieu. La mise en place d'un réducteur de pression sur cette partie du réseau empêcherait le remplissage du réservoir de La Villedieu.

Le suivi du marnage des réservoirs a permis de mettre en évidence la bonne régulation du niveau d'eau dans les cuves ce qui permet d'éviter les pertes d'eau par le trop plein des ouvrages. Il n'est pas nécessaire de modifier les organes de régulations présents. Cependant afin de limiter le temps de séjour au sein des réservoirs de La Villedieu et d'Equevilley le système de régulation actuel pourrait être remplacé par une électrovanne asservie au niveau des réservoirs.

Les mesures ont également permis de construire et de caler le modèle informatique du réseau. Celui-ci a permis d'appréhender la pression, les vitesses d'écoulement et les temps de séjour en tout point du réseau.

D'après le modèle, la pression au sein du réseau semble convenable même si plusieurs zones ont une pression supérieure à 7 bars. Dans ces zones, il y a risque pour les abonnés au niveau du fonctionnement de leurs appareils hydrauliques. Il est donc préconisé la mise en place d'un réducteur de pression en aval de leur compteur d'eau, ou d'étudier des solutions permettant de remédier cet état de fait, ce qui permettrait de diminuer les risques de fuites sur le réseau de distribution dans les zones concernées.

Le modèle a également permis d'appréhender les temps de séjour au sein des ouvrages et au sein des canalisations. C'est logiquement aux extrémités des réseaux que celui-ci est le plus important. Un secteur a un temps de séjour très élevé et pouvant porter préjudice à la qualité de l'eau. Il s'agit du secteur de la rue des Varennes à Baudoncourt.

L'amélioration du temps de séjour de ce secteur est possible en mettant en place un purgeur automatique au bout de ce réseau. Celui-ci permettrait (sans contrainte pour le fontainier) de faire baisser le temps de séjour en purgeant régulièrement la canalisation. Ce dispositif permettrait d'abaisser le temps de séjour à 48 heures ce qui est préconisé par la DGS pour l'eau transitant dans des conduites en PVC posées avant 1980.

La modélisation de la qualité de l'eau a également permis de localiser les secteurs où une consommation en désinfectant était anormalement élevée. D'après les valeurs relevées, les villages d'Ehuns, Baudoncourt, La Chapelle les Luxeuil, La Villedieu et Equevilley possèdent des ouvrages engendrant une surconsommation de désinfectant. Ceci peut notamment être due à la vétusté des ouvrages.

En cas de projet sur le réseau d'eau potable, le modèle informatique permettra de prendre la meilleure décision sans impacter le bon fonctionnement du réseau d'eau potable.

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Suivi des débits

Annexe 2 : Marnage des réservoirs

Annexe 3 : Suivi des pressions

Annexe 4 : Vue générale du modèle sous Porteau

Annexe 5 : Données relatives aux nœuds

Annexe 6 : Données relatives aux tronçons

Annexe 7 : Profils de consommation des abonnés

Annexe 8 : Courbes de calage du modèle