



DEPARTEMENT DU DOUBS

SYNDICAT INTERCOMMUNAL
DU PAYS DE QUINGEY

ETUDE DIAGNOSTIQUE DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

Phase 2 : Diagnostic du système d'alimentation en eau
potable

Rapport d'étude

Etude réalisée avec le concours financier de
L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse et le Conseil Départemental du Doubs



33 Avenue Pasteur
70250 RONCHAMP
Tél. : 03 84 20 72 27
Courriel : contact@sasevi.fr

Septembre 2024
Dossier 22 03 082 – révision 01 du 18/09/2024

Fiche signalétique du document

Type	Rapport d'étude de phase 2
Opération	Etude diagnostique du système d'alimentation en eau potable
Révision	01 du 18/09/2024
Nombre d'exemplaires remis	1 version informatique
Destinataire	Monsieur Le Président Syndicat Intercommunal du Pays de Quingey Places d'Armes 25440 Quingey
Numéro d'affaire	22 03 082
Date de remise	18/09/2024

	Nom	Date
Rédigé par	I.FAIVRE	18/09/2024
Vérifié par	A. GROS	18/09/2024

Objet du marché

Etude diagnostique du système d'alimentation en eau potable
Phase 2 : Diagnostic du système d'alimentation en eau potable

Maître d'ouvrage



Syndicat Intercommunal du Pays de Quingey

Représenté par le Président
Gilles ARNOULD
Place d'Armes
25 440 QUINGEY
Tél : 03.81.63.61.66

Titulaire du marché



Espace de Vie Ingénierie

33 avenue Pasteur
70250 RONCHAMP
Tél : 03.84.20.72.27
Fax : 03.84.20.72.26

Financeurs



Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse

Immeuble la Cadran
34, rue de la Corvée
25 000 BESANCON
Tél : 04.26.22.31.00



Conseil Département du Doubs

Pôle territoires et développement durable
Direction du développement et de l'appui aux territoires
Service environnement et espace rural
7, Avenue de la Gare d'Eau
25 031 BESANCON Cedex
Tél : 03.81.25.81.48

Sommaire

Fiche signalétique du document	2
Objet du marché	3
1 Objectif et déroulement de l'étude.....	6
1.1 Rappel de l'objectif de l'étude.....	6
1.2 Rappel du déroulement de l'étude.....	7
2 Campagne de mesures globales.....	8
2.1 Objectif de la campagne de mesures	8
2.2 Déroulement de la campagne de mesures.....	8
2.3 Mesures de pression	8
2.3.1 Objectif et localisation.....	8
2.3.2 Résultats des mesures de pression aux poteaux incendie	11
2.4 Mesures de hauteurs d'eau (marnage des réservoirs).....	16
2.4.1 Méthodologie et localisation	16
2.4.2 Résultats des enregistrements	17
2.4.2.1 Marnage du réservoir de Bas-Service de Quingey.....	17
2.4.2.2 Marnage du réservoir de Haut-Service de Quingey	18
2.4.2.3 Marnage du réservoir de Lavans-Quingey	19
2.5 Mesures de débits	19
2.5.1 Objectif et localisation.....	19
2.5.2 Résultats des mesures débits.....	21
2.5.2.1 Compteur n° 1 – Pompage Bas-Service.....	21
2.5.2.2 Compteur n° 2 – Pompage Haut-Service	23
2.5.2.3 Résultante station de pompage de Quingey (Haut et Bas Services)	26
2.5.2.4 Compteur n°3 – Sectorisation de Transit vers Lavans	28
2.5.2.5 Compteur n°4 – Vente au Syndicat des Eaux de la Chassagne	30
2.5.2.6 Compteur n°5 – Distribution Lavans-Quingey	32
2.5.2.7 Compteur n°6 – Sectorisation Pied du réservoir Bas-Service.....	34
2.5.2.8 Compteur n°7 – Sectorisation Quingey Bas-Service Rive Droite	36
2.5.2.9 Compteur n°8 – Gros Consommateur : Hôpital (Côté Gendarmerie).....	38
2.5.2.10 Compteur n°9 – Gros Consommateur : Hôpital (côté Intermarché)	40
2.5.2.11 Compteur n° 10 – Sectorisation Chemin de la Traverse	42
2.5.2.12 Compteur n° 11 – Vente et distribution Chouzelot	44
2.5.2.13 Analyse des volumes de fuite et des volumes consommés	46
3 Modélisation du système AEP.....	48
3.1 L'intérêt d'une modélisation	48
3.2 Construction du modèle	49
3.2.1 Présentation du modèle.....	49
3.2.2 Les différentes étapes de la construction du modèle	49
3.2.2.1 Recueil des données disponibles	51
3.2.2.2 Construction de la topologie du réseau	51
3.2.2.3 Affectation des altitudes des nœuds.....	51
3.2.2.4 Affectation des consommations	52
3.2.2.5 Détermination du coefficient journalier de consommation.....	54
3.2.2.6 Répartition des pertes.....	54

3.2.2.7	Établissement des profils de consommation	55
3.2.2.8	Saisie des données.....	56
3.3	Calage et validation du modèle	58
3.3.1	Définition	58
3.3.2	Procédure	58
3.3.3	Résultats du calage	59
3.3.3.1	Le calage du marnage	59
3.3.3.2	Le calage en débits.....	60
3.3.3.3	Le calage en pressions	62
3.4	Simulation du fonctionnement du réseau en configuration actuelle	64
3.4.1	Objectifs et hypothèses de calculs	64
3.4.2	Résultats de la simulation.....	64
3.4.2.1	Les pressions de distribution	64
3.4.2.2	Les vitesses d'écoulement.....	68
3.4.2.3	Les temps de séjours.....	71
3.4.2.4	L'autonomie des réservoirs.....	74
3.4.2.5	Pertes de charge unitaires.....	75
4	Conclusion.....	78

1 Objectif et déroulement de l'étude

1.1 Rappel de l'objectif de l'étude

L'objectif de ce diagnostic est l'élaboration d'un schéma directeur permettant de gérer au mieux les investissements futurs et d'optimiser les rendements, qu'ils soient techniques ou financiers, du réseau d'eau potable du Syndicat Intercommunal du Pays de Quingey et des communes associées. Cette étude est basée sur l'état actuel du réseau, des ressources jusqu'aux conduites de distributions.

A l'issue de cette étude, la commune disposera d'un outil d'aide à la décision et de programmation lui permettant d'avoir une vision globale et actualisée de son réseau d'eau potable et de pouvoir réaliser la programmation de travaux cohérents et adaptés à ses besoins.

Les objectifs de l'étude sont donc multiples :

- Obtenir une meilleure connaissance du réseau,
- Dresser un diagnostic des ouvrages,
- Améliorer le rendement,
- Améliorer la distribution,
- Dresser un état de la défense incendie
- Optimiser la ressource (besoin, distribution) tout en la préservant,
- Améliorer au quotidien la gestion du service de l'eau destinée à la consommation humaine,
- Proposer un programme de travaux visant à résoudre les différents dysfonctionnements et à étendre les ouvrages de distribution aux zones d'urbanisation future.

1.2 Rappel du déroulement de l'étude

L'étude se déroulera en 3 grandes phases :

- **Phase 1 : Inventaires des réseaux et ouvrages, cartographie et études préliminaires.** Il s'agit de décrire les installations existantes et leur état. Analyse des modes de gestion du réseau et de leur adéquation aux besoins en eau actuels et futurs.
- **Phase 2 : Diagnostic du système d'alimentation en eau potable.** Cette phase intègre une simulation hydraulique du système AEP ainsi que des mesures hydrauliques faites in situ pour le calage du modèle, en vue d'une véritable aide à la décision.
- **Phase 3 : Proposition d'actions, de travaux hiérarchisés.** Il s'agit d'élaborer des préconisations et des propositions de travaux, chiffrage et calendrier d'investissement pour exploiter le réseau dans les meilleures conditions technico-économiques et l'adapter aux besoins futurs.

2 Campagne de mesures globales

2.1 Objectif de la campagne de mesures

La campagne de mesures globales a pour objectifs :

- De déterminer l'importance et la répartition géographique des volumes distribués,
- D'analyser le fonctionnement du réseau,
- De déterminer le volume de fuites, l'indice linéaire de fuites et le rendement de chaque secteur hydraulique.

2.2 Déroulement de la campagne de mesures

La campagne de mesures s'est déroulée du 27 novembre au 12 décembre 2023, soit 16 jours d'enregistrement.

Pour la compréhension du fonctionnement du réseau, les mesures suivantes ont été effectuées :

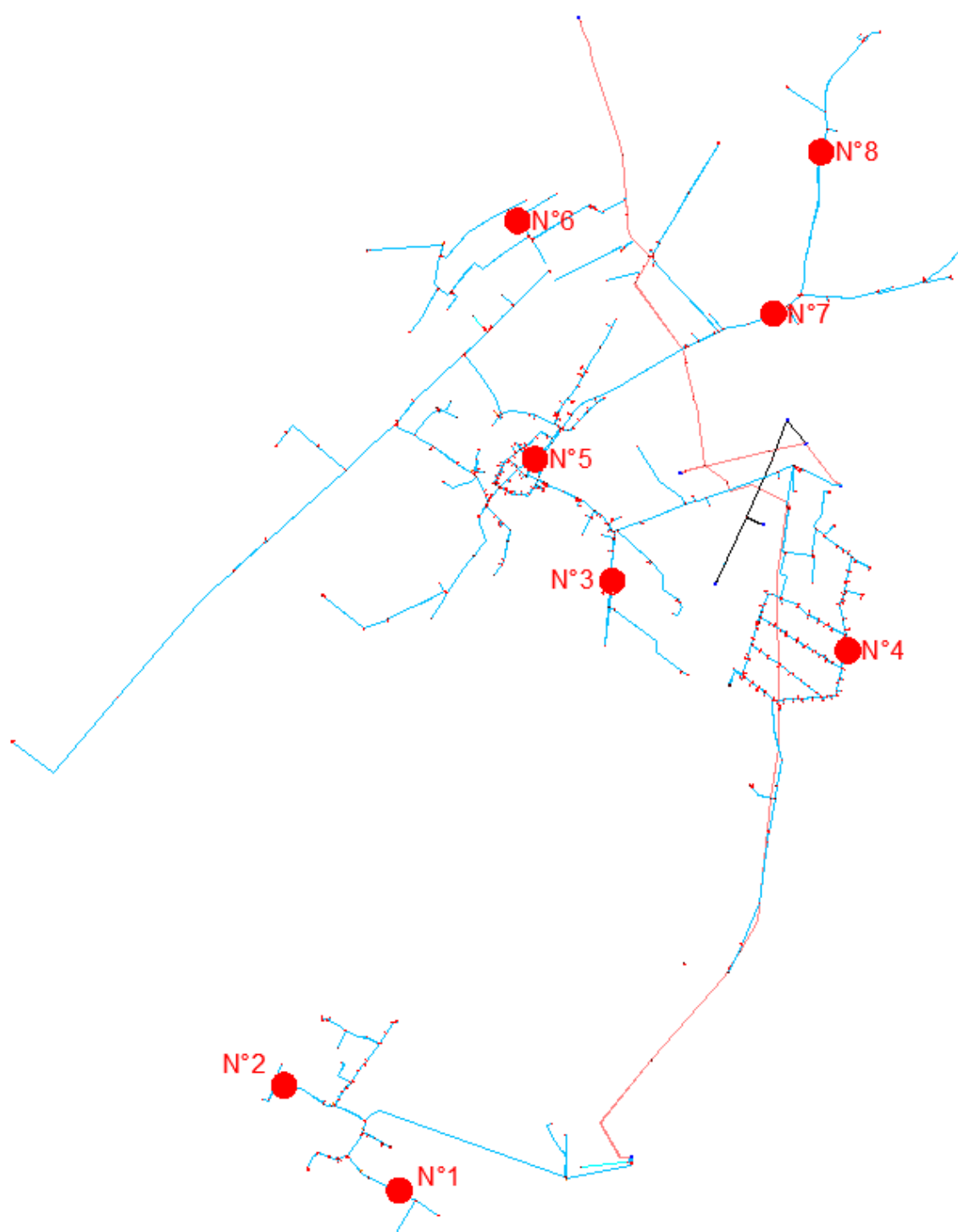
- Mesures de pression en 8 points du réseau,
- Mesures de marnage des réservoirs (données issues de la télésurveillance),
- Mesures de débit sur 12 compteurs (données issues de la télésurveillance).

2.3 Mesures de pression

2.3.1 Objectif et localisation

Les mesures de pressions ont été réalisées en continu sur 8 poteaux incendie spécifiés sur la figure ci-après. Chaque poteau est donc équipé d'un bouchon muni d'une sonde de pression reliée à l'enregistreur. Ce dernier, mesure et enregistre la pression délivrée par la borne incendie.





Localisation des sites de mesures de pressions -synoptique des réseaux AEP du SIPQ – Pays de Quingey

Un logiciel permet la programmation, l'activation des appareils de mesures et la relève des données enregistrées.

Mesure de pression	Localisation
N°1	Commune de Lavans-Quingey – Rue des Planches
N°2	Commune de Lavans-Quingey – Rue de la Lavandière
N°3	Commune de Quingey – Route de Lyon
N°4	Commune de Quingey – Rue des Lilas
N°5	Commune de Quingey – Grande Rue
N°6	Commune de Quingey – Rue de Charles Belle
N°7	Commune de Chouzelot – Rue Charles Prillard
N°8	Commune de Chouzelot – Rue Jean Compagnons

Les mesures de pression permettent de s'assurer du bon fonctionnement du réseau et servent au calage du modèle hydraulique.

En effet, la pression reflète la capacité du réseau à satisfaire la demande en eau, tout en restant dans des gammes de confort.

Pression de l'eau distribuée

La réglementation ne fixe pas de plafond de pression pour l'eau domestique.

On considère généralement qu'une « pression de confort » devrait se situer entre 2 et 5 bars (2 bars paraît une bonne valeur).

Il est inutile de fournir plus de pression aux abonnés : cela induit des surconsommations. Distribuer durablement de l'eau avec une pression anormalement élevée peut causer des dommages sur les équipements privés (canalisations, appareils) et peut nécessiter l'installation de réducteurs de pression privés.

En revanche la réglementation fixe un minimum (Code de la Santé Publique.) :

« La hauteur piézométrique de l'eau distribuée par les réseaux intérieurs [...] doit, en tout point de mise à disposition, être au moins égale à trois mètres, à l'heure de pointe de consommation. »

Cela correspond à une pression minimale de 0,3 bar.

Le texte précise en outre que « cette hauteur piézométrique est exigible pour tous les réseaux ; lorsque ceux-ci desservent des immeubles de plus de six étages, des surpresseurs et des réservoirs de mise sous pression, conformes aux dispositions de l'article R. 1321-49, peuvent être mis en œuvre ».

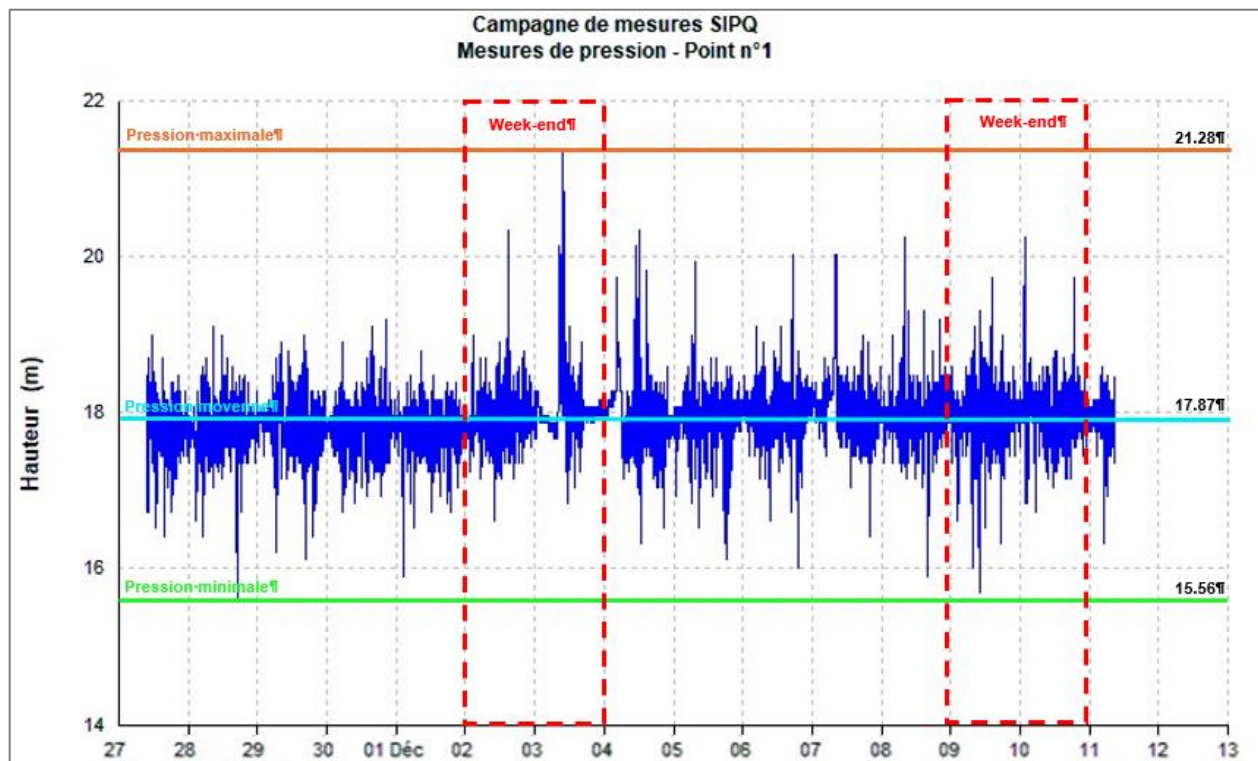
Mais « Les dispositions du présent article ne sont pas applicables aux installations de distribution existant avant le 7 avril 1995. »

NB : pour la défense incendie, l'exigence de pression est de 1 bar en dynamique (Circulaire n°465 du 10/12/1951)

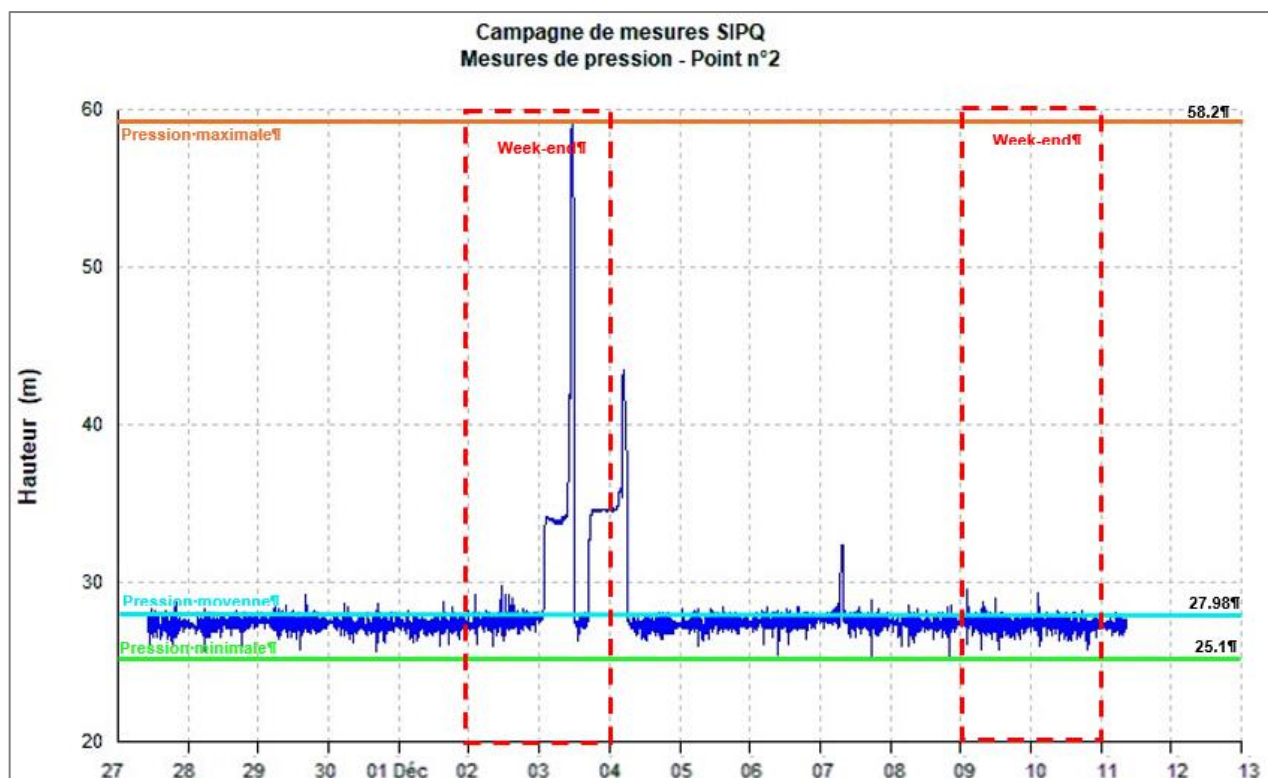
2.3.2 Résultats des mesures de pression aux poteaux incendie

La campagne de mesures de pression peut être validée car l'ensemble des points de mesures ont une cohérence de valeurs entre eux. Les courbes d'enregistrement des pressions sont présentées ci-après.

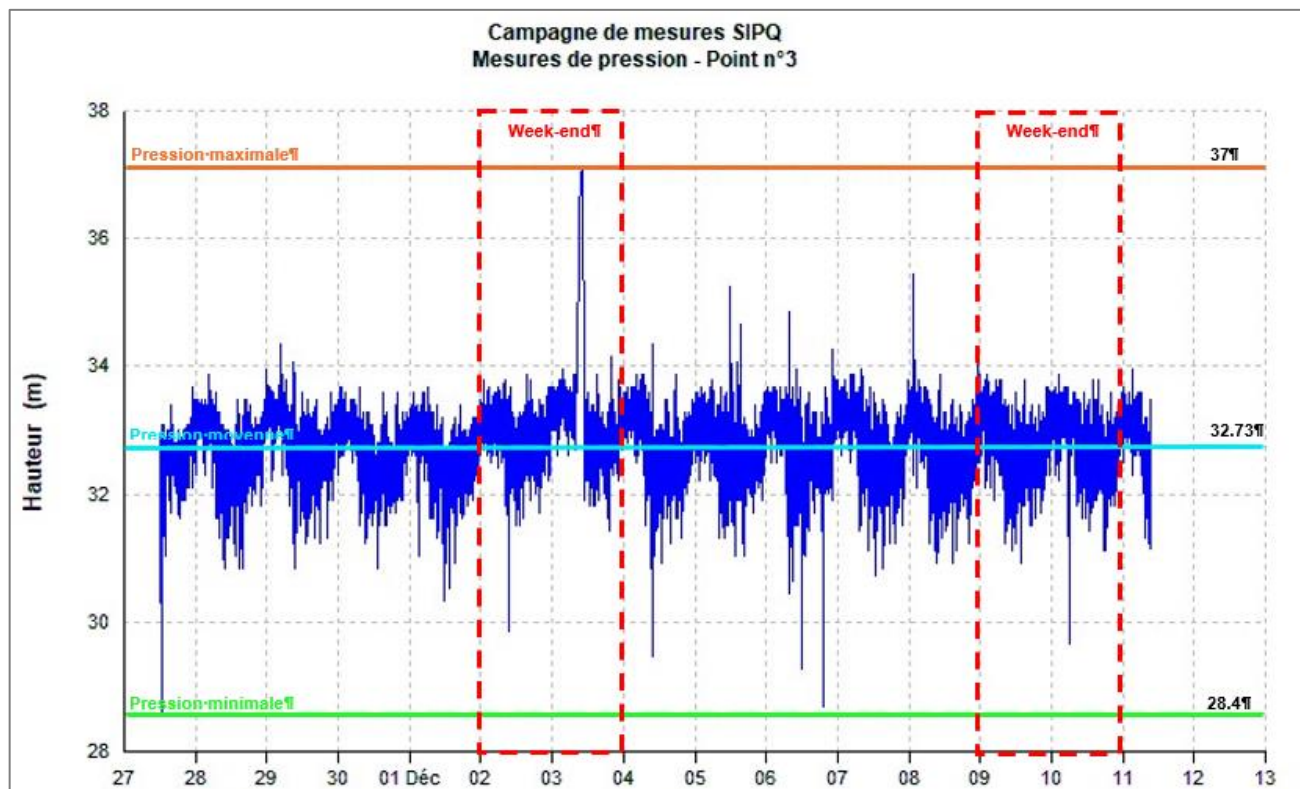
Mesure de pression au point n°1 :



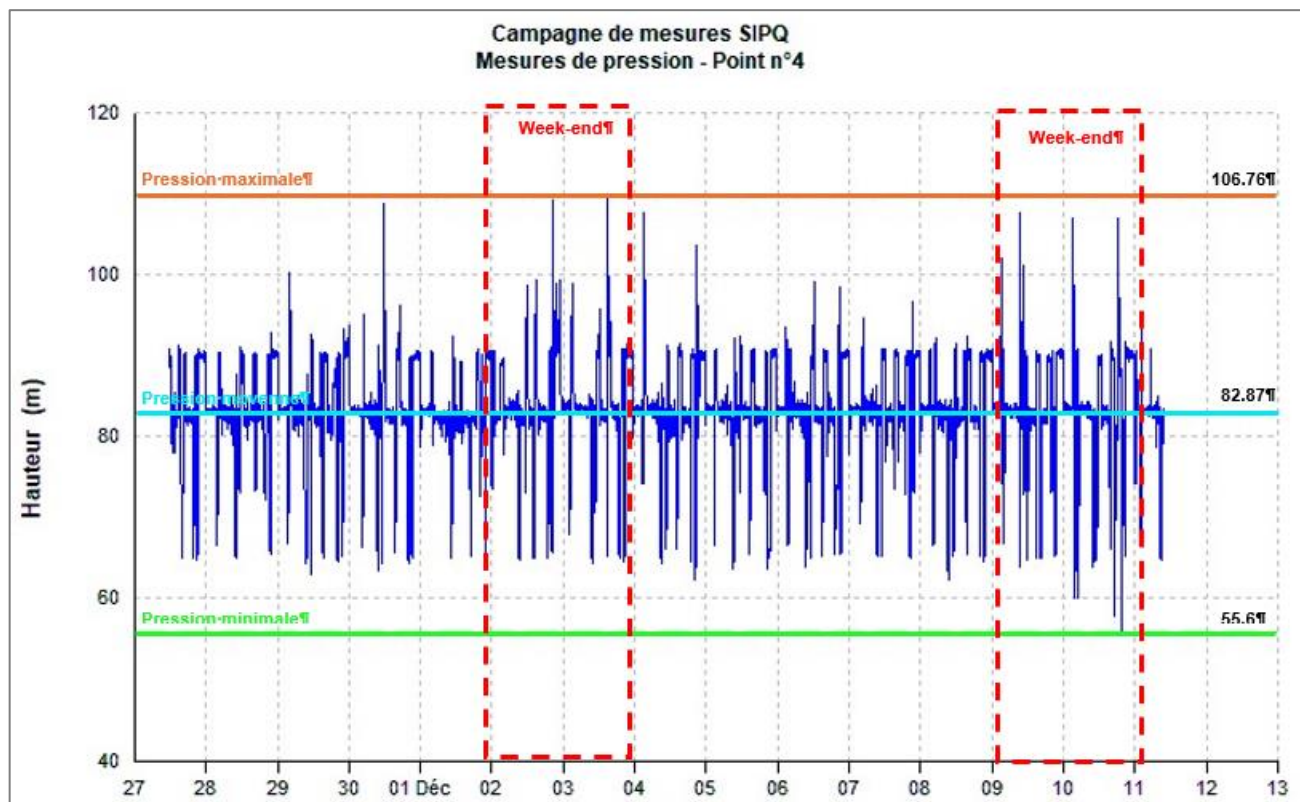
Mesure de pression au point n°2 :



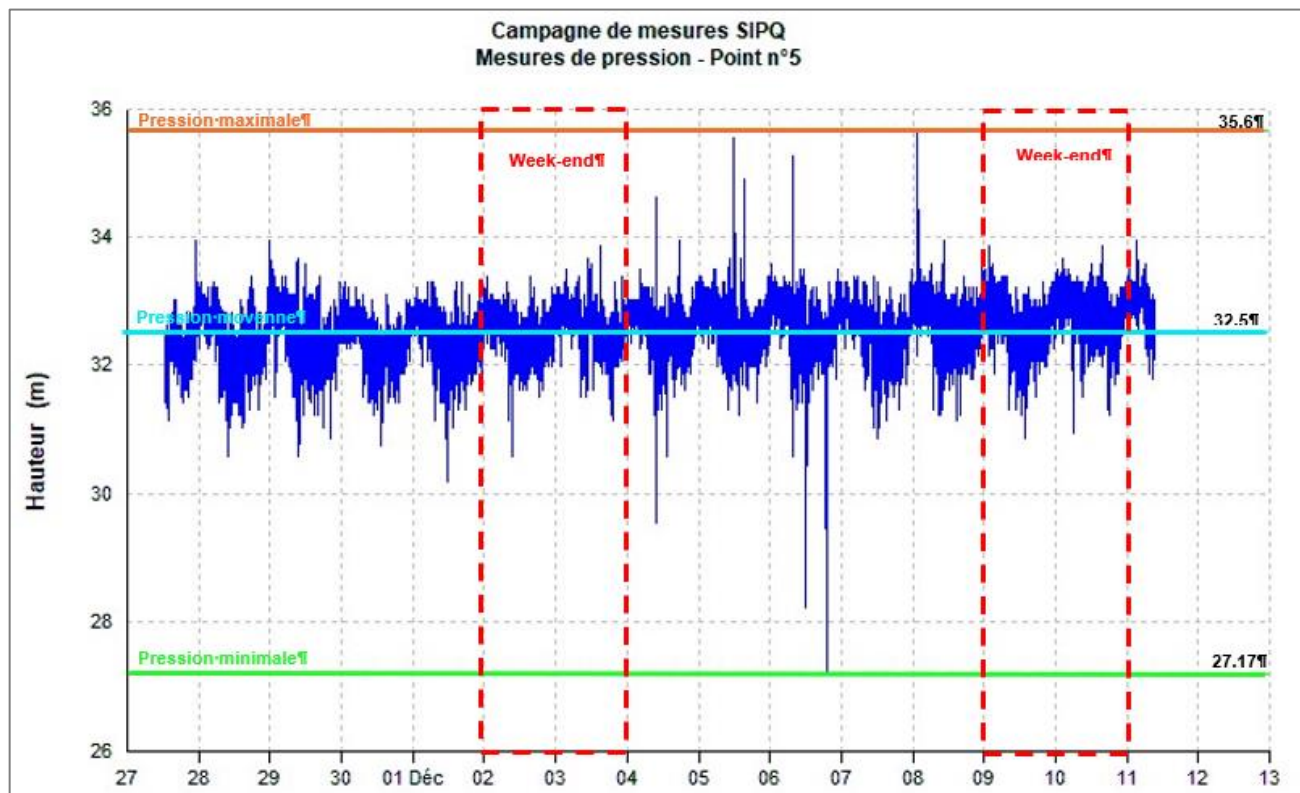
Mesure de pression au point n°3 :



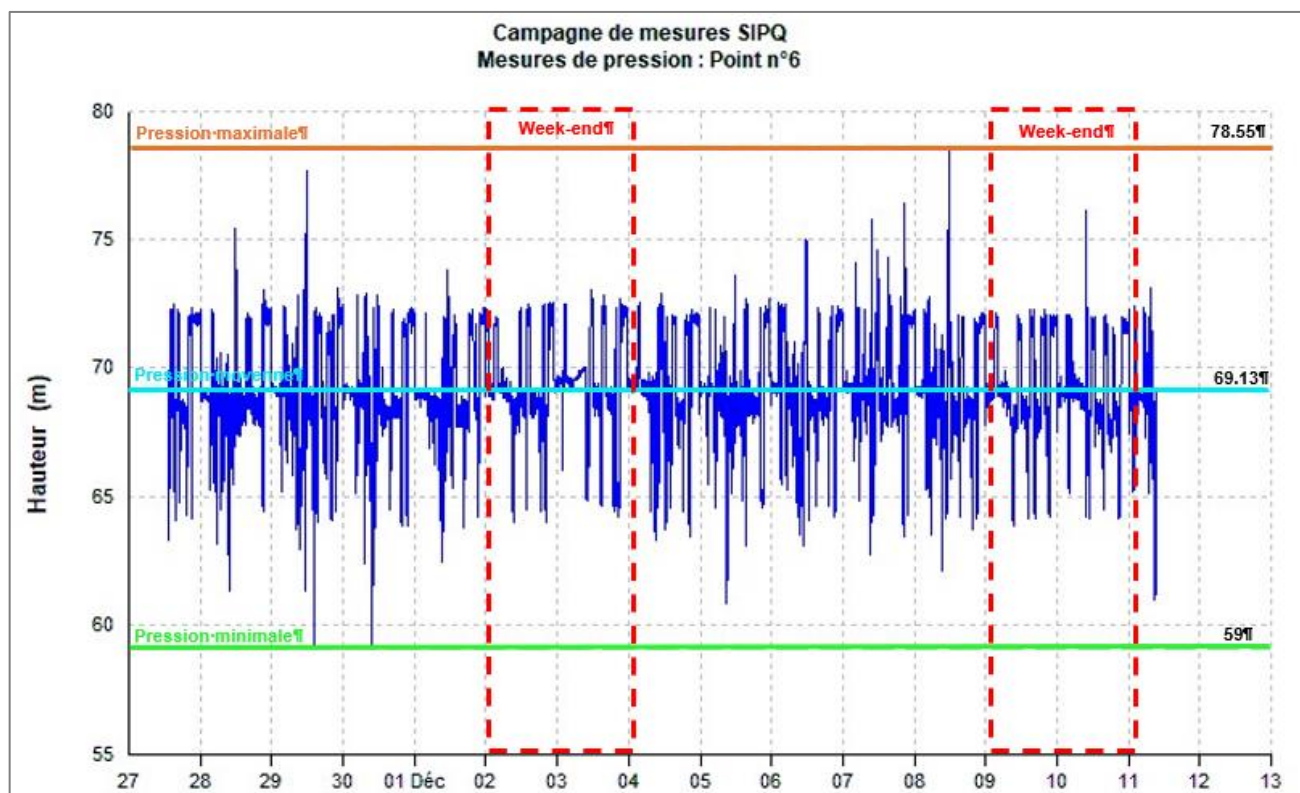
Mesure de pression au point n°4 :



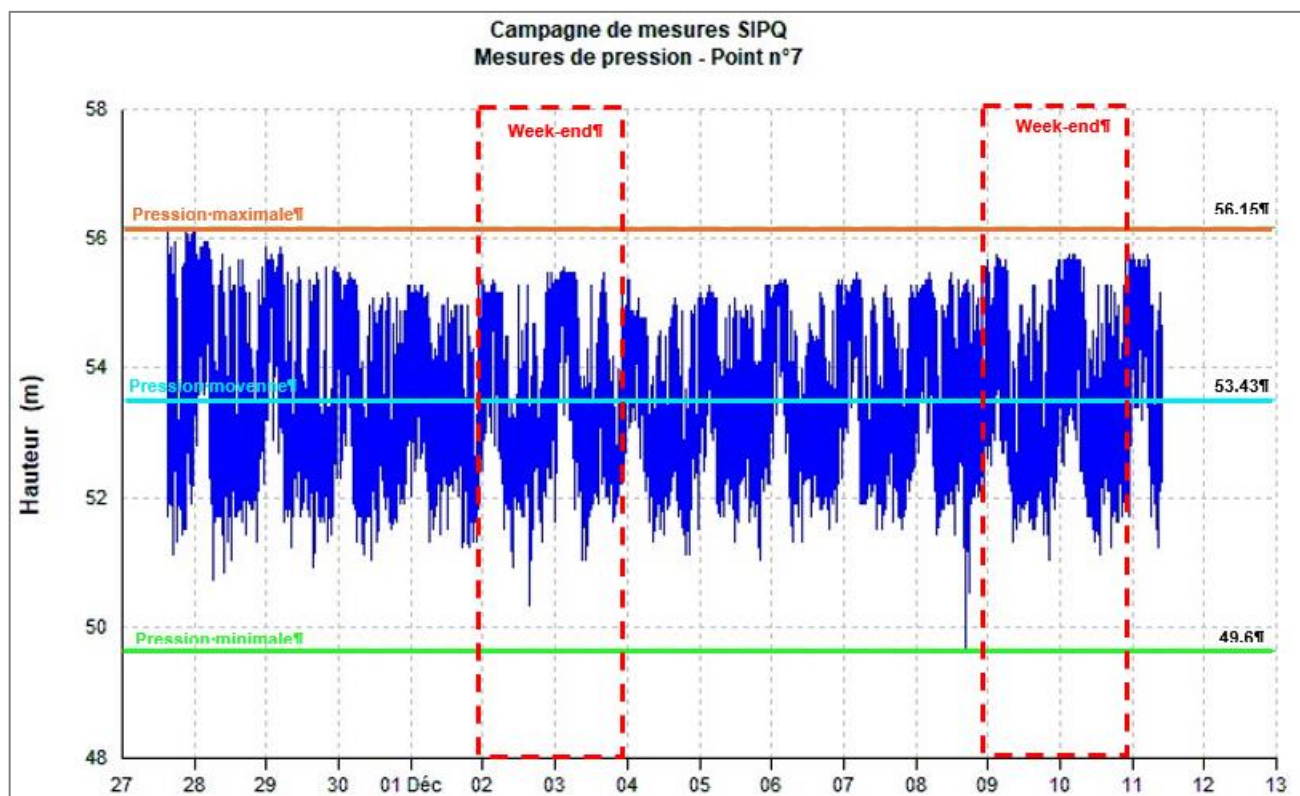
Mesure de pression au point n°5 :



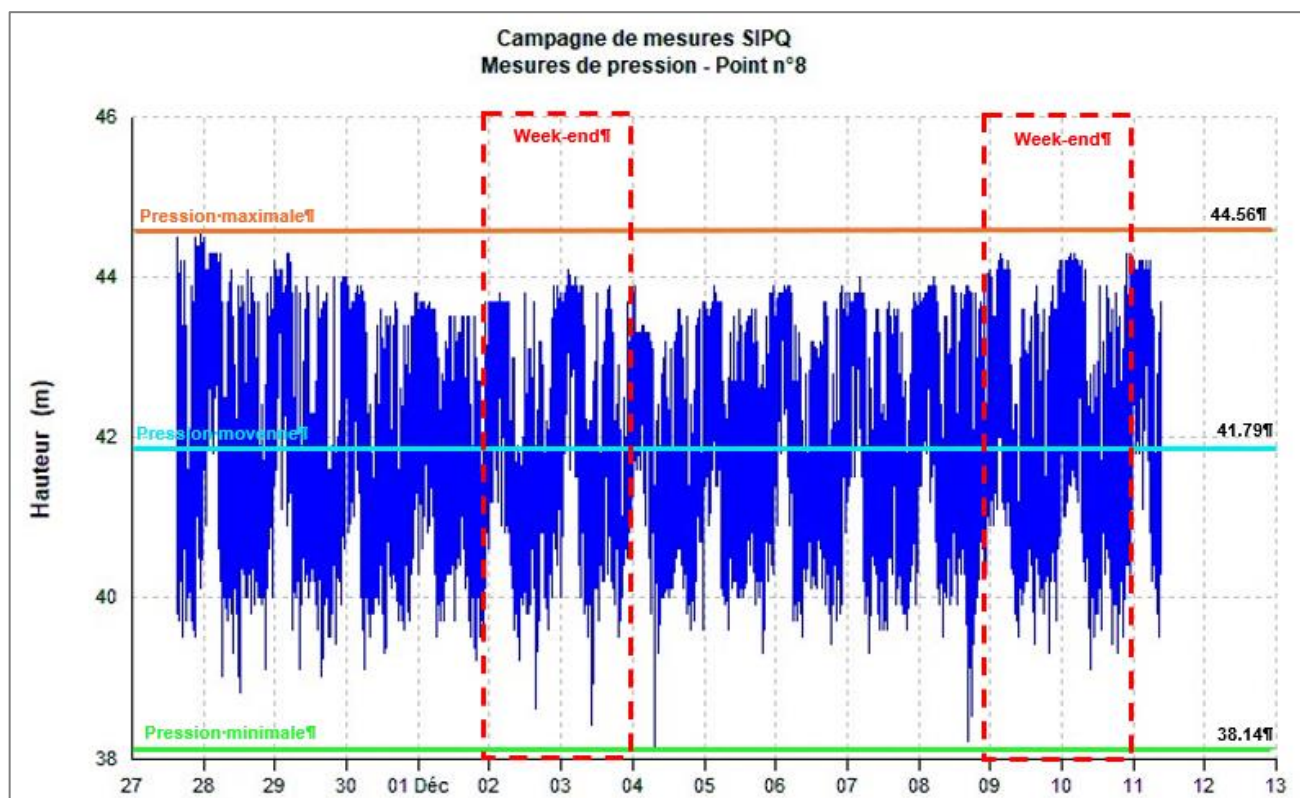
Mesure de pression au point n°6 :



Mesure de pression au point n°7 :



Mesure de pression au point n°8 :



COMMENTAIRES :

Les pressions sur le réseau de distribution de l'UDI de Lavans-Quingey sont comprises entre 1.5 et 3 bars. Les pics de pressions observés durant le weekend du 02 et 03 décembre sont liés aux températures négatives rencontrées ; ce qui a conduit au gel de l'eau dans le cordon de l'enregistreur et à une hausse irrégulière des pressions d'enregistrement.

Les pressions sur le réseau de distribution de l'UDI de Quingey sont comprises entre 3 et 10 bars. Sur le secteur Haut-Service, on observe de plus fortes pressions qui atteignent 7 à 10 bars. Il s'agit du secteur Charles Belle et Rue des Lilas, ne disposant pas de réducteurs ou stabilisateur de pressions sur le réseau de distribution principal.

Les pressions sur le réseau de distribution de l'UDI de Chouzelot sont comprises entre 4 et 5 bars. La commune de Chouzelot se trouve sur le secteur de distribution Haut-Service, cependant un stabilisateur de pression situé route de Busy permet de réduire et stabiliser les pressions à environ 5 bars sur ce secteur.

D'une manière générale, on se situe dans des zones de pressions de confort généralement visée et au-dessus du minimum de 1,5 bars.

Ci-dessous, un récapitulatif des mesures enregistrées sur les poteaux incendie.

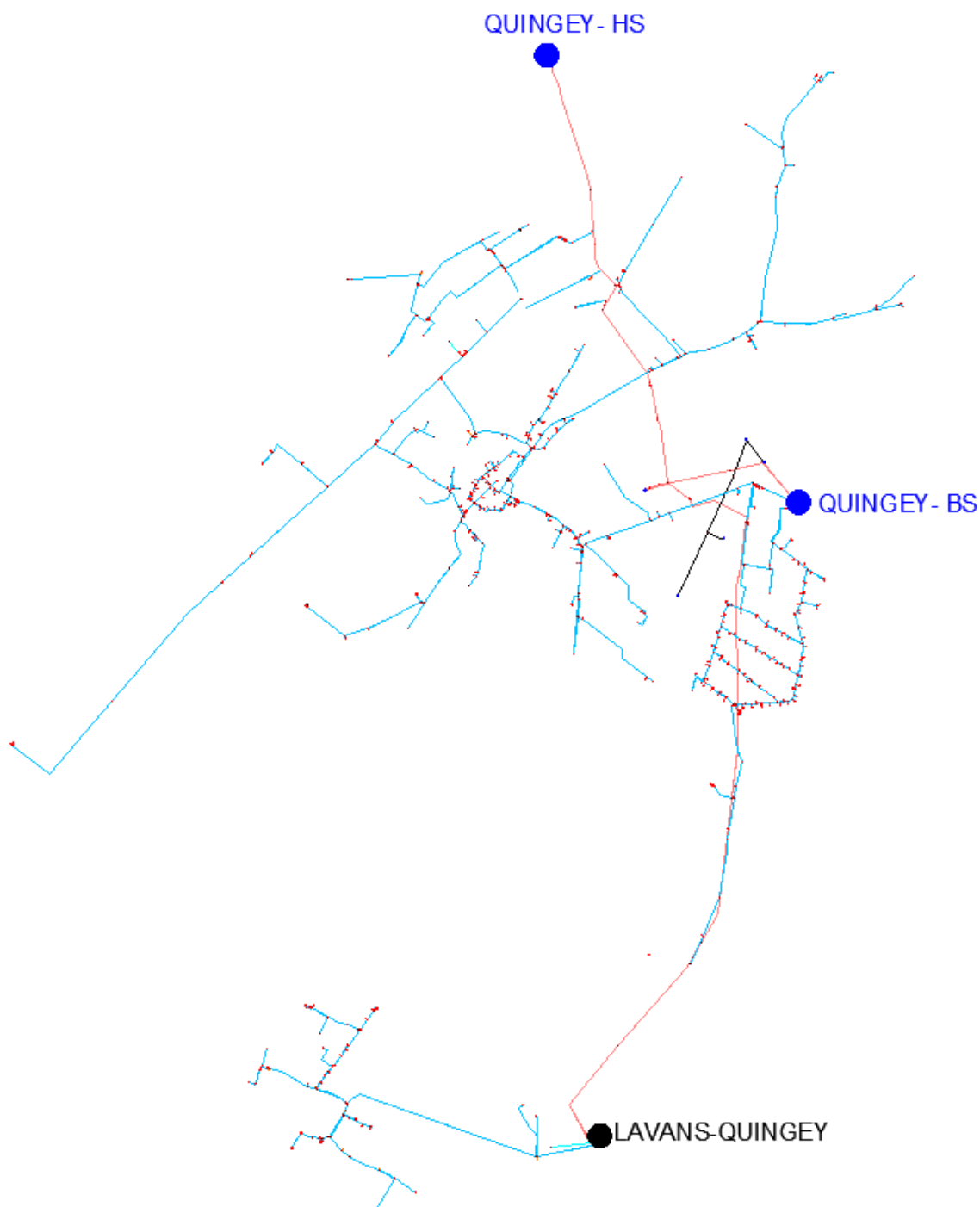
Site de mesures	Secteur	Pressions en mètre		
		Moyenne	Minimum	Maximum
N°1	Commune de Lavans-Quingey – Rue des Planches	17.87	15.56	21.28
N°2	Commune de Lavans-Quingey – Rue de la Lavandière	27.98	25.1	58.2
N°3	Commune de Quingey – Route de Lyon	32.73	28.4	37
N°4	Commune de Quingey – Rue des Lilas	82.87	55.6	109.76
N°5	Commune de Quingey – Grande Rue	32.5	27.17	35.6
N°6	Commune de Quingey – Rue de Charles Belle	69.13	59	78.55
N°7	Commune de Chouzelot – rue Charles Prillard	53.43	49.6	56.15
N°8	Commune de Chouzelot – Rue Jean Compagnons	41.79	38.14	44.56

2.4 Mesures de hauteurs d'eau (marnage des réservoirs)

2.4.1 Méthodologie et localisation

Les données de hauteurs d'eau dans les réservoirs ont été récupérées par les enregistrements provenant de la télésurveillance au niveau des sondes piézométriques télégérés.

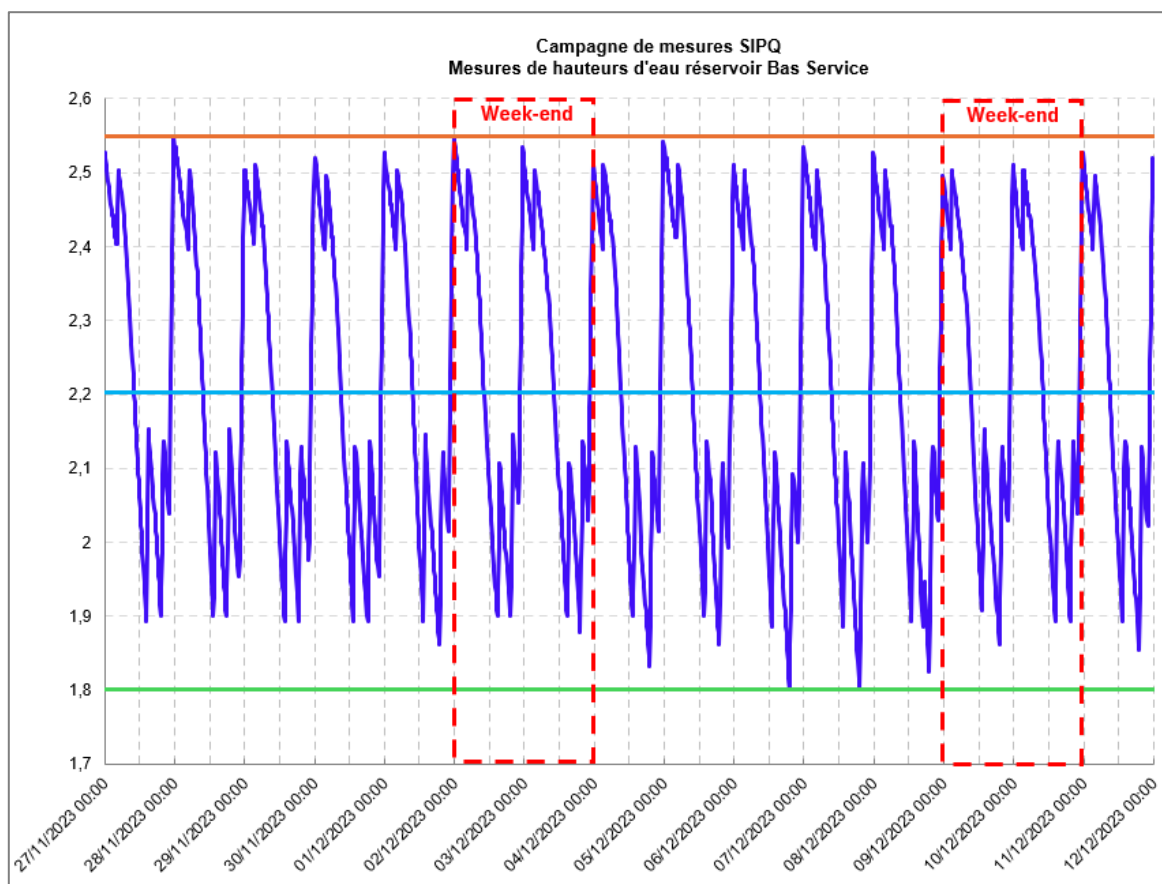
Les équipements permettent l'enregistrement des hauteurs d'eau de la cuve des réservoirs et ainsi de connaître avec précision le marnage des ouvrages pour un intervalle de temps paramétrable (pas de temps d'acquisition de 15 minutes).



Localisation des sites de mesures de hauteurs d'eau dans les réservoirs - synoptique des réseaux AEP du SIPQ – Pays de Quingey

2.4.2 Résultats des enregistrements

2.4.2.1 Marnage du réservoir de Bas-Service de Quingey



Le tableau ci-dessous présente les statistiques des hauteurs enregistrées dans les cuves Bas-Service de Quingey :

Site de mesures Secteur	Hauteur		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Marnage du réservoir Bas-Service Quingey	2.20	1.80	2.55

Commentaires

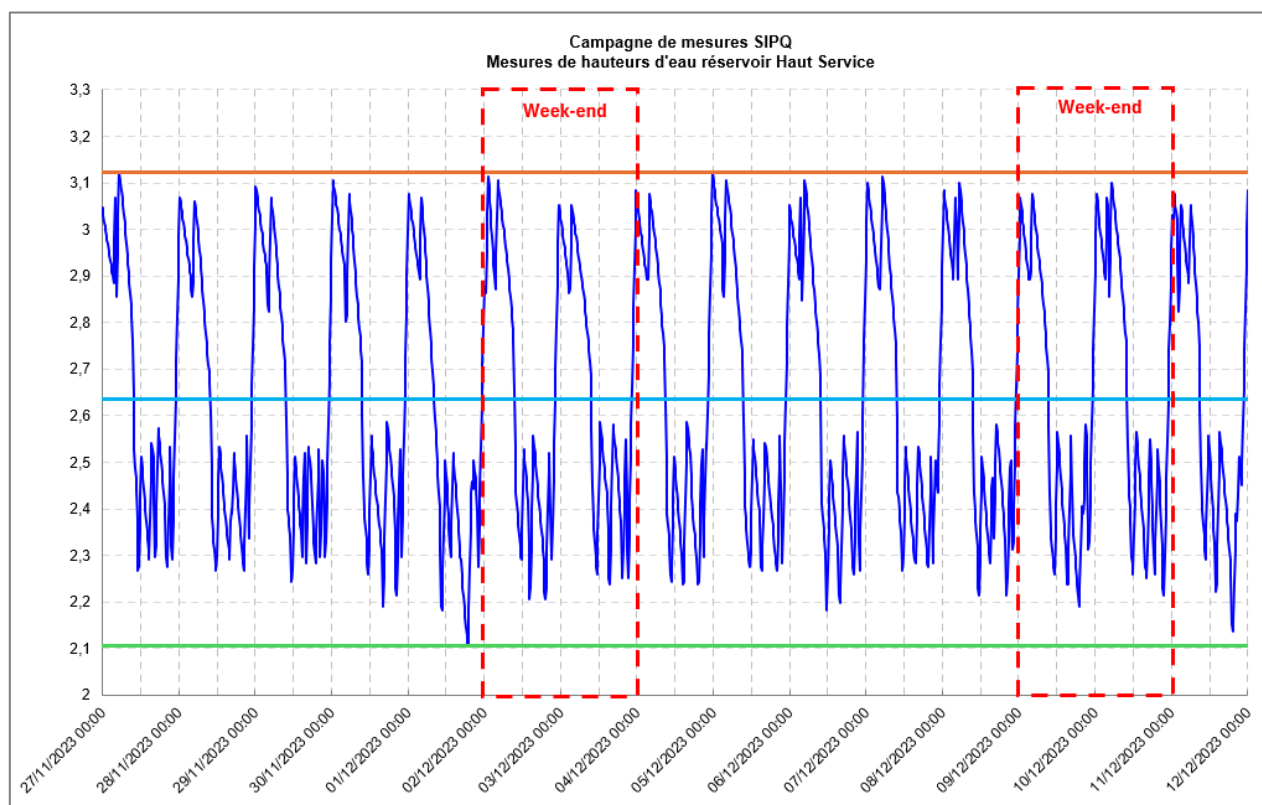
Le remplissage du réservoir Bas-Service de Quingey s'effectue via le refoulement de la station de pompage de Quingey (bas-service). Son niveau Haut est fixé à 2,55 m et niveau Bas à environ 1,80 m.

D'après les enregistrements, la hauteur d'eau dans le réservoir avoisine toujours la cote de trop-plein (moyenne 2,20 m).

Le marnage du réservoir est régulier, il est composé de 4 cycles de vidanges et 4 cycles de remplissage par jour. Le volume renouvelé représente environ 415 m³ par jour pour une capacité totale de 360 m³ (2 cuves de 180 m³). Ce volume renouvelé correspond à 115% de la réserve total et du volume de distribution.

Globalement, le temps de séjour de l'eau dédié à la distribution est inférieur à 1 jour. **Le marnage du réservoir est optimal.**

2.4.2.2 Marnage du réservoir de Haut-Service de Quingey



Le tableau ci-dessous présente les statistiques des hauteurs enregistrées dans la cuve Haut-Service de Quingey :

Site de mesures Secteur	Hauteur		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Marnage du réservoir Haut-Service de Quingey	2,64 m	2,11 m	3,12 m

Commentaires

Le remplissage du réservoir Haut-Service de Quingey s'effectue via le refoulement de la station de pompage de Quingey (Haut-Service).

La cote du trop-plein est située à environ + 3,10 m du radier tandis que la cote de distribution se trouve à + 0,75 m du fond de la cuve pour réserver un volume de défense incendie de 120 m³. La capacité du réservoir est de 500 m³ dont 380 m³ est dédié à la distribution.

D'après les enregistrements, la hauteur d'eau dans le réservoir avoisine toujours la cote de trop-plein (moyenne 2,64 m). Le volume d'eau fourni par le réseau d'adduction est donc supérieur au volume d'eau distribué.

Le marnage du réservoir est régulier, il est composé de 5 cycles de vidanges et 5 cycles de remplissage par jour. Le volume renouvelé représente environ 290 m³ par jour pour une capacité totale de 500 m³. Ce volume renouvelé correspond à 58% de la réserve total et 76% du volume de distribution.

Globalement, le temps de séjour de l'eau dédié à la distribution est d'environ 1 jour. **Le marnage du réservoir est optimal.**

2.4.2.3 Marnage du réservoir de Lavans-Quingey

Cet ouvrage ne dispose pas de télégestion qui permet de contrôler les niveaux d'eau dans la cuve. Son remplissage est géré par une vanne altimétrique et s'effectue depuis le pompage Haut-Service.

L'ouvrage semi-enterré est composé d'une cuve cylindrique de 500 m³, il dispose d'une réserve incendie de 120 m³, il sert également de stockage intermédiaire avant la vente en gros au Syndicat des eaux de la Chassagne.

2.5 Mesures de débits

2.5.1 Objectif et localisation

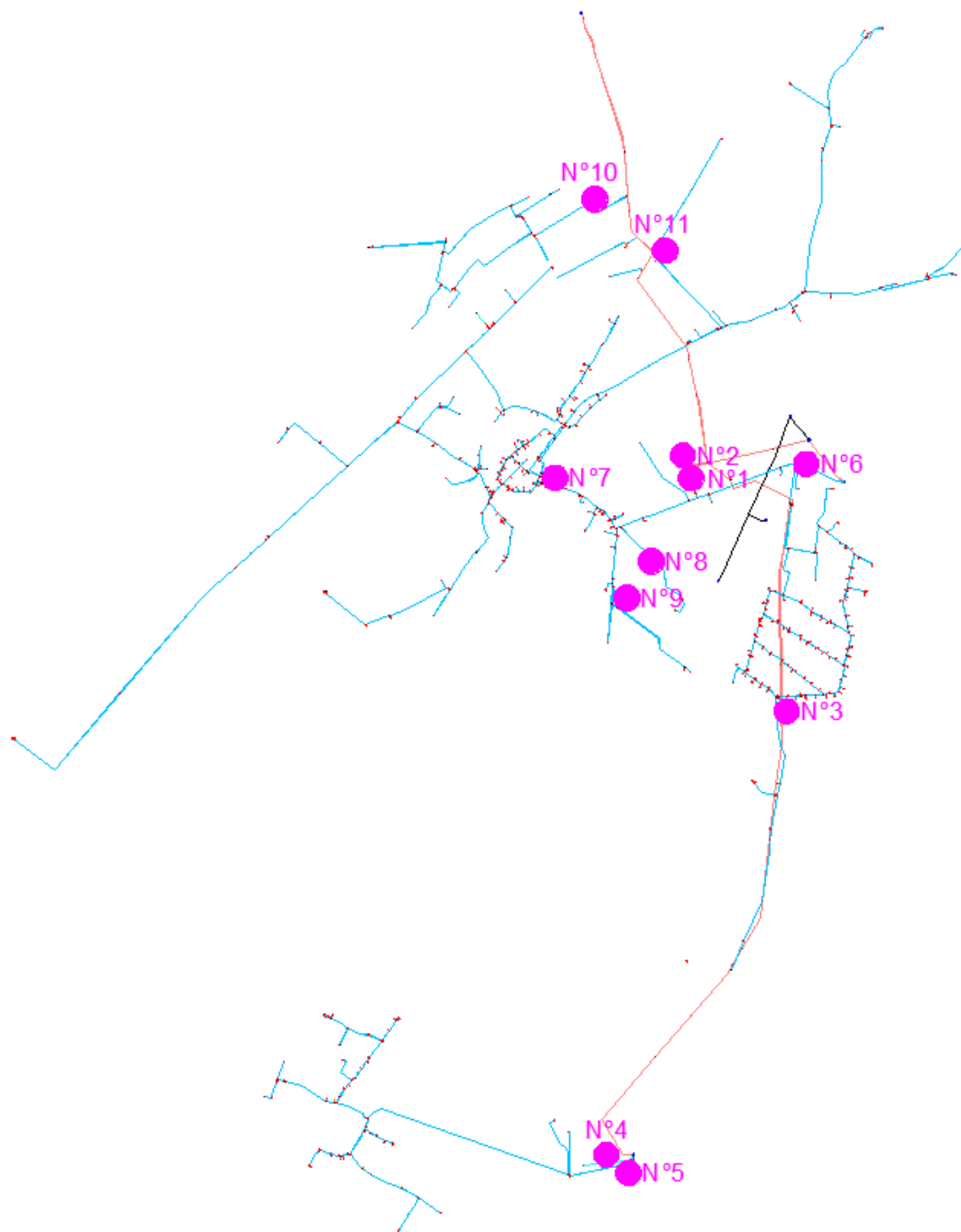
Les données de débits et volumes distribués ont été récupérées par les enregistrements provenant de la télésurveillance au niveau des compteurs télégérés.

Les équipements permettent l'enregistrement des impulsions débit métriques au niveau des têtes émettrices et ainsi de connaître avec précision le volume transité sur chaque secteur de distribution pour un intervalle de temps paramétrable. Le pas de temps d'acquisition des données est de 15 minutes pendant toute la durée de la campagne.

Les points équipés de dispositifs de mesures télégérés sont les suivants :

- Compteur pompage Bas-Service (Cpt n°1)
- Compteur pompage Haut-Service (Cpt n°2)
- Compteur de transit vers Lavans (Cpt n°3)
- Compteur de la vente d'eau au Syndicat de la Chassagne (Cpt n°4) ;
- Compteur de vente d'eau et distribution Lavans-Quingey (Cpt n°5) ;
- Compteur de vente d'eau et distribution Quingey Bas-Service -pied de réservoir (Cpt n°6)
- Compteur sectoriel Quingey Bas-Service Rive Droite (Cpt n°7) ;
- Compteur Gros Consommateur Hôpital - côté Gendarmerie (Cpt n°8) ;
- Compteur Gros Consommateur Hôpital - côté Intermarché (Cpt n°9) ;
- Compteur sectoriel Quingey Haut-Service - Chemin de la Traverse (Cpt n°10) ;
- Compteur de vente d'eau et distribution Chouzelot (Cpt n°11) ;





Localisation des sites de mesures de débits aux compteurs - synoptique des réseaux AEP du SIPQ Pays de Quingey

Cette campagne permet de déterminer les besoins en eau et de visionner la répartition temporelle des consommations.

Les mesures ont pour but de :

- Connaître le volume de fuites dans le réseau,
- Connaître le « profil de consommation journalières »,
- Estimer l'état physique d'un réseau,
- Calculer les coefficients de pointe.

2.5.2 Résultats des mesures débits

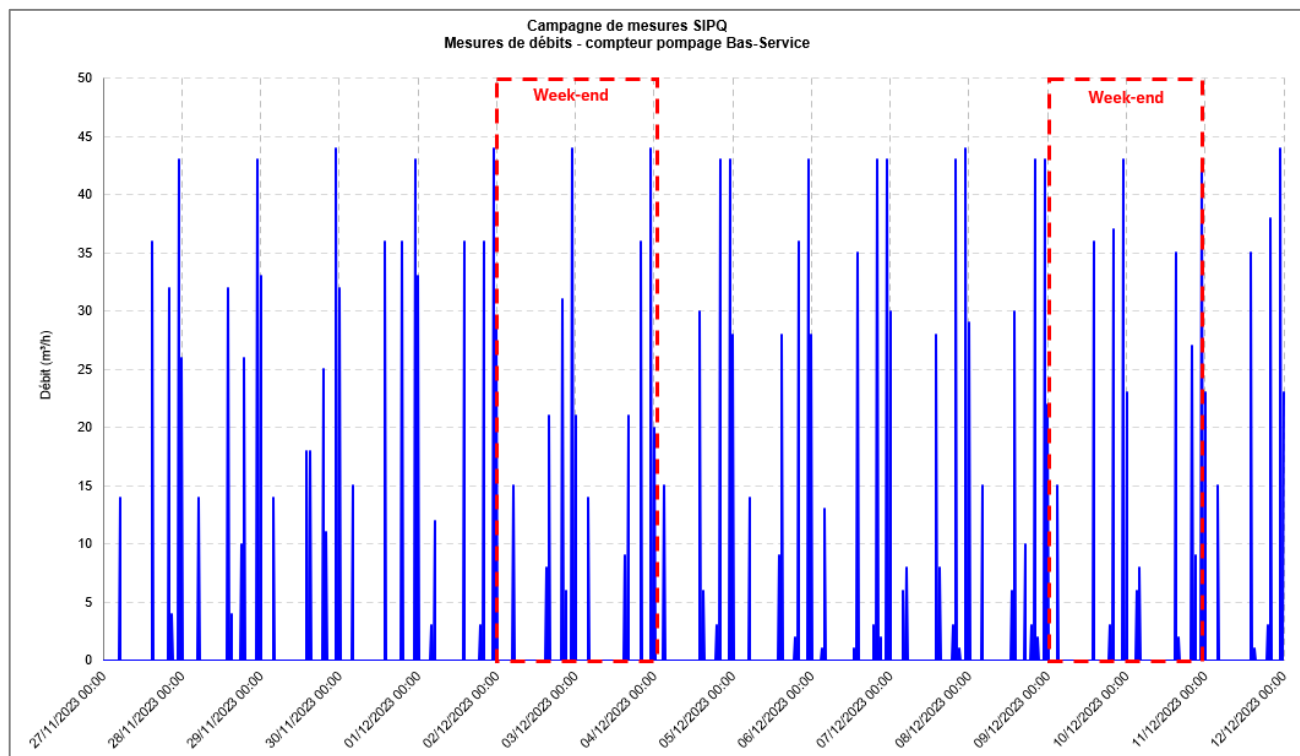
2.5.2.1 Compteur n° 1 – Pompage Bas-Service

Ce compteur est situé au niveau de station de pompage de Quingey et comptabilise les volumes d'eau du pompage Bas-Service vers le réservoir de Quingey (Bas-Service).

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	129,00
28/11/2023	155,00
29/11/2023	163,00
30/11/2023	162,00
01/12/2023	167,00
02/12/2023	154,00
03/12/2023	145,00
04/12/2023	160,00
05/12/2023	160,00
06/12/2023	169,00
07/12/2023	171,00
08/12/2023	181,00
09/12/2023	156,00
10/12/2023	153,00
11/12/2023	159,00
Moyenne globale	158,93
Moyenne jour de semaine	161,45
Moyenne WE et jours fériés	152,00
Ecart jour de semaine/WE	5,9%

Le volume moyen pompé est de l'ordre de 158,93 m³/j, avec un volume inférieur de 5,9 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 6,62 m³/h.

Durant la campagne de mesure, la journée où la demande en eau fut la plus importante sur le Bas Service était le 08/12/2023 avec une production de 181,00 m³. Concernant le débit de pointe, celui-ci est de 44,00 m³/h et correspond au débit nominal des pompes de refoulement du Bas-Service.

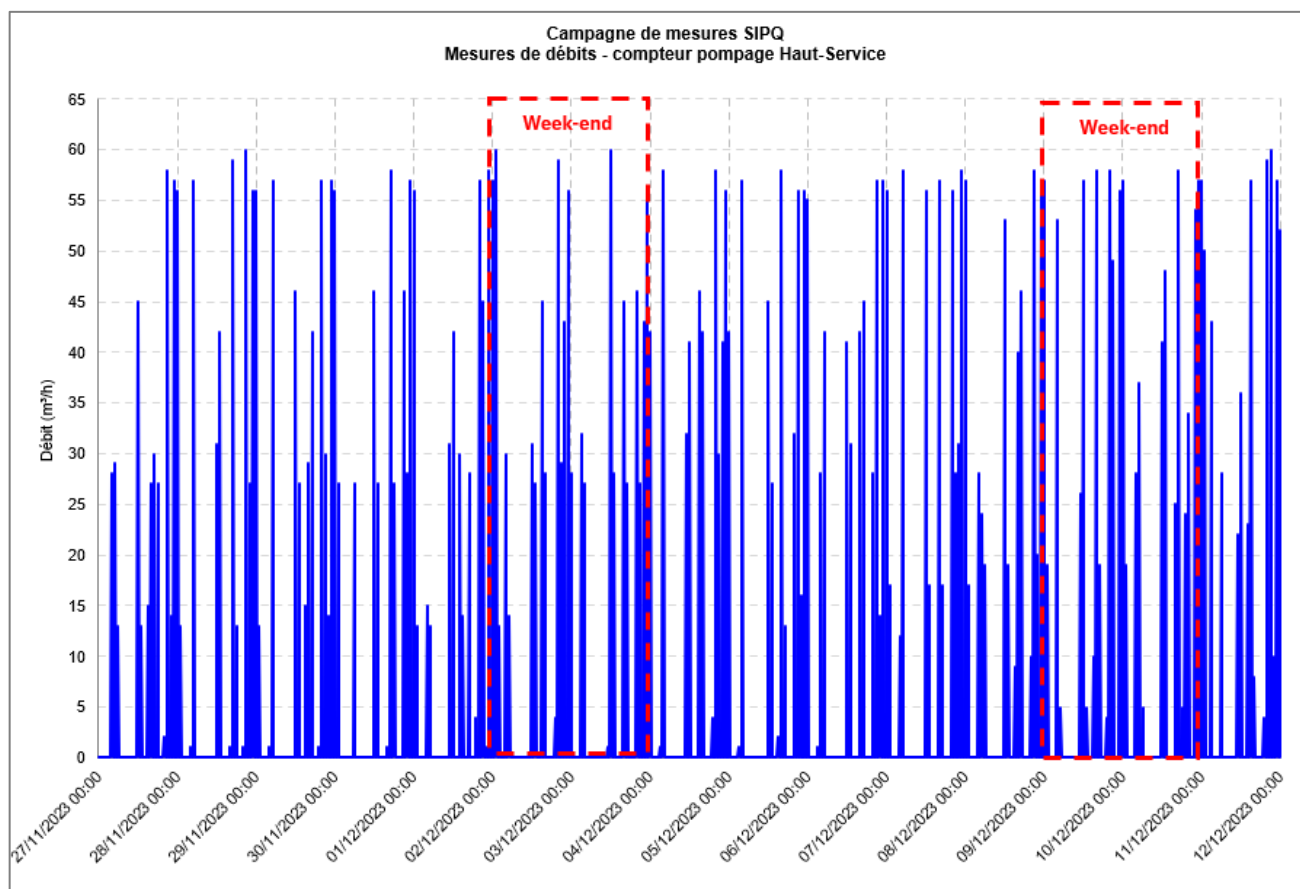
2.5.2.2 Compteur n° 2 – Pompage Haut-Service

Ce compteur est situé au niveau de station de pompage de Quingey et comptabilise les volumes d'eau du pompage Haut-Service : refoulement distribution en direction du réservoir de Quingey Haut Service et transit en direction de Lavans avec distribution sur lotissements Champs D'Hoste à Quingey :

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	358,00
28/11/2023	417,00
29/11/2023	445,00
30/11/2023	400,00
01/12/2023	407,00
02/12/2023	496,00
03/12/2023	420,00
04/12/2023	451,00
05/12/2023	405,00
06/12/2023	441,00
07/12/2023	463,00
08/12/2023	456,00
09/12/2023	476,00
10/12/2023	492,00
11/12/2023	514,00
Moyenne globale	442,73
Moyenne jour de semaine	432,45
Moyenne WE et jours fériés	471,00
Ecart jour de semaine/WE	-8,9%

Le volume moyen distribués est de l'ordre de 442,73 m³/j, avec un volume supérieur de 8,9 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 18,44 m³/h.

Durant la campagne de mesure, la journée où la demande en eau fut la plus importante sur le Haut-Service était le 11/12/2023 avec une production de 514,00 m³. Concernant le débit de pointe, celui-ci est de 60,00 m³/h et correspond au débit nominal des pompes de refoulement du Haut-Service.

Ce compteur nous permet d'estimer approximativement les volumes distribués sur le secteur des lotissements Champs d'Hoste par déduction des volumes des compteurs suivants :

- Compteur rue de Traverse
- Compteur vente Chouzelot
- Compteur Transit vers Lavans

Jour	Pompage Haut Service	Chemin de Traverse	Vente Chouzelot	Transit vers Lavans	Résultante Sous compteurs	Champs d'Hoste
27/11/2023	358,00	89,22	28,50	243,71	361,43	-3,43
28/11/2023	417,00	91,09	37,60	229,80	358,49	58,51
29/11/2023	445,00	102,41	37,90	254,49	394,8	50,2
30/11/2023	400,00	91,19	38,40	234,69	364,28	35,72
01/12/2023	407,00	93,50	39,40	232,73	365,63	41,37
02/12/2023	496,00	78,91	44,10	265,59	388,6	107,4
03/12/2023	420,00	78,00	44,40	257,19	379,59	40,41
04/12/2023	451,00	105,41	42,50	252,30	400,21	50,79
05/12/2023	405,00	102,28	39,70	242,89	384,87	20,13
06/12/2023	441,00	113,09	42,00	246,80	401,89	39,11
07/12/2023	463,00	127,13	41,40	249,30	417,83	45,17
08/12/2023	456,00	135,69	39,20	235,31	410,2	45,8
09/12/2023	476,00	118,09	41,50	264,49	424,08	51,92
10/12/2023	492,00	123,50	42,00	266,33	431,83	60,17
11/12/2023	514,00	142,91	30,70	273,48	447,09	66,91
Moyenne globale						50,97
Moyenne jour de semaine						45,37
Moyenne WE et jours fériés						64,98
Ecart jour de semaine/WE						-43,2%

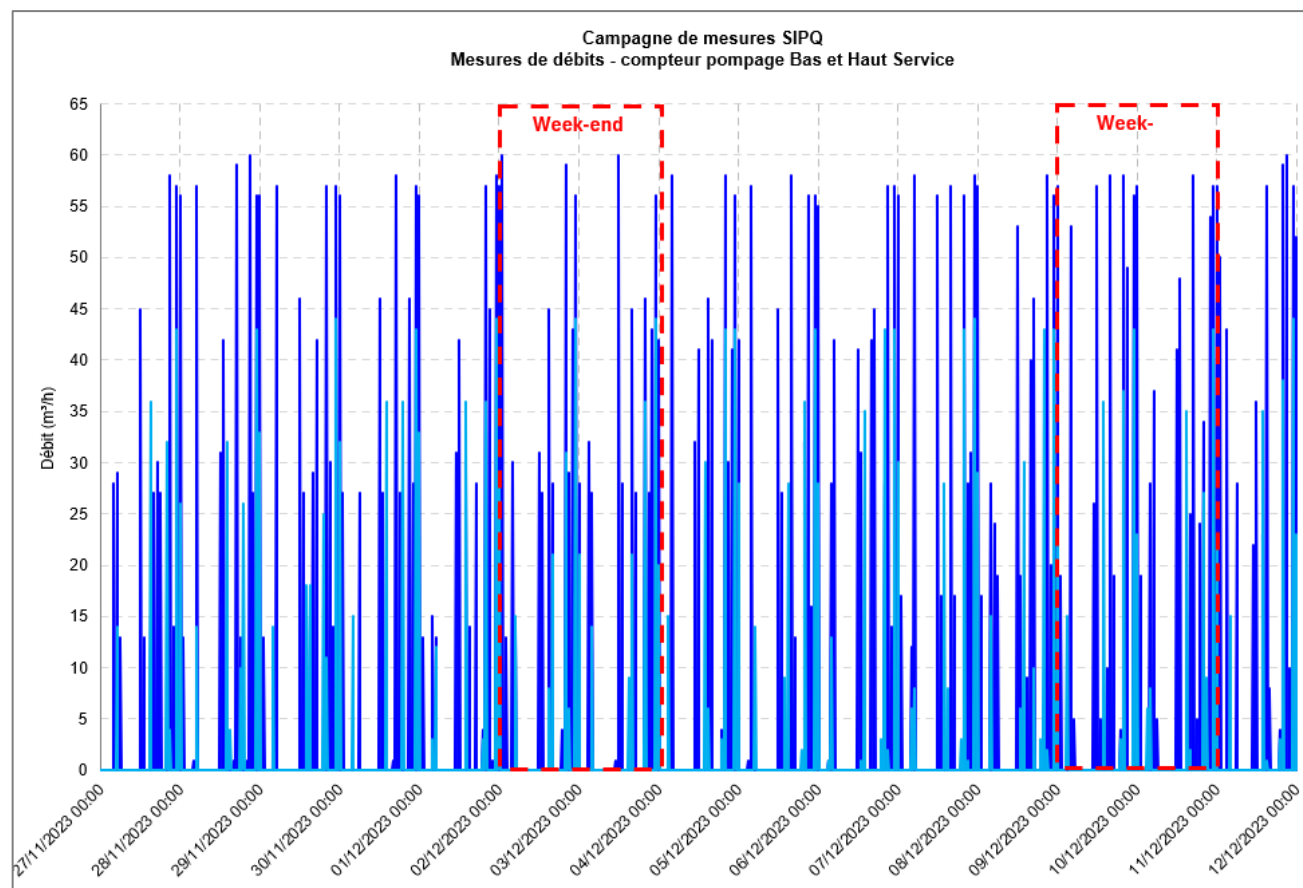
Le volume moyen distribué sur le secteur des lotissement Champs D'Hoste est estimé à 50,97 m³/j, avec un volume supérieur de 43 % pour les week-ends et jours fériés.

2.5.2.3 Résultante station de pompage de Quingey (Haut et Bas Services)

La résultante des débits et volumes pompés au puits de Quingey et synthétisé dans le tableau et graphique ci-dessous :

Jour	Résultant puits de Quingey Volume en m³/j
27/11/2023	487,00
28/11/2023	572,00
29/11/2023	608,00
30/11/2023	562,00
01/12/2023	574,00
02/12/2023	650,00
03/12/2023	565,00
04/12/2023	611,00
05/12/2023	565,00
06/12/2023	610,00
07/12/2023	634,00
08/12/2023	637,00
09/12/2023	632,00
10/12/2023	645,00
11/12/2023	673,00
Moyenne globale	601,67
Moyenne jour de semaine	593,91
Moyenne WE et jours fériés	623,00
Ecart jour de semaine/WE	-4,9%

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau des compteurs de la station de pompage (bleu foncé : Haut Service et bleu ciel : Bas-Service):



Le volume moyen pompé au Puits de Quingey est de l'ordre de 601,67 m³/j, avec un volume supérieur de 4,9 % pour les week-ends et jours fériés

Les débits moyen journalier maximum autorisés dans la DUP sont de 1 350 m³/j et 90 m³/h.

A l'analyse des données, on peut considérer le bilan besoin-ressource est excédentaire puisque les volumes produits représentent en moyenne 45% de la ressource mobilisable (<80% de la ressource mobilisable).

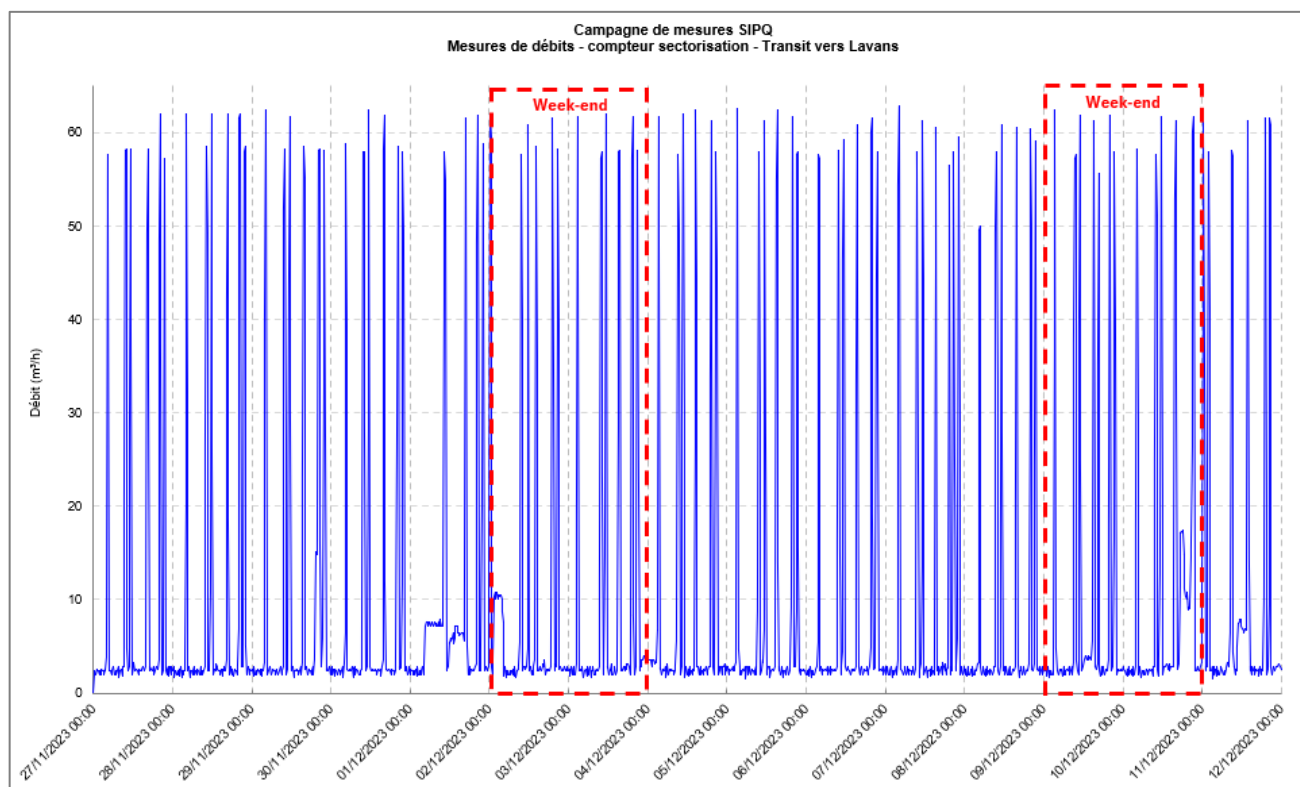
2.5.2.4 Compteur n°3 – Sectorisation de Transit vers Lavans

Ce compteur est situé dans un regard au Chemin de Saint Renobert. Il comptabilise les volumes distribués en transit vers le réservoir de Lavans-Quingey.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	243,71
28/11/2023	229,80
29/11/2023	254,49
30/11/2023	234,69
01/12/2023	232,73
02/12/2023	265,59
03/12/2023	257,19
04/12/2023	252,30
05/12/2023	242,89
06/12/2023	246,80
07/12/2023	249,30
08/12/2023	235,31
09/12/2023	264,49
10/12/2023	266,33
11/12/2023	273,48
Moyenne globale	249,94
Moyenne jour de semaine	245,05
Moyenne WE et jours fériés	263,40
Ecart jour de semaine/WE	-7,5%

Le volume moyen transité est de l'ordre de 249,94 m³/j, avec un volume supérieur de 7,5 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 10/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 266,33 m³, avec un débit maximum observé de 61,25 m³/h et un débit moyen distribué de 11,09 m³/h.

Le débit minimum observé ne peut pas être assimilé aux fuites car ce compteur comptabilise les volumes de remplissage du réservoir de Lavans-Quingey.

Le volume de fuites sur ce tronçon de transit peut être approché par différence avec les volumes moyens vendus au Syndicat de la Chassagne et Lavans-Quingey soit respectivement 201,26 m³/j et 45,35 m³/j (246,61 m³/j). Le calcul montre une différence de 3,33 m³/j sur les volumes moyens et représente une perte d'environ 1,3% des volumes de transit sur Lavans. **On peut donc en déduire que le réseau de transit entre Quingey et le réservoir de Lavans ne présente pas de fuites.**

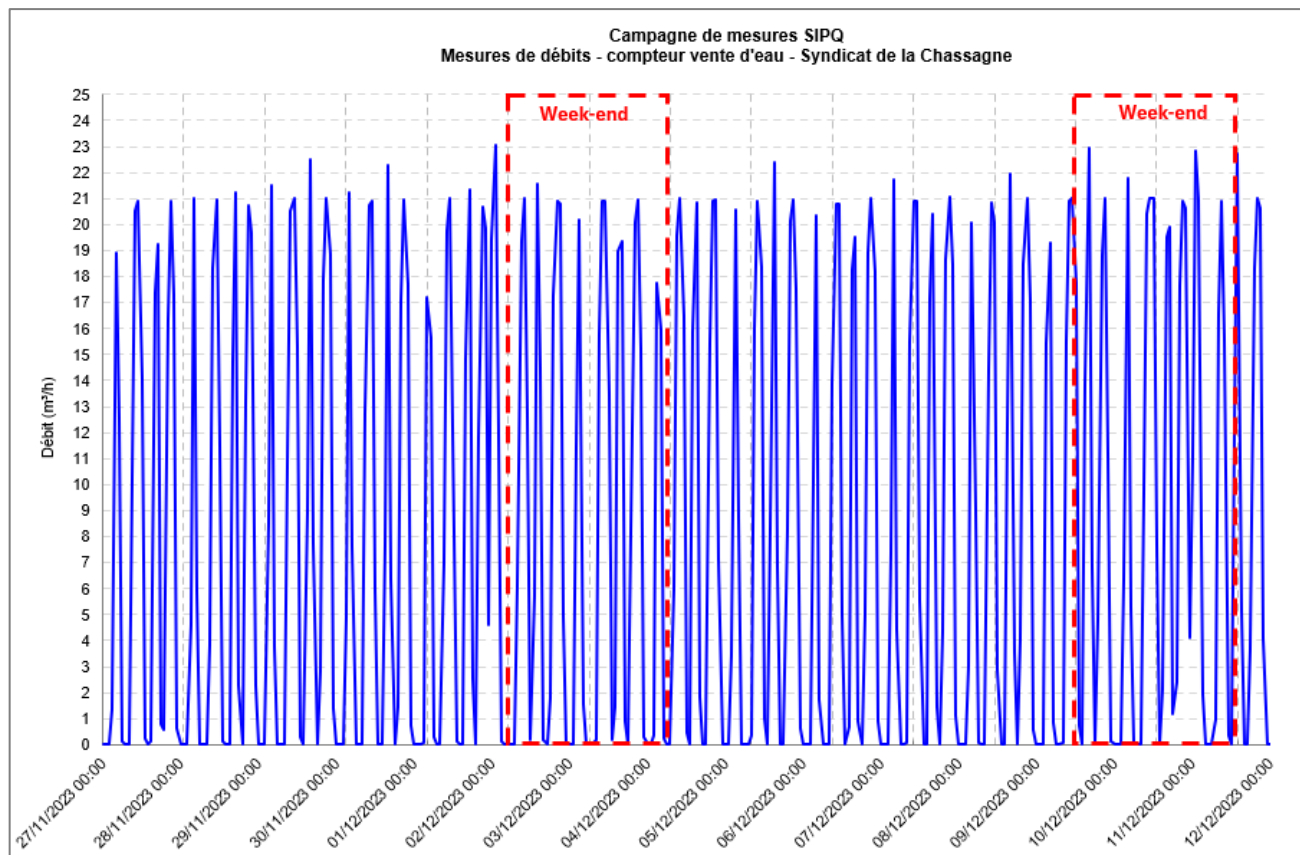
2.5.2.5 Compteur n°4 – Vente au Syndicat des Eaux de la Chassagne

Ce compteur est situé dans le réservoir de Lavans-Quingey. Il comptabilise les volumes vendu au Syndicat des Eaux de la Chassagne.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	192,19
28/11/2023	180,35
29/11/2023	202,88
30/11/2023	188,45
01/12/2023	189,03
02/12/2023	221,65
03/12/2023	209,90
04/12/2023	200,89
05/12/2023	194,53
06/12/2023	196,15
07/12/2023	199,22
08/12/2023	189,33
09/12/2023	211,07
10/12/2023	221,64
11/12/2023	221,64
Moyenne globale	201,26
Moyenne jour de semaine	195,88
Moyenne WE et jours fériés	216,07
Ecart jour de semaine/WE	-10,3%

Le volume moyen vendu est de l'ordre de 201 m³/j, avec un volume supérieur de 10,3 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits effectués au niveau du compteur de la vente d'eau au Syndicat de la Chassagne.



Durant la campagne de mesure, les journées où la demande en eau fut la plus importante étaient le 02/12/2023 et le 10/12/2023 avec une distribution de 221,65 m³ au cours de la journée.

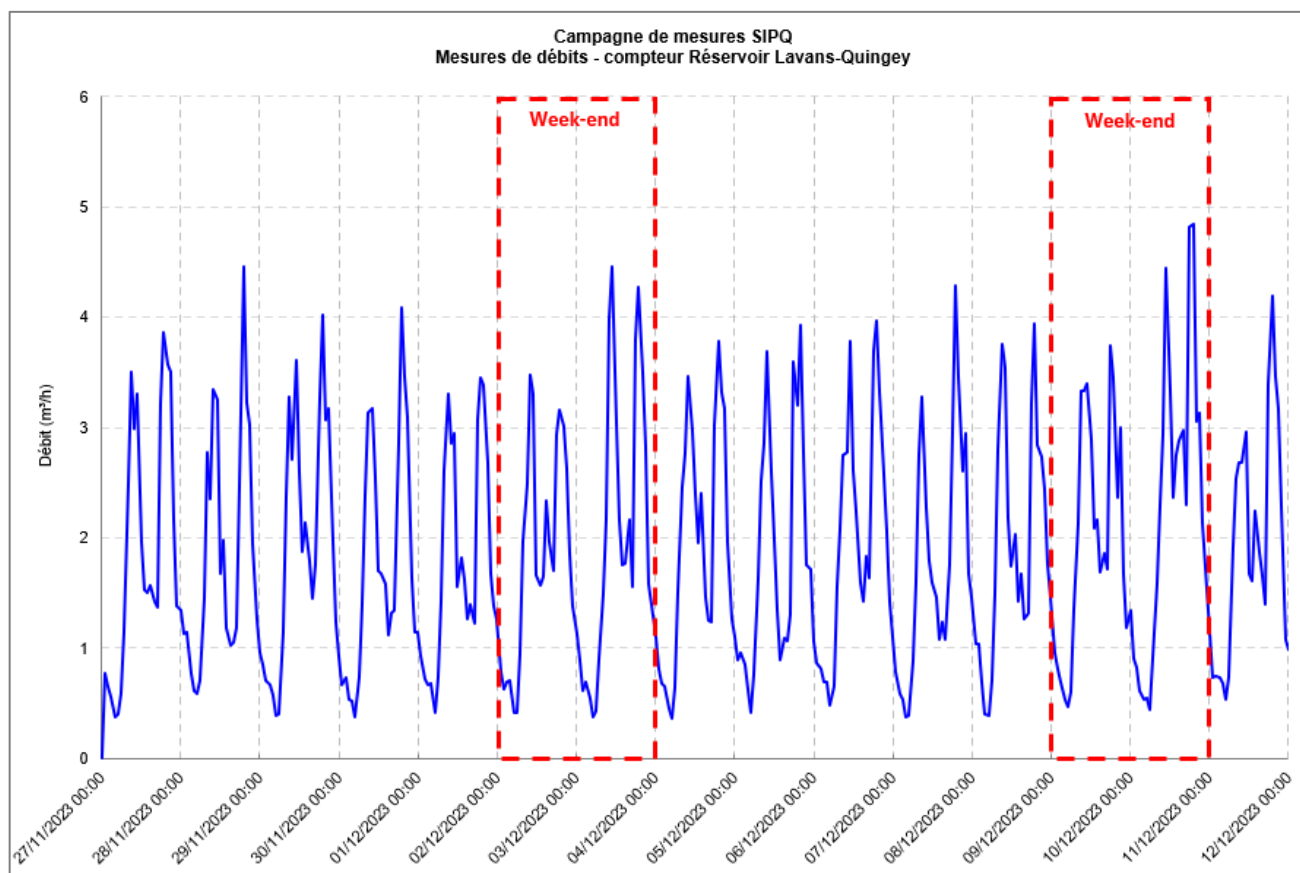
2.5.2.6 Compteur n°5 – Distribution Lavans-Quingey

Ce compteur est situé dans le réservoir de Lavans-Quingey et comptabilise les volumes vendus et distribués sur Lavans-Quingey.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	43,91
28/11/2023	43,99
29/11/2023	46,04
30/11/2023	42,21
01/12/2023	42,99
02/12/2023	43,00
03/12/2023	47,53
04/12/2023	45,09
05/12/2023	43,59
06/12/2023	46,85
07/12/2023	42,52
08/12/2023	45,88
09/12/2023	46,91
10/12/2023	53,54
11/12/2023	46,17
Moyenne globale	45,35
Moyenne jour de semaine	44,48
Moyenne WE et jours fériés	47,75
Ecart jour de semaine/WE	-7,3%

Le volume moyen distribué est de l'ordre de 45,35 m³/j, avec un volume supérieur de 7,3 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits effectués au niveau du compteur de distribution.



Le débit moyen de ce compteur est de 1,89 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 10/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 53,54 m³, avec un débit maximum observé de 4,85 m³/h et un débit moyen distribué de 2,23 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 0,36 m³/h et peut être assimilé aux fuites. Le volume de fuites sur l'ensemble de ce secteur de distribution est estimé à 8,64 m³/j. Ces fuites représentent en moyenne 19% des volumes distribués sur ce secteur. Le rendement du secteur de distribution est donc estimé à 81%.

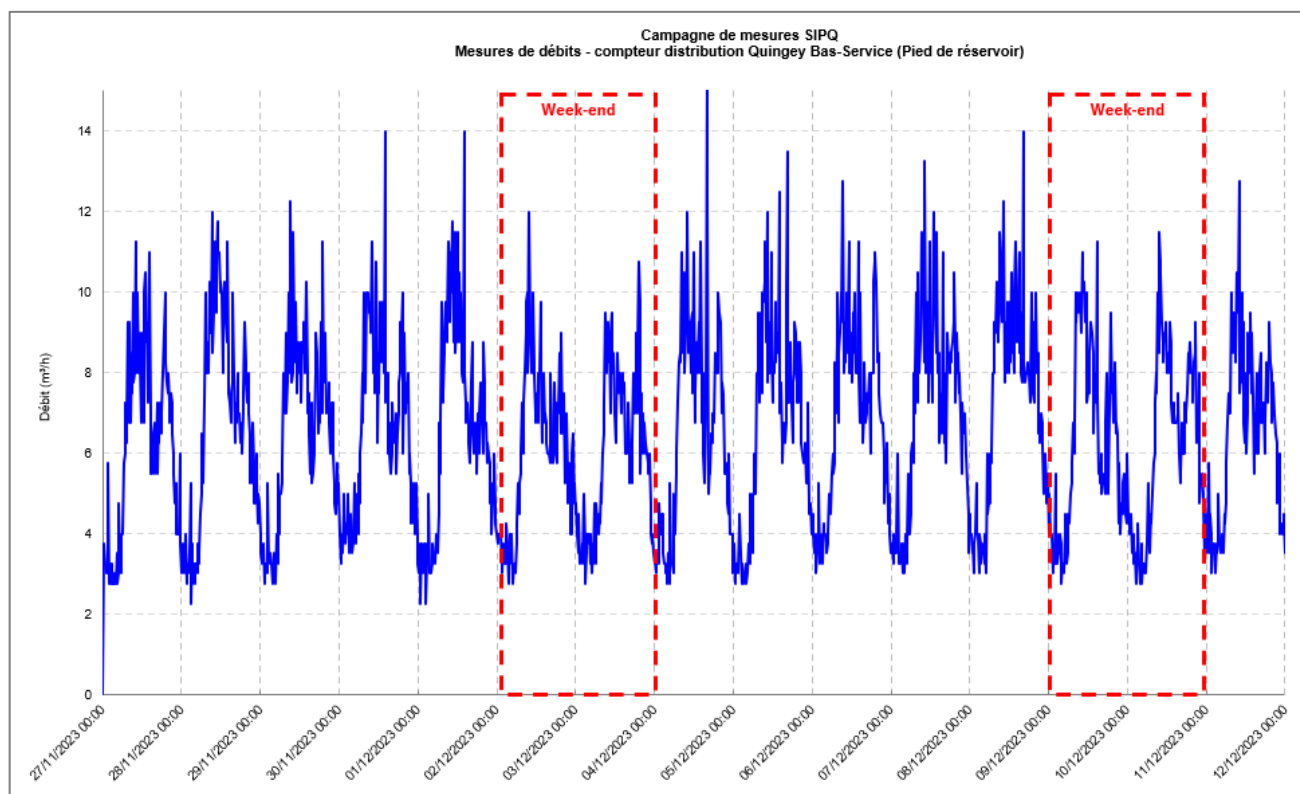
2.5.2.7 Compteur n°6 – Sectorisation Pied du réservoir Bas-Service

Ce compteur est situé au croisement de la Route d'Ornans et le Chemin du Chalet à Quingey. Il comptabilise les volumes distribués de Quingey Bas-Service.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	148,13
28/11/2023	161,69
29/11/2023	156,19
30/11/2023	159,81
01/12/2023	156,56
02/12/2023	144,63
03/12/2023	142,69
04/12/2023	158,94
05/12/2023	159,69
06/12/2023	164,81
07/12/2023	168,06
08/12/2023	173,69
09/12/2023	150,31
10/12/2023	148,63
11/12/2023	156,19
Moyenne globale	156,67
Moyenne jour de semaine	160,34
Moyenne WE et jours fériés	146,56
Ecart jour de semaine/WE	8,6%

Le volume moyen est de l'ordre de 156,67 m³/j, avec un volume inférieur de 8,6 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 6,53 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 08/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 173,69 m³, avec un débit maximum observé de 14 m³/h et un débit moyen distribué de 7,23 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 2,75 m³/h et peut être assimilé aux fuites. Le volume de fuites sur l'ensemble de ce secteur de distribution est estimé à 66 m³/j. Ces fuites représentent en moyenne 42% des volumes distribués sur ce secteur. Le rendement du secteur de distribution est donc estimé à 58%.

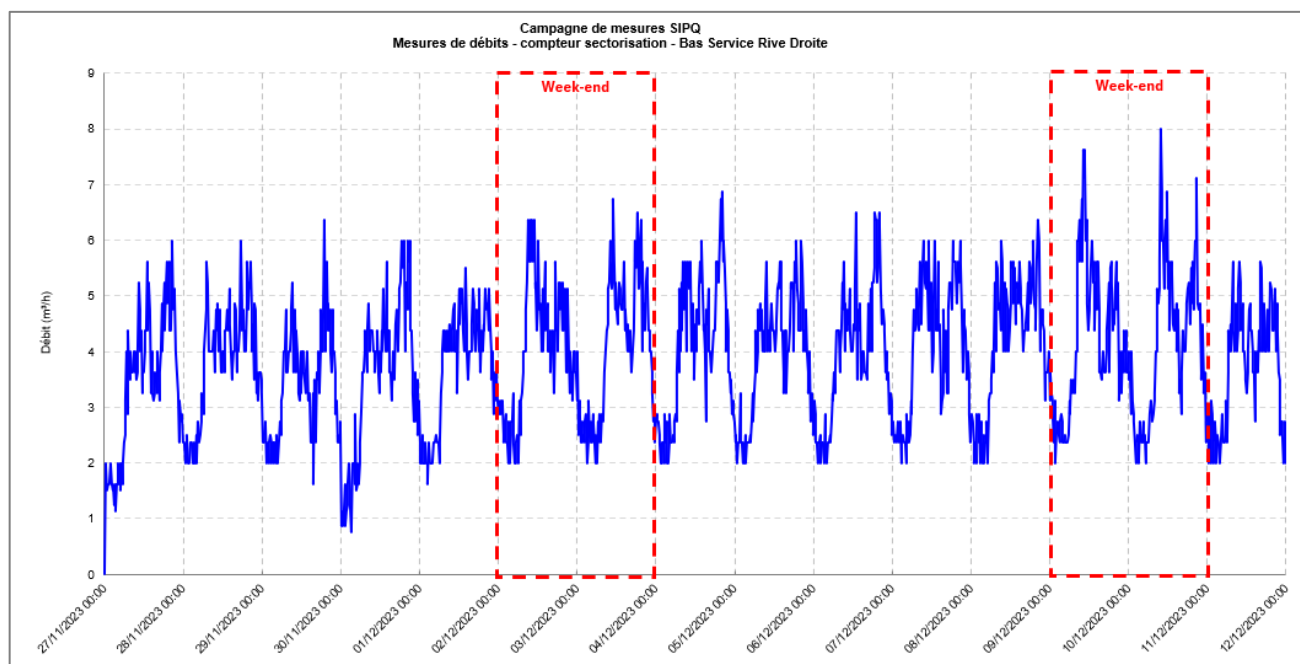
2.5.2.8 Compteur n°7 – Sectorisation Quingey Bas-Service Rive Droite

Ce compteur est situé sur la Route de Lyon en rive droite de la Loue au niveau du pont. Il comptabilise les volumes distribués sur le centre de Quingey côté rive Droite de la Loue.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	82,00
28/11/2023	90,88
29/11/2023	81,31
30/11/2023	84,59
01/12/2023	88,59
02/12/2023	96,22
03/12/2023	96,50
04/12/2023	97,50
05/12/2023	93,78
06/12/2023	94,50
07/12/2023	98,22
08/12/2023	100,91
09/12/2023	100,00
10/12/2023	98,38
11/12/2023	89,41
Moyenne globale	92,85
Moyenne jour de semaine	91,06
Moyenne WE et jours fériés	97,77
Ecart jour de semaine/WE	-7,4%

Le volume moyen distribué est de l'ordre de 92,85 m³/j, avec un volume supérieur de 7,4 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits effectués au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 3,87 m³/h.

Le débit de pointe a été observé le 10/12/2023 avec une pointe enregistrée à 8 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 08/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 100,91 m³, avec un débit maximum observé de 6 m³/h et un débit moyen distribué de 4,20 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 2,00 m³/h et peut être assimilé aux fuites. Le volume de fuites sur l'ensemble de ce secteur de distribution est estimé à 48 m³/j. Ces fuites représentent en moyenne 52% des volumes distribués sur ce secteur. Le rendement du secteur de distribution est donc estimé à 48%.

Par comparaison avec le compteur au pied du réservoir Bas Service, on peut en déduire les volumes du secteur Rive Gauche de Quingey. Ainsi, le volume moyen distribué est de l'ordre de 63,81 m³/j avec un débit de fuites estimé à 0,75 m³/h. Les fuites représentent 28% des volumes distribués du secteur rive gauche et le rendement atteint 72%.

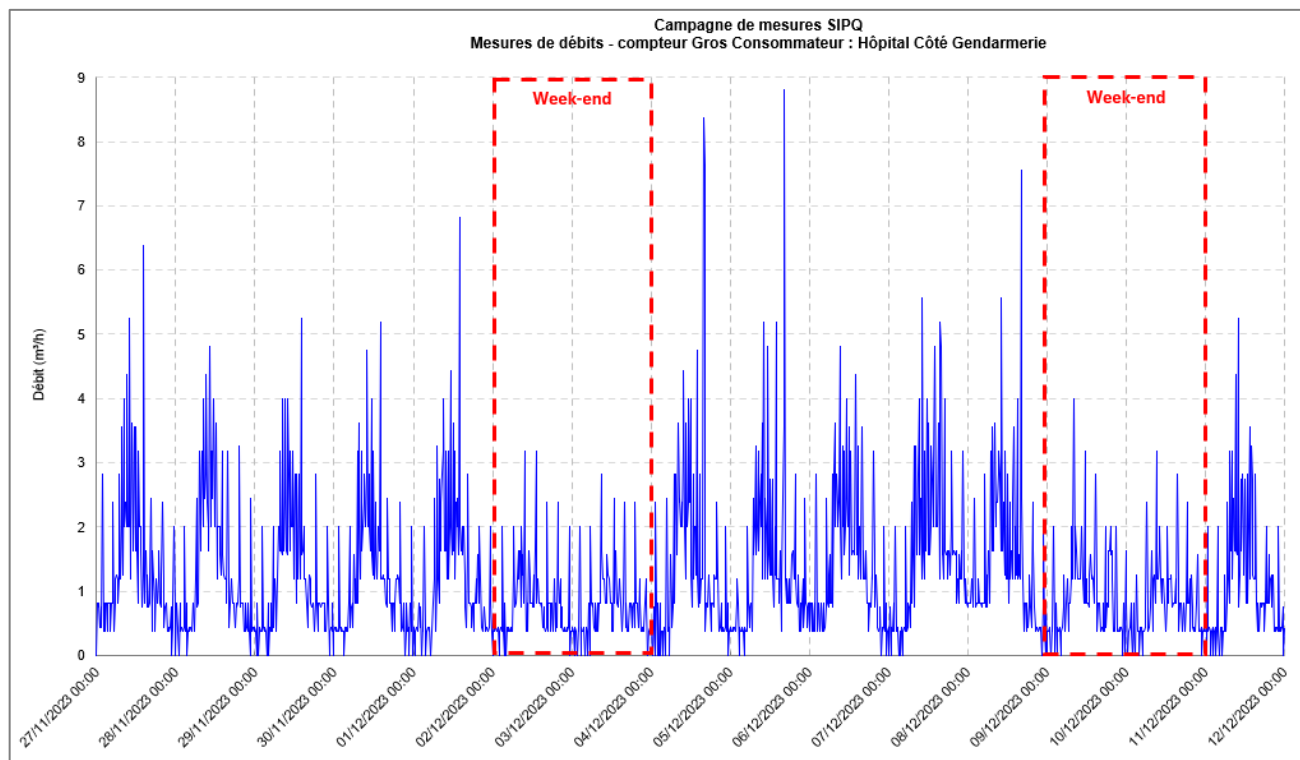
2.5.2.9 Compteur n°8 – Gros Consommateur : Hôpital (Côté Gendarmerie)

Ce compteur comptabilise les volumes distribués au sein du Centre de Réadaptation Fonctionnelle (gros consommateur) du côté Gendarmerie.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	33,39
28/11/2023	31,70
29/11/2023	29,70
30/11/2023	30,00
01/12/2023	31,00
02/12/2023	19,50
03/12/2023	18,20
04/12/2023	33,59
05/12/2023	33,61
06/12/2023	34,39
07/12/2023	39,11
08/12/2023	35,00
09/12/2023	21,89
10/12/2023	19,70
11/12/2023	27,59
Moyenne globale	29,23
Moyenne jour de semaine	32,64
Moyenne WE et jours fériés	19,82
Ecart jour de semaine/WE	39,3%

Le volume moyen distribué est de l'ordre de 29,23 m³/j, avec un volume inférieur de 39,3 % pour les week-ends et jours fériés. La consommation moindre de 40% est visible sur la courbe ci-après.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 1,21 m³/h.

Le débit de pointe a été observé le 05/12/2023 avec une pointe enregistrée à 8,81 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 07/12/2023 où le volume total consommé s'élève à 39,11 m³, avec un débit maximum observé de 5,56 m³/h et un débit moyen distribué de 1,63 m³/h.

On ne note pas de consommations nocturnes ni de fuites à priori.

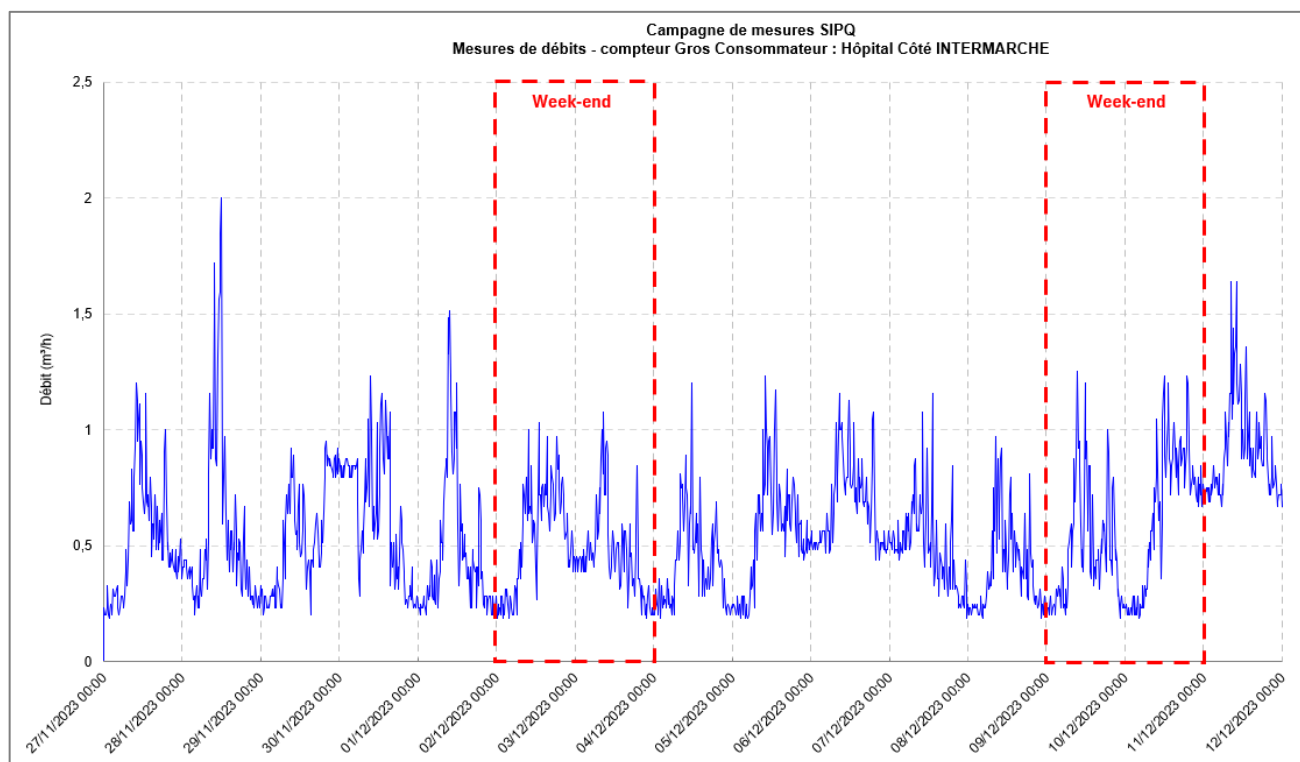
2.5.2.10 Compteur n°9 – Gros Consommateur : Hôpital (côté Intermarché)

Ce compteur comptabilise les volumes distribués au sein du Centre de Réadaptation Fonctionnelle (gros consommateur) du côté Intermarché.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	12,54
28/11/2023	13,27
29/11/2023	12,86
30/11/2023	15,71
01/12/2023	11,40
02/12/2023	12,82
03/12/2023	11,21
04/12/2023	9,93
05/12/2023	13,09
06/12/2023	16,18
07/12/2023	11,89
08/12/2023	9,46
09/12/2023	11,42
10/12/2023	15,47
11/12/2023	21,83
Moyenne globale	13,27
Moyenne jour de semaine	13,47
Moyenne WE et jours fériés	12,73
Ecart jour de semaine/WE	5,5%

Le volume moyen distribué est de l'ordre de 13,27 m³/j, avec un volume inférieur de 5,5 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 0,55 m³/h.

Le débit de pointe a été observé le 28/11/2023 avec une pointe enregistrée à 2 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 11/12/2023 où le volume total consommé s'élève à 21,83 m³, avec un débit maximum observé de 1,64 m³/h et un débit moyen distribué de 0,91 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 0,18 m³/h et peut être assimilé à des fuites ou des consommations nocturnes régulières. Ce volume est estimé à 4,32 m³/j et représente en moyenne 33% des volumes consommés par l'établissement sur ce branchement. Le rendement de ce branchement est estimé à 67%.

Ce compteur nous permet de mieux appréhender le rendement du secteur Quingey Bas Service en rive Gauche par déduction du débit de fuite retenu pour le gros consommateur. Ainsi, le réseau public du secteur Rive Gauche de Quingey (Bas-Service) présente un débit de fuites de 0,57 m³/h soit 13,7 m³/j et donc un rendement de 79%.

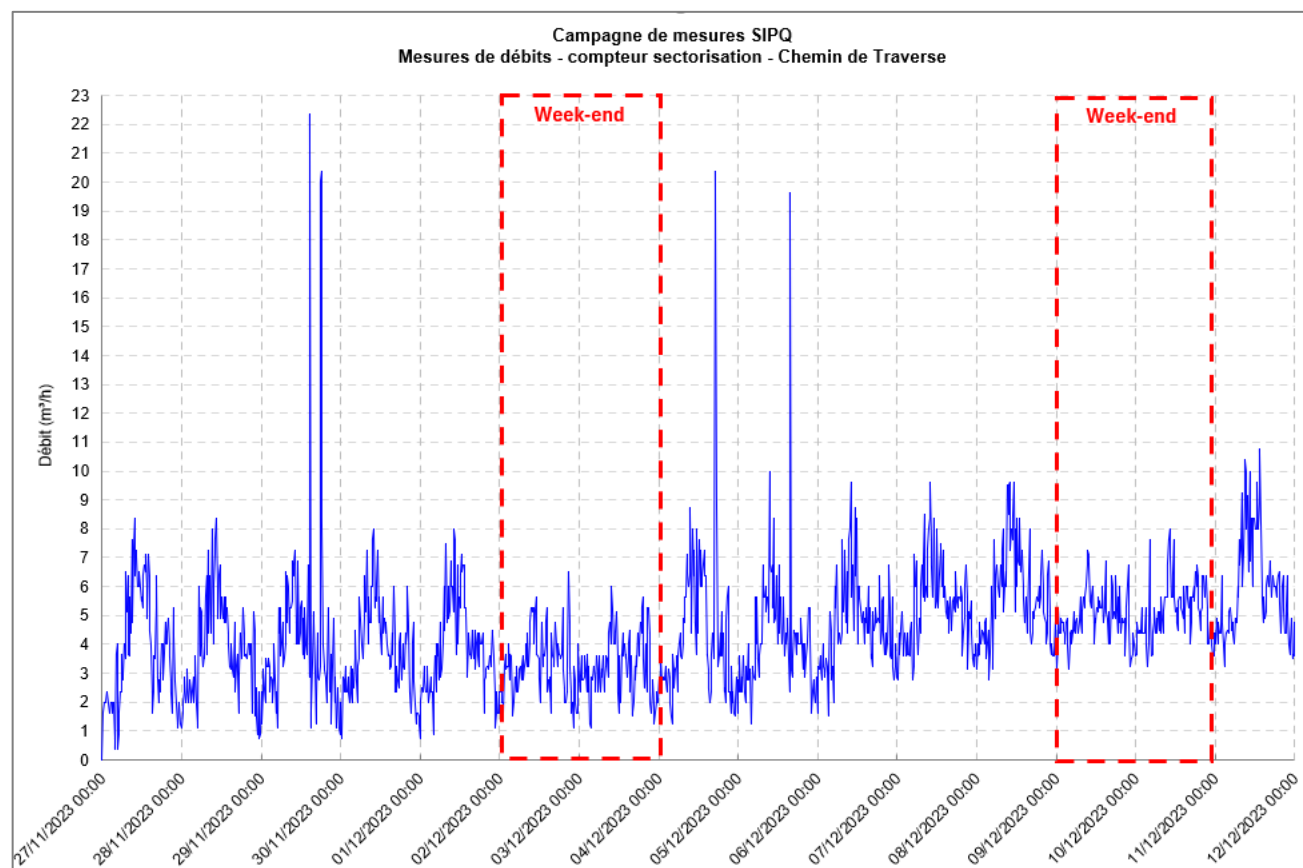
2.5.2.11 Compteur n° 10 – Sectorisation Chemin de la Traverse

Ce compteur est situé au Chemin de Traverse sur la commune de Chouzelot et comptabilise les volumes distribués sur le Haut Service de Quingey.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	89,22
28/11/2023	91,09
29/11/2023	102,41
30/11/2023	91,19
01/12/2023	93,50
02/12/2023	78,91
03/12/2023	78,00
04/12/2023	105,41
05/12/2023	102,28
06/12/2023	113,09
07/12/2023	127,13
08/12/2023	135,69
09/12/2023	118,09
10/12/2023	123,50
11/12/2023	142,91
Moyenne globale	106,16
Moyenne jour de semaine	108,54
Moyenne WE et jours fériés	99,63
Ecart jour de semaine/WE	8,2%

Le volume moyen est de l'ordre de 106,16 m³/j, avec un volume inférieur de 8,2% pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits effectués au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 4,42 m³/h.

Le débit de pointe a été observé le 29/11/2023 avec une pointe enregistrée à 22,37 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 11/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 142,91 m³, avec un débit maximum observé de 10,75 m³/h et un débit moyen distribué de 5,95 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 2,75 m³/h et peut être assimilé aux fuites. Le volume de fuites sur l'ensemble de ce secteur de distribution est estimé à 66 m³/j. Ces fuites représentent en moyenne 62% des volumes distribués sur ce secteur. Le rendement du secteur de distribution est donc estimé à 38%.

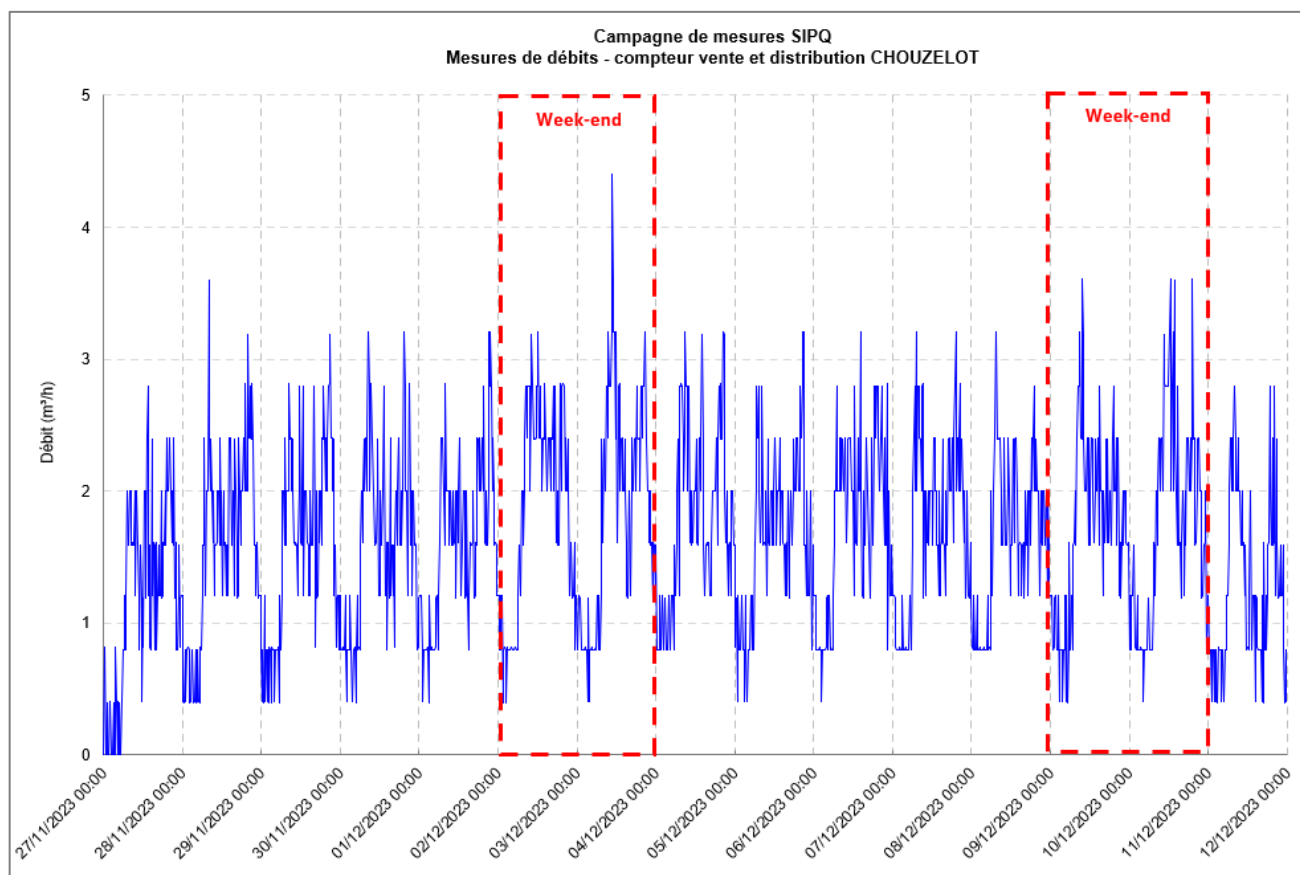
2.5.2.12 Compteur n° 11 – Vente et distribution Chouzelot

Ce compteur est situé sur la commune de Chouzelot, au croisement de la Route de Busy et de la Route du Mont Gardot. Il comptabilise les volumes vendus et distribués sur la commune de Chouzelot.

Jour	Volume en m³/j
27/11/2023	28,50
28/11/2023	37,60
29/11/2023	37,90
30/11/2023	38,40
01/12/2023	39,40
02/12/2023	44,10
03/12/2023	44,40
04/12/2023	42,50
05/12/2023	39,70
06/12/2023	42,00
07/12/2023	41,40
08/12/2023	39,20
09/12/2023	41,50
10/12/2023	42,00
11/12/2023	30,70
Moyenne globale	39,29
Moyenne jour de semaine	37,94
Moyenne WE et jours fériés	43,00
Ecart jour de semaine/WE	-13,3%

Le volume moyen distribués est de l'ordre de 39,29 m³/j, avec un volume supérieur de 13,3 % pour les week-ends et jours fériés.

Le graphique suivant illustre les enregistrements des débits au niveau du compteur concerné :



Le débit moyen de ce compteur est de 1,64 m³/h.

Durant la période de la campagne, le jour de pointe était le 03/12/2023 où le volume total distribué s'élève à 44,40 m³, avec un débit maximum observé de 4,40 m³/h et un débit moyen distribué de 1,85 m³/h.

Le débit minimum retenu, durant cette période est de 0,40 m³/h et peut être assimilé aux fuites. Le volume de fuites sur l'ensemble de ce secteur de distribution est estimé à 9,6 m³/j. Ces fuites représentent en moyenne 24% des volumes distribués sur ce secteur. Le rendement du secteur de distribution est donc estimé à 76%.

2.5.2.13 Analyse des volumes de fuite et des volumes consommés

Une analyse fine des débits minimums permet d'apprécier le volume de fuite sur le réseau, ainsi que le volume consommé par les abonnés.

Secteur / Dénomination	Volume moyen distribué	Débit minimum = débit de fuite apparent	Volume de fuites		Volume consommé / rendement du secteur de distribution	
	m³/j	m³/h	m³/j	%	m³/j	%
Distribution Quingey Bas- Service (pied de réservoir)	156,7	2,75	66,0	42,1%	90,7	57,9%
Sectorisation Quingey Bas Service - Rive Droite	92,9	2,00	48,0	51,7%	44,9	48,3%
Secteur Quingey Bas Service Rive Gauche <i>résultante "Pied de réservoir - Bas Service Rive Droite"</i>	63,8	0,75	18,0	28,2%	45,8	71,8%
Gros Consommateur Hôpital Côté Gendarmerie	29,2	0,00	0,0	0,0%	29,2	100,0%
Gros Consommateur Hôpital Côté Intermarché	13,3	0,18	4,3	32,5%	9,0	67,5%
Secteur Quingey Bas Service Rive Gauche <i>résultante "Pied de réservoir - Bas Service Rive Droite et GC Hôpital"</i>	63,8	0,57	13,7	21,4%	50,1	78,6%
Sectorisation chemin de Traverse (Quingey Haut Service)	106,2	2,75	66,0	62,2%	40,2	37,8%
Distribution Chouzelot	39,3	0,40	9,6	24,4%	29,7	75,6%
Distribution Lavans Quingey	45,3	0,36	8,64	19,1%	36,71	80,9%

Les rendements par secteurs de distribution peuvent être analysés comme suit :

- **Très mauvais** si son rendement est **inférieur à 60%**
- **Mauvais** si son rendement est **entre 60% et 70%**
- **Moyen** si son rendement est **entre 70% et 80%**
- **Bon** si son rendement est **supérieur à 80%**

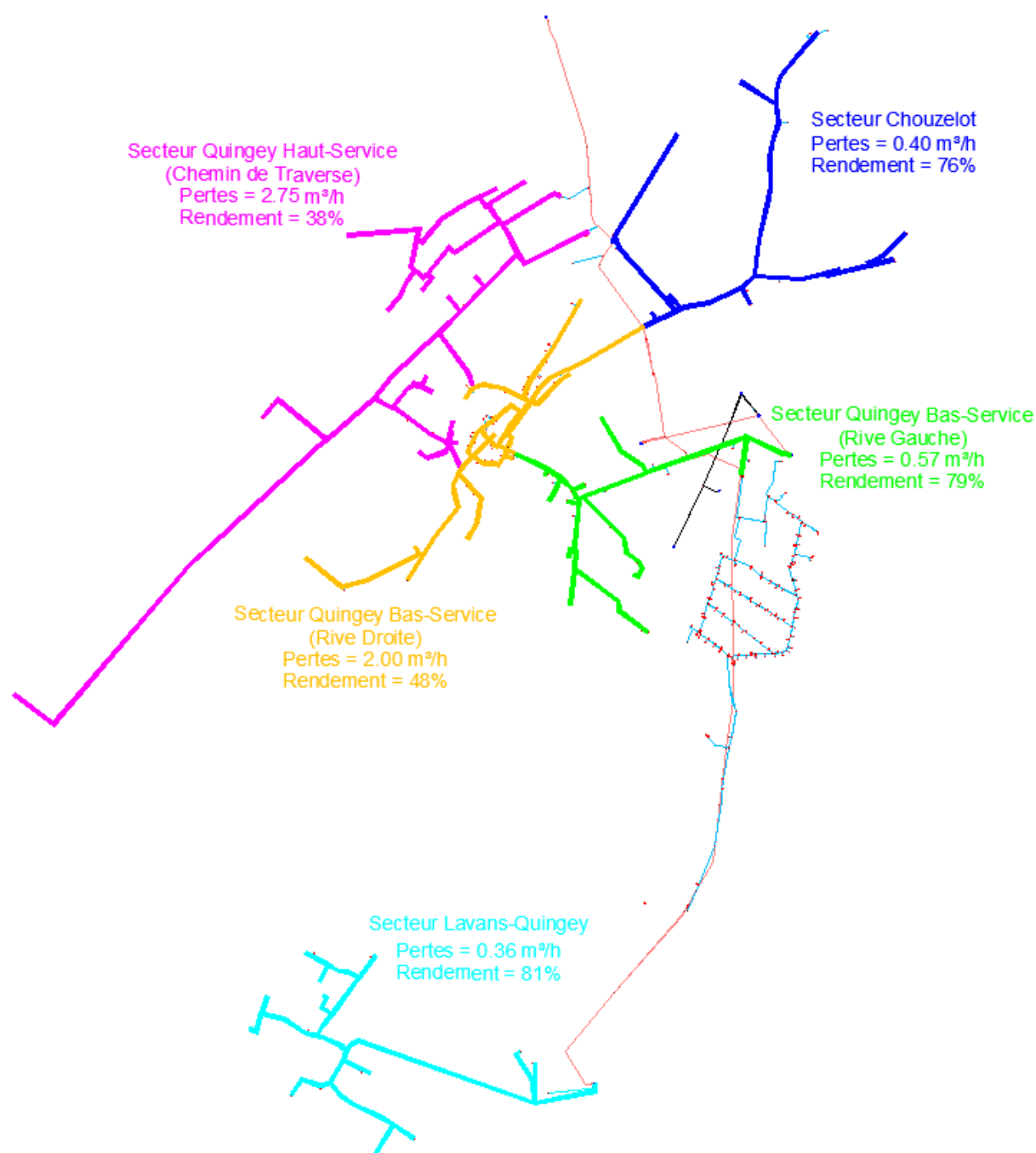
Il en ressort de cette analyse, de **très mauvais rendements** sur la commune de Quingey (secteur Bas-Service) et sur le Haut-Service pour le secteur chemin de Traverse. Les indices linéaires de perte sont les suivants :

- ILP = 14,5 m³/j/km sur le secteur de distribution Chemin de Traverse
- ILP = 17 m³/j/km sur le secteur de distribution Bas Service Rive Droite
- ILP = 6,5 m³/j/km sur le secteur de distribution Bas Service Rive Gauche

Pour la commune de Chouzelot, le rendement de réseaux est **moyen** de l'ordre de **76%**. L'indice linéaire de perte est estimé à 4 m³/j/km.

Le rendement est **bon** sur la commune de Lavans-Quingey (**81%**). L'indice linéaire de perte est estimé à 3,5 m³/j/km.

Le synoptique ci-dessous récapitule les rendements par secteurs de distribution à l'issue de l'analyse de la campagne de mesures :



3 Modélisation du système AEP

3.1 L'intérêt d'une modélisation

L'intérêt d'une modélisation

Le modèle hydraulique permet d'évaluer, pour une situation donnée, les paramètres de fonctionnement d'un réseau, en particulier le débit, le sens de circulation, et la perte de charge dans les canalisations ainsi que la pression en chaque point.

En régime dynamique, il renseigne également sur le marnage des réservoirs et le mode de fonctionnement des pompes, les organes de régulation et les singularités, ce qui permet avec les données de terrain (mesures) d'avoir une meilleure vision du fonctionnement du système.

Les logiciels ont la possibilité de modéliser tous les appareils rencontrés sur un réseau : réservoirs, clapets, régulateurs, pompes...

La représentativité d'un modèle dépend de la qualité des informations qui lui sont fournies. La phase préalable de collecte des données est donc essentielle. Un bon modèle requiert, en effet, une excellente connaissance de la structure physique du réseau et de son fonctionnement.

La réalisation d'une campagne complète de mesures sur le terrain permet le calage du modèle et donc sa validation.

On distingue deux régimes de modélisation :

- Modélisation en régime permanent : c'est la représentation d'une situation stationnaire pour des conditions définies déterminées et constantes dans le temps.
- Modélisation en régime dynamique : c'est la représentation dans l'espace et dans le temps du fonctionnement de l'ensemble des éléments du réseau (canalisations, réservoirs, appareils hydrauliques...), avec prise en compte des asservissements.

En plus de la modélisation purement hydraulique du réseau, plusieurs logiciels proposent actuellement des modules qualité qui permettent de simuler l'évolution de certains paramètres liés à la qualité de l'eau.

Il est important de noter que la validité des résultats obtenus à l'aide de ces modules dépendra en partie de la fiabilité du modèle hydraulique et donc de la finesse de son calage.

En première approche, ces modules qualité permettent de calculer en tous points du réseau des grandeurs significatives de la qualité de l'eau distribuée :

- Le temps de séjour : on peut ainsi repérer les zones de stagnation de l'eau.
- La répartition des origines de l'eau : lorsque le réseau est alimenté par plusieurs ressources, on peut déterminer en tout point et en particulier au niveau des réservoirs, le pourcentage de l'eau provenant des différentes origines.

Sur le plan pratique, ces informations peuvent aider à l'optimisation des campagnes de purges et de nettoyage, et à localiser les meilleurs points de surveillance de la qualité de l'eau.

Les modules qualité permettent également de simuler la propagation puis l'évolution de la concentration dans le temps de substances réactives (chlore par exemple) ou conservatives (nitrates par exemple) en fonction des concentrations aux points d'injection du réseau, elles-mêmes pouvant varier dans le temps.

3.2 Construction du modèle

3.2.1 Présentation du modèle

La modélisation du fonctionnement hydraulique du réseau d'eau potable du Syndicat Intercommunal du Pays de Quingey a été effectuée à l'aide du logiciel EPANET, qui permet le calcul des réseaux de distribution d'eau potable, tant en mode statique qu'en mode dynamique. Il donne le débit de chaque conduite, la pression à chaque nœud et la qualité de l'eau.

Le logiciel EPANET a été conçu par US EPA (United States Environmental Protection Agency) et il existe une version française (traduite par la Générale des Eaux) qui est disponible gratuitement sur internet. Ce logiciel est très simple d'utilisation et offre de bonnes performances de calcul.

L'interface graphique EPANET permet d'étudier grâce à des simulations, divers fonctionnements de réseaux d'adduction et de distribution d'eau potable.

Le module hydraulique utilise un moteur de calcul propre qui permet d'apporter une analyse sur les réseaux d'eau. Il permet également d'effectuer des simulations sur des durées plus ou moins longues pour analyser le comportement dynamique. Les fonctionnements en période de pointe et en consommation moyenne sont différenciés par le changement de la courbe de modulation qui représente le modèle de consommateur. C'est un outil qui permet une gestion globale des transferts d'eau et une simulation de la distribution de pointe.

Un module qualité permet de modéliser des phénomènes en rapport avec la qualité de l'eau comme le temps de séjour, la diffusion dans le temps et l'espace d'un soluté qui évolue dans le réseau (par exemple le chlore).

Ce logiciel permet la résolution de systèmes d'équations non linéaires par itérations successives. Il effectue les calculs suivant la méthode du « gradient algorithm ». La détermination des pertes de charge en conduite est effectuée d'après les formules de Hazen Williams.

La méthode de modélisation repose sur les lois de Kirchhoff. Elles traduisent les équations de conservation de la masse et les équations de conservation de l'énergie, respectivement au niveau des nœuds et des tronçons.

Le principe de calcul du module hydraulique d'EPANET repose sur trois lois hydrauliques : la loi de continuité, la loi des nœuds et la loi des mailles.

3.2.2 Les différentes étapes de la construction du modèle

Les différentes étapes de la construction d'un modèle sont les suivantes :

- Recueil des données disponibles,
- Construction de la topologie du réseau,
- Affectation des altitudes des nœuds,
- Affectation des consommations,
- Répartition des débits de pertes,
- Établissement des profils de consommation,
- Saisie des données,
- Calage du modèle.



Squelette du modèle hydraulique

3.2.2.1 Recueil des données disponibles

Le travail de modélisation consiste à décrire le réseau sous une forme simplifiée, par des tronçons et des nœuds. Le modèle du réseau finalement obtenu est une représentation simplifiée de la réalité.

Les données nécessaires à la construction du modèle mathématique de simulations hydrauliques sont :

- Les longueurs, diamètres et matériaux des canalisations,
- Les altitudes des nœuds,
- Les caractéristiques des ouvrages :

Type d'ouvrage	Caractéristiques
Réservoir	Côte radier Diamètre Niveau bas, niveau haut
Pompe	Point de fonctionnement (HMT, Q) Consignes de régulation
Stabilisateur de pression, Limiteur de débit	Diamètre Consignes de régulation

Ces données ont été recueillies sur les plans des réseaux du Syndicat fournis par l'exploitant SAUR. Une visite sur site a permis de compléter ces informations.

3.2.2.2 Construction de la topologie du réseau

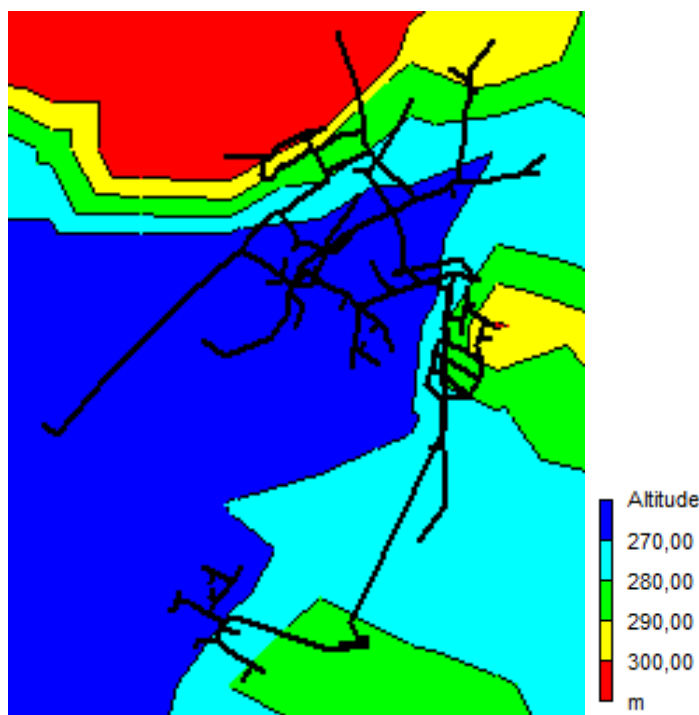
Les caractéristiques des canalisations ont été saisies dans le logiciel à partir des plans du réseau AEP de la commune.

Finalement, le réseau modélisé du syndicat comprend environ :

- 239 nœuds,
- 252 tronçons (arcs),
- 3 réservoirs,
- 1 bâches (symbolisant le puits de Quingey pour le remplissage des réservoirs),
- 3 vannes dont 2 stabilisateurs de pression aval
- 2 pompes (symbolisant le haut service et bas-service)

3.2.2.3 Affectation des altitudes des nœuds

Les altitudes ont été déterminées à partir des données topographiques du réseau. Sur les secteurs non investigués, le relevé a été complété par les données de la carte IGN et de la cartographie Géoportail. Les courbes de niveau ayant une distance de 10 m entre elles pour cette région vallonnée, l'erreur absolue sur les côtes est de l'ordre de quelques centimètres.



Cartographie des courbes de niveau – altitudes

3.2.2.4 Affectation des consommations

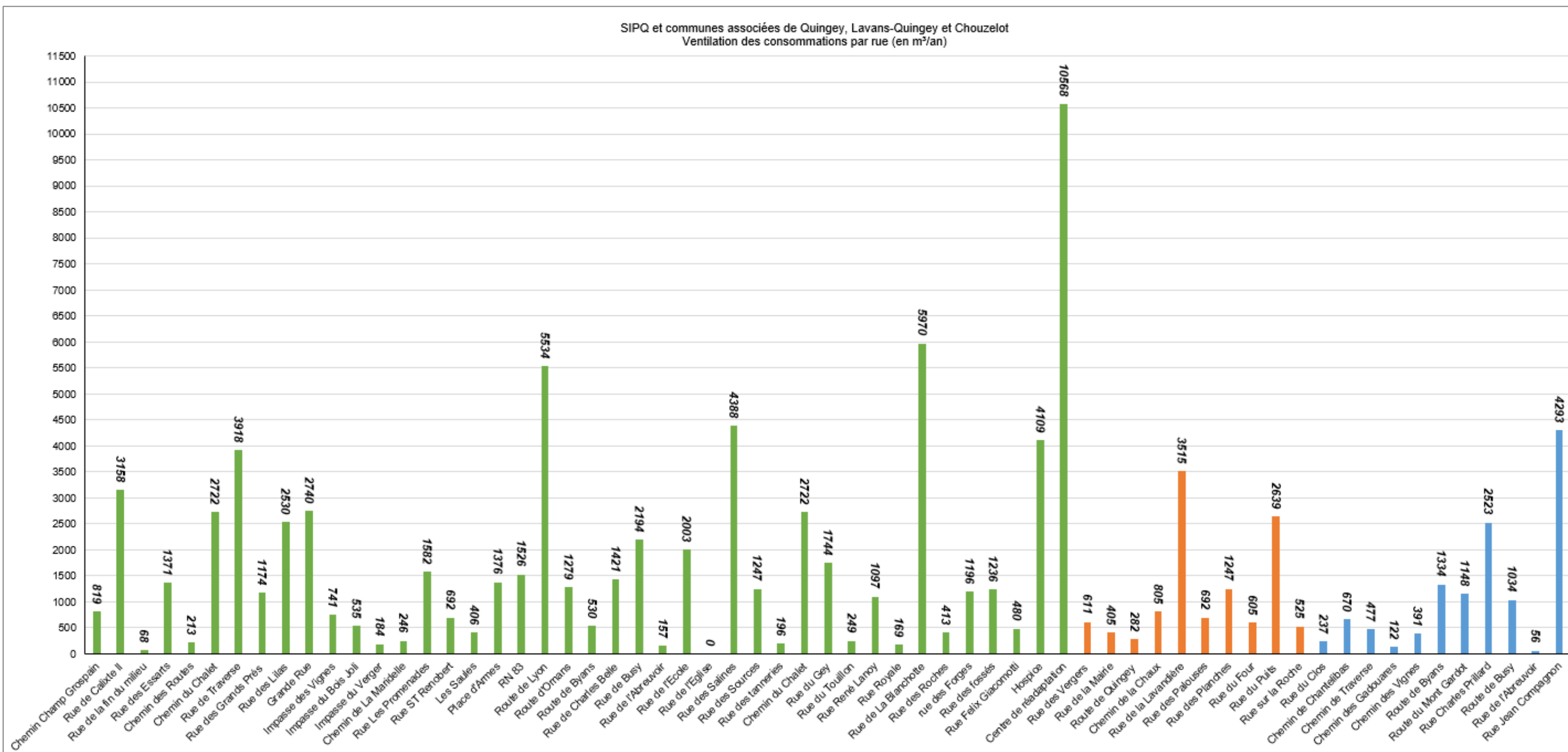
La répartition des consommations représente une étape primordiale dans la constitution d'un modèle hydraulique. La finesse de l'analyse nécessaire à cette répartition est un premier pas vers la qualité et la véracité des résultats du modèle. Ces données ont été étudiées précisément sur la totalité du secteur d'étude.

La donnée de base pour ce travail est le fichier facturation qui regroupe les consommations par adresse de compteur abonné. Il a été mis à disposition par l'exploitant, au format numérique.

La méthodologie mise en œuvre a été la suivante :

- Examen du fichier facturation,
- A partir du fichier facturation 2022, calcul des volumes facturés par rue (ci-dessous le graphique de synthèse),
- Affectation des consommations aux nœuds du modèle,

Avec cette répartition on obtient à chaque nœud le volume journalier facturé moyen sur l'année 2022 (en m³).



3.2.2.5 Détermination du coefficient journalier de consommation

A ce stade de la construction du modèle, les consommations affectées aux nœuds correspondent au volume moyen journalier facturé (données de l'exploitant).

Pour chaque secteur de distribution, les consommations affectées aux nœuds du modèle sont alors multipliées par un coefficient pour le calage du modèle.

Ce coefficient est déterminé de la façon suivante :

$$C = \text{Volume moyen journalier affecté au secteur} / \text{volume consommé}$$

La journée retenue pour le calage du modèle est :

- Le 07 décembre 2023

	Consommation journalière moyenne (m³)	Volume distribué le jour de calage (m³)	Volume consommé le jour de calage (m³)	Rapport constaté
Quingey Bas-Service (pied de réservoir)	147,36	168,06	102,06	0,69
Gros Consommateur Hôpital Côté Intermarché	11,28	11,89	7,57	0,67
Sectorisation chemin de Traverse (Quingey Haut Service)	46,104	127,125	61,13	1,33
Distribution Chouzelot	26,54	41,40	31,80	1,20
Distribution Lavans Quingey	27,6	42,52	33,88	1,23
Vente Chassagne	201,36	199,22	199,22	0,99

3.2.2.6 Répartition des pertes

Les débits de pertes ont été répartis aux nœuds du modèle en fonction des données mesurées lors de la campagne de mesures.

L'approche a consisté à établir le débit de pertes à partir du débit minimum nocturne enregistré en octobre 2022. Pour cela, le débit minimum nocturne pour chaque secteur a été réparti de façon uniforme sur des nœuds. Le profil appliqué à ce volume de fuites dans le modèle est constant durant la journée.

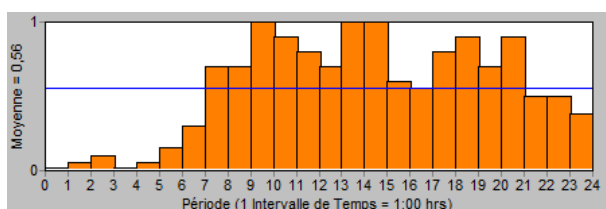
	Débit minimum (m³/h)
Sectorisation Quingey Bas Service - Rive Droite	2
Gros Consommateur Hôpital Côté Intermarché	0,18
Secteur Quingey Bas Service Rive Gauche résultante "Pied de réservoir - Bas Service Rive Droite et GC Hôpital"	0,57
Sectorisation chemin de Traverse (Quingey Haut Service)	2,75
Distribution Chouzelot	0,4
Distribution Lavans Quingey	0,36

3.2.2.7 Établissement des profils de consommation

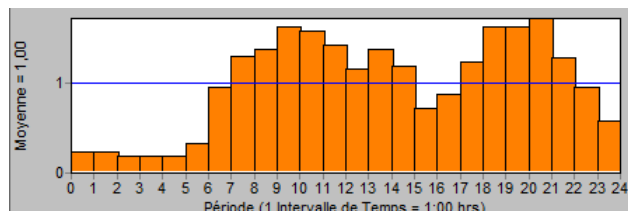
Les profils de consommation domestique ont été déterminés à partir des mesures de débit enregistrées sur les différents secteurs en décembre 2023. A partir du débit mis en distribution sur le secteur, il convient de retrancher les éventuelles consommations nocturnes résiduelles et les fuites.

3.2.2.7.1 Profil de consommation domestique

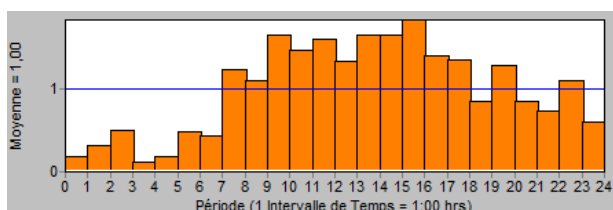
Le profil de consommation domestique a été identifié pour chaque secteur isolé. Les graphiques ci-dessous illustrent les profils utilisés dans la modélisation



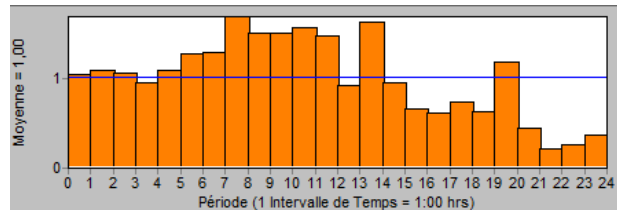
Courbe de modulation des consommations du Bas-Service
(Pied de réservoir)



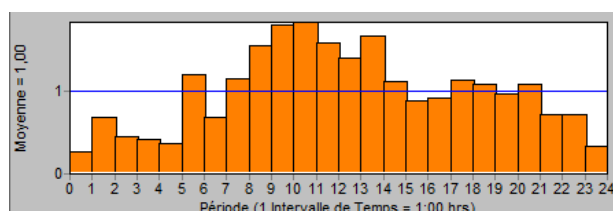
Courbe de modulation des consommations du Bas-Service
(Rive Droite)



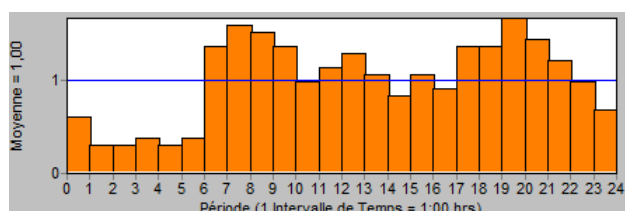
Courbe de modulation des consommations de l'Hôpital
(Côté Gendarmerie)



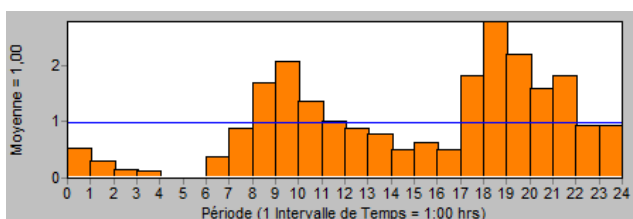
Courbe de modulation des consommations de l'Hôpital
(Côté Intermarché)



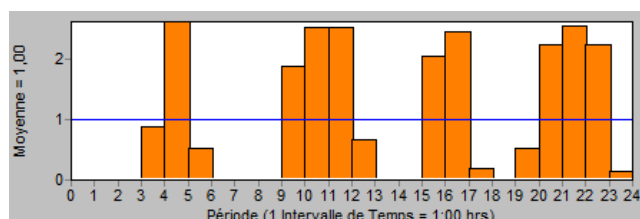
Courbe de modulation des consommations du Haut-Service
(Quingey Chemin de Travers)



Courbe de modulation des consommations de Chouzelot



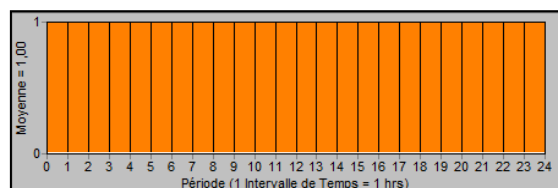
Courbe de modulation des consommations de Lavans-Quingey



Courbe de modulation des consommations de Vente en Gros
SIE de la Chassagne

3.2.2.7.2 Fuites

Les débits minimum nocturnes ont été répartis uniformément sur l'ensemble du réseau AEP. Le profil affecté à ces consommations est constant, égal à 1 toute la journée.



3.2.2.8 Saisie des données

Il s'agit de recueillir l'ensemble des caractéristiques du réseau :

- Diamètre, longueur et matériaux des canalisations,
- Données d'altimétrie,
- Répartition des abonnés sur chacun des sous-réseaux, et affectation de consommation,
- Courbes de fonctionnement des pompes.

Ces paramètres seront issus de la cartographie et ensuite intégrés sous le logiciel de simulation, grâce à une interface que nous avons établie.

3.2.2.8.1 Données topographiques

Le logiciel a besoin pour chaque nœud défini d'en connaître l'altitude. Le relevé des côtes NGF s'est fait à partir du relevé topographique et de la carte IGN.

3.2.2.8.2 Données intrinsèques au réseau

- **Canalisations**

Les valeurs relatives aux canalisations, diamètres, longueurs et matériaux, sont issues directement des plans informatisés du réseau.

En ce qui concerne les diamètres et les matériaux, ils sont connus par les sorties de réservoirs et les regards, où les canalisations sont accessibles. Cependant, le diamètre intérieur, nécessaire pour la modélisation, ne peut être connu avec précision, en raison des dépôts à l'intérieur des conduites. Il en va de même de la rugosité, qui évolue dans le temps.

Les réservoirs sont connus par leur géométrie. Les données à introduire sont les surfaces au radier et au trop-plein, ainsi que les côtes du radier et du trop-plein. Pour initialiser le calcul, il faut également déterminer la cote de l'eau en début de simulation. Il s'agit de la seule condition initiale nécessaire aux calculs.

- **Points d'eau**

On appelle point d'eau un nœud à charge fixée dont le niveau ne varie pas dans le temps. Ce peut être par exemple un puits ou un lac. Hormis la côte au sol, les données à introduire sont la côte de l'eau et la capacité de production journalière. Celle-ci n'est pas connue pour les captages du réseau, mais elle est suffisante à satisfaire la production. Il a donc suffi de leur donner une valeur fictive supérieure à la production journalière.

- **Singularités**

- Pompe : Elle peut être définie de deux manières différentes :
 - Par sa puissance nette, liée à la charge et au débit par la relation,
 - Par sa courbe caractéristique donnant la hauteur manométrique totale en fonction du débit.

- **Réducteur de pression**

Il s'agit d'un dispositif imposant une perte de charge constante, indépendante du débit. La saisie s'effectue en entrant la perte de charge désirée.

- **Perte de charge singulière**

Les pertes de charge singulières se définissent par un coefficient de perte de charge. Celui-ci peut soit être entré directement, soit de manière assistée. Dans ce dernier cas, il suffit d'estimer le débit et de saisir la perte de charge choisie pour ce débit particulier.

- **Limiteur de débit**

Le limiteur de débit permet d'imposer un débit maximum. Le principe est le suivant : pour une valeur inférieure au débit limité, on introduit une perte de charge singulière nulle ; elle devient très importante dès que le débit calculé atteint le débit limité.

- **Vanne fermée**
Elle agit comme une perte de charge infinie.
- **Vanne motorisée**
Cette vanne est indexée sur un nœud de type réservoir et fonctionne d'après les mêmes paramètres qu'une pompe (niveau et horloge).
- **Clapet**
Le clapet ne permet le passage de l'eau que dans un sens. Il agit comme un limiteur de débit limité à un débit nul dans le sens choisi.
- **Surverse**
Une surverse agit comme un clapet particulier, permettant de simuler la conduite de refoulement d'un réservoir. Elle correspond physiquement à un tronçon arrivant par le haut du réservoir, au niveau de la cote de trop-plein.

3.2.2.8.3 Campagne de mesures

Les mesures des pressions, marnage et débits sur le réseau, effectuées lors de la campagne de mesures de l'étude seront utilisées pour le calage du modèle.

Les résultats des mesures de débits ont été utilisés pour déterminer les profils de consommations.

Pour l'ensemble du Syndicat Intercommunal du Pays de Quingey, le jour de calage choisi est le 07 décembre 2023.

3.2.2.8.4 Consignes des ouvrages

Les règles d'asservissement sont liées à plusieurs paramètres (niveau d'eau dans certains ouvrages, consignes horaires). Les règles suivantes utilisées dans le modèle ont pu être déterminées à partir des mesures réalisées et des informations transmises par l'exploitant :

LINK 97 CLOSED AT CLOCKTIME 02:00
LINK 97 OPEN AT CLOCKTIME 04:00
LINK 97 CLOSED AT CLOCKTIME 06:00
LINK 97 OPEN AT CLOCKTIME 12:00
LINK 97 CLOSED AT CLOCKTIME 14:00
LINK 97 OPEN AT CLOCKTIME 16:00
LINK 97 CLOSED AT CLOCKTIME 18:00
LINK 97 OPEN AT CLOCKTIME 20:00

Le pompage Haut-Service
fonctionne sur les plages horaires :
04h00-06h00 / 12h00-14h00 /
16h00-18h00 et 20h00-02h00

LINK 255 CLOSED AT CLOCKTIME 00:00
LINK 255 OPEN AT CLOCKTIME 04:00
LINK 255 CLOSED AT CLOCKTIME 05:00
LINK 255 OPEN AT CLOCKTIME 11:00
LINK 255 CLOSED AT CLOCKTIME 15:00
LINK 255 OPEN AT CLOCKTIME 19:00
LINK 255 CLOSED AT CLOCKTIME 20:00
LINK 255 OPEN AT CLOCKTIME 22:00

Le pompage Bas-Service
fonctionne sur les plages horaires :
04h00-05h00 / 11h00-15h00 /
19h00-20h00 et 22h00-00h00

3.3 Calage et validation du modèle

Le calage est une étape essentielle de la modélisation et intervient après la construction du modèle. Il vise à régler les paramètres du modèle, afin que les résultats du calcul soient les plus proches possibles des observations (volume, débit, pression, marnage des réservoirs). De l'attention apportée à cette étape dépendent directement le degré de validité du modèle et la précision des calculs entrepris par la suite.

3.3.1 Définition

Le calage a une double utilité :

- D'une part ajuster le modèle à la réalité afin d'assurer une bonne qualité de résultats,
- D'autre part, mettre en évidence certaines caractéristiques du réseau dont la connaissance n'était jusqu'alors que partielle ou nulle (rugosité et état des conduites, état des vannes...).

Le calage est un processus itératif. Il s'agit, en comparant les calculs et les mesures, d'effectuer des hypothèses sur le réseau. Ces hypothèses transmises au modèle seront alors infirmées ou confirmées par les résultats d'un nouveau calcul. Elles pourront ensuite être affinées de la même manière, jusqu'à l'obtention d'une précision suffisante.

3.3.2 Procédure

- **Calage en volume**

Dans un premier temps, il importe d'ajuster les volumes mis en distribution sur la période de mesure (mesures de débit en sortie de réservoir) avec ceux simulés par le modèle.

La consommation aux nœuds ayant été déterminée pour l'année 2022, il s'agit d'ajuster un coefficient de consommation qui correspond à la journée de mesure.

- **Calage en débit**

Il convient ensuite, après détermination des profils de consommation, de retrouver les débits minimums, maximums et leur évolution sur chaque point clé du réseau (débitmètres de sectorisation).

- **Calage en pression**

Cette partie du calage consiste à faire correspondre les enregistrements de pression effectués sur le réseau avec les résultats de la simulation.

Le calage s'effectue en intervenant essentiellement sur les paramètres suivants :

- La rugosité des conduites,
- L'introduction de singularités en certains points du réseau (stabilisateurs de pression, pertes de charge singulières ...).

Ces singularités génèrent des pertes de charge importantes lors des périodes de fortes consommations. Elles sont souvent liées soit à une configuration particulière du réseau (nœud de vannage) soit à l'existence non répertoriée d'une particularité (vanne tiercée, vanne fermée...).

Le modèle sera considéré comme calé (hypothèse bureau d'études) :

- Si l'écart entre les pressions observées et les pressions calculées est inférieur ou égal à 2 mCE,
- Si l'écart entre la hauteur d'eau observée et calculée dans un réservoir est inférieur ou égal à 5%,
- Si l'écart entre les débits observés et les débits calculés est inférieur ou égal à 5%.

3.3.3 Résultats du calage

3.3.3.1 Le calage du marnage

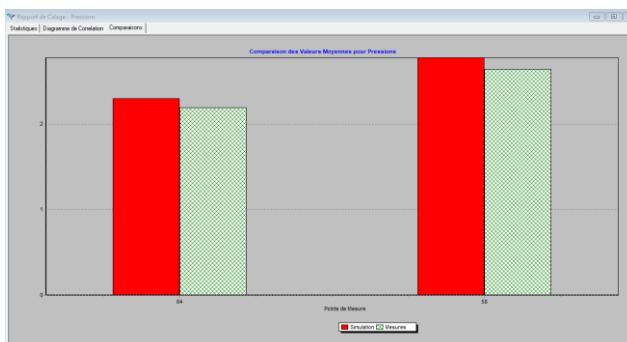
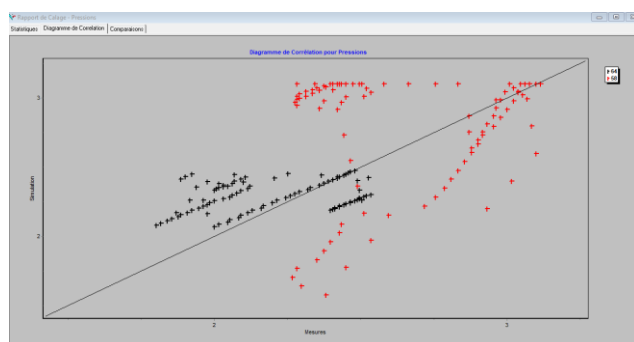
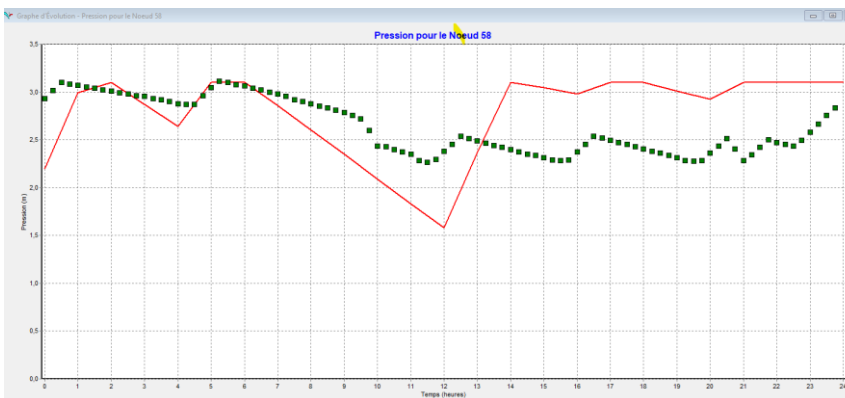
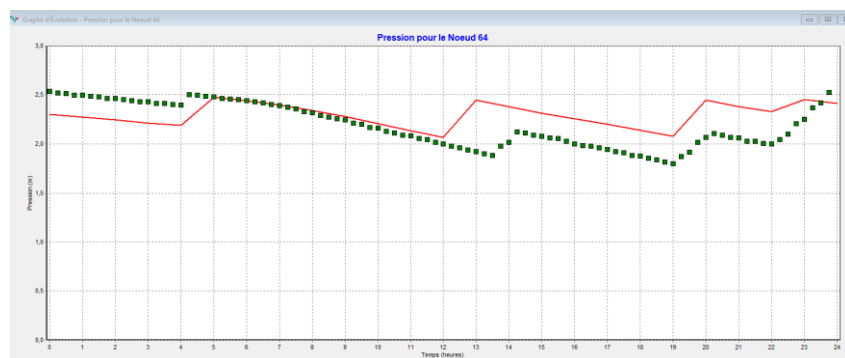
Rappel : la tolérance en marnage est fixée à $\pm 5\%$ du niveau mesuré

Noeud	Hauteur moyenne observée (m)	Hauteur d'eau moyenne simulée (m)	Erreur moyenne*	Validation
64 Réservoir Quingey Bas-Service	2,19	2,29	-4,57%	Oui
64 Réservoir Quingey Haut-Service	2,64	2,77	-4,92%	Oui

*L'erreur moyenne correspond, en valeur absolue, à (Hauteur d'eau moyenne observée – Hauteur d'eau moyenne simulée) / Hauteur d'eau moyenne observée

Le modèle est bien calé en niveau, selon les critères de calage fixés.

Les graphiques de calage en marnage obtenus sur les réservoirs sont donnés ci-après avec, en trait plein rouge, les valeurs obtenues par la simulation et en pointillés verts, les valeurs mesurées.



Rapport de calage en pression des réservoirs du modèle EPANET (Diagramme de corrélation et comparaison des valeurs moyennes)

3.3.3.2 Le calage en débits

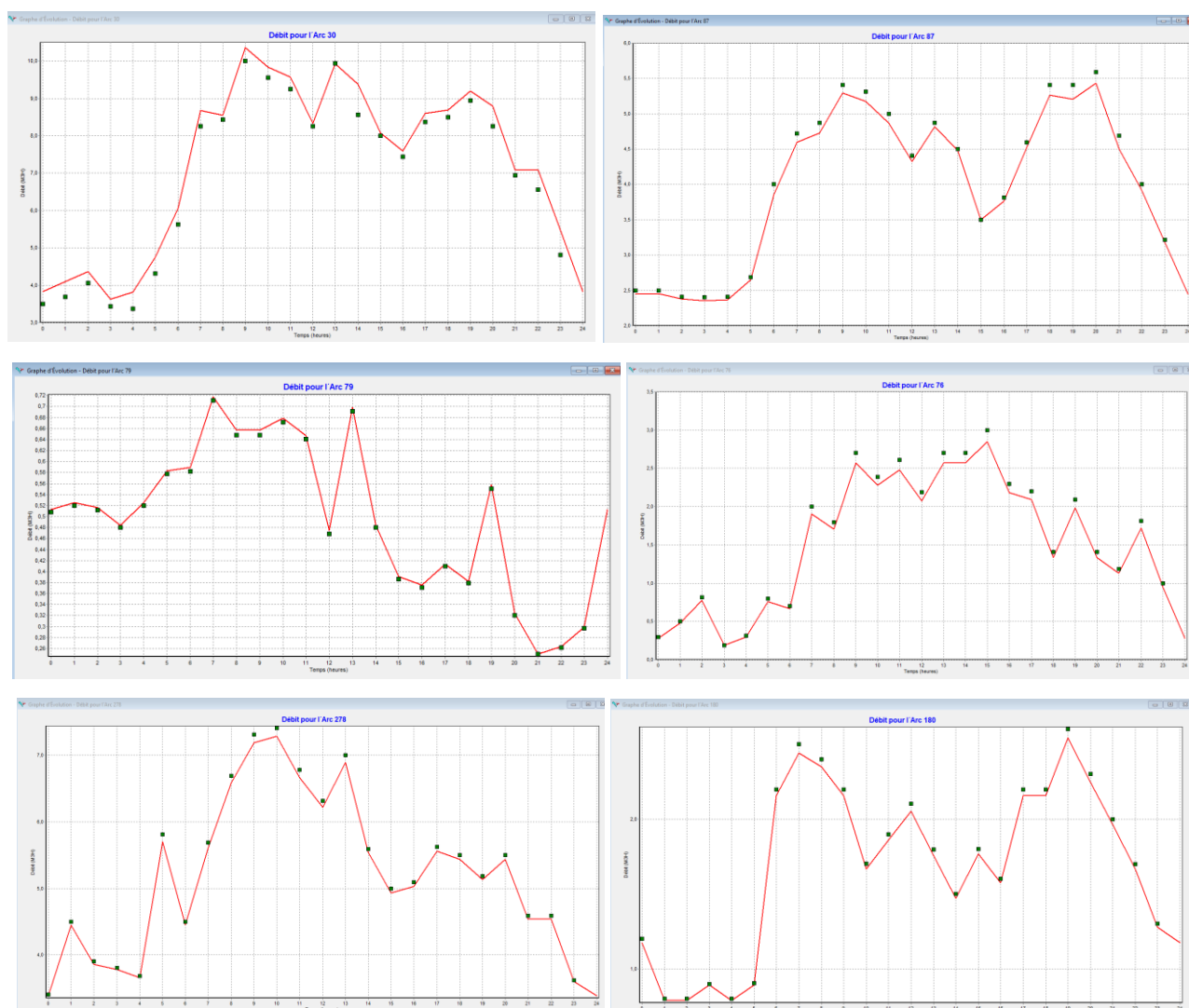
Rappel : la tolérance en débit est fixée à $\pm 5\%$ des volumes distribués.

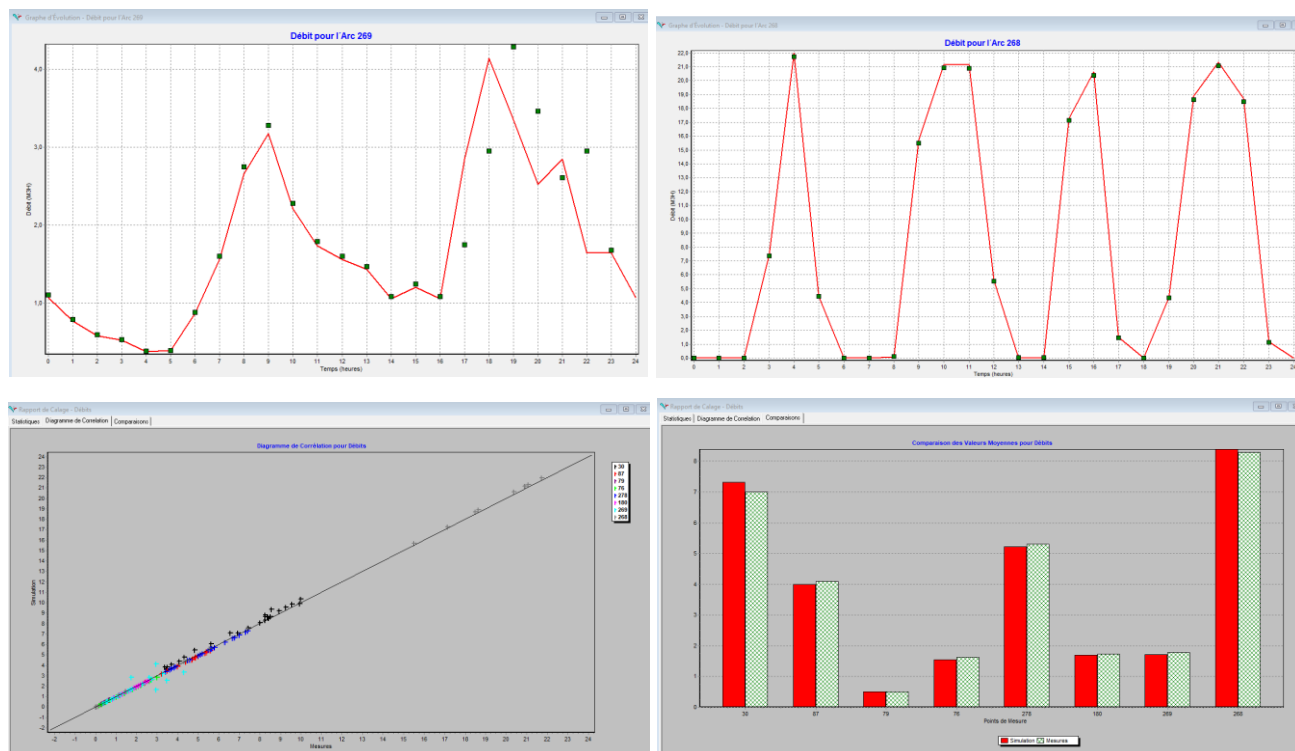
Arc	Débit moyen observé (m³/h)	Débit moyen simulé (m³/h)	Erreur moyenne*	Validation
30 (BS pied de réservoir)	7,00	7,32	-4,57%	Oui
87 (BS Rive Droite)	4,09	4,00	2,20%	Oui
79 (Hôpital côté Intermarché)	0,50	0,50	0,00%	Oui
76 (Hôpital côté Gendarmerie)	1,63	1,55	4,91%	Oui
278 (HS Chemin de Traverse)	5,30	5,23	1,32%	Oui
180 (Chouzelot)	1,73	1,69	2,31%	Oui
269 (Lavans-Quingey)	1,77	1,72	2,82%	Oui
268 (SIE de la Chassagne)	8,30	8,39	-1,08%	Oui

*L'erreur moyenne correspond, en valeur absolue, à (Débit moyen observé – Débit moyen simulé) / Débit moyen observé

Le calage en débit est satisfaisant au vu des critères énoncés.

Les exemples de graphiques de calage en débit sont présentés ci-dessous : les traits pleins rouges correspondent aux valeurs obtenues par la simulation et en pointillés verts, les valeurs mesurées.





Rapport de calage en débits du modèle EPANET (Diagramme de corrélation et comparaison des valeurs moyennes)

3.3.3.3 Le calage en pressions

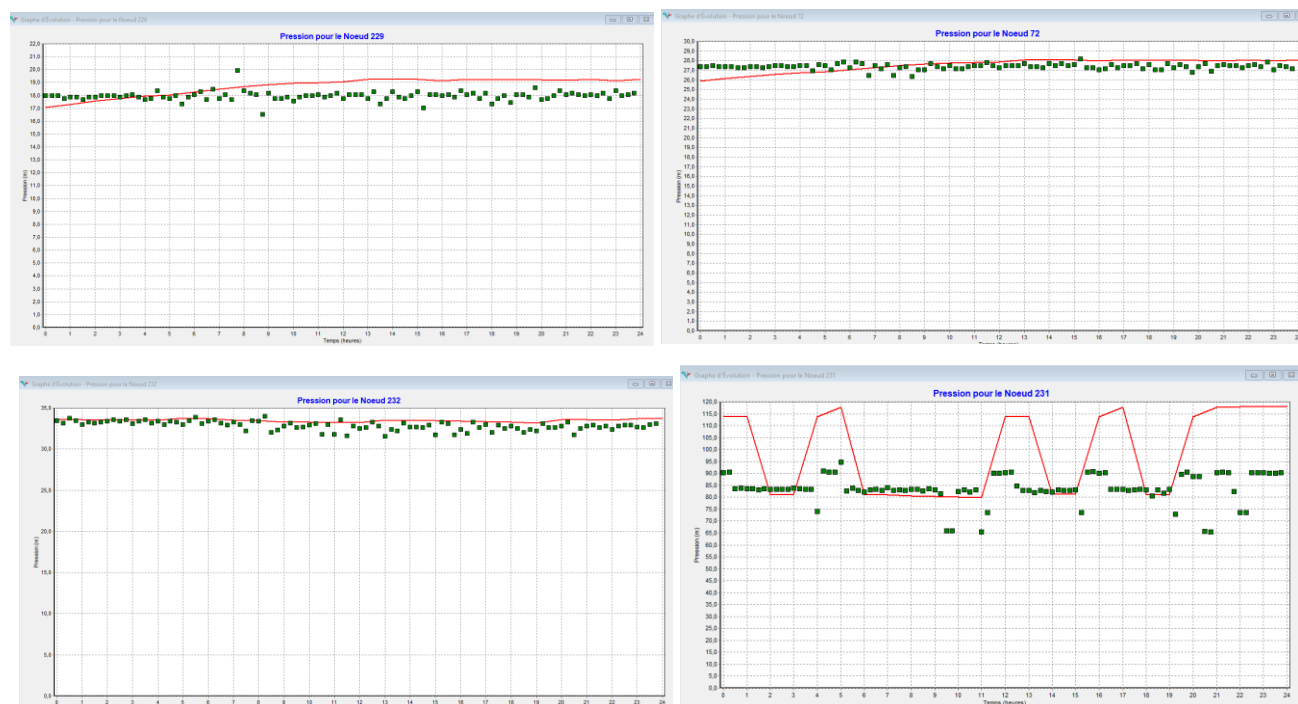
Rappel : la tolérance en pression est fixée à $\pm 5\%$ de la pression mesurée.

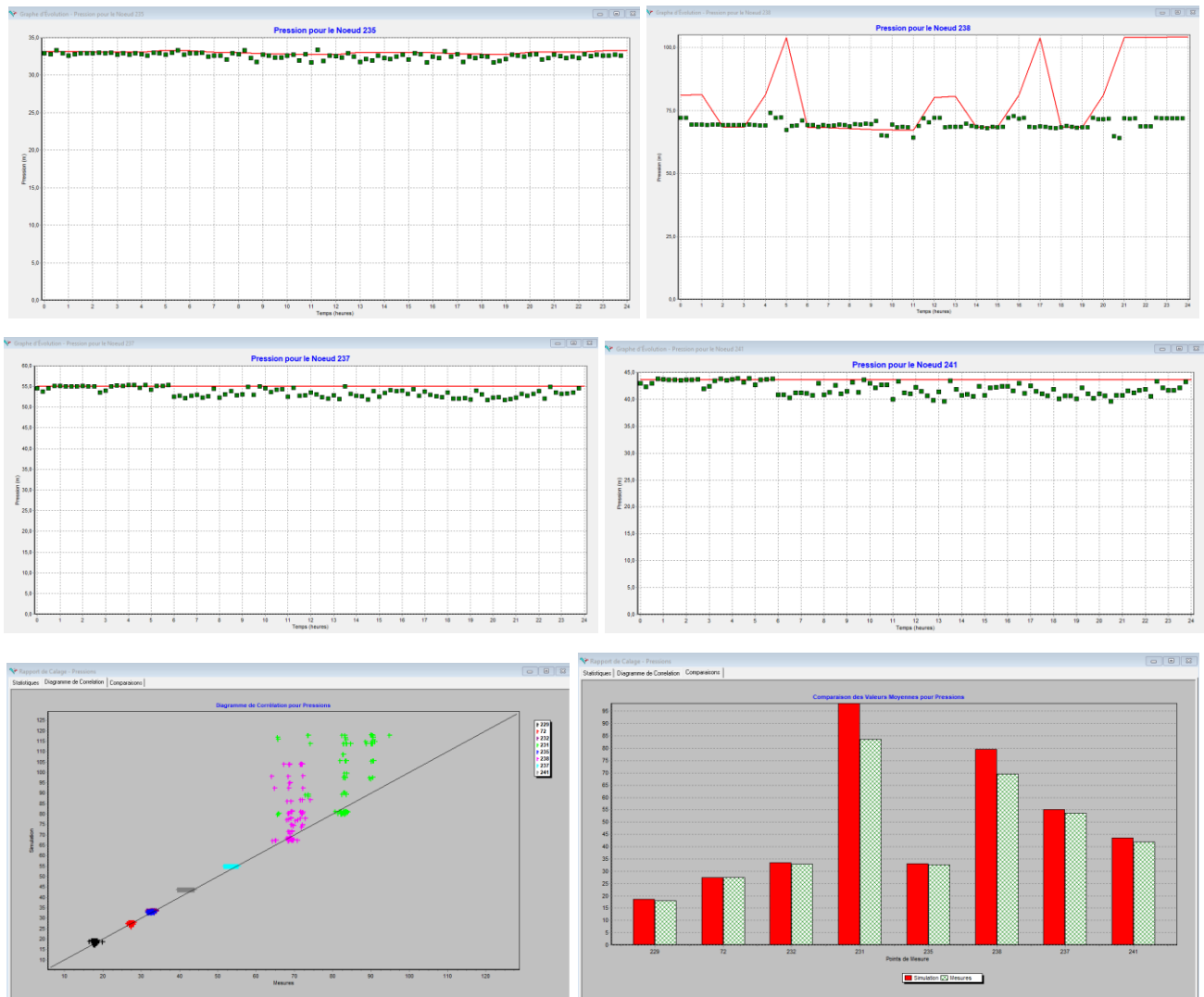
Noeud	Pression moyenne observée (m)	Pression moyenne simulée (m)	Erreur moyenne*	Validation
229 (PI rue des Planches Lavans Quingey)	17,96	18,71	-4,18%	Oui
72 (PI rue de Lavandière Lavans Quingey)	27,38	27,52	-0,51%	Oui
232 (PI route de Lyon Quingey)	32,86	33,46	-1,83%	Oui
231 (PI rue des Lilas Quingey)	83,58	87,23	-4,37%	Oui
235 (PI Grande rue Quingey)	32,59	33,02	-1,32%	Oui
238 (PI rue Charles Belle Quingey)	69,53	72,63	-4,46%	Oui
237 (PI rue Charles Prillard Chouzelot)	53,57	55,00	-2,67%	Oui
241 (PI rue Jean Compagnon Chouzelot)	41,95	43,60	-3,93%	Oui

*L'erreur moyenne correspond, en valeur absolue, à (Pression moyenne observée – Pression moyenne simulée) / Pression moyenne observée

Le calage en pression est satisfaisant au vu des critères énoncés.

Les graphiques de calage en pression obtenus sont les suivants : les traits pleins rouges correspondent aux valeurs obtenues par la simulation et en pointillés verts, les valeurs mesurées.





Rapport de calage en Pressions du modèle EPANET (Diagramme de corrélation et comparaison des valeurs moyennes)

3.4 Simulation du fonctionnement du réseau en configuration actuelle

3.4.1 Objectifs et hypothèses de calculs

Ce modèle représente le fonctionnement actuel du réseau basé sur les débits distribués lors de la journée de calage du 07 décembre 2023 dans la même configuration du réseau que lors de la campagne de mesures. Le modèle permet de vérifier les débits, pressions et vitesses sur les secteurs non équipés d'enregistreurs lors de la campagne et ainsi obtenir une vision globale du fonctionnement de l'ensemble du réseau.

La configuration du réseau (état des vannes de sectorisation) est celle adoptée lors de la réalisation de la campagne de mesures et les asservissements des ouvrages sont les mêmes que ceux actuellement en vigueur. Les simulations ont été menées sur 24 heures.

3.4.2 Résultats de la simulation

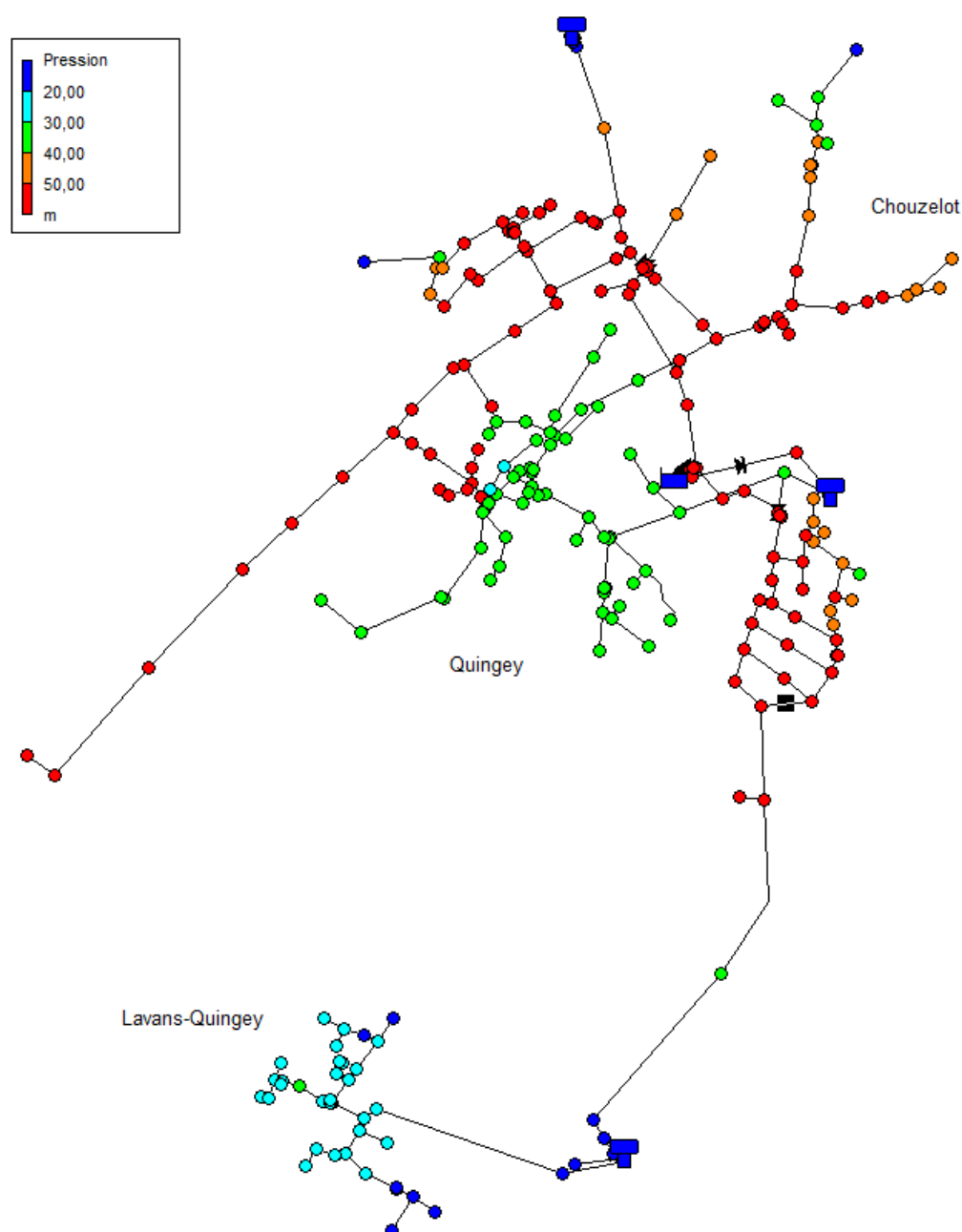
3.4.2.1 Les pressions de distribution

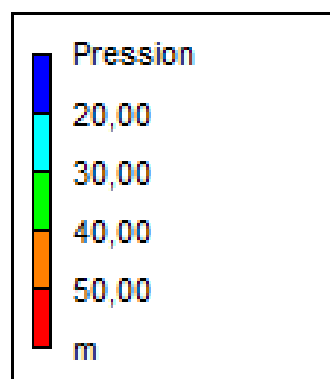
Le décret n°2007-49 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine indique que la « *hauteur piézométrique de l'eau distribuée par les réseaux intérieurs mentionnés au 3° de l'article R.1321-43 doit, pour chaque réseau et en tout point du réseau de mise à disposition, être au moins égale à 3 m, à l'heure de pointe de consommation* ». Cela correspond à une pression minimale de 0,3 bar.

Le texte indique que « *cette hauteur piézométrique est exigible pour tous les réseaux ; lorsque ceux-ci desservent des immeubles de plus de 6 étages, des surpresseurs et des réservoirs de mise sous-pression, conformes aux dispositions de l'article R 1321-55, peuvent être mis en œuvre.* »

Dans l'idéal, l'eau doit pouvoir parvenir à tous les étages d'une habitation dans des conditions acceptables et ce à l'heure de pointe de consommation. La pression de service doit également permettre le fonctionnement des appareils ménagers dans de bonnes conditions (3-6 bar).

Les pressions ont été simulées à l'heure de pointe (10h00), les résultats sont présentés sur les cartographies ci-dessous :





Les résultats des calculs effectués permettent d'observer des pressions comprises :

- Entre 3 bars et 4 bars pour le réseau de distribution Bas-Service de Quingey ;
- Entre 2 bars et 6 bars pour le réseau de distribution de Chouzelot ;
- Entre 5 et 10 bars pour le réseau de distribution Haut-Service de Quingey ;
- Entre 1 et 3 bars pour le réseau de distribution de Lavans-Quingey.

Le réseau de distribution présente des secteurs dont les pressions sont inférieures à 20 mCE (2 bars - matérialisés par un nœud bleu foncé sur le modèle ci-dessus., valeur limite pour assurer une pression de distribution suffisante.

Il s'agit principalement :

- Des points hauts de la commune de Lavans-Quingey : rue de Lavaux, rue des Planches, rue sur la Roche, rue des Palouses,
- D'un point haut sur la commune de Chouzelot : Rue des Vignes.

Le réseau présente également des zones de fortes pressions dont la valeur avoisine ou est supérieure à 70 mCE (7 bars), pression au-delà de laquelle :

- La sollicitation des canalisations est importante (malgré leur capacité à résister à des PN 10 ou 16) et le niveau de fuite augmente sensiblement,
- Un appareil (réducteur de pression) de protection individuelle des réseaux intérieurs et appareils électroménager est préconisé.

Les zones de fortes pressions se trouvent sur la Haut-Service de Quingey : secteur Chemin de Traverse et Lotissements Champs l'Hoste (Nœuds rouges sur le modèle).

Le confort des abonnés en termes de pressions (entre 2 et 5 bars) dans la configuration actuelle du réseau, est observé sur la majorité des communes du syndicat.

Ces résultats indiquent que le système de distribution est dans son ensemble bien dimensionné vis à vis de la consommation. Le réseau est donc bien adapté pour faire face à la période de pointe journalière actuelle.

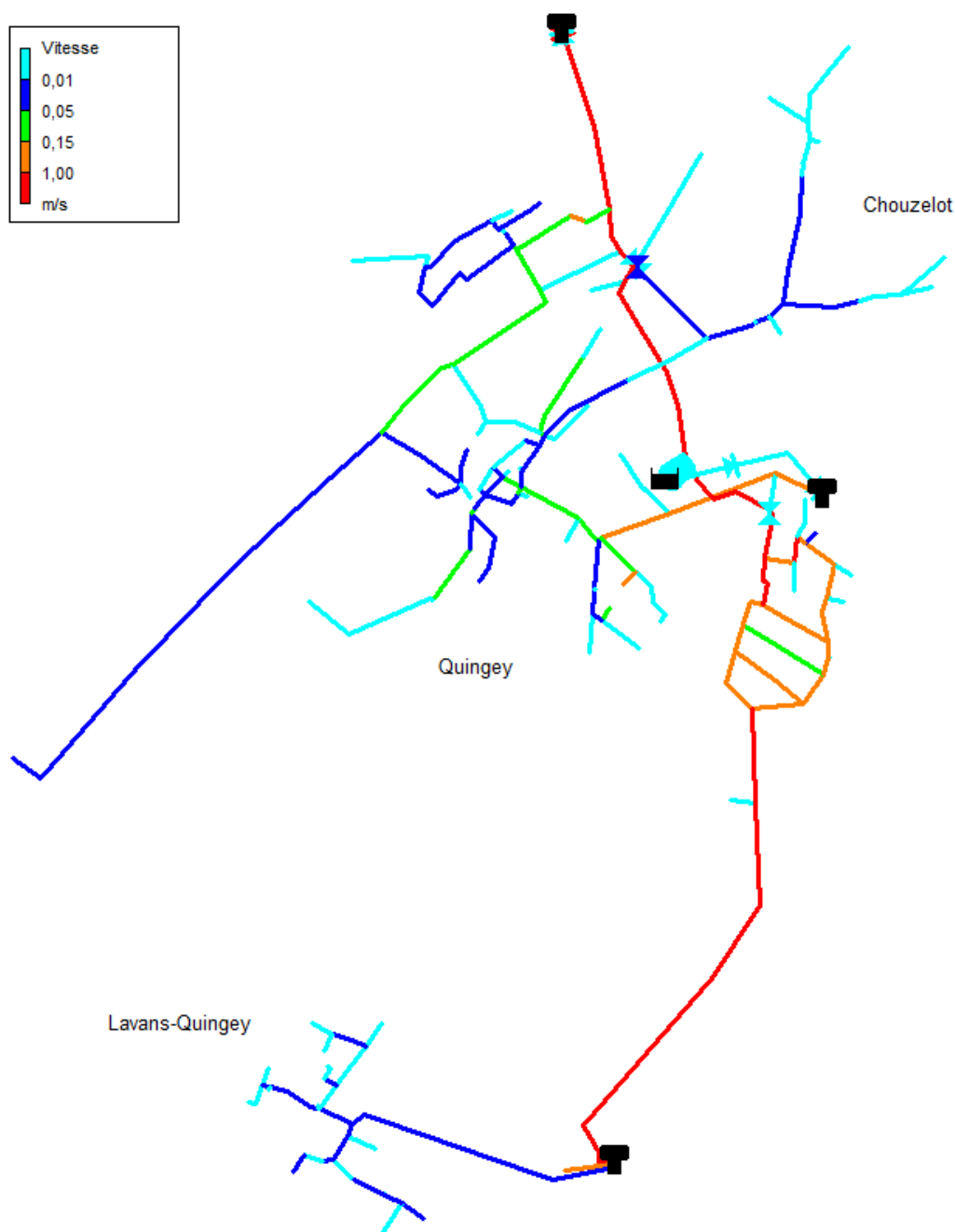
3.4.2.2 Les vitesses d'écoulement

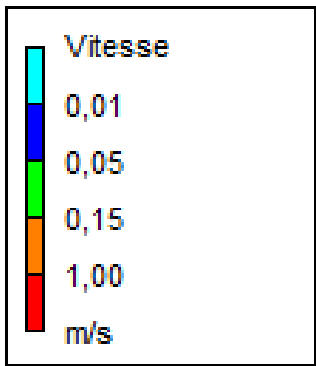
On considère qu'une canalisation est sous dimensionnée si la vitesse à l'intérieur de celle-ci est supérieure à 1 m/s en période de consommation moyenne. Les zones à fortes vitesses sont celles où le réseau est le plus sollicité, et donc où les risques d'apparition de fuites ou de vieillissement prématuré des canalisations sont les plus importants.

La vitesse d'écoulement dans une canalisation de distribution d'eau potable doit être au minimum de 0,01 m/s afin d'empêcher la formation de dépôts.

Dans les conduites de refoulement ou de transit, les vitesses peuvent être comprises entre 2 et 5 m/s. Dans la pratique, on favorisera des vitesses de refoulement inférieures à 2 m/s afin de limiter les pertes de charge et par conséquent la consommation électrique des groupes de pompage.

Les résultats de la modélisation sont présentés sur les cartes ci-dessous pour l'heure de pointe (10h00) :





Le modèle montre que les vitesses simulées sont en moyenne inférieure à 0,05 m/s. On note que 31% des conduites présentent des vitesses comprises entre 0,01 et 0,10 m/s et 35% des canalisations avec des vitesses supérieures à 0,1 m/s.

On dénombre 34% des antennes (arcs) pour lesquelles les vitesses sont inférieures à 0,01 m/s (arcs en bleu ciel). Il s'agit des antennes qui présentent peu de consommations. La cartographie montre que l'essentiel des canalisations des antennes ramifiées et non bouclées ont des diamètres légèrement surdimensionnés au regard des consommations d'eau actuelles.

Ces vitesses faibles pourraient provoquer une prolifération de bactéries en absence de traitement (désinfection).

Les plus fortes vitesses sont visibles sur les canalisations de refoulement/distribution du Haut et Bas-Service ainsi que sur les canalisations de départ des réservoirs, sur lesquelles les vitesses maximales atteignent notamment 2,57 m/s à 10h00 pour la canalisation de transit vers Lavans-Quingey.

Globalement, en termes de vitesses dans les canalisations, le réseau est largement dimensionné pour le fonctionnement actuel et ce, en pointe horaire.

3.4.2.3 Les temps de séjours

Le temps de séjour de l'eau, (ou âge de l'eau), est le temps passé par une particule d'eau dans le réseau. L'eau qui entre dans le réseau provenant de bâches ou de points d'entrée d'eau tels que les captages, a un temps de séjour égal à zéro. Le temps de séjour fournit une mesure simple et non spécifique de la qualité globale de l'eau potable livrée.

Le moteur de calcul du logiciel EPANET traite le temps de séjour comme un constituant réactif dont l'accroissement suit la cinétique d'ordre zéro avec une constante de vitesse égale à 1 (c'est-à-dire, qu'à chaque seconde l'eau devient une seconde plus "vieille").

Le maintien d'une condition aseptique en réseau passe en l'état de la technique, par l'obligation de conserver à l'eau un pouvoir bactériostatique pendant toute la durée de son séjour dans le complexe de distribution. Ce pouvoir est obtenu par l'injection d'un désinfectant rémanent chloré avant introduction de l'eau dans le réseau mais également au niveau des chlorations complémentaires au fil de l'eau (aux réservoirs) pour maintenir un résiduel bactériostatique de désinfectant jusqu'au robinet de l'abonné, sans avoir à introduire une quantité inacceptable de chlore au départ.

Dans certaines circonstances, le temps de séjour peut être allongé considérablement : c'est le cas notamment lorsque la consommation en bout d'antenne est faible, lorsque le linéaire de desserte par abonné est important ou lorsque des phénomènes de balance dans les réseaux maillés se produisent (fonctionnement hydraulique en refoulement/distribution par exemple).

Il n'existe pas de valeur guide dans la réglementation spécifiant le temps de séjour maximal admissible de l'eau dans le réseau ou dans les ouvrages de stockage. Il est difficile de retenir des valeurs limites fermes de temps de séjour maximal admissible. Toutefois la conservation d'une eau aseptique semble être assurée pour une eau ayant moins de 72h dans un système de distribution.

Les facteurs prépondérants dans les phénomènes de stagnation de l'eau sont :

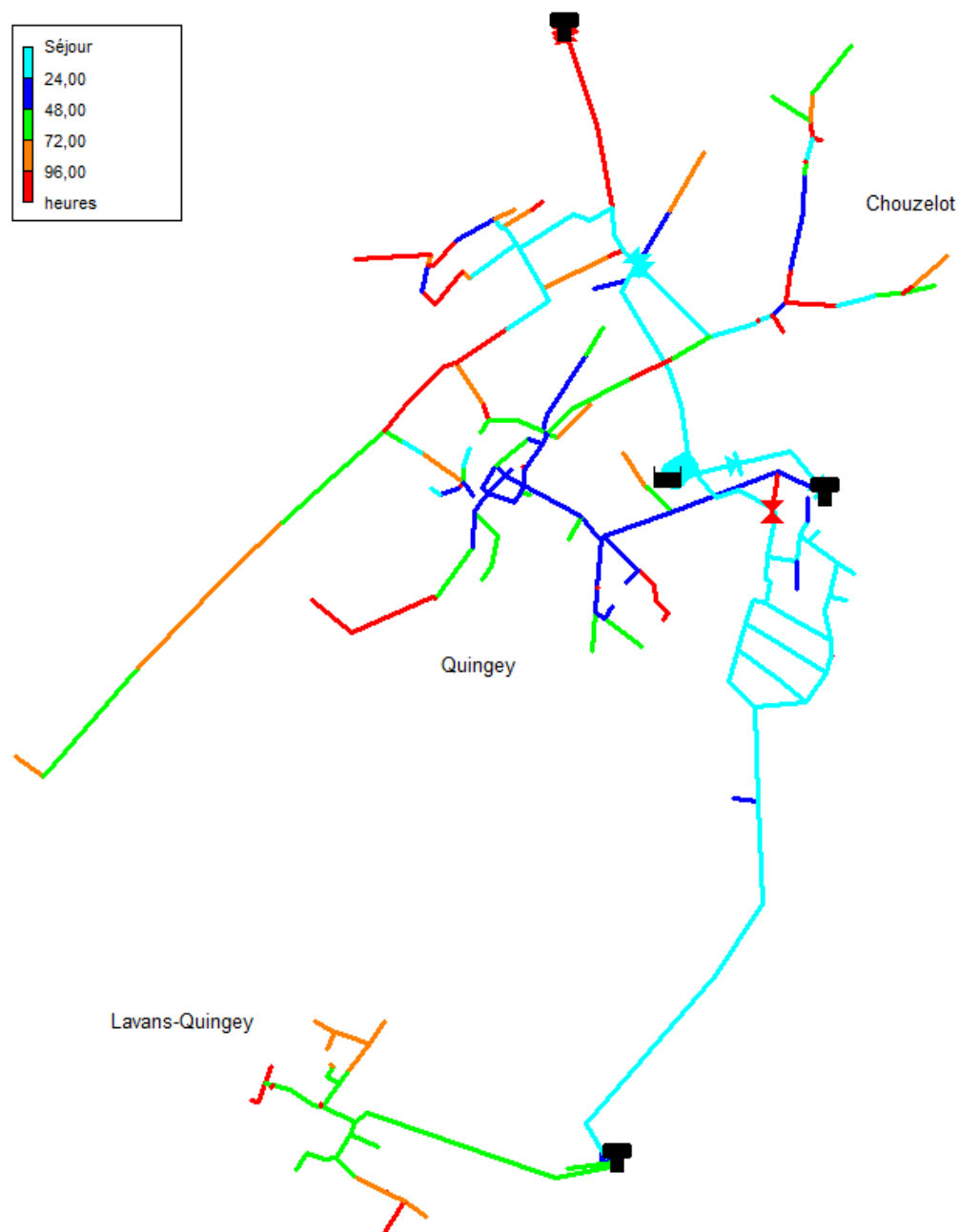
- Le maillage trop dense des conduites créant des zones d'équilibre,
- Le surdimensionnement des conduites pour les besoins des services (incendie par exemple),
- Les antennes isolées à faible densité de consommateurs,
- Les bras morts alimentant les hydrants ;
- Le rythme de consommation lié aux périodes exceptionnelles (vacances scolaires par exemple).

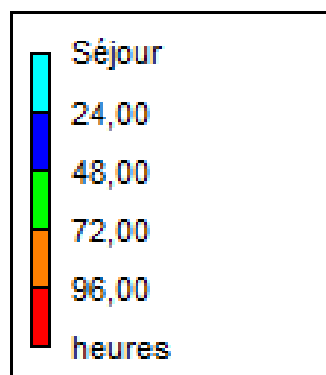
Il est certain que la réduction du temps de séjour de l'eau dans les réseaux de distribution passe par :

- La suppression des bras morts en aval du dernier consommateur,
- L'installation de dispositif de purge au bout de la conduite (bras mort),
- La purge périodique des bras morts.

Les simulations réalisées permettent de calculer en tout point du réseau le temps de séjour (modélisation portant sur 120 heures soit 5 jours de simulation, pas de temps de 1 heure).

Les données issues de la modélisation en situation actuelle sont synthétisées sur les cartes suivantes :





Sur la majeure partie du réseau, l'âge de l'eau est inférieur à 3 jours.

Après analyse de la courbe de distribution des temps, il en ressort que 49 % du linéaire de canalisation présente un temps de séjour inférieur ou égal à 2 jours. 23% du linéaire de canalisations présente un temps de séjour entre 2 à 3 jours. Par conséquent, 28 % du réseau présente des temps de séjours supérieurs ou égal à 3 jours.

Ces délais restent acceptables lorsque la désinfection est bien réalisée en amont de la distribution et si elle est efficace pour garantir une qualité de l'eau suffisante sur la majeure partie du réseau du syndicat.

Les principales observations vis-à-vis des temps de séjour sont donc les suivantes :

- Le réseau est peu ramifié et présente peu de bouclage pour le renouvellement de l'eau dans les canalisations,
- Comme pour les vitesses, certaines conduites peuvent être surdimensionnées suivant les tronçons,
- Des antennes sont isolées et présentent de faibles consommations
- Le marnage des réservoirs peut compliquer le renouvellement de l'eau pour la distribution.

3.4.2.4 L'autonomie des réservoirs

L'autonomie du réservoir est régie par deux facteurs déterminants :

- Le dimensionnement de la capacité de stockage : il doit être proportionnel au volume mis en distribution en sortie de l'ouvrage,
- La conception intrinsèque de l'ouvrage : défini en fonction des ouvrages d'alimentation et de distribution (mode de remplissage/vidange)

La capacité de stockage des réservoirs est dépendante du rapport volume stocké/volume mis en distribution. Le tableau ci-dessous présente l'autonomie du réservoir selon les débits modélisés.

Nom de l'ouvrage	Volume distribué le jour de calage (m³)	Autonomie de l'ouvrage
Réservoir de Quingey Bas-Service (360 m³)	168,06	2,1 j
Réservoir de Quingey Haut Service (380 m³)	127,12 (Quingey HS Chemin de Traverse) + 45,17 (Lotissement Champs d'Hoste) + 249,30 (Transit Lavans) + 41,40 (Chouzelot) soit 462,99	0,8 j soit 19,7 heures
Réservoir de Lavans-Quingey (380 m³)	42,52 m³ (Lavans-Quingey) + 199,22 (SIE de la Chassagne) soit 241,74	1,6 j

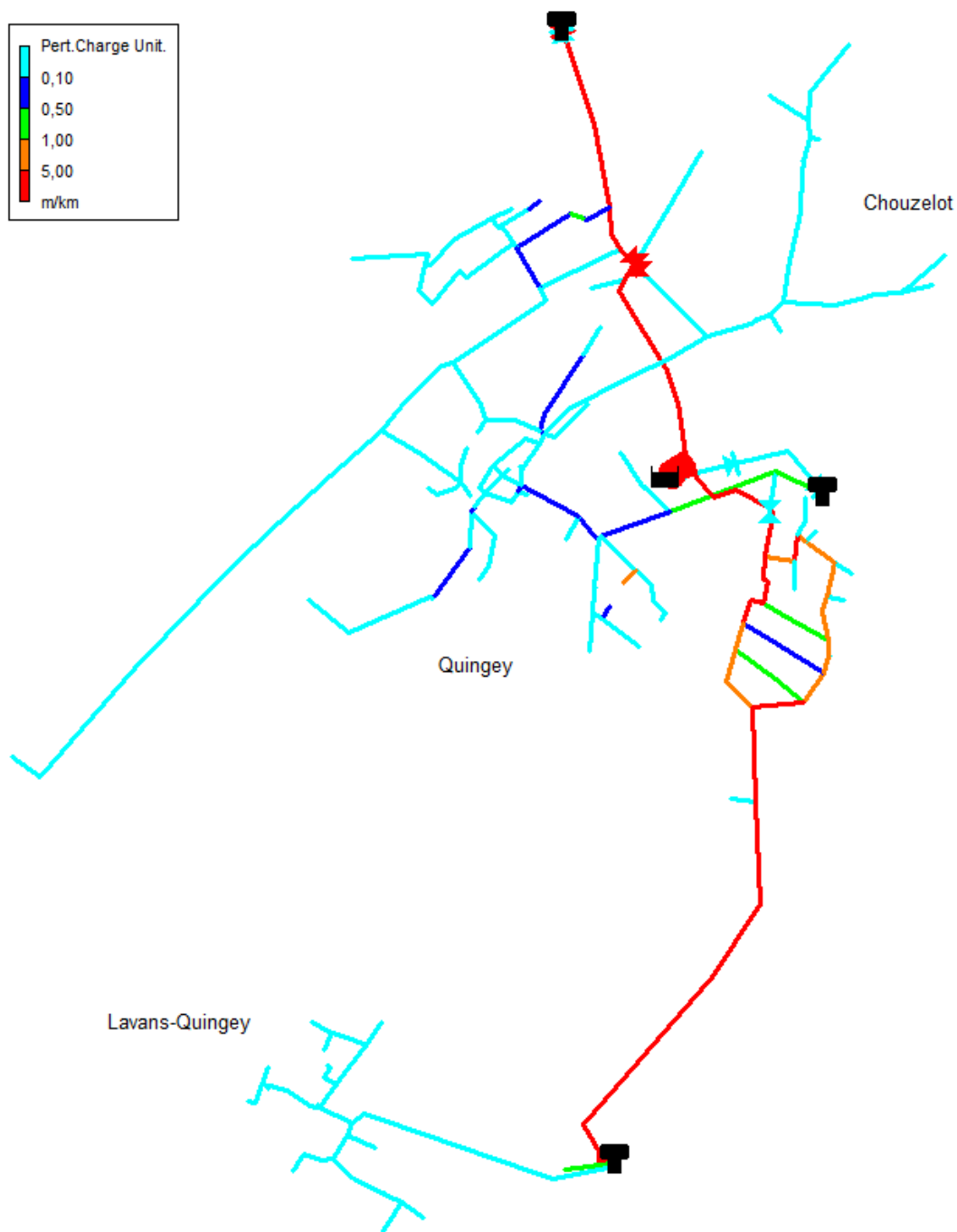
Le diagnostic permet de mettre en évidence qu'en fonctionnement actuel, le réservoir de Quingey Haut-Service a une **autonomie limite voire insuffisante en cas de rupture totale de son alimentation (0,8 j)**.

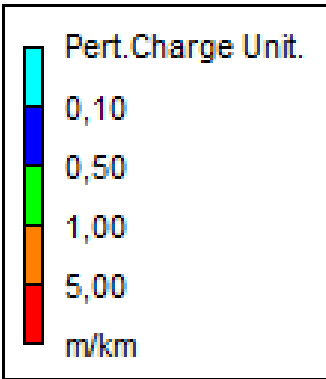
A contrario, le réservoir de Quingey Bas Service a une réserve importante au regard des volumes mis en distribution. Cela a pour conséquence d'augmenter les temps de séjours de l'eau avec le risque de dégradation de la qualité de l'eau.

3.4.2.5 Pertes de charge unitaires

On considère qu'une canalisation est sous dimensionnée et doit être remplacée au-delà d'un indice supérieur à 5 m/km, et impérativement au-delà d'un indice supérieur à 10 m/km (usure prématurée de la conduite et mauvaise desserte des abonnés en aval).

Les pertes de charges maximales ont été simulées à l'heure de pointe (10h00), les résultats sont présentés sur les cartographies ci-dessous :





L'ensemble des pertes de charge unitaires sur le réseau sont satisfaisantes au sein même de la structure de distribution dans les communes.

On constate que les canalisations de transfert depuis le puits de pompage sont très sollicitées.

A l'analyse des pertes de charge unitaires, les canalisations de transit vers le réservoir de Quingey Haut-Service ainsi que celles en direction de Lavans-Quingey font apparaître des pertes de charges relativement importantes. Une vigilance sera portée sur ces canalisations et pourront faire l'objet d'un renforcement en cas d'usure prématurée.

4 Conclusion

Afin de synthétiser les données issues de l’analyse du fonctionnement du réseau de distribution d’eau potable du SIPQ et des communes associées, les informations prépondérantes de chaque critère analysé ont été reportées dans le tableau suivant :

Critère d’analyse	SIPQ et communes associées de Quingey, Chouzelot et Lavans-Quingey
Fuites	- Quingey : ✓ Secteur chemin de traverse – Haut Service : pertes = 2.75 m³/h soit 66 m³/j (rendement 38%) / ILP ≈14,5 m³/j/km ✓ Secteur Rive Droite – Bas-Service : pertes = 2 m³/h soit 48 m³/j (R = 48%) / ILP = 17 m³/j/km ✓ Secteur Rive Gauche – Bas Service : pertes = 0,57 m³/h soit 18 m³/j (R = 79%) : ILP = 6,5 m³/j/km - Chouzelot : pertes = 0,40 m³/h soit 9,6 m³/j (R = 75,6%) / ILP =4 m³/j/km - Lavans-Quingey : pertes = 0,36 m³/h soit 8,6 m³/j (R = 81%) / ILP = 3,5 m³/j/km - Rendements mauvais sur la commune Quingey → opération de réduction des fuites à mener sur la commune
Pressions de desserte	- Quingey ✓ Bas-Service : 3 à 4 bars ✓ Haut-Service : 5 à 10 bars - Chouzelot : 2 à 6 bars. Existence de stabilisateurs de pressions (route de Busy) permettant de réduire les pressions sur le village. - Lavans-Quingey : 1 à 3 bars - Faibles pressions (≤2 bars) ✓ Sur les points hauts de Lavans-Quingey : rue de Lavaux, rue des Planches, rue sur la Roche, rue des Palouses ✓ Sur les points hauts de Chouzelot : rue des Vignes - Fortes pressions (≥7 bars) secteur Haut-Service de Quingey : Chemin de Traverse + lotissements Champs d’Hoste → Réducteurs de pression individuels pour la protection des appareils sanitaires - Confort des abonnés en termes de pression sur la majorité du syndicat
Vitesses	34% des canalisations avec des vitesses < 0,01 m/s 31% des conduites avec des vitesses comprises entre 0,01 m/s et 0,10 m/s 35% des canalisations dont les vitesses sont > à 0,1 m/s - Faibles vitesses sur les petites antennes non bouclées → Prévoir des purges du réseau de temps en temps
Réservoir autonomie et marnage	- Réservoir Bas-Service - Quingey (2 x 180 m³) : autonomie = 2,1 j - Réservoir Haut-Service – Quingey (380 m³) : autonomie 20 heures - Réservoir de Lavans-Quingey (380 m³) : autonomie = 1,6 j - Autonomie limite voire insuffisante en cas de rupture d’alimentation du réservoir de Quingey Haut-Service → 24h de réserve de distribution recommandée - Marnage des réservoirs satisfaisant (temps de séjour de l’eau < 1 jour) → Pas d’impact sur la qualité de l’eau liée au faible renouvellement de l’eau
Temps de séjour dans le système de distribution	- Simulation sur 120 heures = majeure partie du réseau où l’âge < 3 jours 49% du linéaire de canalisations présente des temps de séjours inférieur à 2 jours (garantie d’une eau aseptique) 23% du linéaire de conduites présente des temps de séjours entre 2 et 3 jours 28% du linéaire de canalisations présente des temps de séjours > 3 jours - Temps de séjours relativement important sur les tronçons peu ramifiés, antennes isolées→ veiller à la bonne désinfection de l’eau pour garantir une eau aseptique
Pertes de charge unitaire	- Pertes de charge satisfaisantes sur la structure de distribution des communes - Vigilance sur les conduites de transit des réservoirs