

COMMUNE DE VIVIERS-LE-GRAS

Département des Vosges

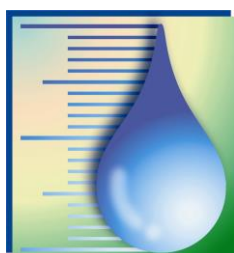


**Agence  
Technique  
Départementale  
Vosges**

## Etude diagnostique du réseau d'eau potable

PHASES 2

PAPERI ENVIRONNEMENT & MESURES



**LA VIE EN  
VOSGES**  
le Département



Novembre 2017

Bureau d'étude	Etabli par	Vérifié par	Date contrôle	Indice	Suivi des versions
Paperi Environnement et Mesures	Fabien TRABAND	Anaëlle CHRISTOPH	Novembre	IndA	

# SOMMAIRE

<b>1. PRESENTATION DES CAMPAGNES DE MESURES.....</b>	<b>7</b>
1.1. Objectifs des campagnes de mesures.....	7
1.2. Méthodologie et choix des points de mesures .....	8
<b>2. PRINCIPAUX RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES .....</b>	<b>11</b>
2.1. Statistiques générales sur la campagne de mesures.....	11
2.1.1. Evolution des débits et des volumes .....	11
2.1.2. Evolution des pressions.....	12
2.2. Suivi des débits et des hauteurs d'eau.....	15
2.2.1. Sortie de pompage .....	15
2.2.2. Sortie de réservoir .....	15
2.2.3. Analyse du réservoir et bêche de pompage.....	19
2.2.3.1. Alimentation du réservoir de 250 m <sup>3</sup> .....	19
2.2.4. Fonctionnement des pompes .....	21
2.2.5. Volume nocturne.....	22
2.2.6. Analyse de la fiabilité du comptage .....	23
2.3. Sectorisation nocturne .....	25
<b>3. MODELISATION DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU.....</b>	<b>27</b>
3.1. Description générale du modèle .....	27
3.1. Caractéristiques et hypothèses de modélisation.....	28
3.2. Calage du modèle.....	29
3.3. Diagnostics de modélisation .....	31
3.3.1. Fonctionnement général des ouvrages .....	31
3.3.2. Pressions de distribution .....	31
3.3.3. Débits et vitesses de circulation .....	33
3.3.4. Temps de séjour.....	38
3.3.5. Problématique des chlorures de vinyles monomères.....	40
3.3.6. Test de réalimentation directe par la bêche de pompage .....	40



## **ANNEXES**

**Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.**

### **TABLEAUX**

Tabl. 1 - Statistiques générales sur la campagne de mesures .....	11
Tabl. 2 - Statistiques générales sur les pressions .....	12
Tabl. 3 - Synthèse des besoins moyens et de pointe actuels basés sur les relèves de la mairie 16	
Tabl. 1 - Temps de fonctionnement des pompes .....	22
Tabl. 2 - Gain sur le rendement de la suppression des fuites principales.....	26
Tabl. 3 - Rappel des abonnés modélisés .....	28
Tabl. 4 - Vitesse de circulation dans les réseaux .....	33

### **FIGURES**

Fig. 1. Localisation des poteaux incendie instrumentés.....	8
Fig. 2. Compteur Réservoir(g) et compteur station de pompage (d).....	8
Fig. 3. Localisation des points de mesures .....	9
Fig. 4. Sortie station de pompage / sortie du réservoir.....	11
Fig. 5. Part du pompage et du volume en propre au réservoir pour la distribution .....	12
Fig. 6. Evolution moyenne des pressions aux différents poteaux .....	13
Fig. 7. Evolution des pressions au cours des mesures .....	13
Fig. 8. Localisation des points de mesures de pression.....	13
Fig. 9. Evolution des débits journaliers moyens en sortie de pompage .....	15
Fig. 10. Evolution des volumes journaliers moyens en sortie de réservoir .....	15
Fig. 11. Historique des consommations de la commune – sortie de réservoir (m <sup>3</sup> /j) .....	16
Fig. 12. Evolution par jour des débits moyens horaires en sortie de réservoir .....	17
Fig. 13. Evolution des débits moyens horaire en week-end et en semaine .....	17
Fig. 14. Evolution des débits horaires moyens en sortie de réservoir.....	18
Fig. 15. Evolution de la hauteur d'eau du réservoir 250m <sup>3</sup> en fonction des temps de fonctionnement des pompes .....	19
Fig. 16. Marnage du réservoir et de la bache le 17 octobre 2017.....	20
Fig. 17. Fonctionnement des sites de pompage .....	21
Fig. 18. Débit moyen nocturne en sortie de réservoir par jour (m <sup>3</sup> /h) (valeurs extrêmes retirées) 22	
Fig. 19. Volume nocturnes 00h à 5h (m <sup>3</sup> /j) .....	23

Fig. 20.	Synthèse des variations de comptage .....	23
Fig. 21.	Intérieur de la station de pompage .....	24
Fig. 22.	Définition des secteurs de sectorisation nocturne .....	25
Fig. 23.	Evolution des débits lors de la sectorisation nocturne (Fermeture des vannes).....	25
Fig. 24.	Récapitulatif des débits de fuite par secteur .....	26
Fig. 25.	Profil domestique .....	28
Fig. 26.	Exemple de calage du modèle – Sortie du réservoir .....	29
Fig. 27.	Calage du modèle : hauteur dans le réservoir .....	29
Fig. 28.	Calage du modèle : pression au poteau PI5 .....	30
Fig. 29.	Marnage du réservoir .....	31
Fig. 30.	Répartition des pressions (en mCE) .....	32
Fig. 31.	Répartition des vitesses sur les réseaux (jour de moyen) .....	34
Fig. 32.	Répartition des vitesses sur les réseaux (jour de pointe) .....	35
Fig. 33.	Répartition des débits sur les réseaux (jour moyen) .....	36
Fig. 34.	Répartition des débits sur les réseaux (jour de de pointe).....	37
Fig. 35.	Temps de séjour moyens .....	39
Fig. 36.	Répartition de la pression en cas de rupture de canalisation de distribution (alimentation par la source directement) en bars .....	41

# 1. PRESENTATION DES CAMPAGNES DE MESURES

## 1.1. OBJECTIFS DES CAMPAGNES DE MESURES

Les campagnes de mesures prévues sur la commune de Viviers-Le-Gras comprennent :

- Suivi des débits en continu sur les compteurs existants (Sortie de station de pompage et sortie de réservoir),
- Suivi des pressions en continu sur les poteaux incendie (3 poteaux incendie),
- Suivi du marnage de la bête de pompage et du réservoir,
- Suivi du temps de fonctionnement des pompes de la station.

L'objectif de telles campagnes de mesures est de suivre en continu sur plusieurs jours l'évolution des pressions et débits sur des points structurants des réseaux. Ces analyses permettent de connaître finement le fonctionnement des réseaux. Les points de mesures sont donc choisis de manière à obtenir une image représentative du fonctionnement du réseau.

L'objectif est d'arriver à déterminer par suivi, les éléments suivants :

- Evolution des débits distribués en sortie de réservoir et sur les réseaux,
- Evolution des pressions,
- Evolution du fonctionnement du réservoir, marnage notamment,
- Nature des asservissements et consignes.

Les pointes de consommations occasionnées lors de la campagne de mesures permettront d'observer l'évolution de la pression du réseau lors des débits de pointe ainsi que l'évolution de la consommation d'eau. Les résultats des mesures permettront également de caler le modèle hydraulique. Cette campagne de mesures s'est déroulée en continu du **10/10/2017 au 19/10/2017**.

## 1.2. METHODOLOGIE ET CHOIX DES POINTS DE MESURES

Les mesures réalisées sont les suivantes :

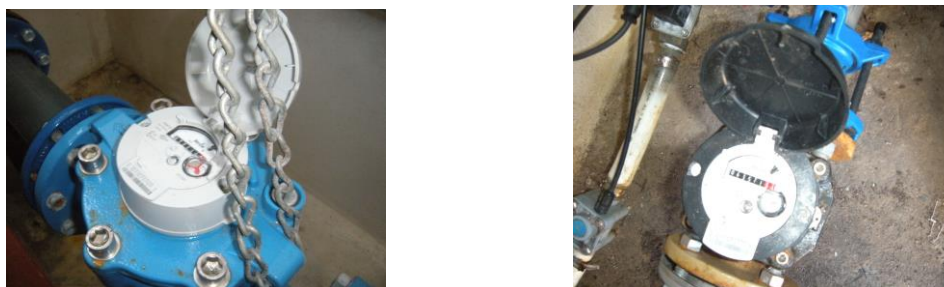
- Des capteurs posés par la société PAPERI Mesures et Environnement sur 3 poteaux incendie situés sur différents secteurs du réseau. Le suivi des pressions s'est effectué au moyen de capteurs de pression, associés à des enregistreurs de données, installés sur le réseau de distribution au niveau des poteaux incendie.

N° Poteau	Adresse
PI 5	Rue de l'Eglise
PI 7	Rue du Pâquis
PI 9	Rue des Moulins

**Fig. 1. Localisation des poteaux incendie instrumentés**

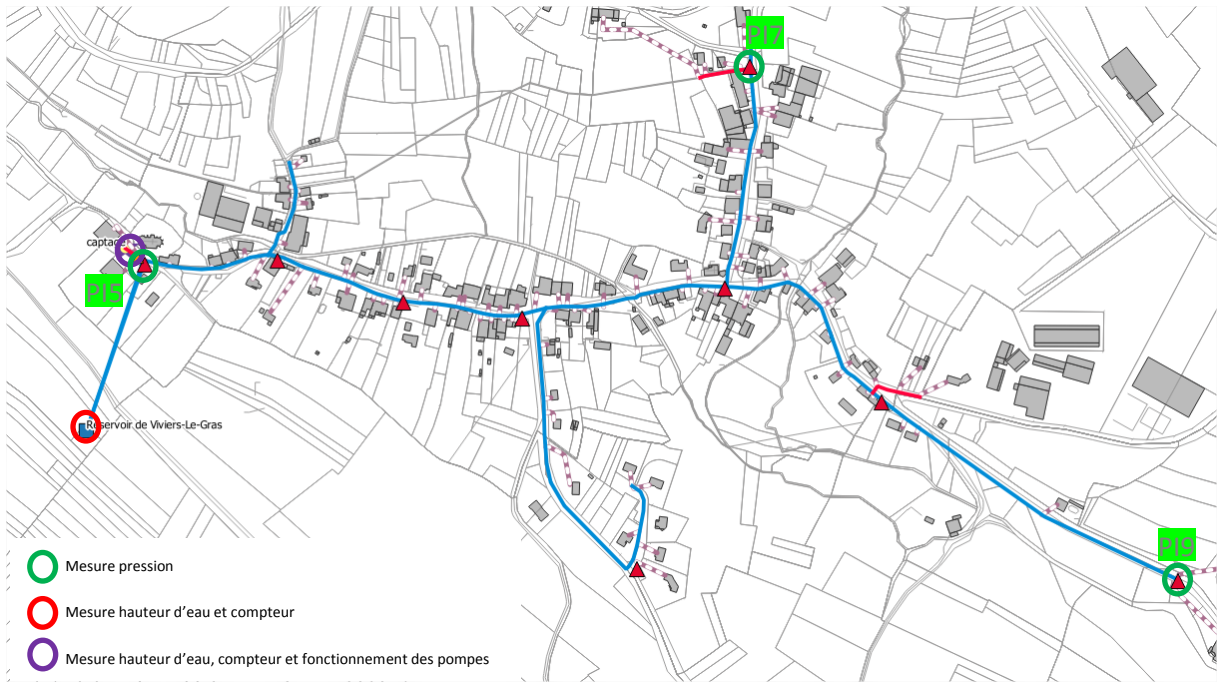
- Deux capteurs de hauteur d'eau dans la bêche et le réservoir de la commune. Le suivi du marnage du réservoir et de la bêche de reprise a été réalisé à l'aide de sondes de niveau (sonde piézométrique) directement introduites dans les cuves.
- Deux capteurs de mesure de débit installés sur la sortie de réservoir et sur la station de pompage. Le suivi des débits au niveau des compteurs a été réalisé à l'aide d'enregistreurs de données qui ont été installés sur les compteurs existants munis de têtes émettrices.

Les compteurs instrumentés sont présentés ci-après :



**Fig. 2. Compteur Réservoir(g) et compteur station de pompage (d)**

- Deux capteurs de mesure du temps de fonctionnement des pompes posés par la société PAPERI Mesures et Environnement sur les pompes de la station de pompage de la commune. Le suivi des temps de fonctionnement a été réalisé à l'aide d'enregistreurs de données qui ont été installés sur les câbles d'alimentation des pompes munis de pinces ampérométriques.



**Fig. 3. Localisation des points de mesures**



## 2. PRINCIPAUX RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURES

### 2.1. STATISTIQUES GENERALES SUR LA CAMPAGNE DE MESURES

#### 2.1.1. Evolution des débits et des volumes

Date	Volume journalier moyen sortant du réservoir (m <sup>3</sup> /j)	Volume journalier moyen à la sortie de la station de pompage (m <sup>3</sup> /j)
10-oct	26.1	16.23
11-oct	26.29	21.98
12-oct	29.02	33.7
13-oct	30.93	29.38
14-oct	38.18	16
15-oct	33.58	45.28
16-oct	31.41	15.8
17-oct	28.13	23.91
18-oct	28.01	26.63
19-oct	31.25	23
<b>Moyenne</b>	<b>30.29</b>	<b>25.2</b>

Tabl. 1 - Statistiques générales sur la campagne de mesures

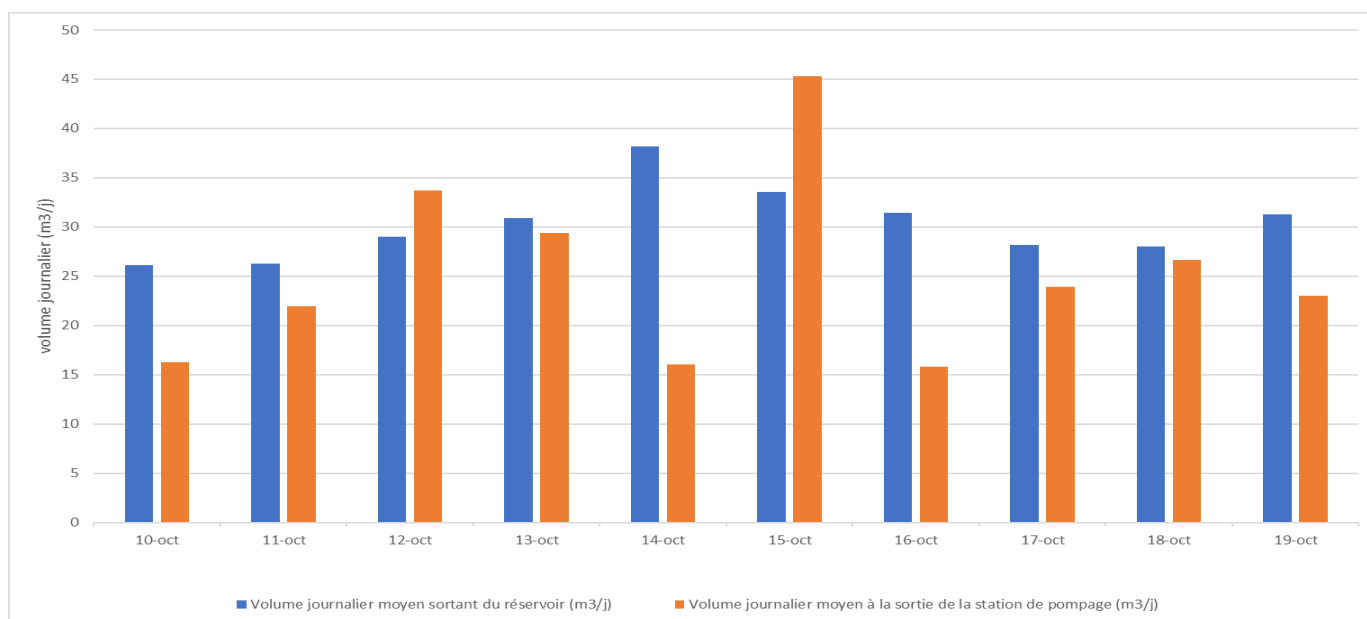
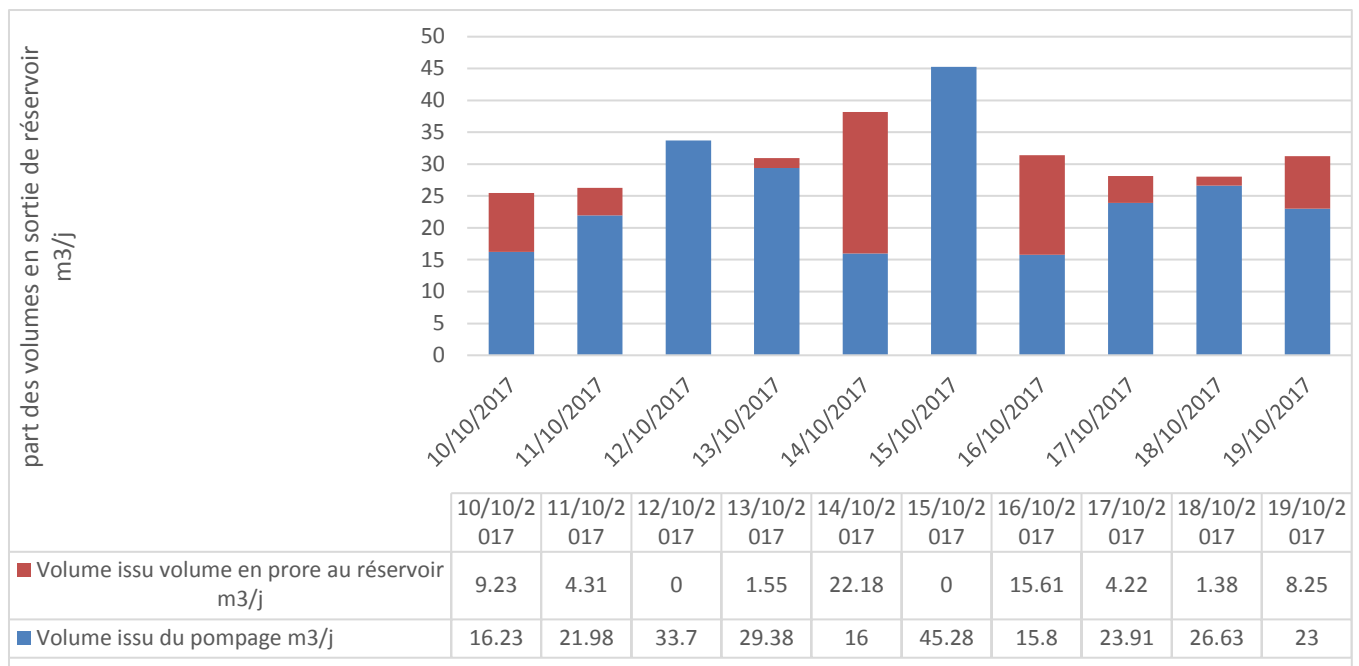


Fig. 4. Sortie station de pompage / sortie du réservoir

Il est enregistré en moyenne **30 m<sup>3</sup>/j en sortie du réservoir**. A noter que le besoin du jour moyen établi en phase 1 sur la base des relèves manuelles de compteur était de 44 m<sup>3</sup>/j. **La campagne de mesures était donc située en période de basse consommation.**

Il est enregistré **en sortie de pompage** une moyenne à **25 m<sup>3</sup>/j**. **Une partie du volume en sortie de réservoir est donc issue de l'utilisation de son volume en propre.** En effet, le réservoir d'un volume utile de 130m<sup>3</sup>, dispose de près de 3j de stock pour un besoin moyen à 44m<sup>3</sup>/j. **En moyenne 26% des volumes journaliers en sortie du réservoir est pris en propre sur le stockage de celui-ci.**



**Fig. 5. Part du pompage et du volume en prore au réservoir pour la distribution**

### 2.1.2. Evolution des pressions

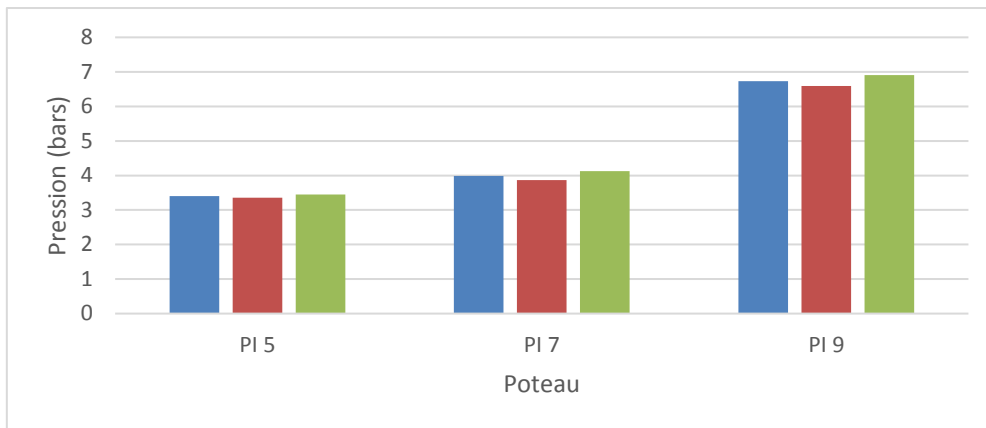
A travers nos résultats, il apparait que les pressions mesurées évoluent en ligne avec les débits mesurés et cela quel que soit le moment de la journée. **Les pressions sont relativement stables sur tout le réseau.**

Le tableau ci-après présentent les pressions moyennes enregistrées quotidiennement :

Date	PI 5			PI 7			PI 9		
	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy	Min	Max
10-oct	3.40	3.31	3.46	3.99	3.88	4.12	6.73	6.62	6.99
11-oct	3.40	3.37	3.45	3.99	3.79	4.12	6.72	6.62	6.83
12-oct	3.40	3.37	3.45	3.99	3.88	4.12	6.73	6.57	6.86
13-oct	3.41	3.38	3.45	3.99	3.88	4.12	6.74	6.59	6.88
14-oct	3.40	3.34	3.45	3.99	3.88	4.12	6.73	6.58	6.9
15-oct	3.40	3.36	3.45	4.00	3.88	4.12	6.73	6.61	6.89
16-oct	3.40	3.37	3.44	4.00	3.88	4.12	6.73	6.49	7.13
17-oct	3.40	3.36	3.45	4.00	3.88	4.12	6.73	6.59	6.89
18-oct	3.40	3.37	3.45	4.00	3.88	4.21	6.72	6.6	6.89
19-oct	3.39	3.35	3.45	3.96	0.25*	4.12	6.69	3*	6.84
<b>MOYENNE</b>	<b>3.40</b>	<b>3.36</b>	<b>3.45</b>	<b>3.99</b>	<b>3.87</b>	<b>4.13</b>	<b>6.73</b>	<b>6.59</b>	<b>6.91</b>

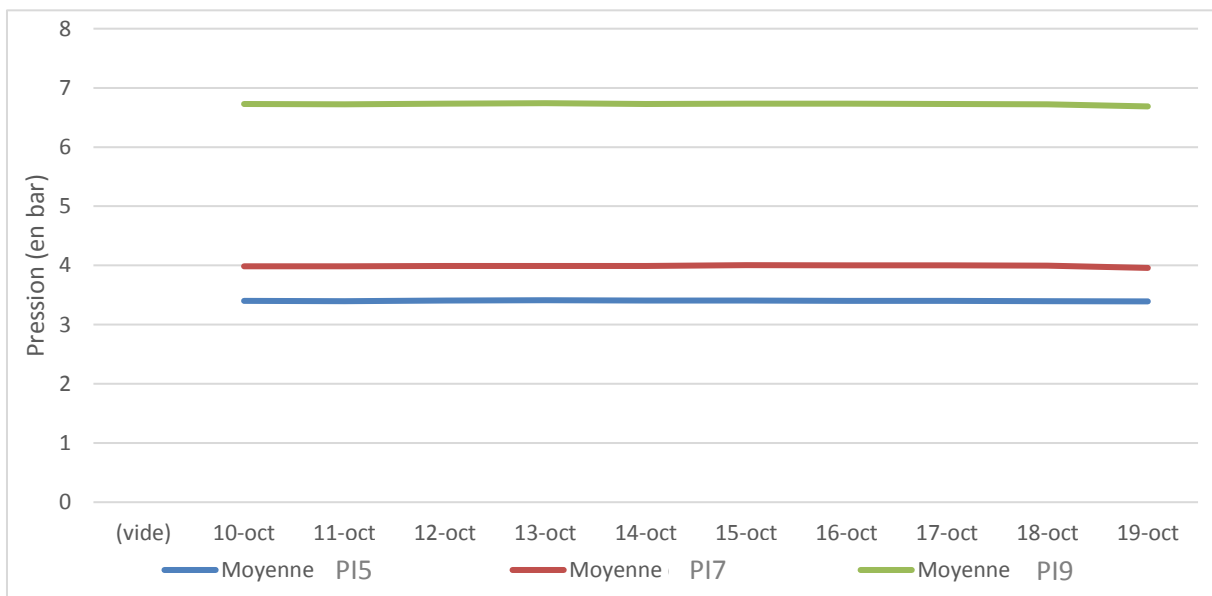
**Tabl. 2 - Statistiques générales sur les pressions**

De façon générale, la pression au niveau **des trois poteaux instrumentés est relativement constante.** Sur l'ensemble de la campagne de mesures, **les pressions maximums et minimums, hors évènements particuliers, n'excèdent pas plus de 0,3 bar de variation sur l'ensemble de la campagne.**

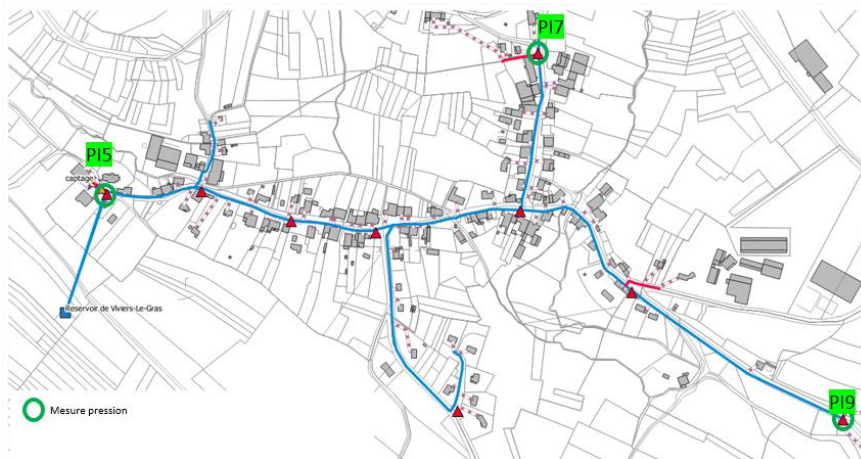


**Fig. 6. Evolution moyenne des pressions aux différents poteaux**

(\* Les minima de pression du 19 octobre ne sont pas à prendre en compte suite à la manipulation des vannes sur le réseau en vue de la sectorisation nocturne)



**Fig. 7. Evolution des pressions au cours des mesures**



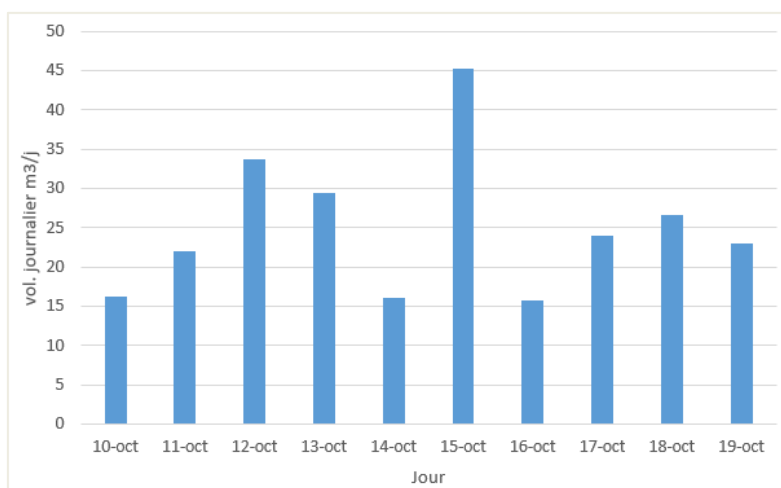
**Fig. 8. Localisation des points de mesures de pression**



## 2.2. SUIVI DES DEBITS ET DES HAUTEURS D'EAU

### 2.2.1. Sortie de pompage

La sortie de la station de pompage a été instrumentée avec un suivi des débits circulants et la bêche de reprise a été instrumentée avec une sonde de hauteur permettant de suivre son marnage en fonction du temps. Les pompes ont également été suivies via des pinces ampérométriques.



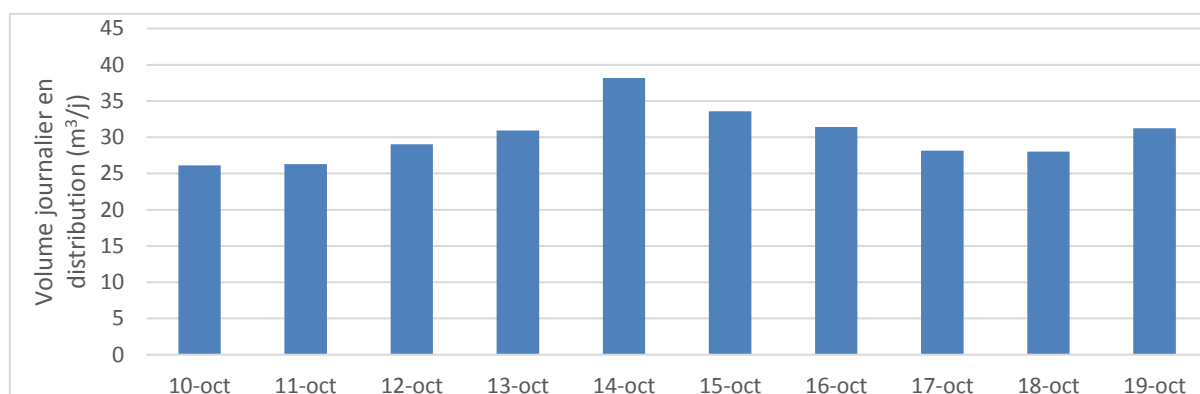
**Fig. 9. Evolution des débits journaliers moyens en sortie de pompage**

En moyenne, il est enregistré **en sortie de pompage 25m<sup>3</sup>/j**, avec une amplitude journalière passant de 16m<sup>3</sup>/j au minimum à 45 m<sup>3</sup>/j au maximum.

### 2.2.2. Sortie de réservoir

La sortie du réservoir a été instrumentée avec un suivi des débits circulants et le réservoir a été instrumenté avec une sonde de hauteur permettant de suivre son marnage en fonction du temps. Ces deux outils de mesure permettent à la fois de caractériser la demande en eau en fonction de l'évolution de la journée mais aussi de connaître les volumes d'eau transitant la nuit, assimilés à des débits de fuites.

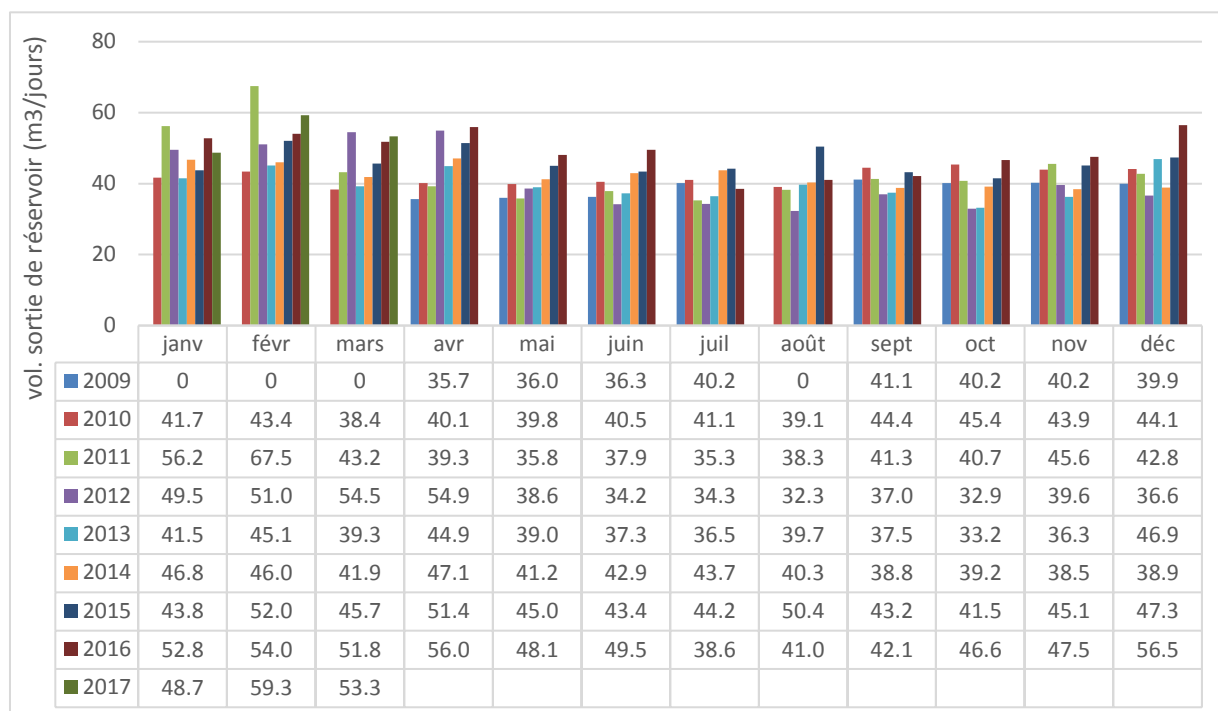
L'évolution du volume journalier moyen en sortie de réservoir est la suivante :



**Fig. 10. Evolution des volumes journaliers moyens en sortie de réservoir**

Il est enregistré en sortie de réservoir, en **moyenne 30.3 m<sup>3</sup>/j**, soit un volume au-dessous des besoins moyens enregistrés par les relèves de compteurs entre janvier 2009 et mars 2017 (44m<sup>3</sup>/j). Cependant,

ces valeurs sont cohérentes avec l'historique de la commune, c'est-à-dire une diminution de la consommation de juin à octobre.



**Fig. 11. Historique des consommations de la commune – sortie de réservoir (m³/j)**

Il est observé sur la figure ci-dessus que le débit journalier moyen en sortie de réservoir durant la campagne est relativement fluctuant (jusqu'à 23% de variation) avec **des valeurs comprises entre 26.1 et 38.2 m³/h du 10 au 19 octobre 2017.**

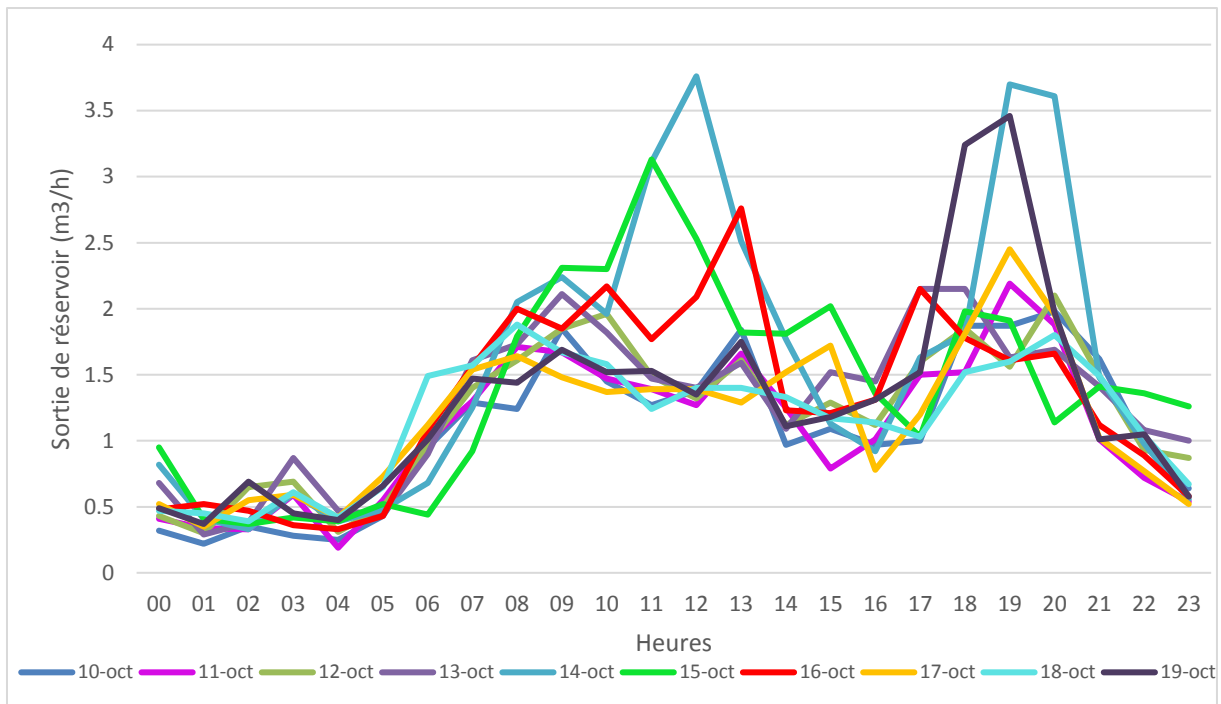
Rappel des besoins moyens et de pointes estimées sur les historiques de compteur (phases 1&2) :

	Besoin du jour moyen	Besoin du jour de pointe	Coefficient de pointe
Besoin actuel m³/j (historiques compteurs)	44	56	1.27
Besoin actuel m³/j (mesures)	30.3	38.2	1.26

**Tabl. 3 - Synthèse des besoins moyens et de pointe actuels basés sur les relèves de la mairie**

**Au regard des derniers enregistrements, pour la campagne de mesures, il est donc retenu un besoin moyen de 30.3 m³/j et un besoin de pointe de 38.2 m³/j (coefficient de pointe de 1.26). La consommation de pointe est relativement faible sur cette période.**

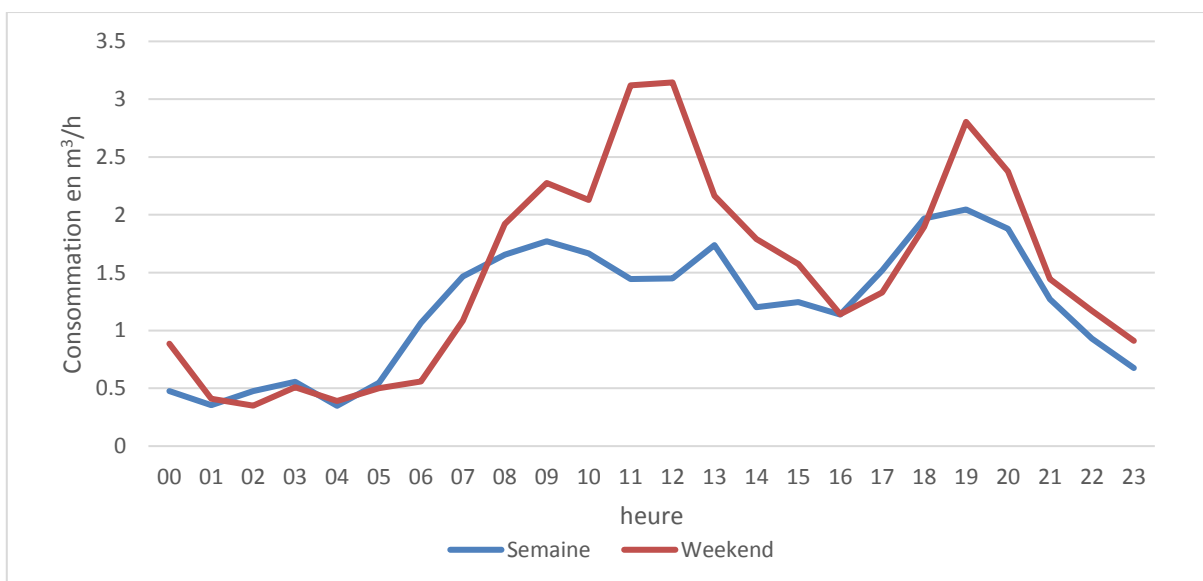
Le graphique ci-dessous représente l'évolution des débits horaires mesurés en sortie de réservoir. Il met en relation les différents jours de mesures afin d'obtenir les courbes de consommation journalières.



**Fig. 12. Evolution par jour des débits moyens horaires en sortie de réservoir**

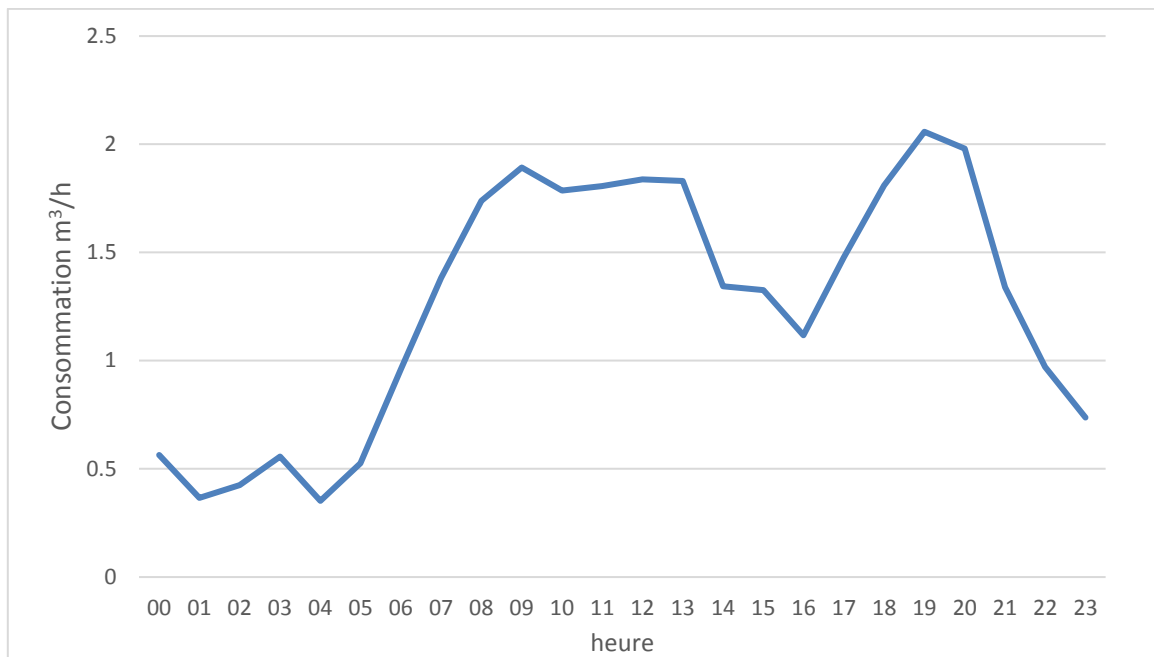
L'évolution de la consommation horaire au cours de la campagne de mesures est **caractéristique d'une consommation globalement domestique** avec des pics de consommation intervenant aux heures de pointe. Seuls 3 jours semblent plus élevés que la moyenne. Il s'agit du 14, 15 et 16 octobre.

Par les habitudes des habitants, nous retrouvons **une consommation plus élevée en week-end qu'en semaine**. En effet, les deux graphiques ci-après montrent que les pics de consommation s'étendent sur les mêmes pas de temps horaires qu'en semaine (pics à 9h, 13h et 19h en semaine et pics à 9h, 12h et 19h le weekend) mais sont plus élevés. Les habitants consomment donc plus en weekend qu'en semaine.



**Fig. 13. Evolution des débits moyens horaire en week-end et en semaine**

Le profil de consommation horaire enregistré en sortie de réservoir est le suivant :



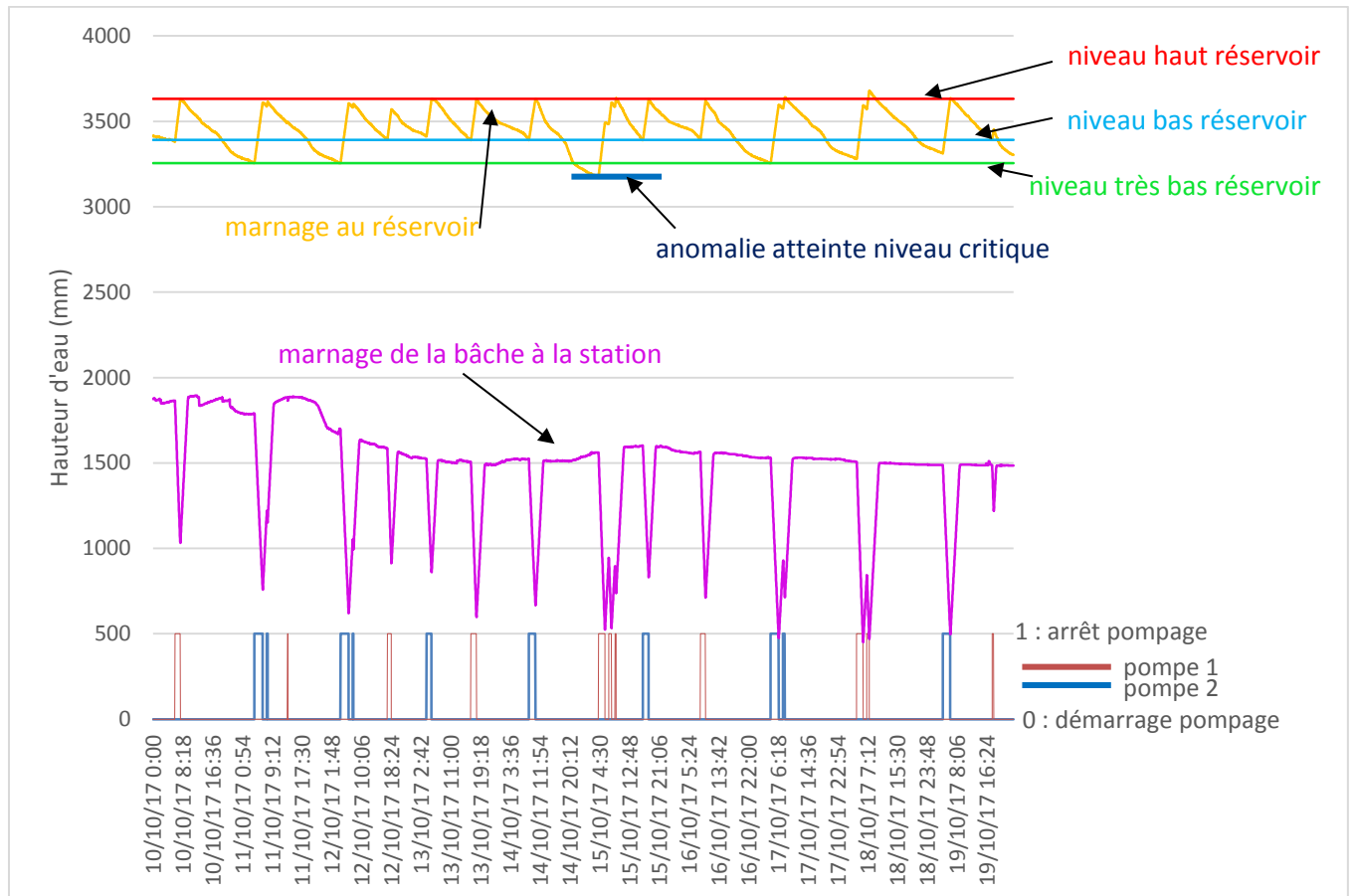
**Fig. 14. Evolution des débits horaires moyens en sortie de réservoir**

### 2.2.3. Analyse du réservoir et bache de pompage

#### 2.2.3.1. Alimentation du réservoir de 250 m<sup>3</sup>

Le réservoir de la commune est alimenté par pompage depuis la station via deux pompes immergées dans une bache de reprise.

L'évolution des hauteurs d'eau dans la cuve du réservoir et dans la bache ont été suivies par des sondes piézométriques. L'évolution est la suivante :



**Fig. 15. Evolution de la hauteur d'eau du réservoir 250m<sup>3</sup> en fonction des temps de fonctionnement des pompes**

Le graphique ci-dessus permet de mettre en évidence le fonctionnement du réservoir et de la bache de pompage.

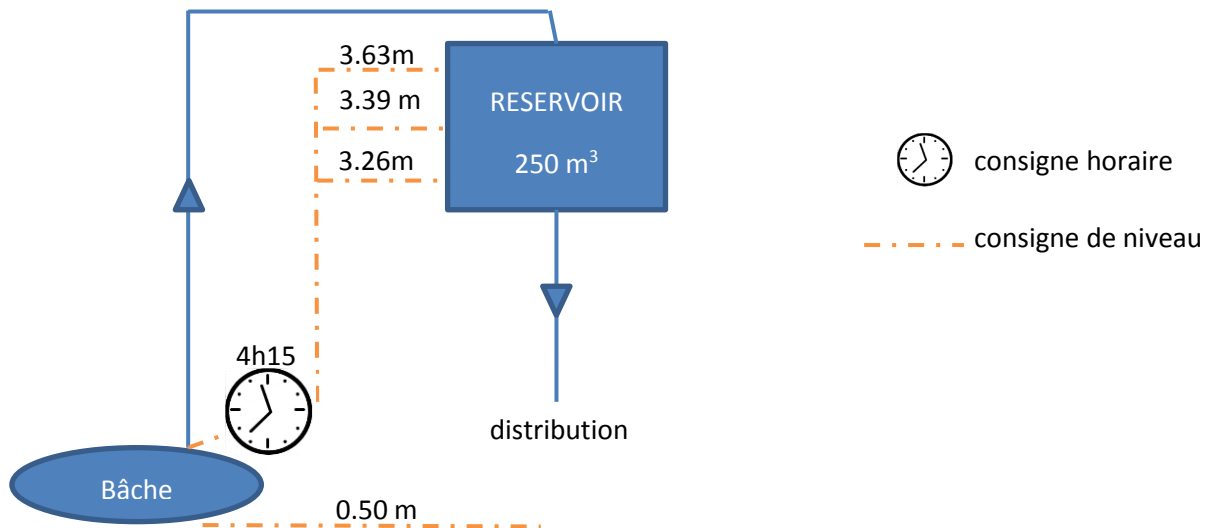
**Le réservoir possède trois niveaux d'asservissement.**

- Un niveau maximal arrêtant le pompage des pompes (3.62m),
- Deux niveaux bas :
  - Un niveau intermédiaire bas (3.39m), actionnant le démarrage des pompes.
  - Un niveau très bas critique actionnant le démarrage des pompes (3.26m),
- Une consigne horaire de démarrage à 4h15,

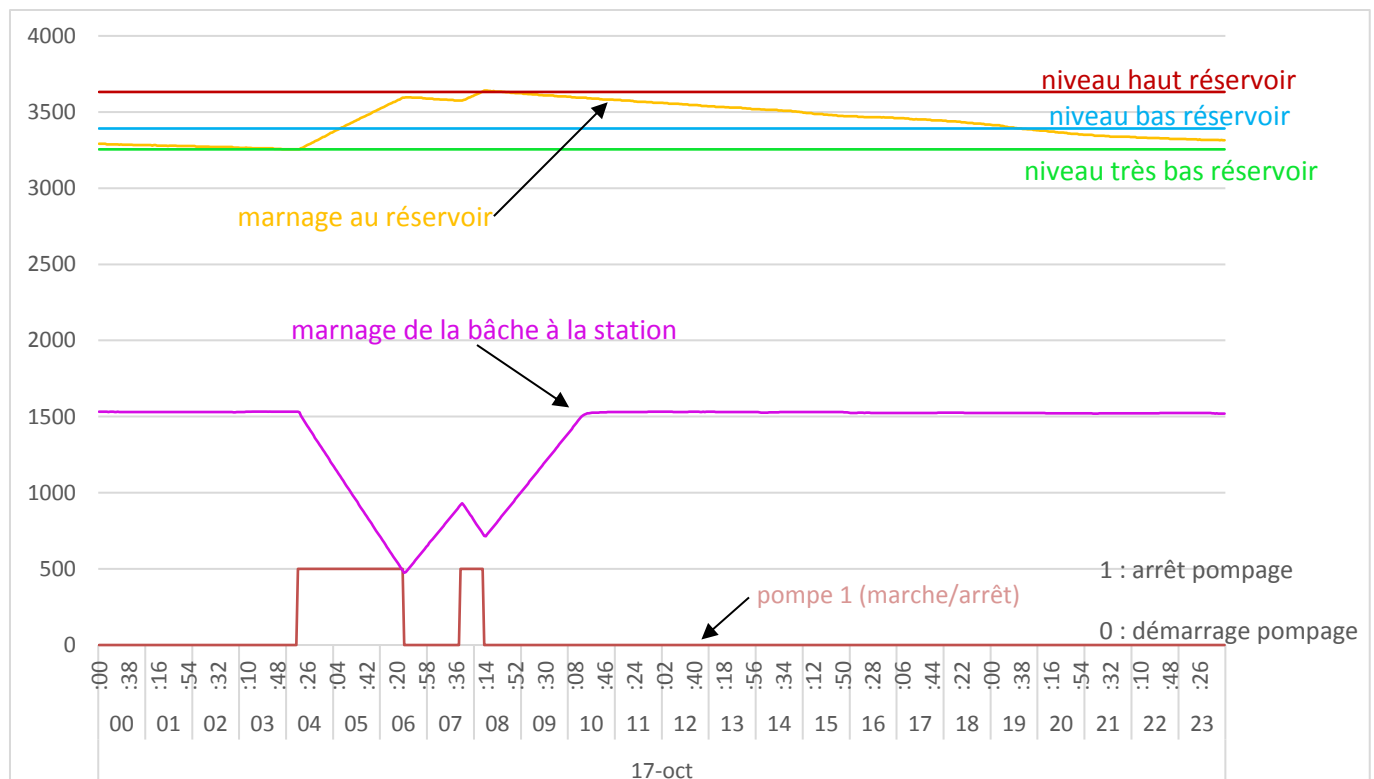
Il est également constaté une atteinte d'un niveau bas extrême le 15/10. Il s'agit d'une anomalie des poires de niveau.

La bache de la station de pompage possède également un niveau haut à 1.9m et un niveau bas à 0.5m. Ce niveau bas permet d'éviter la mise hors eau des pompes immergées et leur protection.

Les consignes de démarrage des pompes sur le niveau bas ou très bas, n'ont pu être corrélées à aucun autre paramètre (démarrage horaire, manuel, niveau bas de la station de pompage...). L'arrêt des pompes sur l'un ou l'autre des niveaux bas est totalement aléatoire. Il peut s'agir d'un défaut de la poire de niveau bas (contact qui se fait mal, eau infiltrée dans le dispositif...)



Zoom sur une journée de fonctionnement (17/10)



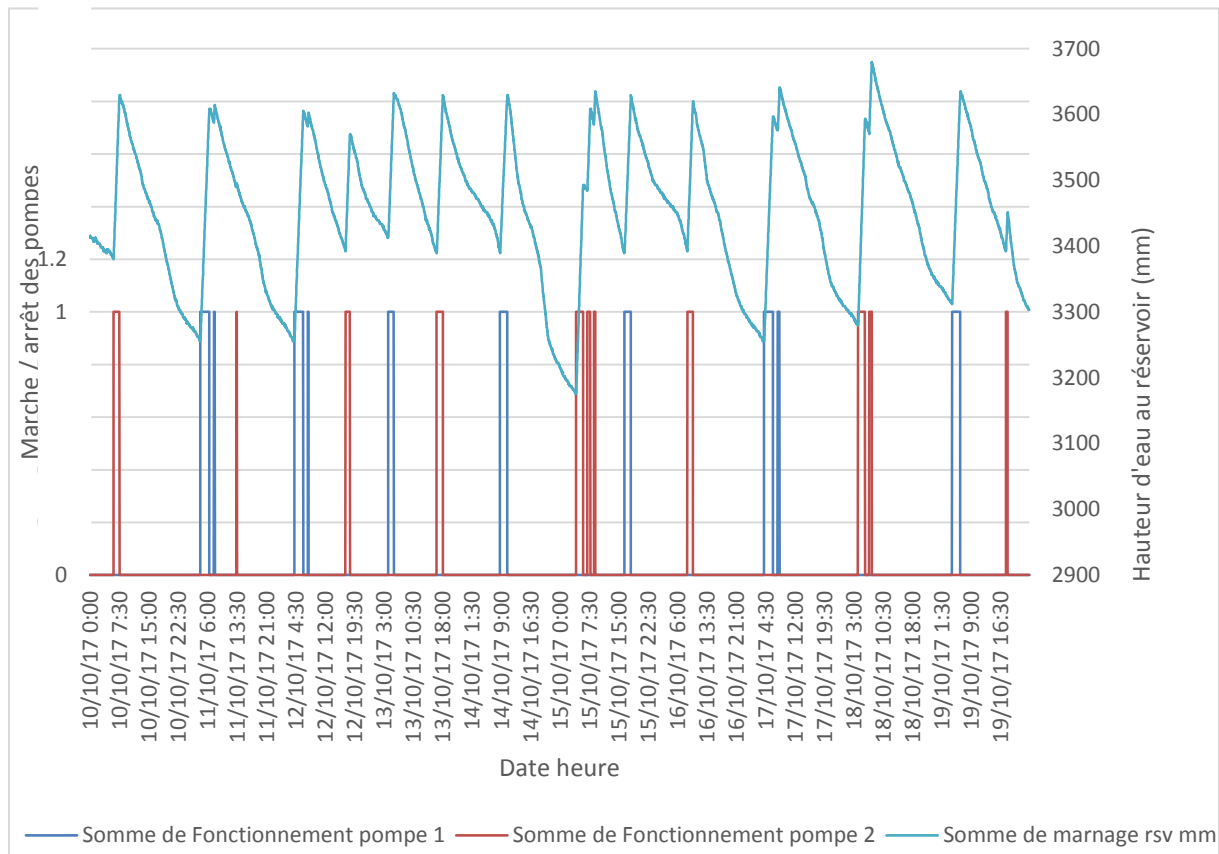
**Fig. 16. Marnage du réservoir et de la bache le 17 octobre 2017**

#### 2.2.4. Fonctionnement des pompes

Le suivi du temps de fonctionnement des pompes indique bien **une alternance entre les 2 pompes et un asservissement sur le marnage du réservoir**. Tant que la consigne haute au réservoir n'est pas atteinte, la pompe continuera de pomper en respectant les asservissements de sécurité (0.5 m d'eau restant dans la bêche). Les pompes s'arrêtent ensuite sur le niveau bas du réservoir (sans logique sur le choix de l'une ou l'autre des consignes observée).

A noter que les campagnes de mesures n'ont pas permis de mettre en évidence une corrélation entre ces niveaux (bas et très bas) et un asservissement horaire ou manuel. **A ce stade, il n'est pas possible de définir pourquoi il y a deux asservissements de niveau bas et comment est fait le choix ou non d'arrêt des pompes sur l'une ou l'autre des consignes. Il est fait l'hypothèse ici d'un défaut de fonctionnement sur les consignes des pompes ou un défaut de la poire de niveau bas.**

**Le fonctionnement des pompes n'est pas optimisé pour permettre un fonctionnement forcé en heures creuses.** Durant la campagne les pompes ont prélevé au total pendant 26h et 26 min dont seulement 13h50 en heures creuses, **soit environ seulement 50% du temps en heures creuses.**



**Fig. 17. Fonctionnement des sites de pompage**

**Remarque 1 :** sur le graphique ci-dessus, les pompes sont renseignées sur un fonctionnement binaire (1 : pompe en fonctionnement et 0 : pompe à l'arrêt)

Concernant le temps de fonctionnement des pompes, celui-ci est assez variable et des arrêts/démarrages sur des périodes de moins de 10 minutes sont régulièrement observés. **Ce mode de fonctionnement avec répétition des arrêts/démarrages tend à fragiliser les pompes.**

Pompe	Durée journalière moyenne de pompage	Durée minimale journalière de pompage	Durée maximale journalière de pompage
1	1h15	9min	2h17
2	1h01	2min	1h46

**Tabl. 1 - Temps de fonctionnement des pompes**

**Remarque 2 :** pour la journée du 15/10, le niveau du réservoir passe en dessous du niveau très bas. Un évènement particulier (prise d'eau, fuite...) a dû se produire sur les réseaux sur cette date, les volumes en sortie de pompage confirment bien cette observation : 45 m<sup>3</sup>/j sur la journée du 15/10 alors que le volume journalier moyen en sortie de pompage est de 25 m<sup>3</sup>/j. Le volume en sortie de réservoir reste cependant cohérent, 33.6m<sup>3</sup>/j sur la journée du 15/10 et 30.3 m<sup>3</sup>/j en moyenne. **Il peut également s'agir là aussi d'un défaut de la poire de niveau.**

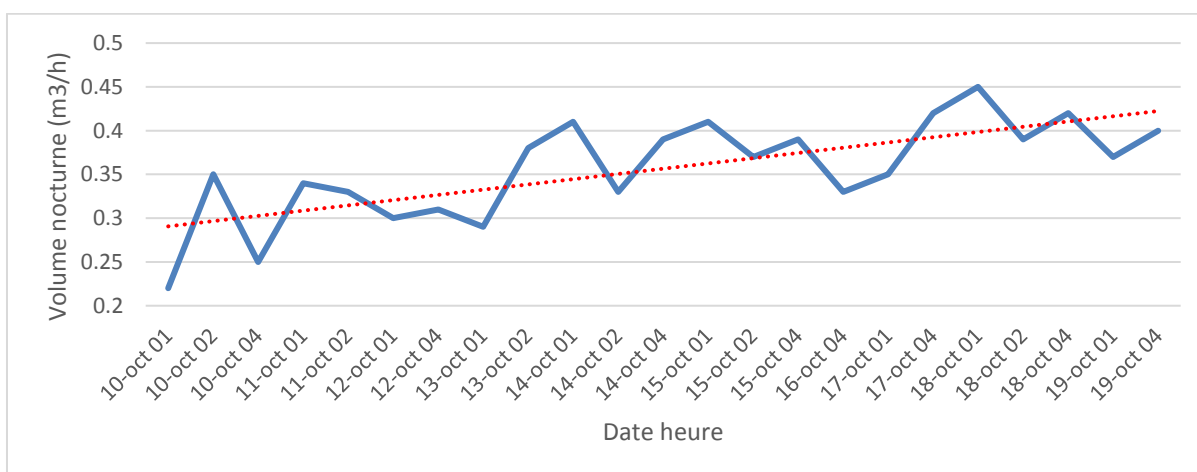
### 2.2.5. Volume nocturne

Durant la campagne de mesures, les débits nocturnes ont été mesurés. La présence de débits significatifs est souvent signe de pertes sur les réseaux.

Dans le cas de la commune, les débit nocturnes (de 00 à 5h) sont très fluctuants. Au moins un pic de consommation est observable par nuit et il est clairement visible que **les débits nocturnes s'accroissent au fur et à mesure de la campagne, preuve d'une fuite en cours sur les réseaux.**

En effet, **au début de la campagne, les volumes nocturnes sont en moyenne de 0.3m<sup>3</sup>/h et, fin de campagne, ils augmentent pour aller tendre vers 0.45m<sup>3</sup>/h.**

**Il est estimé (en faisant l'hypothèse d'une consommation nocturne nulle des abonnés domestiques) un volume de fuites actuels d'environ 0.6 m<sup>3</sup>/h soit 14.4m<sup>3</sup>/j (mesure nocturne lors de la nuit de sectorisation), dû à des fuites dans le réseau ou à des défauts d'étanchéité du réservoir. Cependant, ces volumes nocturnes augmentant de jours en jours, il est difficile de les quantifier à l'instant présent.**



**Fig. 18. Débit moyen nocturne en sortie de réservoir par jour (m3/h) (valeurs extrêmes retirées)**

Les volumes nocturnes (00h-05h00) en sortie de réservoir durant la campagne de mesures sont les suivants :

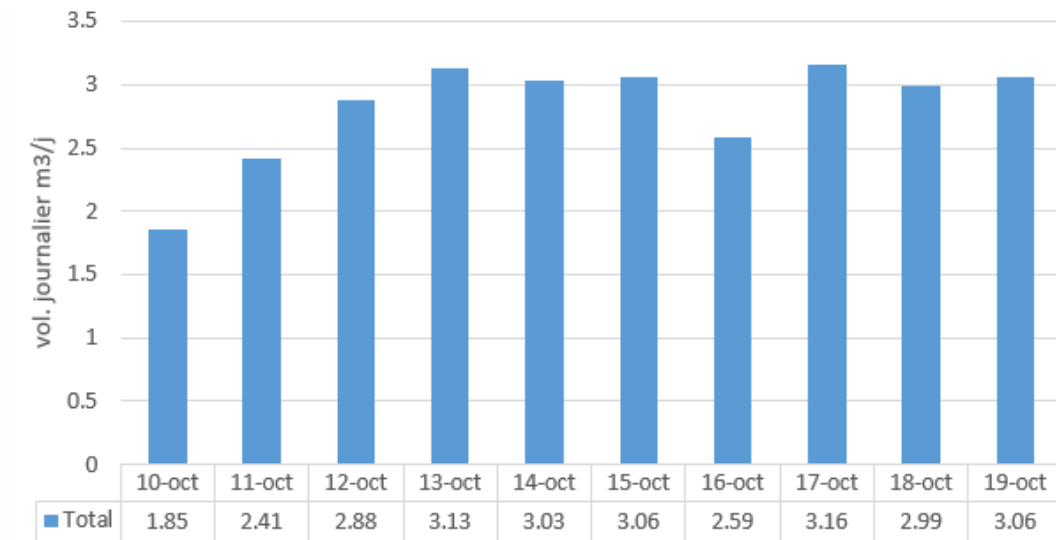


Fig. 19. Volume nocturnes 00h à 5h (m3/j)

### 2.2.6. Analyse de la fiabilité du comptage

Dans le cadre de l'étude, il a été comparé les volumes en sortie de réservoir issus du comptage au compteur en place et par calcul via le marnage mesuré.

En se basant sur les variations de hauteur dans le réservoir et connaissant ses dimensions, le volume d'eau entrant ou sortant du réservoir a pu être estimé. Il en a été fait de même pour la bêche de reprise.

Site		Erreur de comptage	Volume comptabilisé au compteur (m <sup>3</sup> ) (*)	Volume calculé via le marnage (m <sup>3</sup> )
Compteur sortie bêche	Pompe 1	-17%	251.91	286.2
	Pompe 2	-7%		
Compteur sortie de Réservoir		+4%	302.9	290.8

Fig. 20. Synthèse des variations de comptage

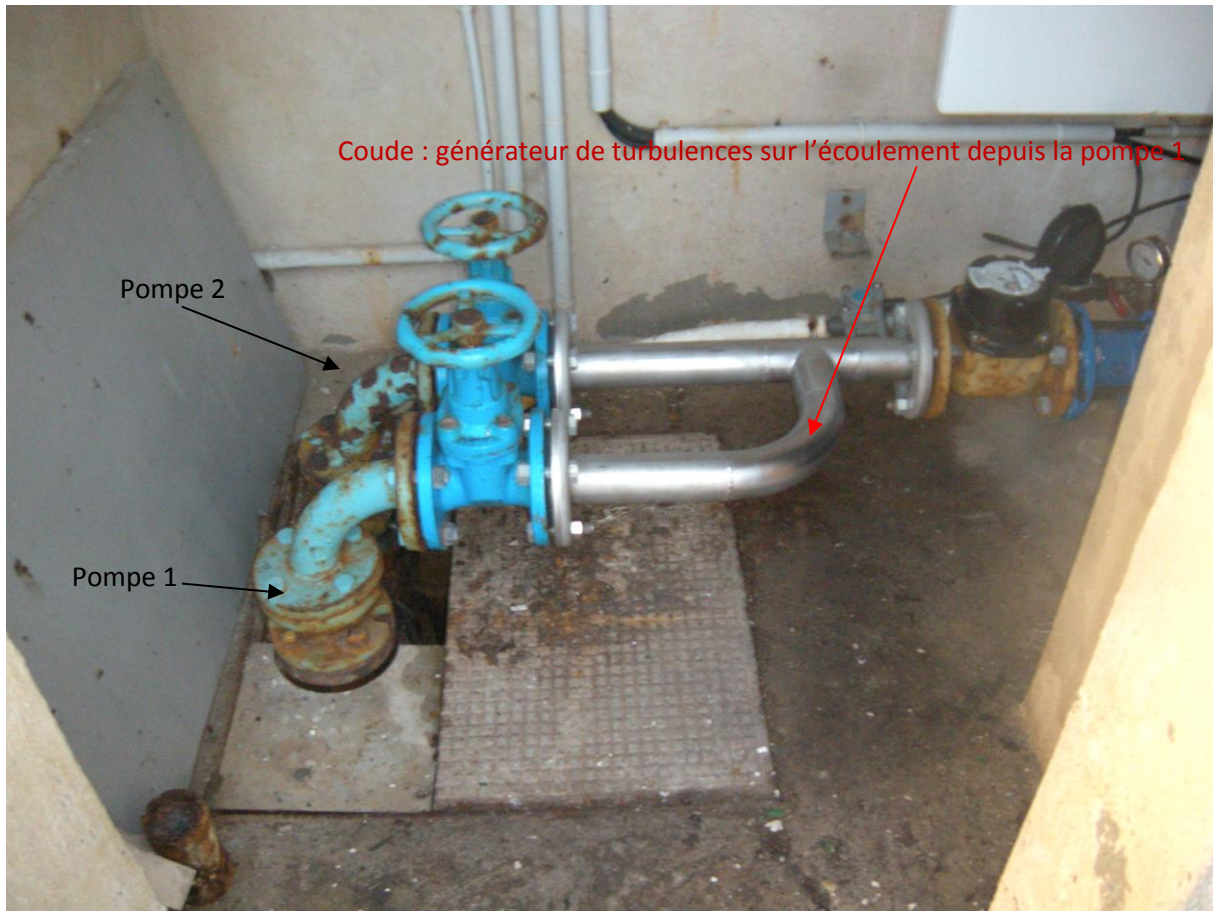
(\*) : mesure donnée par la relève du compteur

Il apparaît très clairement que **le compteur de la station de pompage sous-compte**. De plus une **différence de comptage s'opère entre les pompes**. En effet, l'installation actuelle du compteur, après les pompes, présente pour la pompe n°1 un coude générant des turbulences et pouvant fausser le comptage au compteur.

Il est en général recommandé de laisser une distance droite de 1m minimum avant compteur afin de stabiliser les écoulements pour le comptage. La mise en place d'un stabilisateur d'écoulement peut également être envisagée.

Par ailleurs, le débit recalculé pour chacune des deux pompes se voit aussi impacté par cette structure.

	Débit théorique (m <sup>3</sup> /h)	Débit recalculé (m <sup>3</sup> /h)
Pompe 2	10	11.1
Pompe 1	10	9



**Fig. 21.** Intérieur de la station de pompage

### 2.3. SECTORISATION NOCTURNE

La campagne de sectorisation nocturne a été réalisée dans la nuit du 19/10/17 au 20/10/2017 sur 7 secteurs comme présentés ci-après :

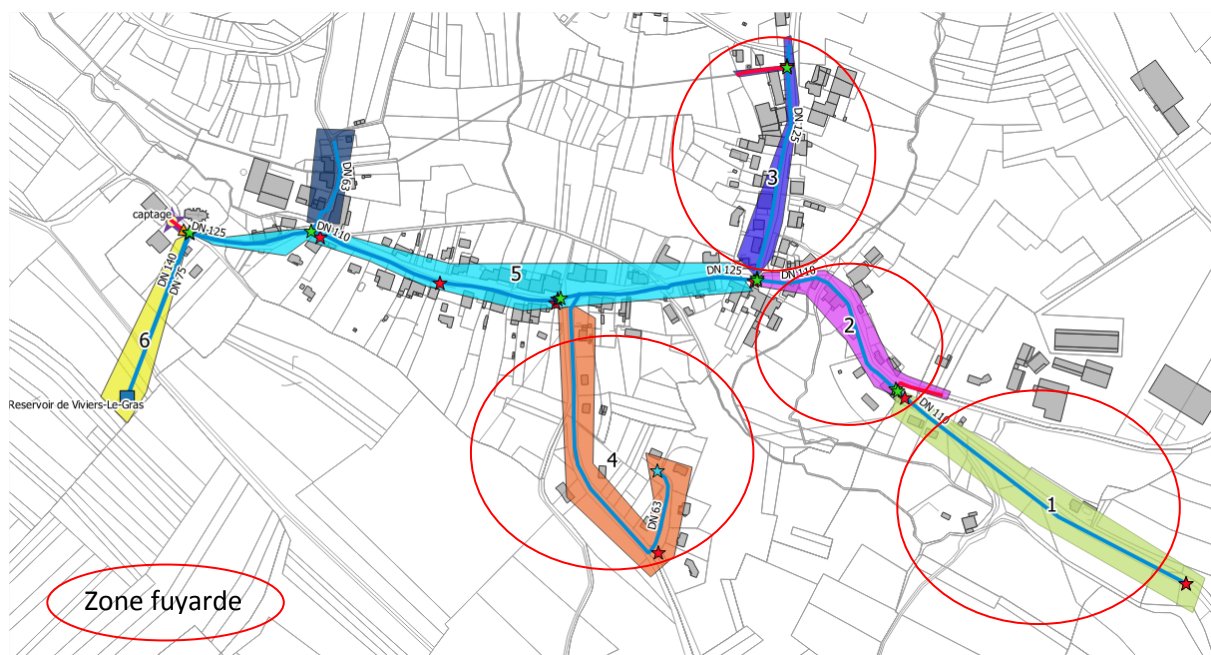


Fig. 22. Définition des secteurs de sectorisation nocturne

La sectorisation nocturne a été réalisée de 00h à 5h en fermant progressivement les vannes de sectionnement à un pas de temps fixe pour isoler les secteurs définis et ainsi connaître le volume de fuites par secteur.

**Au début de la nuit, un volume de 0.6m<sup>3</sup>/h a été enregistré. Il a été retrouvé 97% des volumes nocturnes enregistrés sur les 10 jours de mesures en continu lors de la nuit de sectorisation.** Lors de la nuit de sectorisation, 7 secteurs ont été fermés et les volumes nocturnes ont complètement été neutralisés.

Les résultats sont les suivants :

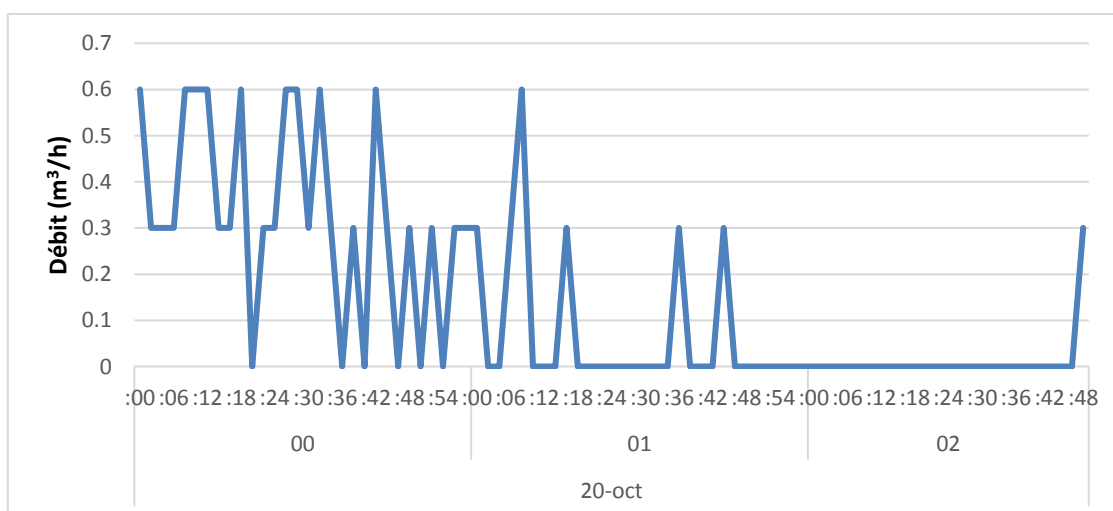


Fig. 23. Evolution des débits lors de la sectorisation nocturne (Fermeture des vannes)

Secteur	Heure de fermeture	Débit initial m <sup>3</sup> /h	Débit après fermeture des vannes m <sup>3</sup> /h	Débit de fuite estimé m <sup>3</sup> /h	Linéaire concerné m	Indice linéaire de perte (m <sup>3</sup> /h/km)
1	00h00	0,58	0,57	0,01	401	0.03
2	00h35	0,57	0,19	0,38	233	1.63
3	01h10	0,19	0.072	0,12	328	0.37
4	01h45	0.072	0	0.072	429	0.17
7	02h20	0	0	0	114	0
5	Reste ouvert	0	0	0	869	0

**Fig. 24. Récapitulatif des débits de fuite par secteur**

Le graphique ci-dessus permet d'affirmer que les secteurs fuyards sont les suivants :

- Secteur 1 : Rue des moulins (1<sup>ère</sup> partie)
- Secteur 2 : Rue des moulins (2<sup>ème</sup> partie)
- Secteur 3 : Rue du Pâquis
- Secteur 4 : Route de Gignéville

Il a été enregistré un débit nocturne croissant en fin de campagnes de 0.58m<sup>3</sup>/h sur la totalité des secteurs, soit 14 m<sup>3</sup>/j de pertes. Cela correspond aux données nocturnes enregistrées par les compteurs lors de la campagne de mesures en continu sur 10 jours.

Le rendement net calculé en 2016 est de 54%.

Secteur	Débit de fuite estimé m <sup>3</sup> /h	Linéaire concerné ml	Indice linéaire de perte (m <sup>3</sup> /h/km)	Rendement net après suppression cumulée des fuites
2	0,38	233	1.63	67%
3	0,12	328	0.37	72%
4	0.072	429	0.17	75.9%
1	0,01	401	0.03	76.4%
7	0	114	0	/
5	0	869	0	/

**Tabl. 2 - Gain sur le rendement de la suppression des fuites principales**

La suppression des fuites sur les secteurs 2/3/4/1 permettrait d'atteindre un rendement de 76.4%.

## 3. MODELISATION DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU

### 3.1. DESCRIPTION GENERALE DU MODELE

Le logiciel PORTEAU permet d'étudier le fonctionnement hydraulique d'un réseau maillé de distribution ou de transport d'eau potable sous pression. Les simulations peuvent être menées sur plusieurs jours consécutifs.

Le réseau est modélisé à l'aide d'un ensemble de nœuds et de tronçons :

- Les nœuds permettent de renseigner la charge du réseau en tout point (cote Z), et d'affecter un nombre d'abonnés ainsi que leurs consommations.
- Les tronçons reliant les nœuds, correspondent aux conduites permettent de renseigner les diamètres, longueurs, rugosité. Pour les réseaux en PVC, le coefficient d'Hazen Williams est fixé à 141 et la rugosité à 0.05mm. Pour les réseaux en fonte, les valeurs sont de 136 et 0.1mm.
- Les singularités (vannes fermées, clapets anti-retour, pompe, régulateur de pression) sont également modélisées.

La construction du modèle demande de connaître précisément les caractéristiques des conduites (diamètres, longueur) ainsi que les singularités des réseaux (vanne fermée, clapet anti-retour) et tous les ouvrages et leurs asservissements.

Afin d'examiner le comportement hydraulique du réseau, un modèle mathématique a été établi à partir des données recueillies durant la campagne de mesures. Ce modèle nous permettra de connaître les faiblesses du réseau.

### 3.1. CARACTERISTIQUES ET HYPOTHESES DE MODELISATION

Un total de 16 nœuds et 16 tronçons ont été modélisés.

La description des nœuds nécessite de connaître leurs côtes altimétriques (issues des levés des réseaux de phases 1), et la demande des consommateurs affectés à ce nœud (en l/s). Les demandes sont ensuite ventilées sur les réseaux en fonction des habitations raccordées sur les rues. Les abonnés sont rapportés aux nœuds les plus proches.

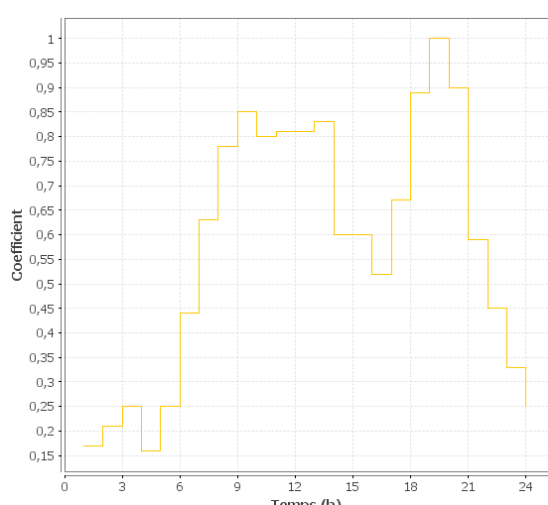
Il est fait la distinction en les abonnés domestiques et les gros consommateurs ou industriels, dont les profils de consommation ne sont pas les mêmes.

- **Abonnés domestiques** : il s'agit d'une représentation d'un abonné moyen dont la consommation est supposée suivre la demande générale. La consommation journalière de ce type d'abonné est prise égale à la consommation moyenne enregistrée lors des campagnes de mesures au pas de temps horaire. La « consommation » de cet abonné rend compte des volumes réels mis en distribution. Un total de 100 abonnés domestiques est modélisé.
- **Gros consommateurs** : ils sont repris individuellement en définissant au plus juste leur mode de consommation. Un total de 3 abonnés sont modélisés comme gros consommateurs. Le profil de consommation de tels abonnés est très variable en fonction de leur activité. De plus, il n'existe aucun compteur permettant de définir au pas de temps horaire une courbe type de consommation. Dans ce cas, leur consommation est déterminée à partir des rôles d'eau annuels ramenés à 24 heures.

Abonné	Données construction profil	Nombre total d'abonnés	Type profil	Volume journalier (m <sup>3</sup> /j)
<b>Glaudy Olivier</b>	Rôle d'eau	1	Agricole	1.05
<b>Garnier Laurent</b>	Rôle d'eau	1	Agricole	0.69
<b>GAEC de L'ecuchant</b>	Rôle d'eau	1	Agricole	0.72
<b>Domestique</b>	Suivi compteur	100	Domestique	30.29

**Tabl. 3 - Rappel des abonnés modélisés**

Les profils de consommation des abonnés domestiques est le suivant :



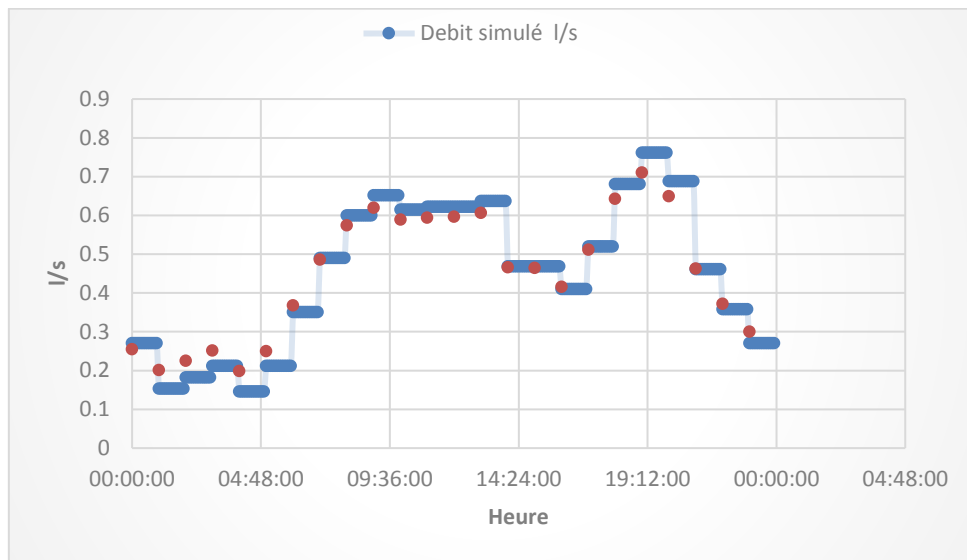
**Fig. 25. Profil domestique**

Les profils de consommation des exploitations sont extrêmement variables et ne peuvent donc pas être estimés. Un profil de consommation rectiligne reste la solution la plus fidèle à la réalité.

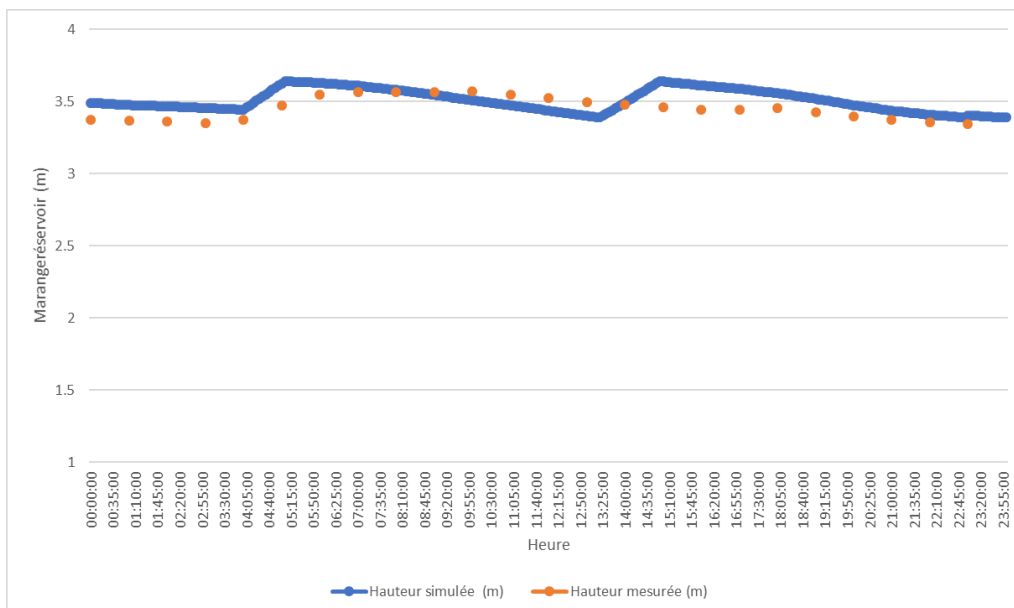
### 3.2. CALAGE DU MODELE

La campagne de mesures a permis de suivre les pressions, débits et marnage sur les réseaux. Ces dernières permettent d'ajuster les paramètres du modèle pour que celui-ci représente le plus justement possible la réalité de fonctionnement hydraulique du système d'alimentation en eau potable.

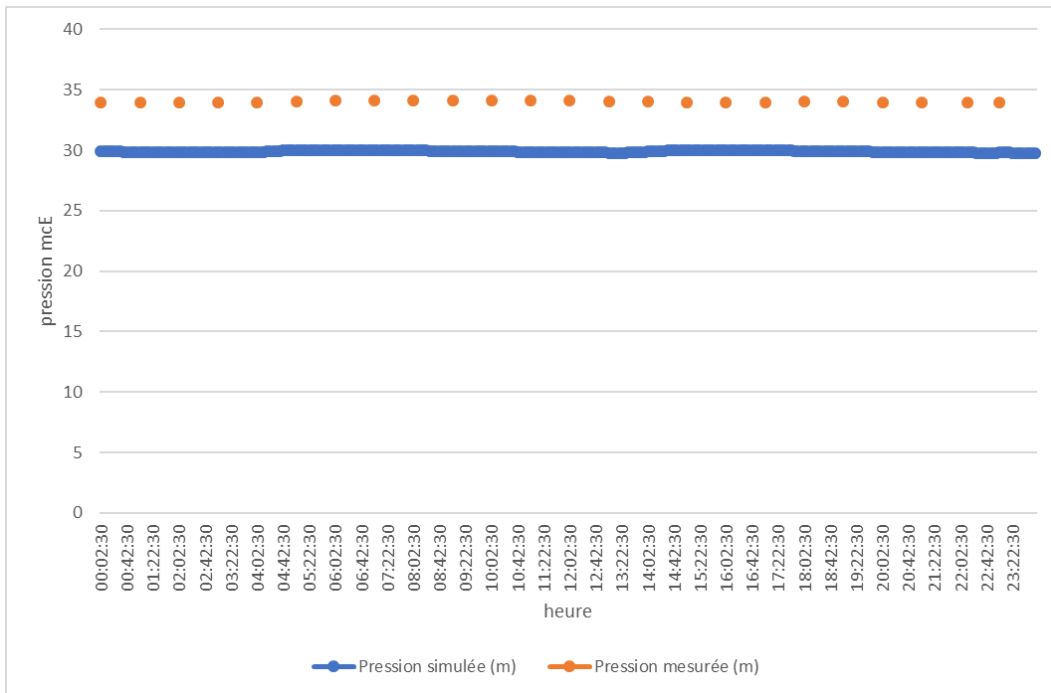
Un total de 3 points de mesures de pression, 2 points de mesure de marnage du réservoir et 2 points de mesure de débit en sortie de réservoir et en sortie de la bache de pompage permettent de caler le modèle.



**Fig. 26. Exemple de calage du modèle – Sortie du réservoir**



**Fig. 27. Calage du modèle : hauteur dans le réservoir**



**Fig. 28. Calage du modèle : pression au poteau PI5**

### 3.3. DIAGNOSTICS DE MODELISATION

#### 3.3.1. Fonctionnement général des ouvrages

La modélisation a été réalisée en situation actuelle, en jour moyen et de pointe. De par sa régulation via poires de niveau, le réservoir marne peu, sur environ 25cm.

A noter que compte-tenu du dysfonctionnement de la poire de niveau bas au réservoir, les pompes sont asservies sur un niveau haut 3.63m à et un niveau bas à 3.39m.

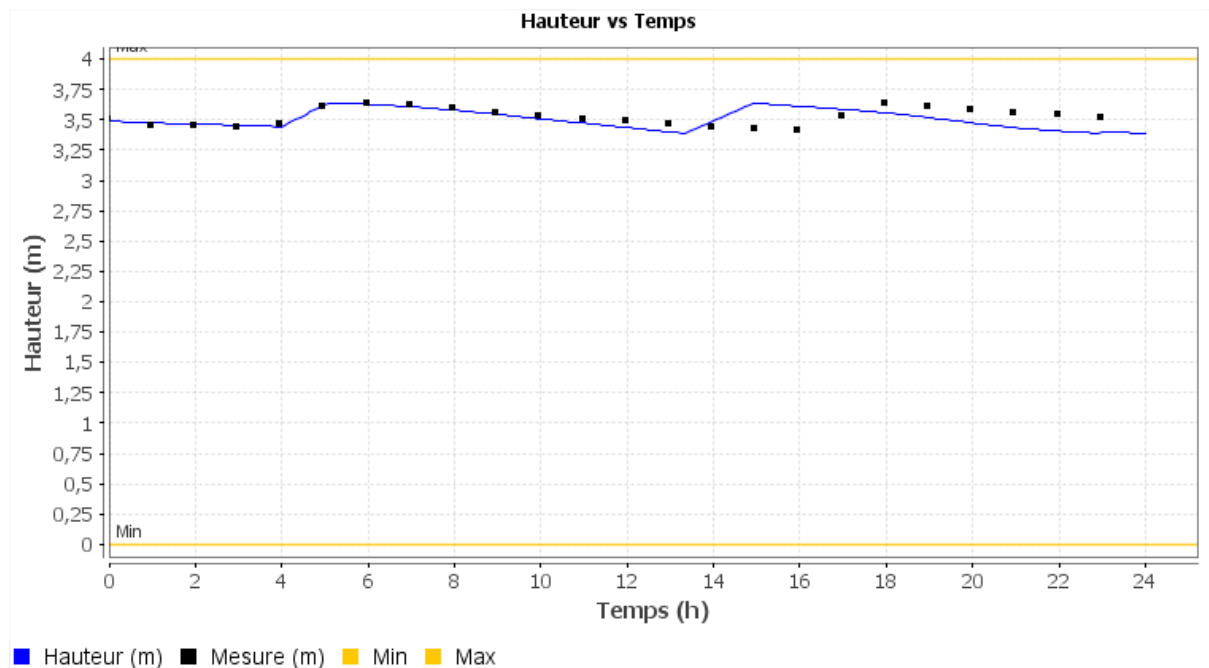


Fig. 29. Marnage du réservoir

#### 3.3.2. Pressions de distribution

La pression moyenne sur les réseaux est de 4 bars, ce qui est très correct. La modélisation n'a pas mis en évidence de secteur sujets à des surpressions ou sous-pressions.

La figure ci-après présente les pressions moyennes observées sur la commune.



Fig. 30. Répartition des pressions (en mCE)

### 3.3.3. Débits et vitesses de circulation

Les figures ci-après présentent la répartition des débits (en l/s) et des vitesses (m/s) sur les tronçons pour un jour moyen de consommation et un jour de pointe de consommation. Cette répartition permet de déterminer les réseaux sur lesquels la circulation d'eau est la plus conséquente. Ces trajets privilégiés sont les résultats de tirages d'eau plus ou moins conséquents sur les réseaux.

De cette première analyse, il ressort que les cheminements prioritaires sur les réseaux sont :

- Alimentation des puits vers le réservoir (de 1.3 à 1.6 m<sup>3</sup>/h)
- Distribution des réservoirs vers la commune (1.3 à 3m<sup>3</sup>/h),
- Distribution du réservoir vers la Grande Rue (0.9 à 1.3 m<sup>3</sup>/h)

Des études ont montré que les problèmes de stagnation favorisant corrosion et dépôts apparaissent dès que la vitesse de l'eau est inférieure à 0.01 m/s et disparaissent au-delà de 0.1 m/s (TRICARD-1995). Lors de la conception de réseaux, il est conseillé des valeurs guides d'écoulement entre 0,5 et 1,5m/s. La vitesse moyenne pour un jour moyen est de 0.09 m/s pour 0.12 m/s en jour de pointe, ce qui est satisfaisant.

Toutefois, des secteurs en extrémité de réseaux sont bien inférieurs à 0.01m/s. Ce sont des antennes isolées avec peu de consommation. Ce sont les zones où les temps de séjour sont également les plus élevés.

m/s	Vmin	Vmoy	Vmax
Jour moyen	0.00	0.09	0.58
Jour de pointe	0.00	0.12	0.76

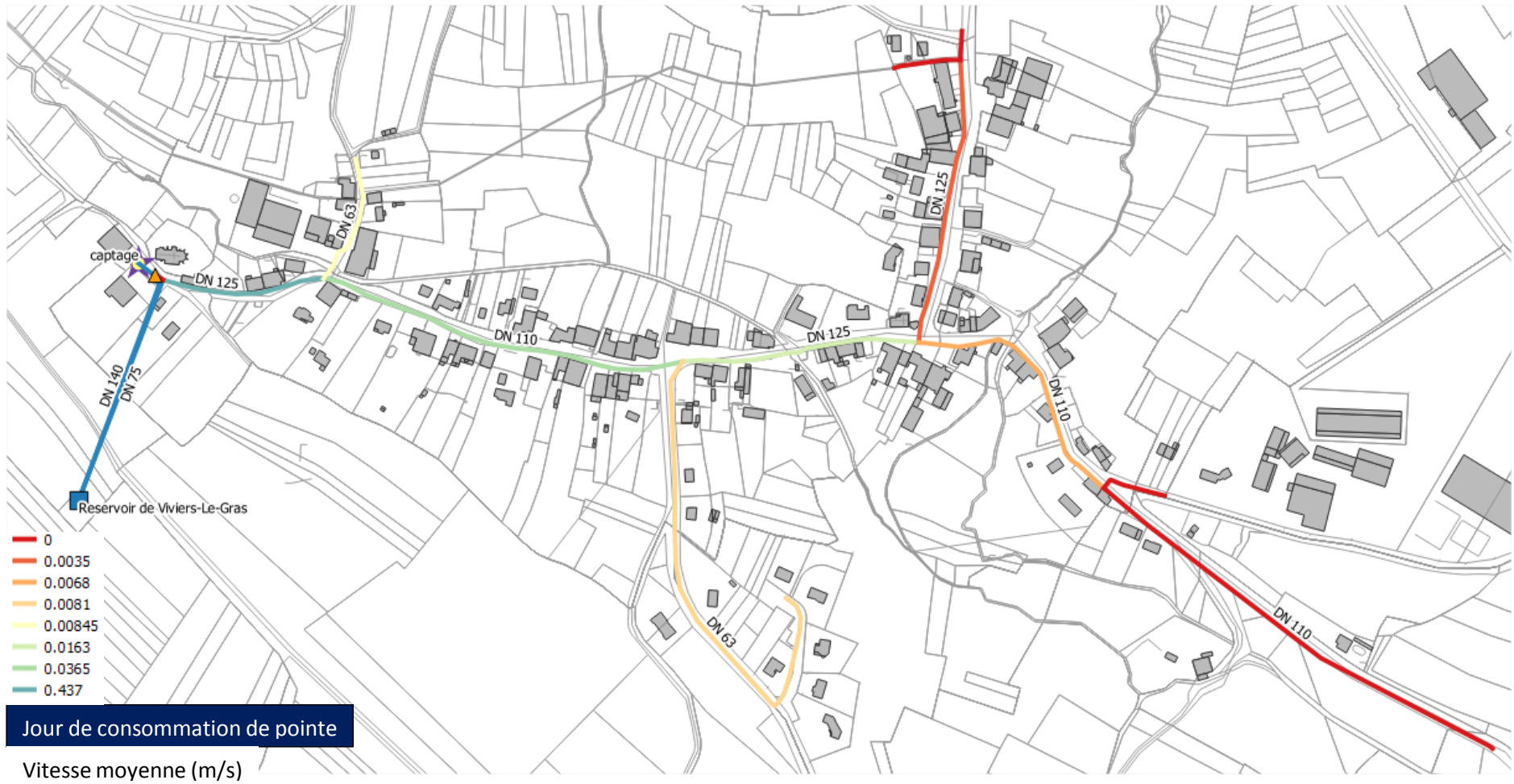
Tabl. 4 - Vitesse de circulation dans les réseaux

Vitesse moyenne (m/s)

Jour de consommation moyen



Fig. 31. Répartition des vitesses sur les réseaux (jour de moyen)



**Fig. 32. Répartition des vitesses sur les réseaux (jour de pointe)**

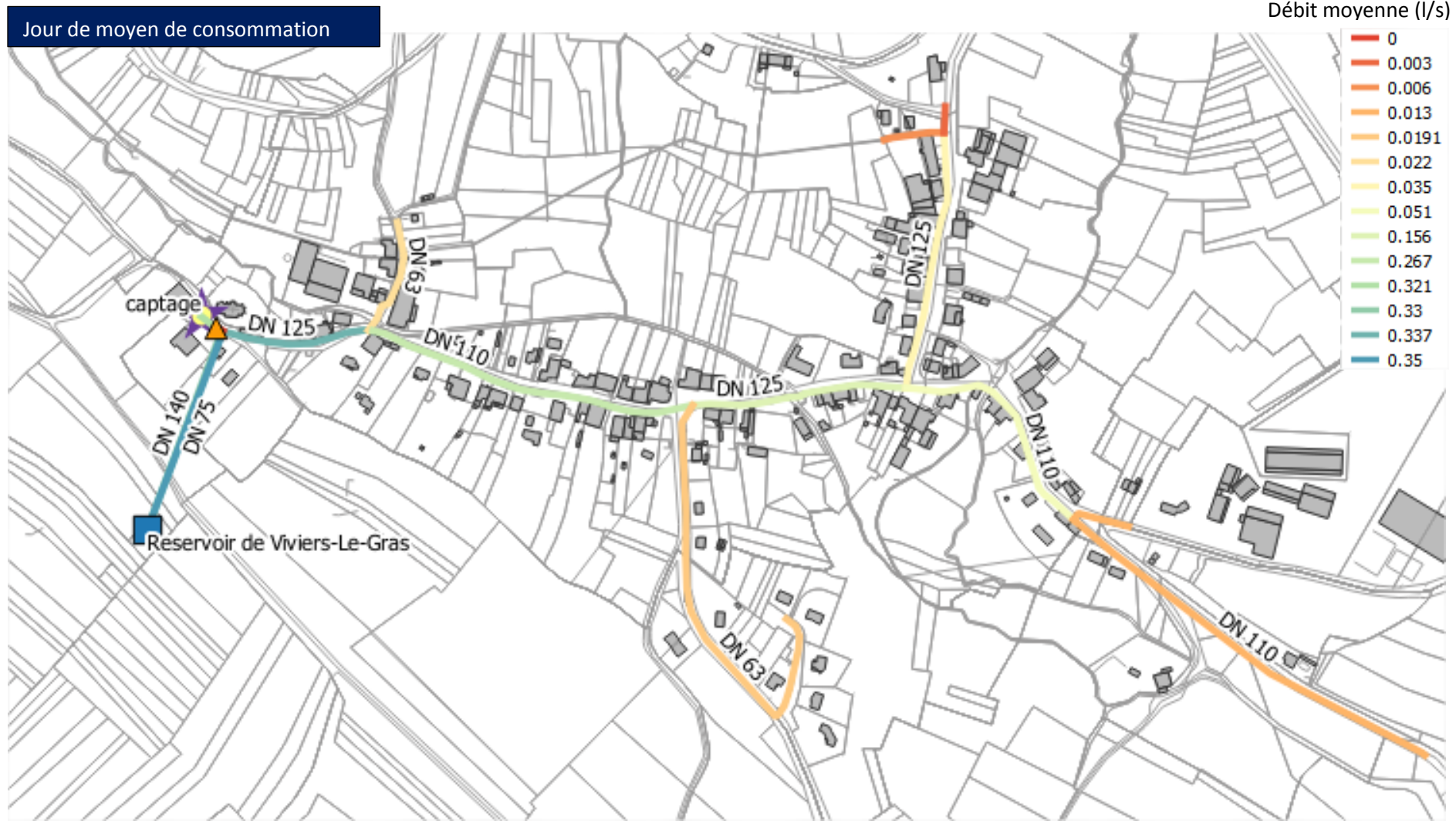


Fig. 33. Répartition des débits sur les réseaux (jour moyen)



Fig. 34. Répartition des débits sur les réseaux (jour de de pointe)

### 3.3.4. Temps de séjour

Le temps de séjour moyen dans le réseau peut être de l'ordre de quelques jours mais certains volumes d'eau **peuvent stagner plus d'une dizaine de jours dans des zones du réseau où l'écoulement est limité**. En effet, la modélisation a mis en évidence jusqu'à **12 jours de temps de séjour en extrémité de réseaux, ce qui est très important**. La limite acceptable est de 3 à 4 jours maximum.

Le risque d'un temps de séjour élevé est de **favoriser le développement bactérien** ainsi que la constitution d'un biofilm. Des apparitions de **gout et d'odeur aux robinets** des abonnés est également une conséquence de ce temps de séjour important.

**Les temps de séjour moyen dans le réservoir sont de 7 jours, ce qui est déjà important. Les temps de séjour sur la commune sont beaucoup trop long allant de 7 à 12 jours, en moyenne 8.3 jours. Le volume du réservoir est surdimensionné compte-tenu des besoins de la collectivité.**

*Remarque : le volume utile du réservoir (130m<sup>3</sup>) serait renouvelé en 3 à 4 jours si le marnage du réservoir était plus prononcé ce qui diminuerait les temps de séjours globaux.*

La présence de temps de séjours élevés en extrémité s'explique par la présence de linéaires de canalisations conséquents pour peu d'abonnés. C'est notamment le cas sur les extrémités isolées de réseau qui sont assez faibles.

**Les zones en extrémités de réseaux et à temps de séjour limite sont :**

- **Rue du Pâquis 10 jours**
- **Extrémité rue des moulins 11.6 jours**
- **Route de Gignéville 8 jours**
- **Rue de la Chalade 7.4 jours**

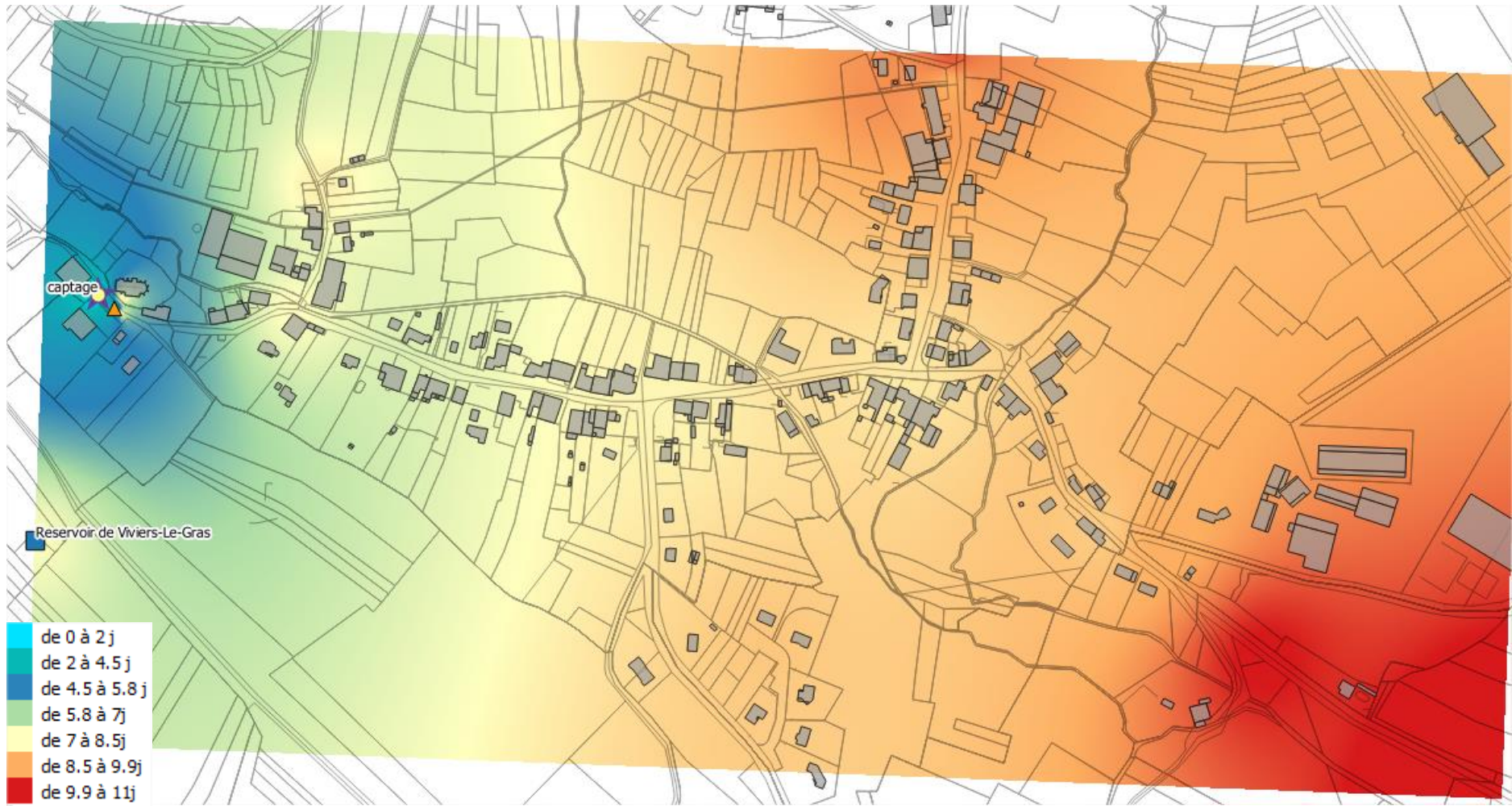


Fig. 35. Temps de séjour moyens

### ***3.3.5. Problématique des chlorures de vinyles monomères***

Depuis octobre 2013, l'ARS ainsi que les préfets ont, par application de l'instruction DGS/EA4/2012/366, à repérer les canalisations susceptibles de contenir du chlorure de vinyle monomère (CVM) résiduel qui risque de migrer vers l'eau destinée à la consommation humaine.

**Cette problématique concerne majoritairement les réseaux PVC antérieurs à 1980 qui possède un temps de séjour de plus de 48h.**

Le réseau de la commune est composé à 100% de PVC cependant, aucune données sur l'âge des matériaux n'existe. Il est uniquement connu un renouvellement partiel des réseaux dans les années 1990.

**Ne pouvant pas estimer l'âge du réseau, le risque de contamination de l'eau par les chlorures de vinyles monomères est donc estimé présent sur toute la commune.**

### ***3.3.6. Test de réalimentation directe par la bêche de pompage***

Dans le cas d'une rupture sur la canalisation de distribution du réservoir, il est possible d'alimenter la commune uniquement par le by-passe de la station de pompage. Cependant, certains secteurs n'auront plus la pression suffisante pour les alimenter en eau potable.

**Dans ce cas critique, environ 60% de la commune peut encore avoir être alimenté directement par la source (61 abonnés sur 103).**

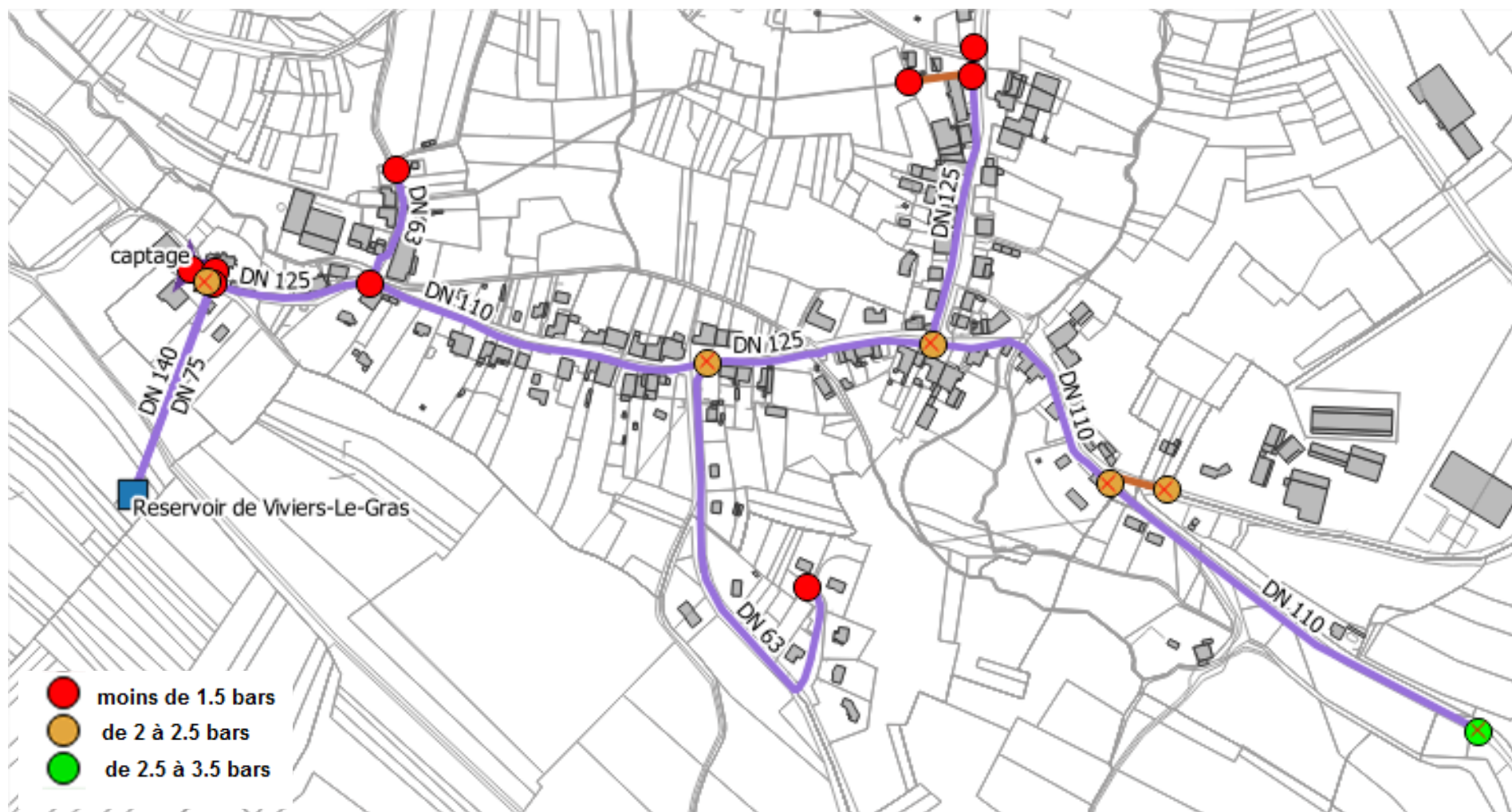


Fig. 36. Répartition de la pression en cas de rupture de canalisation de distribution (alimentation par la source directement) en bars