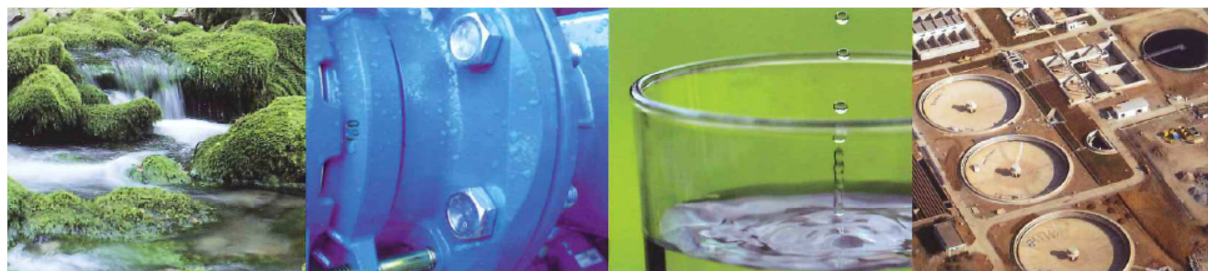


IRH Ingénieur Conseil



Commune de Goetzenbruck

Etude-diagnostic du système d'alimentation en eau potable

(57 - Moselle)

Phase 2 Description des désordres constatés et solutions apportées Rapport provisoire Avril 2014

FICHE SIGNALÉTIQUE

CLIENT

- ◆ Raison sociale → Commune de GOETZENBRUCK
- ◆ Coordonnées → 8 rue de la Harpe - 57620 GOETZENBRUCK
- ◆ Groupe →
- ◆ Activité → Eau Potable Collectivités Locales
- ◆ Milieu → Eau

SITE D'INTERVENTION

- ◆ Raison sociale → Commune de GOETZENBRUCK
- ◆ Coordonnées → 8 rue de la Harpe - 57620 GOETZENBRUCK
- ◆ Groupe →
- ◆ Activité → Collectivité locale
- ◆ Milieu → Eau Potable

DOCUMENT

- ◆ Type → Rapport d'étude
- ◆ Intitulé → Etude-diagnostic du système d'alimentation en eau potable
- ◆ Nomenclature → R-DED12063EH
- ◆ Révision → 0
- ◆ Nombre d'exemplaires remis → 1
- ◆ Destinataire → Mairie de GOETZENBRUCK
- ◆ Pièces jointes →
- ◆ Numéro d'affaire → DED12063EH
- ◆ Date de remise → Avril 2014

CONTROLE QUALITE

	Nom	Fonction	Date
Rédaction	Salomé PERSELLO	Chargée d'études	Avril 2014
Vérification			

MOTS-CLES

**Eau potable - Réseau - Diagnostic - Modélisation - Pression - Ressource
GOETZENBRUCK - Moselle**

SOMMAIRE

4	Améliorations sur le réseau	5
4.3	Traitement de l'eau	5
4.3.1	Contexte actuel	5
4.3.2	Mesures et simulations (LPL Win)	5
4.3.3	Désinfection	9
4.4	Campagne de mesures	9
4.4.1	Marnage des réservoirs	9
4.4.2	Débits mis en œuvre	9
4.4.3	Pressions de service	10
4.5	Sectorisation du réseau et recherche de fuites	11
4.5.1	Préparation de la campagne de sectorisation	11
4.5.2	Résultats, interprétation et suites à donner à la pré-localisation des fuites	13
4.6	Sécurisation du réseau	13
4.7	Modélisation hydraulique du système AEP	14
4.7.1	L'intérêt d'une modélisation	14
4.7.2	Réalisation de la modélisation	15
4.7.3	Calage du modèle hydraulique	18
4.7.4	Résultats de simulations	20
4.7.5	Scénario d'interconnexion via Lemberg	22

Table des illustrations

Figure 1: Simulation à partir de l'eau brute (LPL Win).....	5
Figure 2: Simulation pour l'eau traitée (LPL Win).....	6
Figure 3: Simulation d'atteinte des objectifs (LPL Win).....	8
Figure 4: Simulation d'injection de soude en fin de traitement (LPL Win).....	8
Figure 5: variation journalière moyenne de la hauteur d'eau des réservoirs de Goetzenbruck	9
Figure 6: répartition journalière moyenne des débits vers le réservoir de Goetzenbruck	10
Figure 7: répartition journalière moyenne des débits vers le réseau surpressé de Goetzenbruck.....	10
Figure 8: Carte de sectorisation du réseau de Goetzenbruck	12
Figure 9: Profil de l'interconnexion à Lemberg.....	14
Figure 10: Ossature du modèle hydraulique de Goetzenbruck	16
Figure 11: Répartition des demandes moyennes en eau par rues.....	16
Figure 12: courbe de modulation de la demande en eau.....	17
Figure 13: Courbes de calage des marnages	18
Figure 14: Courbes de calage des surpressions.....	18
Figure 15: Courbes de calage des points de pression	19
Figure 16: Cartographie des valeurs de pressions maximum et minimum	20
Figure 17: Cartographie des vitesses maximales de passage dans les conduites.....	21
Figure 18: Cartographie des temps de séjour dans les conduites.....	22

4 AMELIORATIONS SUR LE RESEAU

4.3 TRAITEMENT DE L'EAU

4.3.1 Contexte actuel

L'arrêté préfectoral du 7 mai 1996 demandait des travaux de mise en conformité qualitatif vis-à-vis de l'utilisation à des fins de consommation humaine des eaux prélevées. Ceux-ci consistaient notamment en la construction d'une station de neutralisation des eaux de forage dans un délai de deux ans. Selon l'article 16, « l'eau subira un traitement par neutralisation avant sa distribution ».

La station a été construite en 1999, mais vis-à-vis de l'équilibre calco carbonique, les objectifs de traitement ne sont pas atteints (§ 2.1.3).

4.3.2 Mesures et simulations (LPL Win)

4.3.2.1 Simulation à partir de l'eau brute

	Valeur	Unité	en me/l		Résultats	Unité	Equilibres	Ca Cst.	Marbre	Unité
Température	10.6	°C		Σ Cations	0,559	me/l	pH	9,87	8,41	
Conductivité	c 69.0	µS/cm		Σ Anions	0,719	me/l	ΔCaCO₃		57,051	mg/l
pH	6.3			Balance	25,	%	TAC	1,99	7,695	°F
TH	c 1.91	°F	0.382	λ	-0,062		H ₂ CO ₃ [*]	0,006	1,021	mg/l
TA		°F		H ₂ CO ₃ [*]	35,379	mg/l	HCO ₃ ⁻	14,853	92,114	mg/l
TAC	2.1	°F	0.42	HCO ₃ ⁻	24,309	mg/l	CO ₃ ²⁻	3,929	0,901	mg/l
CO ₂ libre	c 25.108	mg/l	0.571	CO ₃ ²⁻	0,002	mg/l	CO ₂ Total	0,309	1,54	mM/l
Calcium	5.5	mg/l	0.275	CO ₂ Total	0,969	mM/l	ΔCO₂t	-0,66	0,571	mM/l
Magnésium	1.3	mg/l	0.107	SatuRatio	0,0		Calcium	5,5	28,32	mg/l
Sodium	2.6	mg/l	0.113	Type	Agressive					
Potassium	2.5	mg/l	0.064	Nom:						
Chlorure	5	mg/l	0.141							
Sulfate	5.7	mg/l	0.119							
Nitrate	3.8	mg/l	0.061							

Figure 1: Simulation à partir de l'eau brute (LPL Win)

La conductivité de l'eau brute est de 69 µS/cm, la valeur cible à atteindre pour l'eau potable étant de 200 µS/cm. Selon les caractéristiques de l'eau brute, le pH d'équilibre à atteindre est de 8,41.

4.3.2.2 Simulation pour l'eau traitée - situation actuelle

	Valeur	Unité	en me/l
Température	11	°C	
Conductivité	162.3	µS/cm	
pH	8.08		
TH	7.63	°F	1.526
TA		°F	
TAC	6.87	°F	1.374
CO ₂ libre	1.365	mg/l	0.031
Calcium	24.4	mg/l	1.22
Magnésium	3	mg/l	0.247
Sodium	2.6	mg/l	0.113
Potassium	2.5	mg/l	0.064
Chlorure	5	mg/l	0.141
Sulfate	5.7	mg/l	0.119
Nitrate	3.8	mg/l	0.061

	Résultats	Unité
Σ Cations	1,644	me/l
Σ Anions	1,677	me/l
Balance	2,	%
λ	-0,068	
H ₂ CO ₃ *	1,924	mg/l
HCO ₃ ⁻	81,944	mg/l
CO ₃ ²⁻	0,379	mg/l
CO ₂ Total	1,381	mM/l
Saturatio	0,371	
Type	Agressive	

Equilibres	Ca Cst.	Marbre	Unité
pH	8,52	8,48	
ΔCaCO ₃		2,902	mg/l
TAC	6,782	7,072	°F
H ₂ CO ₃ *	0,69	0,786	mg/l
HCO ₃ ⁻	80,592	84,292	mg/l
CO ₃ ²⁻	1,022	0,982	mg/l
CO ₂ Total	1,349	1,41	mM/l
ΔCO ₂ t	-0,031	0,029	mM/l
Calcium	24,4	25,561	mg/l

Figure 2: Simulation pour l'eau traitée (LPL Win)

Le pH est de 8,08 au lieu de 8,48 en théorie à l'équilibre. La conductivité est de 162,3 µS/cm. Après traitement, l'eau est donc encore agressive mais n'est plus corrosive. Elle n'atteint pas l'équilibre calco carbonique.

4.3.2.3 Temps de contact

Un calcul du temps de contact est fait avec les hypothèses de calcul suivantes :

- un débit de 30 m³/h,
- une durée de fonctionnement moyenne de 8h/j environ (situation actuelle),
- une hauteur de matériau filtrant avant recharge de 2,11 m,
- une hauteur de matériau filtrant après recharge de 2,26 m.

Dans ces conditions, le temps de contact est toujours supérieur à 30 minutes.

Hauteur de matériau filtrant (m)	Temps de contact (min)
2,11	30
2,26	32

4.3.2.4 Consommation de matériau filtrant

D'après les simulations LPLWin, le taux de traitement actuel est de 55 mg CaCO₃/l ce qui correspond à une consommation de 0.37 m³ de matériau filtrant par mois ou 400 kg de Timalite par mois.

La recharge est estimée à 3 mois de fonctionnement soit 0.15 m de matériau consommé.

4.3.2.5 Atteinte des objectifs

Les performances de traitement n'étant pas atteintes, deux causes sont identifiées :

- l'aération de l'eau avant filtration,
- le mode de fonctionnement.

La première modification à apporter à l'installation est de supprimer la pulvérisation en tête. En effet, l'eau brute ne contient pas assez de CO₂ pour permettre d'atteindre la conductivité minimale de 200 µS/cm à 25°C.

Une injection de CO₂ en amont de la filtration est indispensable, et permettrait de reminéraliser l'eau de façon à atteindre l'objectif minimal de conductivité de 200 µS/cm à 25 °C. Le maintien de la pulvérisation obligera à injecter plus de CO₂.

Le TAC de l'eau brute étant très faible et compte tenu de la consommation en eau potable de la commune, la réduction du débit à 16 m³/h est fortement conseillée.

Le débit de traitement abaissé à 16 m³/h avec un temps de fonctionnement de 15 heures par jour (20 heures sur la pointe) permettrait un temps de contact serait supérieur à 55 minutes.

Le filtre actuel peut fonctionner sans modification avec l'utilisation de Timalite. Dans le cas d'un passage au calcaire terrestre, il sera nécessaire de faire procéder notamment à un calcul de la résistance du plancher et de son aptitude à pouvoir supporter 2.26 m de calcaire terrestre à une densité de 1.8. Il faudra également procéder à la vérification du bon fonctionnement des annexes de lavage (pompes et surpresseur) avec le nouveau matériau.

Il est conseillé de mettre en place, à l'intérieur du filtre, deux repères de niveau haut et bas permettant de gérer de manière optimale la recharge en calcaire.

Le dimensionnement présenté ci-après, intègre la suppression de la pulvérisation.

La filière de traitement à mettre en œuvre comprendra donc :

- Une injection de CO₂ en tête ;
- Une filtration sur calcaire terrestre ;
- Un affinage final à la soude.

L'utilisation de soude comporte des risques du fait de sa nature fortement corrosive et n'est pas simple d'utilisation lorsqu'elle est à forte concentration. Cette configuration nécessite également de maintenir le local à une température constante toute l'année et supérieure à 15 °C pour ne pas faire cristalliser la soude, Cette contrainte reste cependant possible grâce à la présence d'un radiateur électrique dans le local. Une solution alternative, moins dangereuse est possible avec une injection de carbonate de sodium.

La simulation de traitement donne les résultats suivants :

The screenshot shows a software window titled "Eau: 1 Etape: 1 LPWIN 42019077". It contains several data tables and control buttons.

	Valeur	Unité	en me/l
Température	10.6	°C	
Conductivité	69.0	µS/cm	
pH	6.13		
TH	1.91	°F	0.382
TA		°F	
TAC	1.99	°F	0.398
CO ₂ libre	37.097	mg/l	0.843
Calcium	5.5	mg/l	0.275
Magnésium	1.3	mg/l	0.107
Sodium	2.6	mg/l	0.113
Potassium	2.5	mg/l	0.064
Chlorure	5.	mg/l	0.141
Sulfate	5.7	mg/l	0.119
Nitrate	3.8	mg/l	0.061

	Résultats	Unité
Σ Cations	0.559	me/l
Σ Anions	0.719	me/l
Balance	25.	%
λ	-0.062	
H ₂ CO ₃ *	52.272	mg/l
HCO ₃ ⁻	24.325	mg/l
CO ₃ ²⁻	0.001	mg/l
CO ₂ Total	1.242	mM/l
SatuRatio	0.0	
Type	Agressive	

Equilibres	Ca Cst.	Marbre	Unité
pH	9.87	8.17	
ΔCaCO ₃		81.824	mg/l
TAC	1.99	10.173	°F
H ₂ CO ₃ *	0.006	2.345	mg/l
HCO ₃ ⁻	14.853	122.578	mg/l
CO ₃ ²⁻	3.929	0.705	mg/l
CO ₂ Total	0.309	2.06	mM/l
ΔCO ₂ t	-0.933	0.818	mM/l
Calcium	5.5	38.23	mg/l

Additional controls and settings shown in the interface:

- Buttons: Traiter..., Imprimer, Tracer..., Fermer
- File path: Fichier: O:\LCA\Etudes\Affaires\EH\DED12063
- Mode: Mode de dosage du T.A.C.
- Indices et Constantes

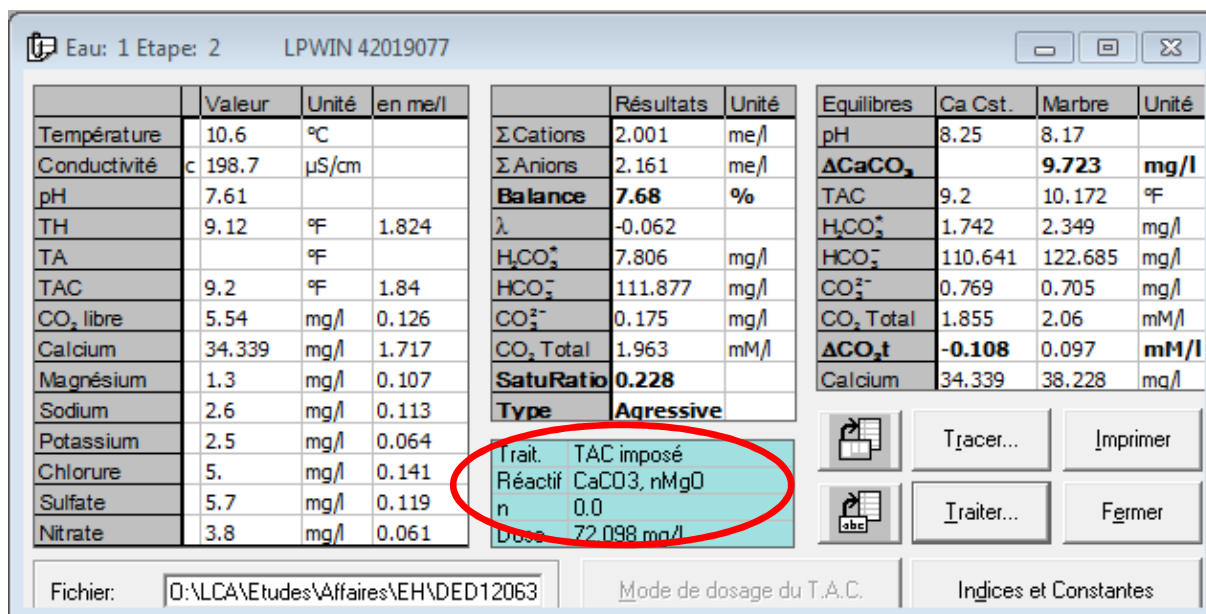


Figure 3: Simulation d'atteinte des objectifs (LPL Win)

En réalité, cet équilibre n'est pas atteint lors d'une percolation sur calcaire, comme le montre la qualité de l'eau traitée actuellement (dû à la cinétique de dissolution du calcaire). Il est alors nécessaire d'effectuer un traitement d'affinage complémentaire pour atteindre l'équilibre calco carbonique, le plus souvent fait à la soude.

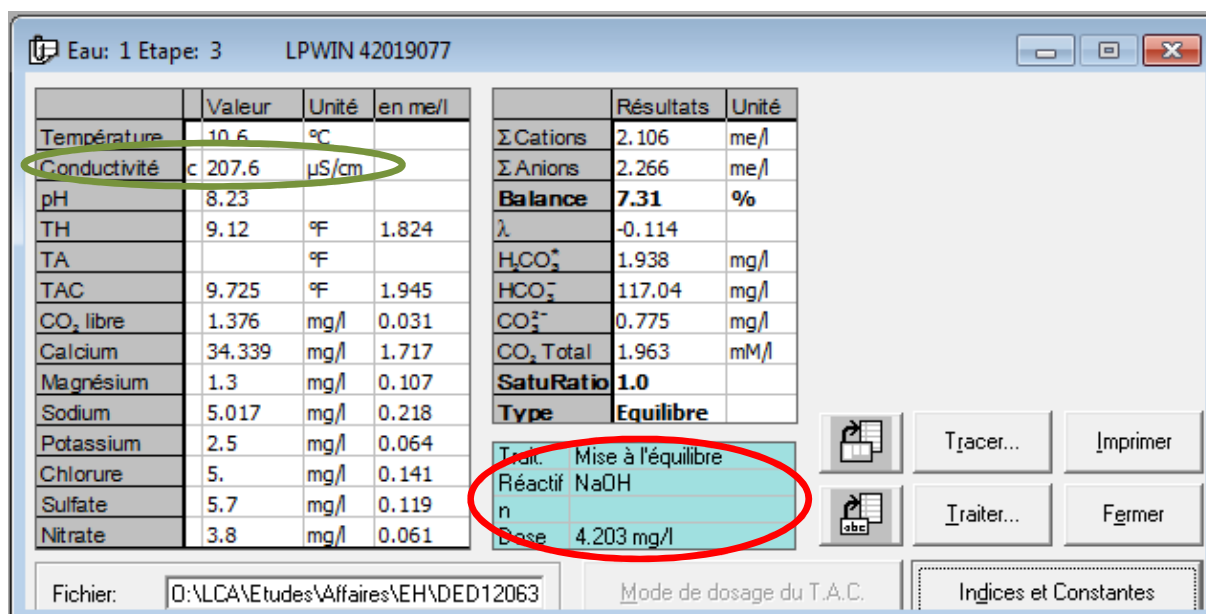


Figure 4: Simulation d'injection de soude en fin de traitement (LPL Win)

On atteint une conductivité de 207,6 µS/cm et un pH de 8,23, ce qui correspond aux objectifs de traitement. La consommation en CO₂ représente 158 kg/mois. L'injection de soude correspond à une consommation de 123 l/mois. Elle permet d'atteindre l'équilibre calco carbonique et les objectifs quant à la conductivité et au pH.

4.3.3 Désinfection

Un léger résiduel de chlore dans le réseau permettrait de protéger ce dernier, et d'éviter des contaminations lors de travaux ou d'intrusions d'eau par dépression.

Nous rappelons qu'il est impératif, après des travaux sur le réseau, de le purger avant la remise en service.

Une chloration est préconisée par le plan Vigipirate, à raison de 0,3 mg/l de chlore libre à la sortie du réservoir et de 0,1 mg/l en tout point du réseau (Circulaire DGS/SD7A n° 2003-524/DE/19-03).

Précisons qu'une circulaire ne constitue pas une obligation réglementaire, mais bien des préconisations, ici en vue de la protection contre le risque d'une contamination criminelle du réseau, par des agents biologiques, telle la toxine botulique. Il est donc de la libre appréciation du distributeur d'eau de suivre ou non ces préconisations.

4.4 CAMPAGNE DE MESURES

La campagne de mesures s'est déroulée sur la période du 25 octobre 2012 au 07 novembre 2012. L'équipement des différentes installations a permis de mesurer les marnages des réservoirs, les débits mis en œuvre sur le réseau et les pressions de service.

L'ensemble des fiches mesures sont disponibles en annexes.

4.4.1 Marnage des réservoirs

Les deux réserves d'eau de la commune ont été équipées d'une sonde de niveau. Cette mesure piézométrique des variations de la hauteur d'eau dans la cuve d'un réservoir, dit marnage, permet d'accéder au volume exploité réellement.

Si la géométrie du réservoir est inadaptée, ou si les conditions de mélange de l'eau sont mal conçues, il se créera des zones de by-pass et des zones d'eau morte avec des risques de dégradation de la qualité d'eau.

La bache de reprise située au niveau de la station de traitement :

Les mesures réalisées sur cet ouvrage nous ont montrées un temps de séjour maximum de 19h. Le marnage de cette bache est de 0,70 m.

Le réservoir de Goetzenbruck au niveau de la station de surpression :

Les mesures réalisées lors de notre campagne montrent un temps de séjour maximum de 21h et un marnage de 1,19 m.

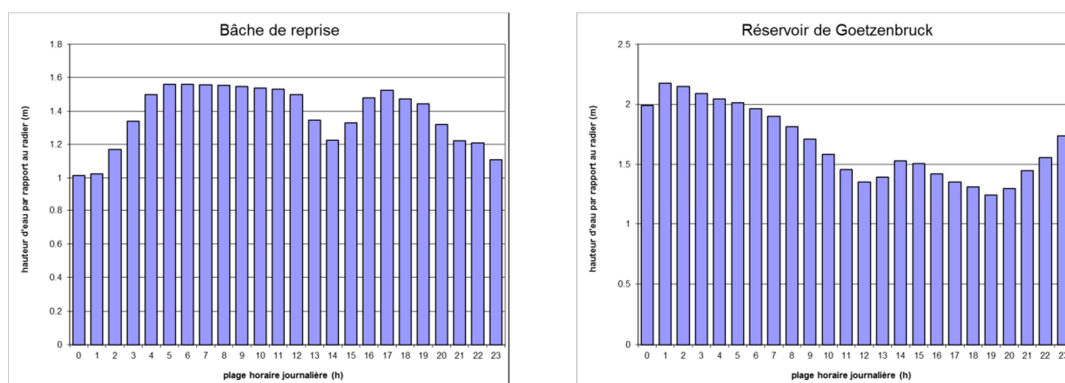


Figure 5: variation journalière moyenne de la hauteur d'eau des réservoirs de Goetzenbruck

4.4.2 Débits mis en œuvre

Les consommations d'eau sont a priori nulles la nuit de 2h à 4h, pour un secteur sans activités industrielles, hormis certains puisages nocturnes (machines à laver, laves vaisselle programmés aux heures creuses EDF...)

Les débits nocturnes mesurés reflèteraient alors les fuites en réseau.

Les trois compteurs principaux ont été équipés de tête émettrice pour un enregistrement des fluctuations de la demande en eau.

Le compteur de la pompe de refoulement n°1 vers le réservoir :

L'allure principale sur l'ensemble de la campagne de mesures est rythmée par 2 pics significatifs, le premier du temps de repas de midi (de 11h à 15h) et le second en fin de journée (de 17h à 23h voire jusqu'à 2h). Cela correspond à une consommation type d'une zone d'habitations.

Le compteur de la pompe de refoulement n°2 vers le réservoir :

L'analyse est similaire au compteur n°1.

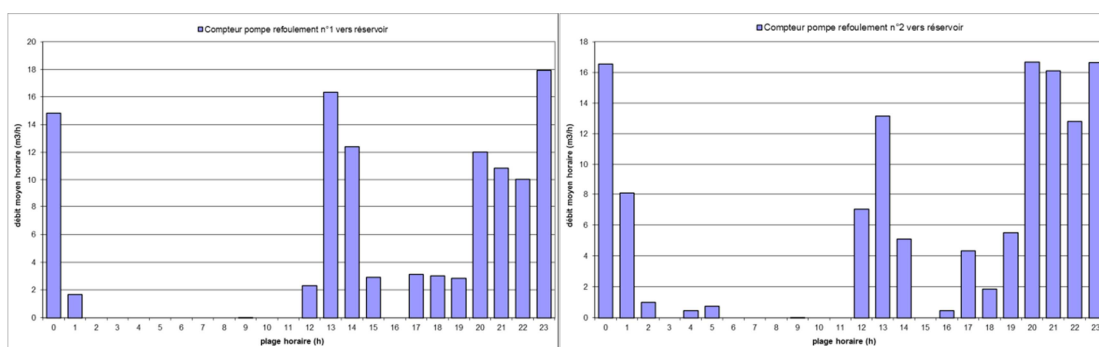


Figure 6: répartition journalière moyenne des débits vers le réservoir de Goetzenbruck

Le compteur au niveau du surpresseur de Goetzenbruck :

La consommation est répartie sur l'ensemble de la journée, les pics ne sont pas récurrents. Un bruit de fond est constant, même la nuit ce qui traduit des fuites et/ou un disfonctionnement de la mise en distribution.

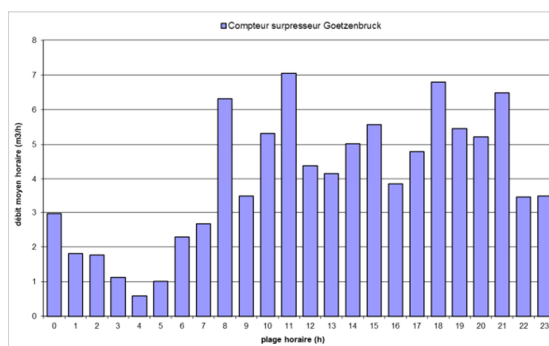


Figure 7: répartition journalière moyenne des débits vers le réseau surpressé de Goetzenbruck

4.4.3 Pressions de service

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 les 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.

Par contre 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 bars.

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.

Dix mesures de pressions en continue ont été menées sur la période de la campagne de mesures :

N° du point	Localisation	Altitude (mNGF)	Pression moyenne mesurée (bar)	Commentaire réseau
PI 1	Rue des Genêts	429	2.14	Surpressé Goetzenbruck
PI 5	Rue de Bitche	368	5.93	Gravitaire
PI 8	Zone d'activités	403	2.63	Gravitaire
PI 15	Rue Schweizenberg	378	5.22	Gravitaire
PI 16	Rue d'Ingwiller	381	4.83	Surpressé Goetzenbruck
PI 23	Rue d'Ingwiller	418	3.25	Surpressé Goetzenbruck
PI 25	Rue Haute	419	3.29	Surpressé Goetzenbruck
PI 29	Rue Weisserpuhl	424	2.66	Surpressé Goetzenbruck
PI 31	Rue de Mouterhouse	272	5.77	Surpressé Althorn
PI Althorn	Station Althorn	271	-	Surpressé Althorn

L'ensemble des mesures sont cohérentes sauf le PI d'Althorn dont le capteur a lâché la mise sous pression en cours de campagne. Les données de ce point ne sont pas exploitables. Les jours 26-27-28/10/2012 seront exclus du calage pour le modèle hydraulique.

4.5 SECTORISATION DU RESEAU ET RECHERCHE DE FUITES

4.5.1 Préparation de la campagne de sectorisation

Principe de la sectorisation

La sectorisation d'un réseau d'alimentation en eau potable consiste à isoler des secteurs par fermetures de vannes (de l'aval vers l'amont) et mesurer simultanément le débit de nuit. Cela permet de quantifier, par secteur, les débits nocturnes qui sont assimilés à des fuites.

Les vannes sont fermées les unes après les autres, selon un protocole établi au préalable.

NB : Au préalable, cela nécessite une connaissance parfaite du réseau (tracé, positionnement des vannes, compteurs de sectorisation et leur adéquation), de s'être assuré du bon état de fonctionnement des vannes et de connaître les éventuelles consommations nocturnes (industrie fonctionnant la nuit ou usages agricoles...).

La sectorisation s'est déroulée durant la nuit du 2 au 3 juillet 2013.

Les principaux compteurs de mise en distribution ont été mis à contribution pour cette sectorisation.

15 secteurs ont été identifiés. Un plan de fermeture des vannes a été réalisé au préalable, basé sur le plan et les équipements du réseau. La définition des secteurs isolés est représentée sur la carte suivante :

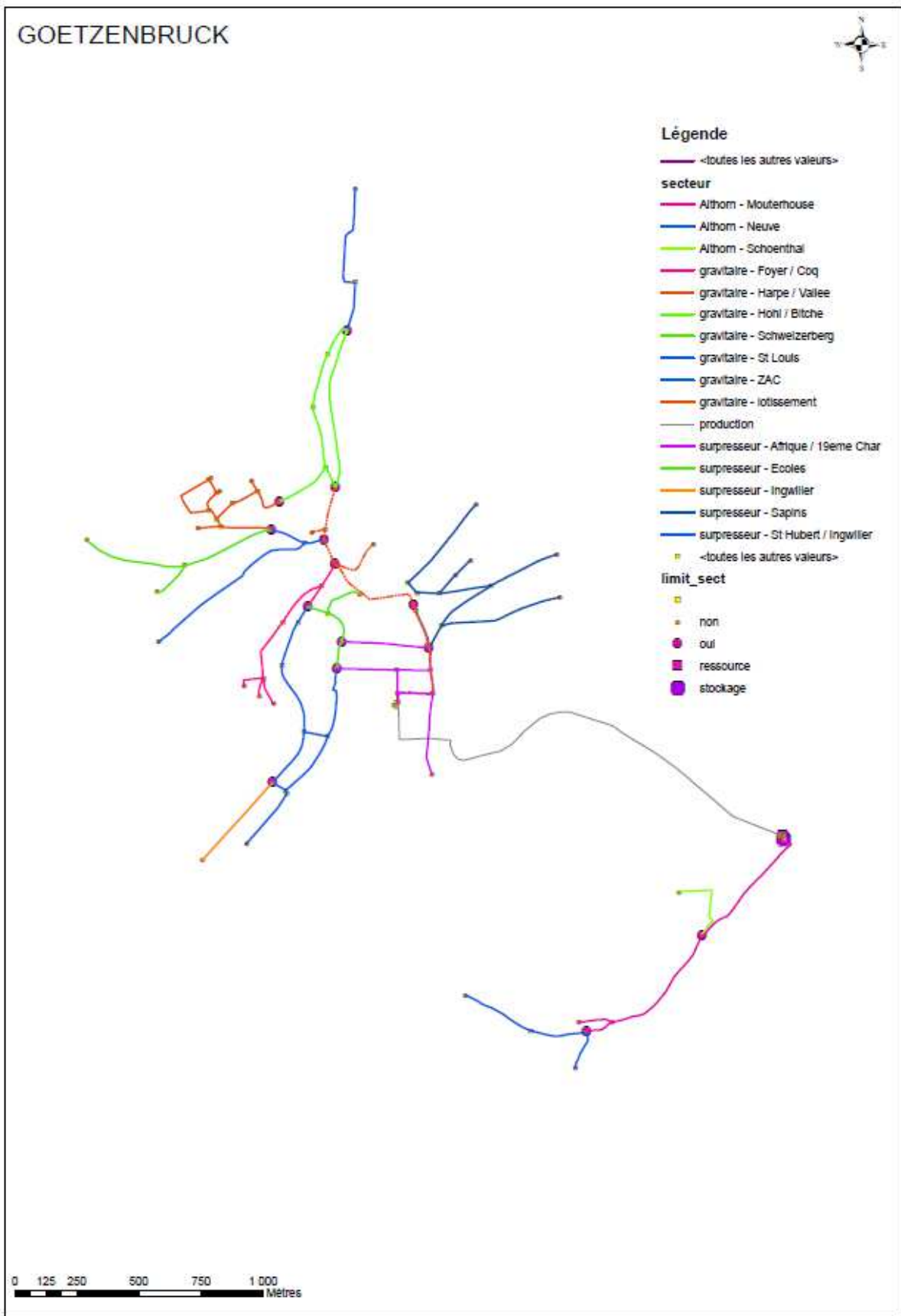


Figure 8: Carte de sectorisation du réseau de Goetzenbruck

4.5.2 Résultats, interprétation et suites à donner à la pré-localisation des fuites

La campagne de recherche de fuite sur le réseau d'eau potable a été faite par Hydr'eau Services dont voici les constatations :

« Une sectorisation de nuit s'est déroulée le 02 juillet 2013 afin de déterminer les secteurs fuyards sur le réseau surpressé et le réseau gravitaire.

Réseau surpressé :

Sur le compteur de distribution du réseau surpressé, nous avons constaté qu'il s'arrêtait ainsi que les pompes du surpresseur donc nous en déduisons qu'il n'y a aucune fuite sur ce secteur.

Réseau gravitaire :

Suite à la sectorisation sur ce réseau, nous avons déterminé le secteur fuyard, il se trouve sur la route de Saint-Louis.

Pendant la journée de recherche, nous avons approfondi les recherches sur ce secteur :

- 1 fuite sur le branchement de la station EDF ;
- 1 fuite sur la canalisation entre la vanne du pont et le bout du réseau, cette fuite étant introuvable au corrélateur étant donnée la distance sans point de contact et de la canalisation PVC entre ces deux points. La mise en place d'une vanne de sectionnement au milieu du tronçon serait nécessaire afin de pouvoir trouver la fuite avec la méthode du gaz traceur.

Pour conclure, je tiens à vous signaler un bon suivi du réseau par le personnel des services techniques de la commune de Goetzenbruck car il n'y a pas beaucoup de fuites. »

Suite à ça, un programme de travaux a été engagé sur la route de Saint-Louis courant 2013.

4.6 SECURISATION DU RESEAU

Comme précisé au paragraphe 2.2.3, le forage du Moulin d'Althorn est l'unique ressource de la commune de Goetzenbruck.

Actuellement, aucune interconnexion n'est en place sur le réseau. En termes de sécurisation, la commune ne peut pallier à une pollution et/ou un tarissement de la ressource. Un projet d'interconnexion a été étudié par le bureau d'études Valterra pour mettre en place une sécurisation via la commune limitrophe de Lemberg.

En attente de données complémentaires.

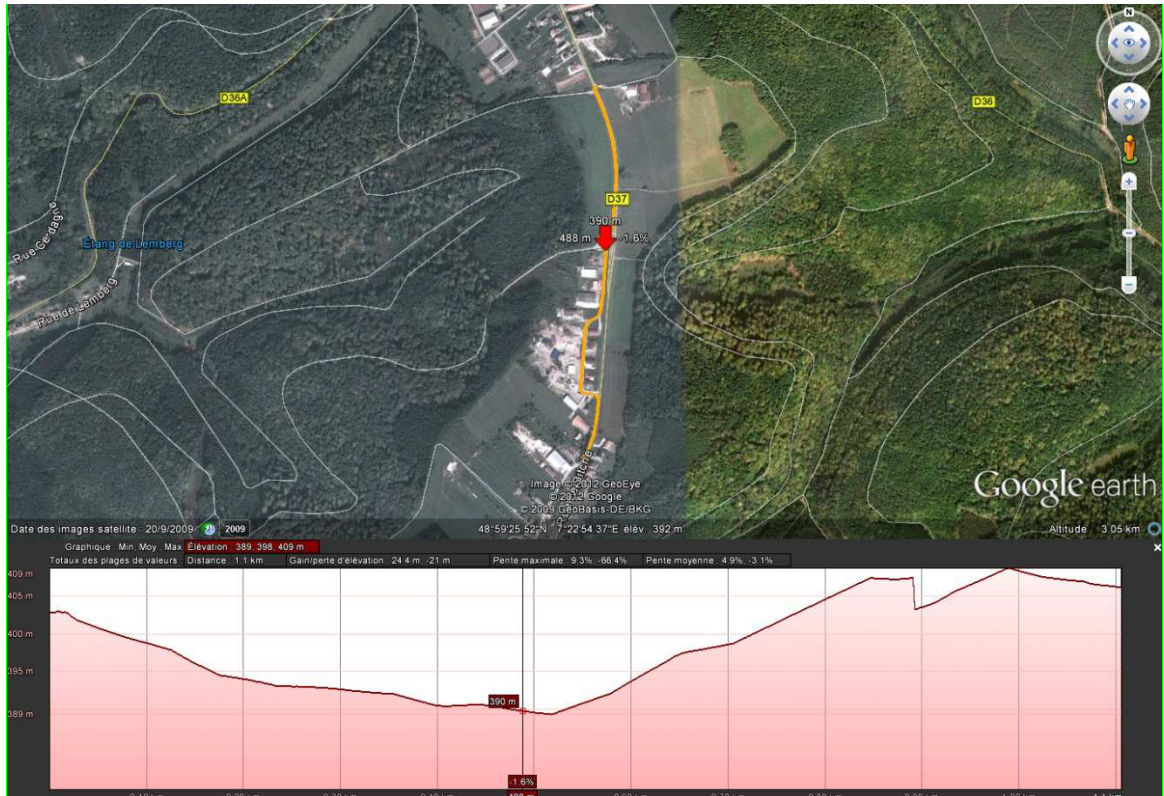


Figure 9: Profil de l'interconnexion à Lemberg

Les réseaux sont distants de 490 m, avec un avantage altimétrique (-14 m) d'apparence avantageux pour Goetzenbruck mais un dénivelé de 20 m est présent sur le profil du réseau existant de Goetzenbruck avec un linéaire à prendre en considération de 1100 m. Des aménagements lourds sont à prévoir pour pouvoir subvenir à une alimentation globale, à savoir remonter l'eau jusqu'au réservoir de Goetzenbruck et générer un by-pass pour redescendre ensuite l'eau jusqu'à la bête de reprise d'Althorn.

4.7 MODELISATION HYDRAULIQUE DU SYSTEME AEP

4.7.1 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.

Présentation du logiciel WATERGEMS

« WaterGEMS est une application multi-plate-forme pour la modélisation du comportement hydraulique et de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution. Interopérable, dotée d'une dimension géospatiale, de fonction d'optimisation et incluant des outils de gestion de patrimoine, cette application fournit aux utilisateurs un environnement facile à utiliser. Du contrôle des systèmes de la lutte contre les incendies à l'analyse de l'eau, de la consommation énergétique et à la gestion des coûts, WaterGEMS aide à concevoir et optimiser les réseaux de distribution d'eau. » (www.bentley.com)

4.7.2 Réalisation de la modélisation

4.7.2.1 Définition du système modélisé

L'ossature du réseau est créée à partir de la cartographie complétée et validé ainsi que les informations fournies par la commune.

Le réseau modélisé a été construit à l'aide du logiciel WATERGEMS en intégrant :

- l'ensemble des réseaux d'un diamètre supérieur à 50 mm,
- les organes de stockage, mise en distribution et régulation hydrauliques (réservoirs sur tour, stations de reprises, station de surpression, ...), ainsi que leurs contrôles et consignes de fonctionnement (indiquées par l'exploitant et vérifiées dans le cadre des campagnes de mesure de calage réalisées sur le réseau) ;
- les consommations en eau potable des abonnés fournies par les fichiers de facturation, modulées en journées moyennes de consommation ;
- les fuites calculées sur la base du rendement du réseau.

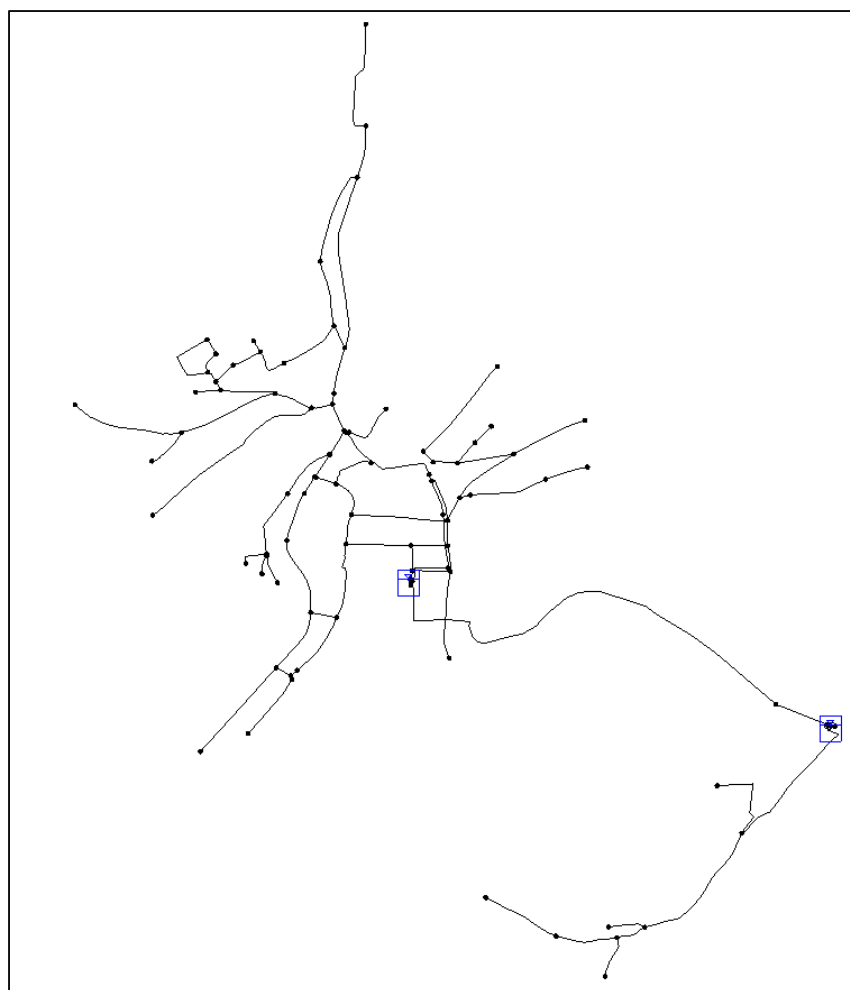


Figure 10: Ossature du modèle hydraulique de Goetzenbruck

4.7.2.2 Paramétrage et hypothèses

4.7.2.2.1 Les nœuds

Chaque nœud du réseau est caractérisé par des coordonnées X / Y (en Lambert 93) et une altitude. Les valeurs sont reportées depuis le relevé GPS, Géoportail et/ou Google Earth. La demande de base est également renseignée sur certains nœuds représentatifs suivant la décomposition faite aux paragraphes 3.1.2 et 3.1.3 de la phase 1 de cette étude.

<i>rue d'Afrique</i>	6.81 m ³ /j	<i>rue Harpe</i>	10.68 m ³ /j
<i>rue d'Alsace</i>	2.42 m ³ /j	<i>rue Haute</i>	3.57 m ³ /j
<i>rue de Bitche</i>	24.31 m ³ /j	<i>rue Holhl</i>	14.20 m ³ /j
<i>rue de la Forêt</i>	4.13 m ³ /j	<i>rue de la Montagne</i>	0.64 m ³ /j
<i>rue de la Vallée</i>	2.02 m ³ /j	<i>rue Mont des Genets</i>	1.83 m ³ /j
<i>rue des Bruyères</i>	5.41 m ³ /j	<i>rue Mouterhouse</i>	7.64 m ³ /j
<i>rue des Ecoles</i>	0.92 m ³ /j	<i>rue Neuve</i>	4.24 m ³ /j
<i>rue des Sapins</i>	4.20 m ³ /j	<i>rue Rouget de l'Isle</i>	1.68 m ³ /j
<i>rue d'Ingwiller</i>	49.36 m ³ /j	<i>rue Saint Hubert</i>	19.93 m ³ /j
<i>rue du 19ème Chars</i>	8.66 m ³ /j	<i>rue Saint Louis</i>	3.86 m ³ /j
<i>rue du Coq</i>	5.96 m ³ /j	<i>rue Schoenthal</i>	0.16 m ³ /j
<i>rue du Foyer</i>	2.83 m ³ /j	<i>rue Schweizerberg</i>	12.07 m ³ /j
<i>rue du Général de Gaulle</i>	2.16 m ³ /j	<i>rue Victor Hugo</i>	1.47 m ³ /j
<i>rue du Gros Chêne</i>	5.76 m ³ /j	<i>rue Weisserpuhl</i>	8.00 m ³ /j
<i>rue Erckmann Chatrian</i>	3.08 m ³ /j	<i>facturation extérieure</i>	7.90 m ³ /j

Figure 11: Répartition des demandes moyennes en eau par rues

4.7.2.2.1 Les tronçons

Chaque tronçon est caractérisé par sa longueur, son diamètre et sa rugosité relative au matériau.

Les rugosités ont été classées hiérarchiquement par rapport aux types de matériaux, 0.1 mm pour le PVC et 0.8 mm pour la fonte.

4.7.2.2.2 Les points spécifiques

- La courbe de modulation

On utilise une répartition type, représentative d'un habitat résidentiel.

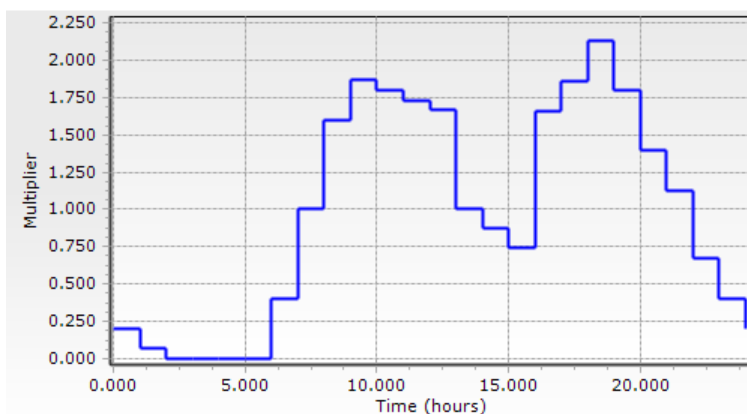


Figure 12: courbe de modulation de la demande en eau

- Les consignes de pompage

L'alimentation du réservoir de Goetzenbruck est assurée par le groupe de surpression G1 et G1 à la station d'Althorn. Le fonctionnement est fait en alternance sur les plages horaires de 14h à 17h et de 21h à 3h. Les caractéristiques des pompes sont renseignées à 42 m³/h pour 215 mHMT.

Une partie de la mise en distribution de Goetzenbruck est faite via le surpresseur accolé au réservoir. La consigne de fonctionnement est fixée à 2 bars de pression de service. Les caractéristiques du groupe de 4 pompes identiques sont renseignées à 16 m³/h pour 34.4 mHMT.

La mise en distribution vers Althorn est surpressée directement depuis la bache d'eau traitée de la station. La consigne de fonctionnement est fixée à 6 bars de pression de service. Les caractéristiques des deux pompes sont les mêmes, renseignées à 17 m³/h pour 77.9 mHMT.

- La répartition des fuites

L'intégration des fuites en ligne est faite de façon théorique avec une estimation du rendement du réseau à 63% (avant sectorisation et recherche de fuite faites en 2013).

Soit un ratio du volume produit théorique à 344 m³/j. Le volume de fuites représente donc 128.5 m³/j à répartir sur l'ensemble du réseau.

4.7.2.3 Premiers résultats

L'entretien des réseaux est un facteur important. Les interventions sur réseau doivent être réalisées selon les règles de l'art (désinfection des forets pour les prises en charge, nettoyage du réseau avant mise en eau).

Un maintien d'un taux de fuite suffisamment bas est également un facteur de limitation des risques de pollution d'un réseau AEP. Un réseau fuyard peut aboutir en cas de mise en dépression (par tirage de PI par exemple) à une aspiration d'éléments extérieurs au terrain et à une pollution du réseau.

Une simulation est faite sur 2 jours (48 heures), permettant de stabiliser le système le cas échéant.

La balance en eau est correcte pour procéder au calage.

Il est à noter que le maillage entre la rue d'Ingwiller et la rue de Bitche est fermé.

4.7.3 Calage du modèle hydraulique

Le modèle construit a ensuite été calé à partir des résultats de campagnes de mesures en vue d'évaluer d'éventuelles anomalies hydrauliques structurales ou fonctionnelles (pertes de charge ponctuelles, vannes fermées, ...) pouvant induire des fonctionnements particuliers du réseau.

La variation journalière de la demande est caractérisée par le marnage des réservoirs du système. Le calage est effectué avec une précision moyenne de l'ordre de 10 %.

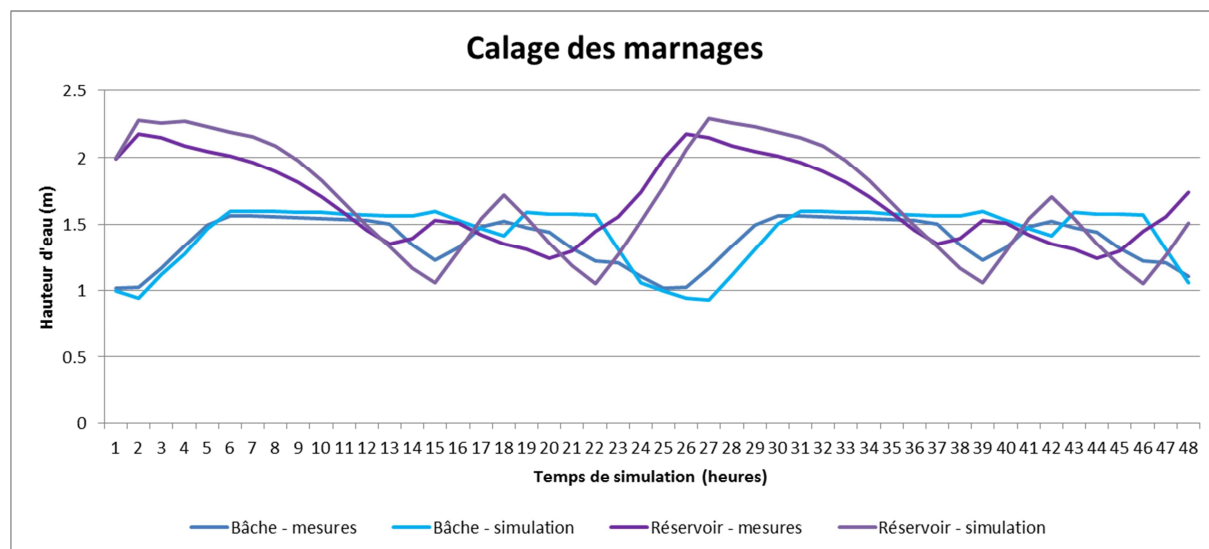


Figure 13: Courbes de calage des marnages

En terme de volumes, le modèle permet globalement de bien reproduire le fonctionnement du réseau, la différence enregistrée en volume global étant inférieure à 5%.

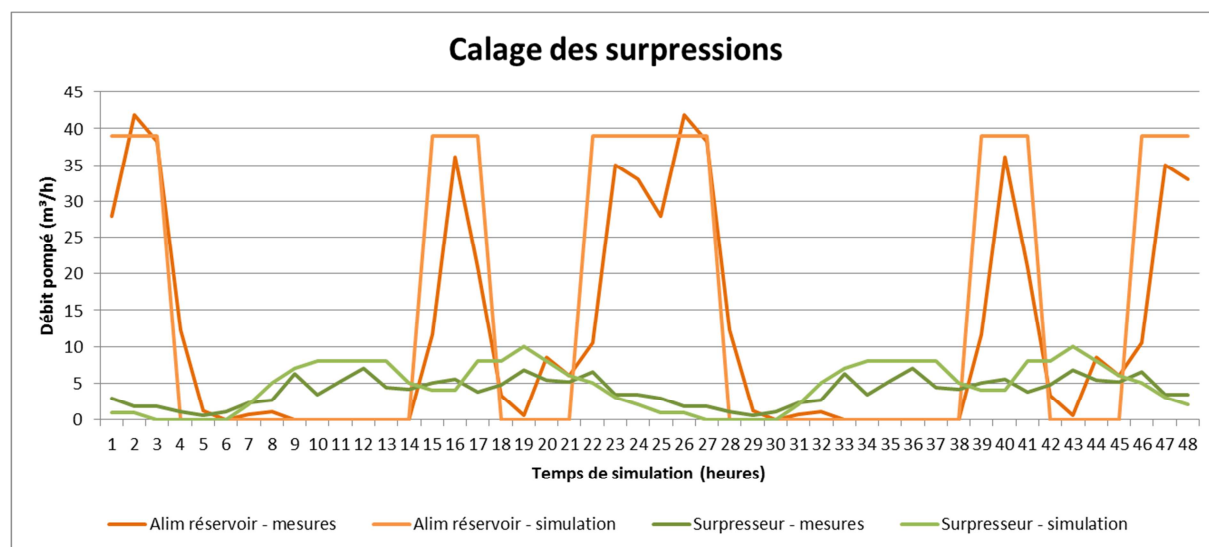


Figure 14: Courbes de calage des surpressions

Le modèle permet de bien reproduire les variations des pressions au niveau du réseau. Les lignes piézométriques sont calées avec une précision de l'ordre de 5 mètres maximum et 3 mètres en moyenne (0,5 et 0,3 bar).

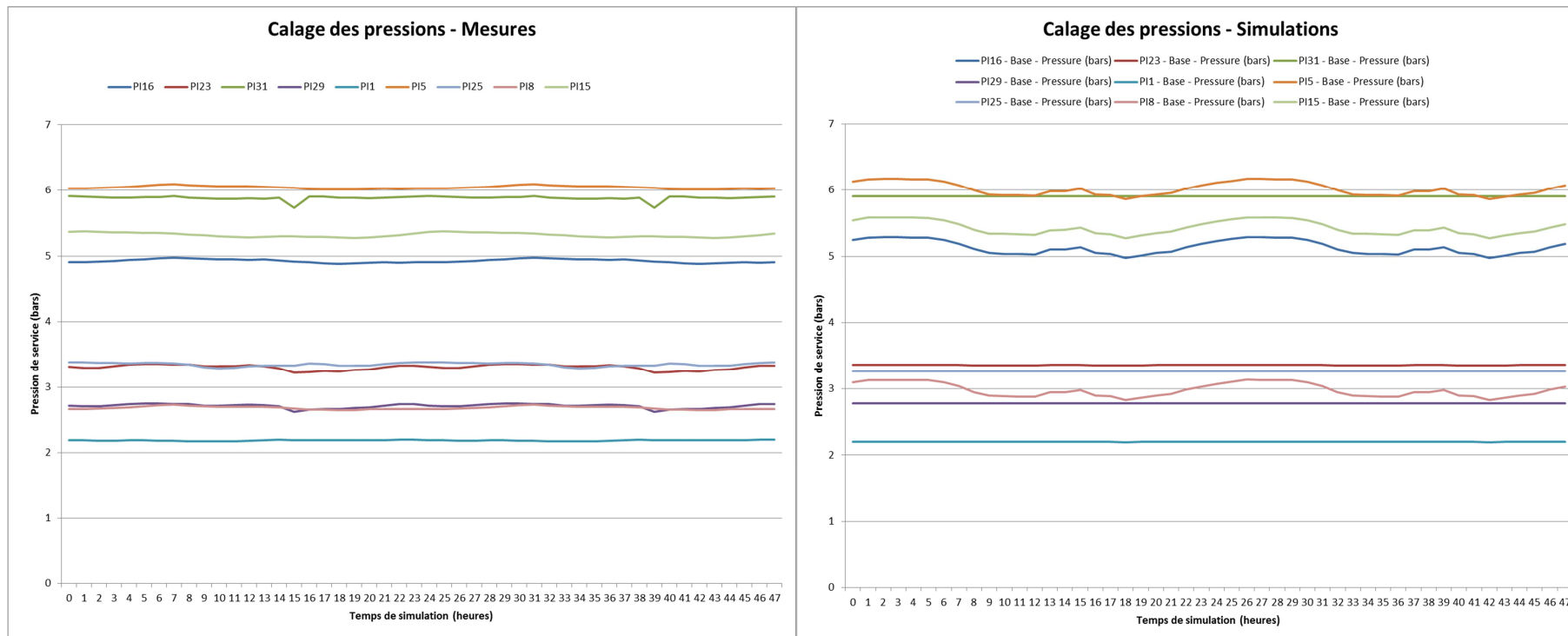


Figure 15: Courbes de calage des points de pression

4.7.4 Résultats de simulations

4.7.4.1 Pression de service

Dans l'ensemble, les plages de pressions de service sont correctes, relatives à l'altimétrie du secteur ou aux consignes de mise en surpression.

Secteur (Rues)	Pression min	Pression max
Nord (Bitche, Hohl, Gros Chêne, Victor Hugo)	2 bars	4 bars
Centre-Ouest (Schweizerberg, Saint-Louis, Harpe, Vallée, Foyer, Coq)	4 bars	6 bars
Centre-Est et Sud (Ingwiller, Saint-Hubert, quartier Sarreinsberg)	2 bars	4 bars
Althorn	4 bars	6 bars

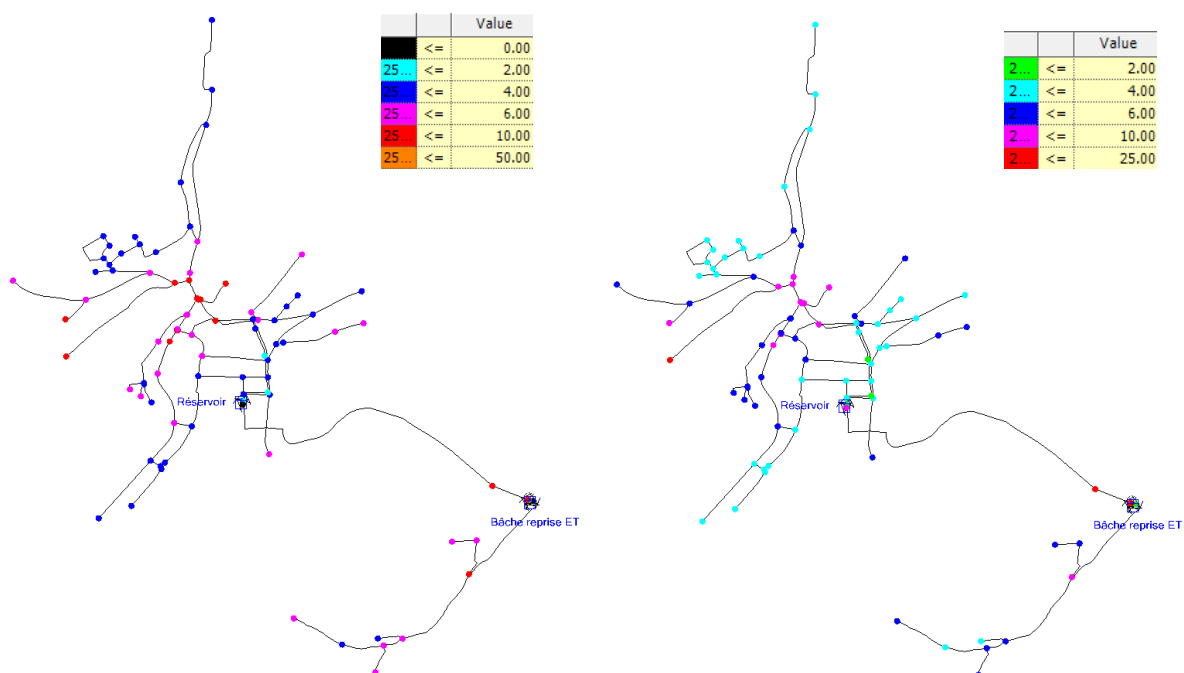


Figure 16: Cartographie des valeurs de pressions maximum et minimum

Les pics de pression supérieurs à 6 bars sont ponctuels et non représentatifs du régime permanent du réseau de distribution.

4.7.4.2 Vitesse d'écoulement

De faibles vitesses d'écoulement et de stagnation, favorisant corrosion et dépôt, apparaissent dès que la vitesse de l'eau est inférieure à 0,01 m/s et disparaissent au delà de 0,1 m/s. Sans organisation de purge volontaire, des dépôts sont susceptibles de se produire dans ces conduites.

Il est conseillé d'obtenir au niveau des réseaux de distribution, au moins une fois dans la journée, des valeurs de vitesses comprises entre 0,3 et 1,5 m/s, ce qui permettra de supprimer les effets de dépôt et corrosion.

L'écoulement de l'eau limite la croissance bactérienne par un effet d'arrachage du biofilm.

A l'inverse, des vitesses trop importantes ou montées en vitesse trop importantes, peuvent avoir pour effet des dégradations de la qualité de l'eau par arrachage du biofilm et recolonisation des conduites à l'aval, ou érosion des conduites.

Pour un réseau d'adduction, des vitesses comprises entre 1 et 1,8 m/s sont correctes.

Compte-tenu des faibles tirages, les réseaux secondaires connaissent le plus souvent de faibles vitesses. Notons que pour ces conduites secondaires, la modélisation perd en fiabilité (répartition théorique de la consommation à l'échelle de la rue). L'interprétation des données

mérite donc de se limiter aux réseaux principaux. Les conduites de transfert sont également mises à part de cette analyse.

Sauf le cas des rues de Saint-Louis et de la Harpe, aucune canalisation n'obtient de vitesse de passage supérieure à 0.10 m/s sur la période simulée.

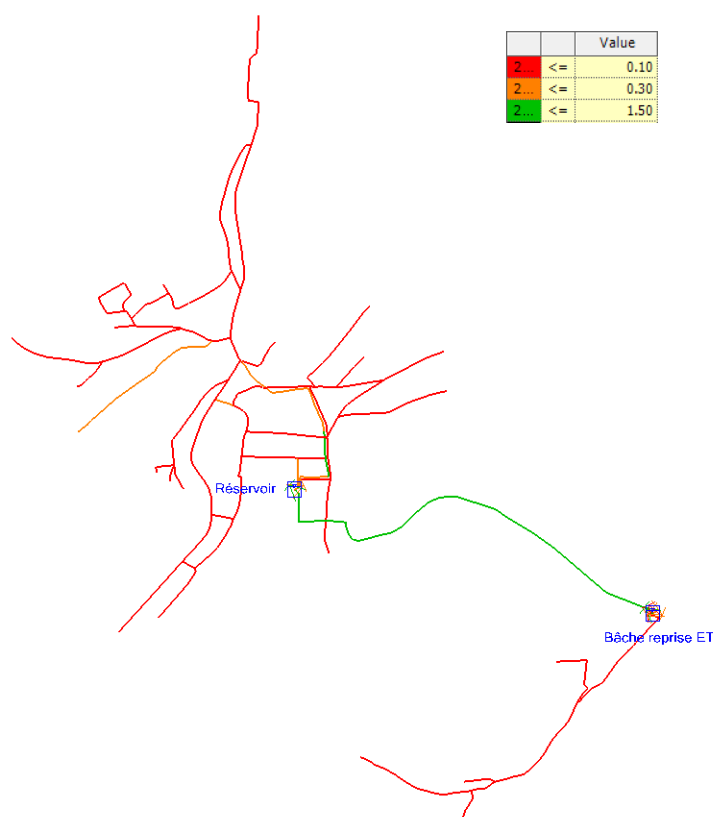


Figure 17: Cartographie des vitesses maximales de passage dans les conduites

4.7.4.3 Temps de séjour

La conservation de la qualité de l'eau est facilitée par une réduction du temps de séjour dans le réseau. Dans les réseaux urbains, il y a souvent un maillage élevé, ce qui assure la sécurité quantitative, impératif à la sécurité incendie et permet de parer aux heures de pointes et facilite les arrêts d'eau s'il y a lieu. Il accroît cependant le temps de séjour de l'eau dans le réseau. Dans les réservoirs, le temps de séjour de l'eau peut augmenter en fonction de contraintes d'exploitation ou résulter d'erreurs de conception. Le temps de séjour dans le réseau peut atteindre une dizaine de jours dans les zones du réseau où l'écoulement est faible ou bien la demande quasiment nulle.

Une simulation est faite sur 10 jours.

La majorité de la commune a un temps de renouvellement inférieur à 2 jours. Le constat des vitesses d'écoulement est lié au temps de séjour c'est pourquoi l'âge de l'eau des zones situées aux extrémités et bouclages atteint souvent 3 jours minimum. Les zones dites « mortes » sont comprise entre 4 et 10 jours de temps de séjour, il s'agit de :

- le maillage rue Hohl ;
- la partie centrale de la rue d'Ingwiller ;
- l'extrémité de la rue des Bruyères.

Sur ces parties, le réseau est surdimensionné par rapport à la consommation, ceci certainement afin d'assurer la protection incendie.

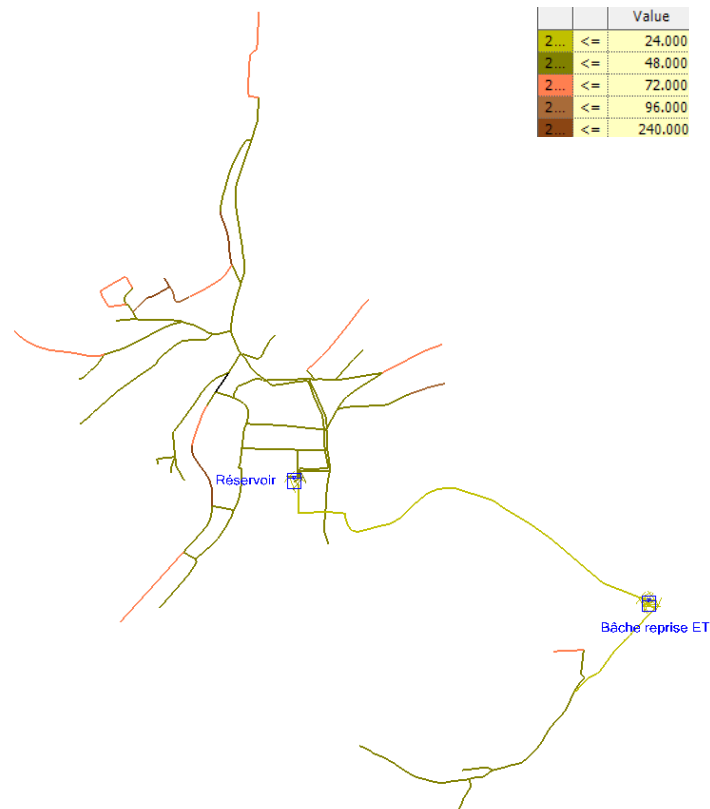


Figure 18: Cartographie des temps de séjour dans les conduites

La hiérarchisation des actions et le programme de travaux de la phase 3 tiendront compte de ces résultats de modélisation.

4.7.5 Scénario d'interconnexion via Lemberg

En attente de données complémentaires (idem paragraphe 4.6).