



26417 RM



MINISTERE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PECHE ET DES AFFAIRES RURALES

ECOLE NATIONALE DU GENIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT DE STRASBOURG

Promotion LOZERE

Nom de l'étudiant : Claire CHARBERET

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

« Modélisation du transport de chlore dans un réseau d'eau potable : Application à la communauté de communes de la vallée de Saint Amarin »



village de Thann, entrée de la vallée

A.E.R.M.	courrier arrivé le		
n° enregl	4012855		
3 0 JUL. 2004			
destinataire	nom	destinataire	Copie
DAE		AC	
DAAF		Com'Doc	
DAT		DAF	
M		DMG	
MAV		DPEM	
MA		DR	
RA		DRH	
RSN		DRI	
RIV		DSI	
ES		DSSI	

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES
JUN 2004

ORGANISME D'ACCUEIL

ENGEES
SYSTEMES HYDRAULIQUES URBAINS
Adresse : 1, quai Koch-67000 STRASBOURG
Téléphone : 03.88.24.82.82

MAITRE DE STAGE :
M. l'Ingénieur des Travaux Ruraux
JEAN-BERNARD BARDIAUX

RESUME

Modélisation du transport de chlore dans un réseau d'eau potable : *Application à la communauté de communes de la vallée de Saint Amarin*

Le chlore, agent désinfectant très utilisé en eau potable, peut dans certains cas donner un goût et une odeur à l'eau. La communauté de communes de Saint-Amarin, dans le Haut-Rhin est confrontée à ce problème et les autorités reçoivent constamment des remarques et des plaintes des habitants. Ainsi, elle a pris la décision de demander une étude sur le transport du chlore dans son réseau afin de mieux le comprendre et de mieux le gérer.

Pour répondre à cette demande, l'outil informatique via le logiciel PORTEAU, développé par le Cemagref, est utilisé car il permet d'étudier le fonctionnement de réseaux complexes comme celui de la communauté de communes de Saint-Amarin : 15 communes, 5400 abonnés, 39 réservoirs, 143 km de conduites de distribution et plus de 690 000 m³ d'eau facturée en 2003.

Dans un premier temps, une modélisation hydraulique adaptée à l'objectif final qu'est l'étude du transport de chlore est réalisée car l'hydraulique est indispensable à l'étude des composants qu'elle véhicule. Et dans un deuxième temps, la modélisation « qualité » est effectuée afin d'avoir accès aux paramètres qui évaluent la qualité de l'eau : les temps de séjour de l'eau et la concentration en chlore libre résiduel en tout point du réseau.

Les résultats de la modélisation démontrent que la concentration en chlore dans les conduites est fortement liée à l'âge de l'eau ainsi qu'à l'état du réseau : plus les conduites sont encrassées, plus elles consomment de chlore. Une bonne gestion et un bon entretien du réseau sont donc essentiels pour fournir une eau de qualité.

A l'issue de cette modélisation des suggestions et recommandations sont faites afin d'aider la communauté de communes à fournir une eau de qualité qui réponde aux exigences de ses usagers tout en respectant le cadre réglementaire.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	1
RESUME	2
ABSTRACT	3
SOMMAIRE.....	4
LISTE DES TABLEAUX	6
LISTE DES FIGURES	7
SIGLES & ABREVTATIONS	8
INTRODUCTION	9
1 CONTEXTE DE L'ÉTUDE	10
1.1 L'ORGANISME D'ACCUEIL	10
1.2 LA COMMUNAUTÉ DE COMMUNES DE LA VALLÉE DE SAINT-AMARIN (CCVSA)	10
1.2.1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE	10
1.2.2 LA GESTION DU RÉSEAU D'EAU POTABLE	11
1.2.3 LE RÉSEAU D'EAU POTABLE (PLAN GÉNÉRAL DU RÉSEAU EN ANNEXE)	12
1.2.3.1 Les ressources exploitées	12
1.2.3.2 Les ouvrages de production d'eau potable	12
1.2.3.3 Les ouvrages de distribution d'eau potable	12
1.2.3.4 Le rendement du réseau	13
1.2.4 LA QUALITÉ DE L'EAU DISTRIBUÉE	15
2 ELABORATION DU MODÈLE	16
2.1 PRÉSENTATION DU LOGICIEL PORTEAU	16
2.1.1 GÉNÉRALITÉS	16
2.1.2 MÉTHODES DE CALCUL	17
2.1.2.1 Hydraulique	17
2.1.2.2 Qualité	18
2.2 METHODOLOGIE	19
2.3 TRANSCRIPTION DU SYSTÈME RÉEL	21
2.3.1 MORPHOLOGIE DU RÉSEAU	21
2.3.1.1 Les nœuds	21
2.3.1.2 Les tronçons	22
2.3.2 SAISIE DES SINGULARITÉS	24
2.3.3 SAISIE DES ENTRANTS ET SORTANTS DU SYSTÈME	24
2.3.3.1 Etude des relevés de compteurs hebdomadaires	24
2.3.3.2 Les modèles consommateurs de PORTEAU	26
2.3.3.3 Les consommateurs	26
2.3.3.4 Les fuites	29
2.3.3.5 Récapitulatif hydraulique	30

3	CALAGE DU MODÈLE	30
3.1	CALAGE DU MODÈLE HYDRAULIQUE	30
3.1.1	LES ESSAIS DE RUGOSITÉ	30
3.1.2	ETUDE DES VOLUMES JOURNALIERS COMPTABILISÉS PAR LES COMPTEURS	37
3.1.3	LES RELEVÉS DES AUTOMATES SOFREL	39
3.1.4	LES ESSAIS DE POTEAUX D'INCENDIE	41
3.1.5	SYNTHÈSE DU CALAGE QUANT AUX PARAMÈTRES DIAMÈTRE ET RUGOSITÉ	46
3.2	CALAGE DU MODÈLE QUALITÉ	47
3.2.1	METHODOLOGIE	47
3.2.2	LA RECHERCHE DE SITES	47
3.2.3	LES MESURES DE TERRAIN	48
3.2.4	LE CALAGE INFORMATIQUE	48
3.2.4.1	Principe	48
3.2.4.2	Règles de calage	48
3.2.4.3	Résultats du calage	51
3.2.4.4	Généralisation des résultats à l'ensemble du modèle	52
4	RÉSULTATS ET PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION	53
4.1	ANALYSE DES RÉSULTATS	53
4.1.1	ETAT DU RÉSEAU	53
4.1.2	MARNAGE DES RÉSERVOIRS ET TEMPS DE SÉJOUR	54
4.1.2.1	Le marnage des réservoirs	54
4.1.2.2	Les temps de séjour dans les canalisations	54
4.1.3	CONCENTRATION EN CHLORE EN TOUT POINT DU RÉSEAU	56
4.2	PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS	57
4.2.1	MARNAGE DES RÉSERVOIRS	57
4.2.2	POINTS DE RECHLORATION	57
4.2.3	FAIRE UN BON COMPROMIS ENTRE DIAMÈTRE ET TEMPS DE SÉJOUR LORS DU DIMENSIONNEMENT DE RÉSEAU	58
	CONCLUSION	59
	BIBLIOGRAPHIE	60
	ANNEXES	
	PLANS	

Introduction

Dès la fin du XIX^{ème} siècle apparaissent les premiers textes législatifs relatifs à la qualité de l'eau potable. La première préoccupation de ces textes était la prévention de l'extension des maladies infectieuses. Aujourd'hui les préoccupations ont évolué ; on veut toujours avoir une eau de qualité quant aux paramètres bactériologiques, physico-chimiques et organoleptiques, comme en témoigne le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine (J.O. du 22 décembre 2001), mais on veut aussi se prévenir des contaminations volontaires ou actes terroristes.

Depuis l'attentat du 11 septembre 2001, le plan Vigipirate datant de 1981 a été renforcé et la circulaire du 11 octobre 2001 - relative au renforcement des mesures de protection des installations de production et de distribution d'eau destinée à la consommation humaine - précise les modalités de mise en œuvre de dispositions spécifiques de prévention vis à vis des menaces bioterroristes sur l'eau potable. C'est ainsi que les préfets ont dû demander aux exploitants de toutes les unités de distribution d'eau, et prioritairement à ceux de celles alimentant une population supérieure à 10 000 habitants de prendre les dispositions permettant d'assurer une concentration minimale en chlore libre résiduel de 0,3 mg/L en sortie des réservoirs et de 0,1 mg/L en tout point du réseau de distribution.

Cette augmentation de la chloration de l'eau remplit un double objectif: détecter une contamination organique dans le cadre d'un autocontrôle régulier et réduire significativement l'activité des microorganismes (désinfection) et des toxines, en particulier la toxine botulique (poison très violent). Cependant, elle peut présenter un certain nombre d'inconvénients, le plus apparent d'entre eux étant vraisemblablement de donner un goût désagréable à l'eau. Ainsi, la communauté de communes de la Vallée de Saint Amarin dans le Bas-Rhin, comme beaucoup d'autres collectivités, a vu les concentrations en chlore de son eau potable augmenter et ceci n'a pas manqué de soulever des plaintes et des remarques de la part de ses usagers.

Ainsi, pour essayer de satisfaire ses usagers et donc de comprendre et d'optimiser le fonctionnement de son réseau quant à la demande en chlore ainsi que les taux de chlore à injecter, la communauté de communes a fait appel, en accord avec l'agence de l'eau et la DDA du Haut-Rhin (68), au laboratoire de recherche Systèmes Hydrauliques Urbains de l'ENGEES. Parallèlement, une étude menée par un bureau d'études strasbourgeois a été réalisée sur l'état des ressources du réseau. Ces deux études reflètent donc une volonté d'analyser et de comprendre le réseau dans sa globalité afin de mieux le gérer.

Pour comprendre le fonctionnement du réseau quant à sa demande en chlore, l'outil informatique va être utilisé car il permet d'étudier, de comprendre, de caractériser et finalement d'anticiper le fonctionnement de réseaux maillés complexes dans le temps et d'effectuer des calculs dans un temps relativement court.

Pour mener à bien cette étude « qualité », une étude hydraulique détaillée sera préalablement effectuée car une connaissance fine du vecteur est nécessaire à l'évaluation du transport des solutés. Cette étude sera basée sur une bonne compréhension du réseau et sur des visites et mesures de terrain car une bonne modélisation, via une modélisation numérique, repose essentiellement sur la qualité des données collectées avant la simulation.

Le but de cette étude est donc, via l'utilisation d'un logiciel commercial (PORTEAU), de modéliser le comportement du réseau afin d'accéder aux temps de séjour de l'eau et enfin à la concentration en chlore disponible en tout point du réseau. A l'issue de cette modélisation des suggestions et des recommandations seront donc faites afin d'aider la CCVSA à trouver une bonne solution et donc à fournir une eau de qualité qui réponde aux exigences de ses usagers tout en respectant le cadre réglementaire.

Conclusion

La modélisation qualité sous PORTEAU via l'étude hydraulique nous a permis de comprendre le fonctionnement du réseau dans sa globalité et d'analyser son comportement vis à vis du chlore.

Tout d'abord l'hydraulique nous a révélé un réseau en très mauvais état, ayant un encrassement de 15 mm en moyenne sur les diamètres nominaux des canalisations.

Ensuite, de l'étude qualité est ressorti que la dégradation du chlore dans les conduites est principalement due aux dépôts ou biofilm des canalisations ainsi qu'aux temps de séjour élevés. Une loi mathématique empirique a été établie en fonction des relevés de terrain et nous a servi au calage de la constante cinétique sur tout le réseau. Cependant, il est important de rappeler que cette loi doit être validée par d'autres mesures qui seront réalisées dans le courant du mois de juillet.

Les résultats de la simulation nous ont montré que, sur certaines zones du réseau, les temps de séjour sont très élevés (supérieurs à 72H) et que de ce fait la qualité de l'eau est altérée, d'autant plus que les conduites sont très encrassées : les taux de chlore résiduel sont très faibles, voir nuls (78% des points simulés ont une concentration toujours inférieure à 0.1mg/l).

Les principales causes de ces dysfonctionnements sont d'une part l'absence de purges régulières sur l'ensemble du réseau (principalement les antennes) et d'autre part l'âge élevé des conduites (>50 ans). L'optimisation du marnage des réservoirs n'est également pas réalisée. Ensuite viennent les problèmes de dimensionnement du réseau, en effet, ce dernier est souvent dimensionné pour fournir le débit incendie.

Il est donc très important de revoir 'le mode de gestion et d'entretien du réseau et le renouvellement des conduites est à envisager dans un avenir proche ainsi que les purges régulières.

Si des dispositions ne sont pas prises dans ce sens, le risque de contamination bactériologique sera amplifié tant par les pollutions extérieures que par des développements internes.

Enfin les goûts et les odeurs de l'eau mentionnés par les abonnés ne sont pas dus à un taux important en chlore libre. Ainsi on peut s'interroger sur la réaction du chlore en conduite et de sa combinaison avec d'autres éléments. En effet, en présence d'ammonium ou de composés organiques aminés, le chlore forme, lorsqu'il est introduit en faible dose, des chloramines qui accentuent les goûts de vase ou pharmaceutique [17]. Une dose de chlore plus élevée permet de les détruire. Les goûts et odeurs de l'eau devenus sujet tabou à la CCVSA seraient donc peut-être dus à une insuffisance de chlore.

Il serait par conséquent intéressant de mener une étude en laboratoire sur ces réactions possibles. Cependant le chlore est un composé complexe dont il est, à l'heure actuelle, difficile de comprendre tous les mécanismes de réactions en eau potable. Nous ne sommes qu'à l'étape de recherche dans ce domaine...