



HAL
open science

Problématique H₂S sur le Sivom de Thourotte Longueil-Annel : réalisation d'une étude diagnostique et proposition de solutions pour la problématique H₂S

Nicolas Morandière

► **To cite this version:**

Nicolas Morandière. Problématique H₂S sur le Sivom de Thourotte Longueil-Annel : réalisation d'une étude diagnostique et proposition de solutions pour la problématique H₂S. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2013. dumas-01651408

HAL Id: dumas-01651408

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01651408>

Submitted on 6 Jan 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Problématique H₂S sur le Sivom de Thourotte Longueil-Annel (02)

Réalisation d'une étude diagnostique et proposition
de solutions pour la problématique H₂S



Travail de fin d'études

Mémoire présenté pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur de l'ENGEES.

Stage réalisé du 28 janvier au 2 octobre 2013

Nicolas MORANDIÈRE

Promotion Hérault

Octobre 2013

REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier Christelle Jullien Amagbégnon, directrice du bureau d'études Beimo de m'avoir permis de réaliser mon alternance et cette étude au sein de l'entreprise. Elle m'a donné de précieux conseils tant pour l'avancement de mon projet que pour la rédaction de mon mémoire. Je la remercie vivement pour la confiance qu'elle m'a accordée et le savoir-faire qu'elle m'a apporté.

Mes remerciements vont plus particulièrement à l'ensemble des membres du personnel de l'entreprise. En particulier, je tiens à saluer Madame Achour Talet et Mademoiselle Sally que j'ai côtoyées au quotidien. Merci pour leur accueil chaleureux et pour leur aide.

J'adresse ma reconnaissance à Monsieur Mercier et Mademoiselle Le Gall pour leur accueil, pour le temps et l'aide qu'ils m'ont accordés.

Je remercie plus particulièrement Messieurs Branchut et Rubin, ainsi que Mademoiselle Crozat pour leur disponibilité et leurs conseils qui m'ont permis d'avancer dans mon travail.

Je remercie aussi toutes les personnes extérieures à l'entreprise Beimo qui ont contribué au bon déroulement de mon étude. Je pense ici aux représentants du Syndicat, Messieurs Cathy et Onimus, qui m'ont fait confiance et qui ont permis la réalisation de cette étude.

Je remercie le personnel de la Lyonnaise des Eaux qui m'a accordé du temps. Notamment Messieurs Andrieux et Stépien qui m'ont fourni les informations dont j'avais besoin et qui m'ont fait faire le tour des postes de refoulement, ainsi que Monsieur Guidez qui m'a fourni les résultats des analyses demandées.

J'adresse un grand merci à Monsieur Laviolette qui a partagé son expérience sur les postes de refoulement.

Je remercie Mathieu Dufresne qui a su répondre à mes questions sur mon stage et sur la rédaction de mon rapport. Ainsi que Thierry Schaetzlé pour l'aide qu'il m'a apporté dans mes recherches bibliographiques sur l'hydrogène sulfuré.

Je remercie aussi les personnes qui ont eu l'amabilité de relire ce rapport

RÉSUMÉ

Problématique H₂S sur le Sivom de Thourotte et Longueil-Annel Réalisation d'une étude diagnostique et proposition de solutions pour la problématique H₂S

Thourotte et Longueil-Annel sont deux communes situées dans le département de l'Oise (60). Suite à des effondrements survenus sur leur réseau d'assainissement, des problèmes d'hydrogène sulfuré (H₂S) ont été décelés. Le Syndicat a décidé de faire appel au bureau d'études Beimo pour réaliser une étude diagnostique de son réseau d'assainissement, en vue de localiser les points d'émanation de l'H₂S.

Une analyse de l'état de l'art a permis d'appréhender les mécanismes qui régissent la formation de l'hydrogène sulfuré, et d'en comprendre les origines. À travers cette bibliographie, un inventaire des moyens de lutte contre l'H₂S a pu être établi, ainsi qu'un point réglementaire.

Le réseau d'assainissement du syndicat est en partie unitaire, mais seul le temps sec a été pris en compte dans cette étude. Les postes de refoulement sont des installations connues pour être à l'origine de la formation d'H₂S et le Syndicat en compte plus d'une quinzaine. Une visite des installations du réseau a été réalisée pour déceler les marques de la présence de l'H₂S. Par la suite, l'utilisation de formules trouvées dans la littérature ont permis de déterminer la concentration en sulfure et mettre en avant les postes producteurs de sulfure et donc d'H₂S. Des analyses in situ ont complété ce travail et l'interprétation de ces résultats a permis de déceler les points "noirs" du réseau.

En conclusion de ce diagnostic, des propositions de deux ordres ont été recensées :

- une action sur l'effluent, en mettant en place un traitement,
- une action sur le réseau, en proposant des modifications d'ordre structurelle.

Cette étude constitue la première phase du diagnostic. Pour la suite, le temps de pluie devra être pris en compte, et des analyses complémentaires devront être réalisées.

ABSTRACT

H₂S problem on SIVOM Thourotte and Longueil-Annel Implementation of a diagnostical study and proposal of solutions to the H₂S problem

Thourotte and Longueil-Annel are two municipalities in the department of Oise (60). Following the collapse occurred on their sanitation network, hydrogen sulphide (H₂S) problems have been revealed. The SIVOM decided to work with the engineering office "Beimo" to achieve a diagnostic study of the sewer system in order to locate the emanation point of H₂S.

An analysis of the literature has allowed understanding mechanisms that govern formation of hydrogen sulphide, and understand the source. Through this bibliography, several ways of fighting the H₂S have been established, as well as a regulatory point.

The sewerage network of the SIVOM is combined, it collects rainwater and sewage. Only a dry weather has been taken into account in this study. The lift stations are facilities known to be responsible for the formation of H₂S and the SIVOM has more than fifteen stations. Visiting the network facilities allowed to detecting signs that H₂S is present. Thereafter, formulas found in the literature were used to determine the concentration of sulphide and highlight the location where sulphide and therefore H₂S have been formed. In situ analysis completed this work and reading into these results revealed the network problems.

In conclusion of this analysis, proposals for two types of solutions have been identified:

- Implementing a treatment to act on the effluent
- Proposing structural changes order to act on networks

This study is the first phase of a diagnosis. To pursue this study a rainy weather should be taken into account, and further analysis should be conducted.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	1
RÉSUMÉ	2
ABSTRACT	3
TABLE DES MATIÈRES	4
Liste des tableaux	6
Liste des figures	6
Liste des sigles et symboles	7
Liste des abréviations	7
INTRODUCTION	8
PARTIE I L'HYDROGÈNE SULFURÉ AU CŒUR DU SYNDICAT	9
1 LE CONTEXTE DE L'ÉTUDE	9
1.1 L'HISTORIQUE DES DÉTÉRIORATIONS SUR LE SYNDICAT	9
1.2 LES OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	10
1.3 LES INTERVENANTS	10
1.3.1 <i>Beimo : un bureau d'études à taille humaine</i>	10
1.3.2 <i>Le syndicat de Thourotte et Longueil-Annél</i>	10
1.3.3 <i>L'exploitant</i>	11
1.4 LA CHARTE QUALITÉ AISNE-ARDENNES-OISE	11
2 L'H₂S UN GAZ PRÉSENT DANS LE RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT	13
2.1 L'ORIGINE ET L'ÉVOLUTION DES DIFFÉRENTES FORMES DU SOUFRE	13
2.2 LES MÉCANISMES DE FORMATION DE L'H ₂ S	13
2.2.1 <i>Les bactéries : le moteur de cette formation</i>	14
2.2.2 <i>L'influence du biofilm dans la formation de l'H₂S</i>	15
2.2.3 <i>Les paramètres influençant la production de l'H₂S</i>	15
2.3 LES NUISANCES SUR LE SYSTÈME D'ASSAINISSEMENT	17
2.3.1 <i>Les effets sur le réseau</i>	17
2.3.2 <i>Les effets sur les stations d'épuration</i>	19
2.4 LES MODÈLES DE PRÉVISIONS	20
2.4.1 <i>Les prévisions qualitatives de production en sulfures</i>	20
2.4.2 <i>La cinétique de production de l'H₂S</i>	21
2.5 LA LUTTE CONTRE L'HYDROGÈNE SULFURÉ	23
2.5.1 <i>Les recommandations sur la conception des ouvrages</i>	23
2.5.2 <i>Les dispositions pour les actions sur le réseau</i>	25
2.5.3 <i>Les actions sur l'effluent</i>	25
2.6 LE CADRE RÉGLEMENTAIRE ET LES PRÉCONISATIONS POUR LE PERSONNEL	28
2.6.1 <i>La réglementation</i>	28
2.6.2 <i>La sécurité lors des interventions</i>	28
PARTIE II LE DIAGNOSTIC DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT DU SYNDICAT	31
1 UN RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT ATYPIQUE	31
1.1 LES DIFFÉRENTS RÉSEAUX PRÉSENTS	31
1.1.1 <i>Le réseau gravitaire</i>	31
1.1.2 <i>Les autres réseaux</i>	32
1.2 LES OUVRAGES	32
1.2.1 <i>Les postes de refoulements</i>	33
1.2.2 <i>Le poste de relèvement</i>	35
1.2.3 <i>Les postes de crue</i>	36
1.3 LES AUTRES ÉQUIPEMENTS	36
1.3.1 <i>Les déversoirs d'orage</i>	36
1.3.2 <i>Les dessableurs / dégraisseurs</i>	36
1.4 LES CONTRAINTES	37

1.4.1	Un réseau en domaine privé.....	37
1.4.2	Un réseau ancien.....	37
1.4.3	Les difficultés rencontrées.....	38
2	UNE MÉTHODOLOGIE	39
2.1	LES DÉSORDRES CONSTATÉS	39
2.2	LES MODÈLES DE PRÉVISIONS EMPIRIQUES	40
2.2.1	La formule de Boon et Lister.....	40
2.2.2	La formule de Pomeroy	41
2.2.3	Les limites du modèle	42
2.2.4	L'interprétation de ces résultats.....	42
2.3	LES MESURES IN SITU	43
2.3.1	Les mesures sur l'air	43
2.3.2	Les mesures sur l'effluent.....	44
PARTIE III	LA MISE EN PLACE D' ACTIONS EN VUE DE LIMITER L'H₂S SUR LE SYNDICAT	45
1	LES INTERPRÉTATIONS DÉDUITES DES ANALYSES RÉALISÉES.....	45
1.1	LES POSTES DE REFOULEMENT À RISQUES	45
1.2	SYNTHÈSE	53
1.2.1	Sur les postes de refoulement	53
1.2.2	Sur les autres éléments du réseau.....	54
2	LES ACTIONS À METTRE EN PLACE AUX VUES DES INTERPRÉTATIONS.....	55
2.1	AU NIVEAU DES POSTES DE REFOULEMENT	55
2.1.1	Le poste Rocade.....	55
2.1.2	Lorilleux et Tennis.....	59
2.1.3	Caumont et Gros Grelot.....	61
2.1.4	Mutuelle St Gobain.....	62
2.1.5	Longueil.....	62
2.2	LES TRACÉS DES RÉSEAUX GRAVITAIRES.....	63
3	LES ORIENTATIONS À DONNER	64
3.1	LES MESURES COMPLÉMENTAIRES	64
3.1.1	Sur le réseau d'assainissement.....	64
3.1.2	Sur les postes de refoulement	64
3.2	L'ANALYSE DE DONNÉES	65
3.2.1	Sur les postes.....	65
3.2.2	Le temps de pluie.....	65
3.3	LA STATION D'ÉPURATION	65
3.4	LE CHOIX DU MAITRE D'OUVRAGE	66
	CONCLUSION.....	67
	BIBLIOGRAPHIE	68
	TABLE DES ANNEXES	70

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : RÉCAPITULATIF DES EFFETS DE L'HYDROGÈNE SULFURÉ SUR L'HOMME	19
TABLEAU 2 : RISQUE DE PRÉSENCE DE SULFURES EN FONCTION DE LA VALEUR DE Z	20
TABLEAU 3 : GRILLE D'ÉVALUATION DES RISQUES	20
TABLEAU 4 : ANALYSE DES VOLUMES D'EAU POTABLE CONSOMMÉE SUR LES RUES SE DÉVERSANT DANS LE POSTE ROCADE	55
TABLEAU 5 : EXTRAIT DE LA FEUILLE DE CALCUL POUR LA DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE DE REFOULEMENT	57
TABLEAU 6 : EXTRAIT DE LA FEUILLE DE CALCUL POUR LA DÉTERMINATION DES PERTES DE CHARGE.....	57

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : BLASON DE LA VILLE DE THOUROTTE	9
FIGURE 2 : BLASON DE LA VILLE DE LONGUEIL ANNEL	9
FIGURE 3 : LOGO DU BUREAU D'ÉTUDES BEIMO	10
FIGURE 4 : CARTE DE LOCALISATION DU LIEU D'ÉTUDE	11
FIGURE 5 : LOGO DE LA LYONNAISE DES EAUX.....	11
FIGURE 6 : LES DIFFÉRENTES ÉTAPES À SUIVRE POUR LA RÉALISATION D'UN RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT SOUS CHARTE	12
FIGURE 7 : MODÈLE DE LA MOLÉCULE D'HYDROGÈNE SULFURÉ	13
FIGURE 8 : ÉQUILIBRE DES FORMES DE SULFURE EN SOLUTION, EN FONCTION DU PH	13
FIGURE 9 : DESCRIPTION SCHÉMATIQUE DU PROCESSUS DE FORMATION DE L'H ₂ S.	14
FIGURE 10 : CONDITIONS DE MILIEU ET RÉACTIONS INTERVENANT DANS UN EFFLUENT NON OXYGÉNÉ	15
FIGURE 11 : CONDITIONS DE MILIEU ET RÉACTIONS INTERVENANT DANS UN EFFLUENT OXYGÉNÉ	15
FIGURE 12 : DÉGRADATION DES CANALISATIONS PAR L'H ₂ S.....	18
FIGURE 13 : MÉCANISME DE DÉGRADATION PAR L'H ₂ S	18
FIGURE 14 : SYSTÈME DIP.....	24
FIGURE 15 : VANNE DE BRASSAGE	24
FIGURE 16 : PRINCIPE D'UN AÉRO-ÉJECTEUR	24
FIGURE 17 : SYNOPTIQUE DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT DU SYNDICAT.....	33
FIGURE 18 : SCHÉMA TYPE D'UN POSTE DE REFOULEMENT	34
FIGURE 19 : SCHÉMA TYPE D'UN POSTE DE RELEVAGE	35
FIGURE 20 : PR HENRI BARBUSSE 1	39
FIGURE 21 : PR HENRI BARBUSSE 2	39
FIGURE 22 : PR CAUMONT.....	39
FIGURE 23 : PR LORILLEUX.....	39
FIGURE 24 : PR LORILLEUX (BIS).....	39
FIGURE 25 : PR DE LA MUTUELLE SAINT GOBAIN.....	39
FIGURE 26 : PR PICARDIE.....	40
FIGURE 27 : PR PICARDIE (BIS).....	40
FIGURE 28 : PR ROUTE DE LONGUEIL	40
FIGURE 29 : PR SOURCE	40
FIGURE 30 : GRAPHIQUE REPRÉSENTANT LA CORRÉLATION ENTRE LA PLUVIOMÉTRIE ET LE VOLUME POMPÉ SUR LE POSTE ROCADE ...	56
FIGURE 31 : LES ESSAIS DE PRESSIONS SUR LES POMPES DU POSTE ROCADE.....	58
FIGURE 32 : SCHÉMA EXPLICATIF DE LA SOLUTION PROPOSÉE	61
FIGURE 33 : DISPOSITIF APPLICABLE AUX REGARDS DE PASSAGE.....	63

LISTE DES SIGLES ET SYMBOLES

[X]	:	Concentration de l'élément X	Q	:	Débit
D	:	Diamètre	Rh	:	Rayon hydraulique
HS ⁻	:	Ion hydrosulfure	S	:	Surface
i	:	Pente	S ²⁻	:	Sulfures
Kp	:	Coefficient de pointe	T	:	Température
l	:	Longueur	Ts	:	Temps de séjour
P	:	Périmètre (m)	V	:	Volume (m ³)
Pa	:	Pascal (unité de pression)	v	:	Vitesse (m/s)

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ATEX	:	ATmosphères EXplosibles
ATSDR	:	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
CCOHS	:	Canadian Centre for Occupational Health and Safety
DBO ₅	:	Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours
DCO	:	Demande Chimique en Oxygène
DN	:	Diamètre Nominal
DO	:	Déversoir d'Orage
DSP	:	Délégation de Service Public
EH	:	Equivalent Habitant
EP	:	Eaux Pluviales
ERI	:	Eaux Résiduaires Industrielles
EU	:	Eaux Usées
FNDAE	:	Fonds National pour le Développement des Adductions d'Eau potable
GNT	:	Graves Non Traitées
H ₂ S	:	Sulfure d'hydrogène
hab	:	habitant
HMT	:	Hauteur Manométrique Totale
HSDB	:	Hazardous Substances Data Bank
HT	:	Hors Taxes
INRS	:	Institut National de Recherche et de Sécurité
m ³	:	mètre cube
MES	:	Matières En Suspension
ml	:	mètre linéaire
MVS	:	Masse Volatile en Suspension
OMS	:	Organisation Mondiale de la Santé
PE	:	PolyÉthylène
PN	:	Pression Nominal
PPM	:	Partie Par Million
PR	:	Poste de Refoulement
PRel	:	Poste de Relèvement
PRV	:	Polyester Renforcé de fibres de Verre
PVC	:	PolyChlorure de Vinyle
RAD	:	Rapport Annuel du Délégué
SIVOM	:	Syndicat Intercommunal à Vocations Multiples
SPS	:	Sécurité Protection de la Santé
STEP	:	Station d'épuration
TSM	:	Techniques Sciences Méthodes
VLE	:	Valeur Limite d'Exposition
VME	:	Valeur Moyenne d'Exposition

INTRODUCTION

Un réseau d'assainissement se définit comme étant un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration [1]. Lors de l'acheminement de ces eaux, de l'hydrogène sulfuré peut se créer et les canalisations souterraines peuvent être attaquées par l'acide sulfurique. Il peut en résulter de légères corrosions jusqu'à l'effondrement de la conduite et de ce qui se trouve au-dessus.

La prise de conscience de ces phénomènes et de leur gravité est relativement récente. Dans un contexte où la gestion durable de l'eau est mise sur le devant de la scène, une gestion responsable du réseau d'assainissement est primordiale pour la préservation du milieu naturel.

Les réseaux d'eau potable et d'assainissement font partie du patrimoine collectif et sont indispensables au développement économique des communes. Afin de gérer de manière optimale ces réseaux, les communes de Thourotte et Longueil-Annel se sont regroupées dans un syndicat.

Depuis quelques temps, ce syndicat connaît des problèmes récurrents sur son réseau d'assainissement. En effet, il a constaté que des tronçons du réseau pratiquement neufs étaient corrodés en quelques années. Faute d'avoir un programme de travaux établi, il remplace bien souvent à l'identique les tronçons présentant des problèmes. Cette solution n'étant pas pérenne, il a fait appel au bureau d'études Beimo pour réaliser une étude diagnostique de son réseau d'assainissement.

J'ai eu l'opportunité lors de mon stage de travailler sur cette étude dont l'objectif est de déterminer la source de production d'hydrogène sulfuré et résoudre ce problème. Par le biais de cette étude, un programme de travaux à réaliser sur le réseau sera établi afin de résoudre la problématique de l'hydrogène sulfuré.

Après une brève présentation du contexte et des intervenants, un état de l'art concernant l'hydrogène sulfuré, de sa formation à son élimination en passant par les règles de sécurité sera détaillé. Ensuite l'architecture et la composition du réseau ainsi que les premiers résultats seront appondis. Pour finir, les résultats et perspectives concernant cette étude diagnostique seront présentés.

PARTIE I L'HYDROGÈNE SULFURÉ AU CŒUR DU SYNDICAT

La collecte des eaux usées jusqu'à la station d'épuration peut parfois s'étendre sur de très longues distances. En fonction de la topographie du terrain, il y a nécessité de créer des postes et des conduites de refoulement en alternance avec des conduites en gravitaires. Lors du passage des effluents dans les sections en refoulement, les effluents passent en milieu anaérobie, la qualité se dégrade et la septicité du milieu augmente.

Dans ces conditions, il est fréquent d'observer la formation de sulfures et ainsi le dégagement d'hydrogène sulfuré, qui est la source de nuisances graves. Ces nuisances sont de quatre ordres : olfactives, corrosion des ouvrages, danger pour la santé, dysfonctionnement des stations de traitements de type biologique.

Bien souvent, les conséquences occasionnées par la production d'hydrogène sulfuré sont des éléments révélateurs de sa présence dans le système d'assainissement. Dans ce cas-là, la seule solution est curative, cependant il est préférable d'aborder le phénomène de façon préventive. Pour cela une étude diagnostique est nécessaire. Différents intervenants vont interagir dans le but de résoudre cette problématique.

1 Le contexte de l'étude

1.1 L'historique des détériorations sur le Syndicat

En 2008, suite à un problème sur un poste de refoulement se situant dans la cours de récréation d'une école à Thourotte et menaçant ainsi la sécurité des individus ; le bureau d'études Beimo a conseillé au syndicat de condamner ce poste, ce qui a conduit la création de deux nouveaux postes de refoulement sur la commune. L'un des problèmes évoqué fut l'hydrogène sulfuré.



Figure 1 : Blason de la ville de Thourotte

En 2012, le bureau d'études Beimo a été retenu par le Syndicat de Thourotte et Longueil-Annél, dans le cadre d'une mission de maîtrise d'œuvre pour la réfection de la rue Pasteur et des réseaux se situant dessous, et notamment le réseau d'assainissement.

Le réseau d'assainissement de cette rue date des années 1970, or suite à des dégradations ce réseau a été réhabilité par chemisage dans les années 2000. Puis il y a deux ans, ce même réseau a connu des effondrements. À cette occasion, de l'hydrogène sulfuré a été mis en avant et une mesure de ce gaz a été réalisée (Cf. annexe 15)

Cette mesure, faite au début du mois d'août 2011, indique de forte concentration en H₂S, le pic le plus important est de 113 ppm. À la suite de cette mesure le Syndicat a demandé comment pouvait être éliminé ce gaz afin de ne plus avoir de problème de dégradation sur son réseau qui allait être refait à neuf.



Figure 2 : Blason de la ville de Longueil Annél

Ce à quoi l'exploitant du réseau a répondu que la seule solution était la mise en place d'un traitement.

Le Syndicat souhaite connaître la source de production de l'hydrogène sulfuré afin de l'éliminer sans être forcément dépendant d'un traitement permanent. Il a donc lancé une consultation afin qu'une étude diagnostique soit réalisée pour résoudre la problématique de l'H₂S sur son réseau d'assainissement.

1.2 Les objectifs de l'étude

À travers cette étude, le bureau d'études Beimo doit être en mesure de :

- Dresser un état des lieux exhaustif du fonctionnement du réseau d'assainissement en temps sec
- Identifier la nature des travaux à réaliser pour remédier aux dysfonctionnements et désordres recensés
- Programmer, selon un ordre de priorité hiérarchisée, les investissements de réhabilitation à conduire, ceci afin de permettre au Sivom de l'intégrer à son budget les travaux.

1.3 Les intervenants

1.3.1 Beimo : un bureau d'études à taille humaine

BEIMO, Bureau d'Études, d'Ingénierie et de Maîtrise d'Œuvre a été choisi par le syndicat pour réaliser l'étude diagnostique du réseau d'assainissement dont le but est de résoudre les problèmes actuellement présents.

Ce bureau d'études a été créé par Mme Jullien-Amagbégnon et un associé, en 2003, sous le nom de BEMO NORD. Depuis 2007, Mme Jullien possède toutes les parts de son entreprise et l'a renommée BEIMO. Le bureau d'études a pour principale activité la réalisation de missions de maîtrise d'œuvre dans les domaines de l'assainissement, l'eau potable, la gestion d'eaux pluviales, la voirie et l'enfouissement de réseaux secs.



Figure 3 : Logo du bureau d'études BEIMO

BEIMO fait partie de CARAMAJ, une holding qui a été créée en 2010. Le but de CARAMAJ est de mettre en commun différents pôles pour plusieurs entreprises. Elle regroupe entre autres les entreprises PRESCAD (réalisation de plans et de relevés topographiques), BEIMO (Missions de maîtrise d'œuvre, d'assistance à maîtrise d'ouvrage et réalisation d'études) et SYLEXA (gestion de systèmes informatiques). CARAMAJ représente treize personnes réparties sur les différentes sociétés.

Le bureau d'études BEIMO est situé au nord-est de Paris, dans le département de l'Aisne. Situé au cœur de Soissons, son secteur d'activité couvre la Picardie, le nord de l'Île de France, et l'ouest de la Champagne Ardenne. Une antenne de l'entreprise, qui se développe en périphérie de Tours, étend son activité en région Centre.

1.3.2 Le syndicat de Thourotte et Longueil-Annél

1.3.2.1 L'historique de la création du syndicat

Le Sivom de Thourotte et Longueil-Annél possède les compétences eau potable et assainissement. Ce syndicat a été créé le 01 septembre 1988. Il gère une population de 7 240 habitants sur deux communes.

1.3.2.2 La localisation de l'étude

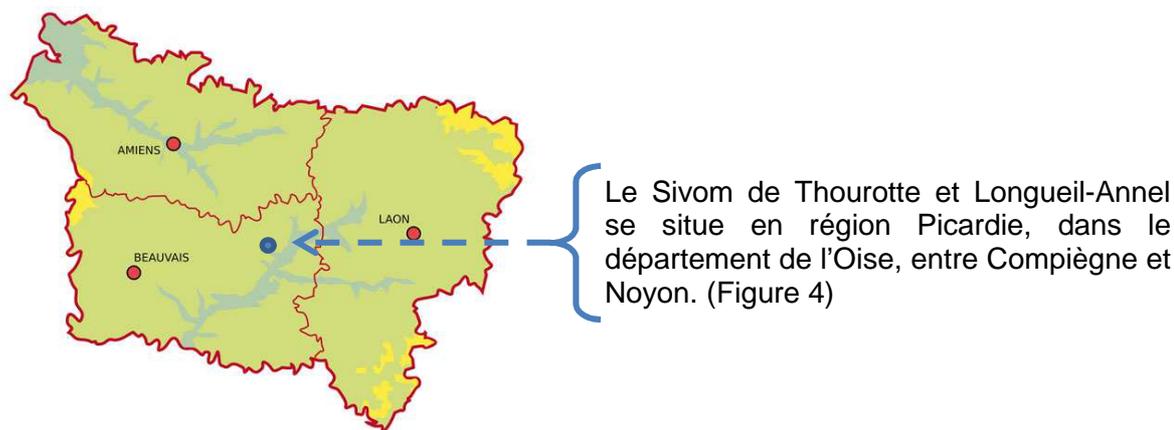


Figure 4 : Carte de localisation du lieu d'étude

1.3.2.3 Le réseau en quelques mots

Les principales caractéristiques [21] du système d'assainissement syndical sont les suivantes :

- Longueur du réseau gravitaire : 67 630 ml
- Longueur de refoulement : 4 400 ml
- 18 postes de refoulement
- 1 poste de relèvement
- 1 centrale de vide
- Nombre d'abonnés : 3 350
- Nombre de m³ assujettis à l'assainissement : 257 000 m³ facturés
- 1 station d'épuration de type "boues activées" de 12 500 EH

1.3.3 L'exploitant

La gestion du service public d'assainissement a été déléguée à la Lyonnaise des Eaux par un contrat d'affermage d'une durée de 12 ans à compter du 1^{er} janvier 2013.

Lyonnaise des Eaux est en charge de la gestion de la station d'épuration et de la collecte des eaux usées.



Figure 5 : Logo de la Lyonnaise des Eaux

1.4 La Charte Qualité Aisne-Ardennes-Oise

La Charte pour la Qualité des réseaux d'assainissement Aisne - Ardennes - Oise est un outil d'aide aux maîtres d'ouvrage. Elle s'appuie sur deux grands principes. Elle souligne le fait que la qualité est l'affaire de **tous** les intervenants : chacun doit s'engager sur la qualité de sa tâche, mais également faciliter celle de ses partenaires. La qualité exige aussi la transparence entre les différents intervenants pour faciliter l'établissement d'un dialogue confiant et constructif.

Cette charte présente la particularité d'être portée par l'ensemble des acteurs de la réalisation des réseaux d'assainissement depuis le maître d'ouvrage jusqu'aux financeurs en passant par les entreprises.

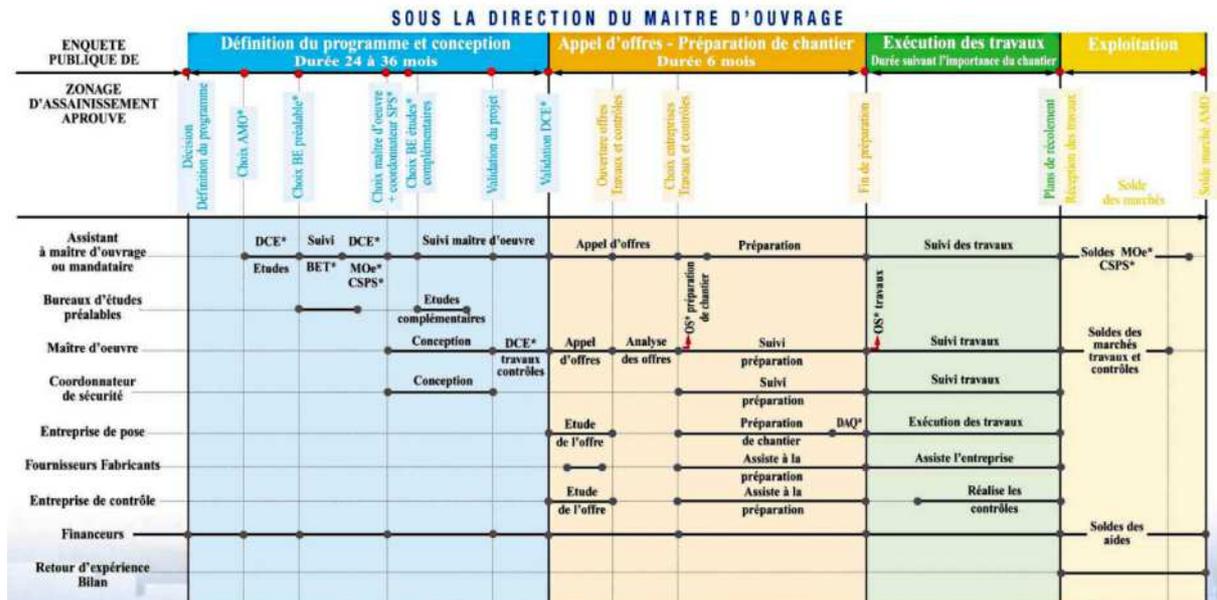


Figure 6 : Les différentes étapes à suivre pour la réalisation d'un réseau d'assainissement sous Charte.

Pour permettre l'application de cette charte, des outils ont été développés. On peut donner l'exemple du tableau détaillant les étapes à suivre dans le cadre de la création d'un réseau (Figure 6).

La pérennité des réseaux passe par la mise en place de temps forts :

- Une bonne définition des projets en fonction des spécificités locales par des études plus approfondies (études préalables).
- Le choix des partenaires les « mieux disants ».
- Une véritable préparation de chantier concertée, initiée par un ordre de service spécifique et formalisée par un procès-verbal des décisions prises, tenant lieu de Document d'Assurance Qualité.

2 L'H₂S un gaz présent dans le réseau d'assainissement

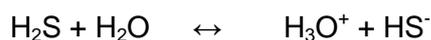
Le soufre et ses dérivés sont la cause des problèmes présents sur le Syndicat. La compréhension de leurs origines et de leurs évolutions est nécessaire.

2.1 L'origine et l'évolution des différentes formes du soufre

Le soufre est présent à l'état naturel sous forme de sulfate (SO₄²⁻) dans les réservoirs naturels que constituent les océans et les roches (Cf. Annexe 2). Naturellement, ces sulfates sont présents dans les eaux de distribution et donc dans les eaux usées à des concentrations qui varient en fonction de la nature géologique du sol.

La chimie du soufre est assez complexe, avec l'existence de nombreux composés plus ou moins stables en solutions. D'un point de vue thermodynamique, on ne devrait trouver en solution que les sulfures (H₂S, HS⁻, S²⁻), le soufre colloïdal (S) et les sulfates (HSO₄⁻, SO₄²⁻). Ces équilibres chimiques sont régis principalement par le potentiel redox et le pH.

L'hydrogène sulfuré (H₂S) est un acide faible, il donne en solution aqueuse les équilibres suivants :



La figure ci-dessous présente l'équilibre des espèces sulfurées en fonction du pH.

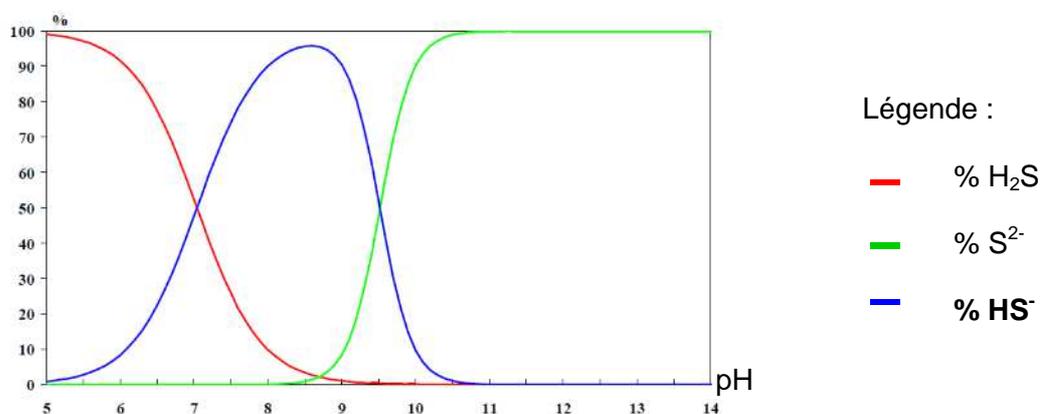


Figure 8 : Équilibre des formes de sulfure en solution, en fonction du pH [12]

2.2 Les mécanismes de formation de l'H₂S

La formation d'hydrogène sulfuré dans les réseaux d'assainissement a été décrite par de nombreux auteurs, notamment Thistlethwayte, Pomeroy, Fayoux, Boon et Lister. [7 ; 10 ; 15 ; 25]

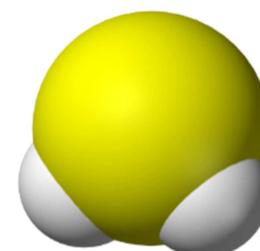


Figure 7 : Modèle de la molécule d'hydrogène sulfuré

2.2.1 Les bactéries : le moteur de cette formation

L'origine des sulfures provient pour la majeure partie de la décomposition des composés soufrés, des sulfates inorganiques (SO₄²⁻) ou des molécules organiques (protéines animales ou végétales, sulfonates des détergents) par les bactéries anaérobies de type sulfato-réductrices (*Desulfovibrio*, *Desulfotomaculum*). Ces bactéries particulièrement résistantes se développent entre pH = 5 et pH = 9,6 à des températures comprises entre -5 °C et +75 °C et peuvent supporter des pressions élevées. [14]

✓ La formation de l'hydrogène sulfuré du point de vue des équations [26]

Source de Carbone (MVS, DBO₅) → CO₂ + H₂O + CH₃COO⁻ + ATP (1)

ATP + SO₄²⁻ + 8H⁺ + 6 e⁻ → APS + PPI + 4H₂O } (2)

APS + 2 e⁻ → SO₃²⁻ + AMP } (3)

SO₃²⁻ + 6 H⁺ + 6 e⁻ → H₂S + H₂O + 2OH⁻ (4)

H₂S + 2O₂ → H₂SO₄ (4)

ATP : adénosine triphosphate.
APS : adénosine-5'-phosphosulfate
PPI : pyrophosphate inorganique
AMP : adénosine monophosphate

- (1) Catabolisme – fabrication d'énergie et de carbone rapidement biodégradable (acétate – donneur d'électrons)
- (2) Réduction du sulfate (accepteur terminal d'électrons) en sulfites
- (3) Réduction des sulfites en hydrogène sulfuré
- (4) Formation d'acide sulfurique

✓ Les lieux de ces réactions dans un réseau d'assainissement

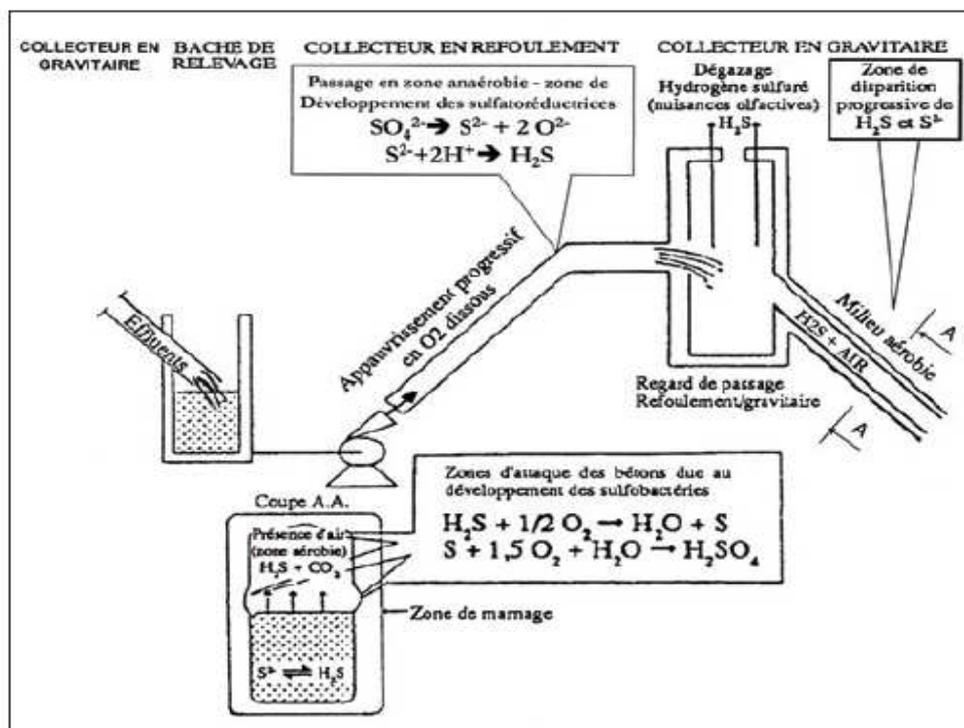


Figure 9 : Description schématique du processus de formation de l'H₂S. [22 ;23]

Cette formation se produit lors du passage des effluents dans un poste de refoulement. En effet, au sein de la conduite de refoulement, les eaux usées se retrouvent en zone anaérobie, où se développent les bactéries sulfato-réductrices. Ainsi les sulfates présents dans l'eau sont transformés en sulfures puis en hydrogène sulfuré.

Au niveau de l'exutoire de la conduite de refoulement, il y a dégazage de l'hydrogène sulfuré, ce qui crée les nuisances olfactives. Mais c'est aussi là que commencent les dégradations.

L'hydrogène sulfuré en atmosphère humide et chaude à l'intérieur d'un réseau ou d'un regard va être oxydé en acide sulfurique par des bactéries du genre *Thiobacillus*, au niveau des parois de la conduite.

2.2.2 L'influence du biofilm dans la formation de l'H₂S

La plupart des auteurs ont développé une compréhension des mécanismes de formation de l'H₂S basée sur la théorie du biofilm. Ils considèrent que la production de sulfures a lieu essentiellement au sein du biofilm formé sur les parois des conduites d'assainissement. Dans une conduite d'assainissement gravitaire non complètement remplie, hormis une présence importante de dépôts, l'effluent n'est pas en condition anaérobie, car il est en contact avec l'air. L'oxygène de l'air diffuse dans l'effluent et réagit rapidement. Sa concentration est dans la plupart des cas suffisante (sauf si le dépôt est important) pour empêcher la réduction de sulfates présents dans l'effluent.

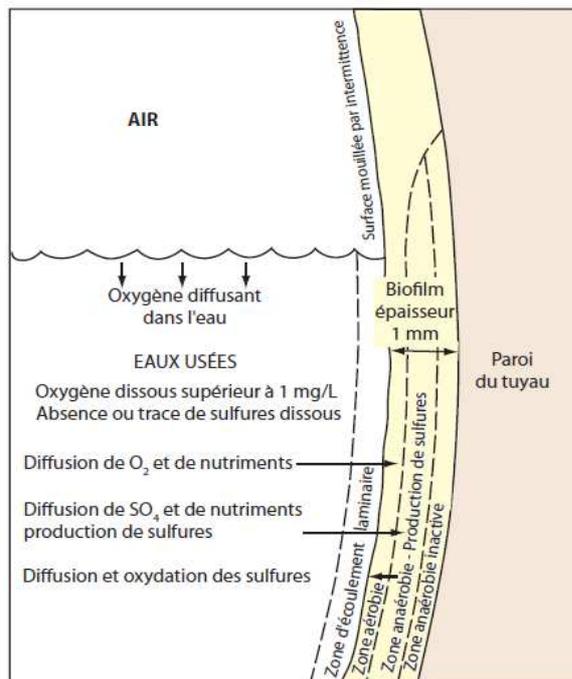


Figure 11 : Conditions de milieu et réactions intervenant dans un effluent oxygéné [7]

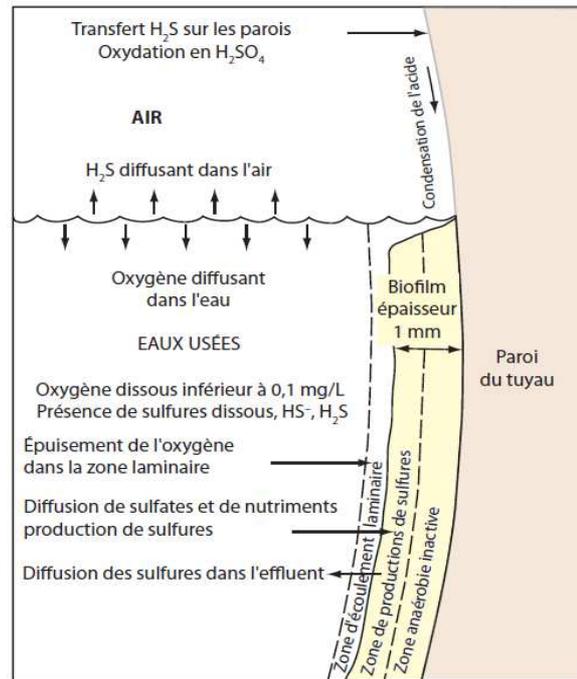


Figure 10 : Conditions de milieu et réactions intervenant dans un effluent non oxygéné [7]

Un biofilm constitué de biomasse se développe sur les parois immergées des conduites d'assainissement. En présence d'oxygène dissous dans l'effluent, celui-ci diffuse à l'intérieur du biofilm et il est rapidement consommé par des bactéries aérobies, ce qui se traduit par une épaisseur de la zone aérobique du biofilm faible (0,3 mm). En dessous de cette couche de biofilm aérobique se développe une zone d'anaérobie (limite de la diffusion de l'oxygène dans le biofilm), favorable au développement des bactéries sulfato-réductrices et à la formation des sulfures.

2.2.3 Les paramètres influençant la production de l'H₂S

La formation de l'H₂S est le résultat d'une activité biologique dont le site n'est pas encore clairement défini. En regroupant les informations des différents articles traitant de ce sujet, un certain nombre de facteurs favorisant la production d'H₂S a été mis au jour, au nombre desquels :

✓ **Le temps de séjour** (dans une canalisation de refoulement) :

Il faut noter que la notion de "temps de séjour" est une notion théorique. Dans la pratique, le temps de séjour réel est difficile à mesurer et varie en fonction des conditions locales. Pour une première approche, le temps de séjour moyen nous donne une idée de risque. D'après la charte qualité Aisne Ardennes Oise, un temps de séjour moyen supérieur à 2 h présente un risque certain de formation d'H₂S pour des températures supérieures à 15°C. [3 ; 5 ; 22].

✓ **La température**

La température agit sur la cinétique de la formation des sulfures en favorisant le développement des bactéries sulfato-réductrices. L'influence de ce paramètre est négligeable en dessous de 10°C, mais devient prépondérante au-dessus de 15°C [3]. La vitesse de formation des sulfures augmente de 7% par degré au moins jusqu'à 40°C.

Pour évaluer les niveaux de risques de formation d'H₂S, il faut connaître la température maximale. L'augmentation de la température favorise le développement des bactéries sulfato-réductrices. [22]

✓ **La vitesse du flux :**

La vitesse joue à la fois sur le taux de ré-aération, le transfert gaz-liquide, l'épaisseur des dépôts et sur les transports des solides dans le flux. Il ne semble pas qu'elle soit la seule susceptible de résoudre cette problématique, mais une vitesse minimale est conseillée.

Maintenir des vitesses d'écoulement suffisantes pour respecter l'autocurage présenterait donc un intérêt :

- Si la vitesse instantanée est supérieure à 1,5 m/s pour une durée supérieure à 1 min, le dépôt est remis en suspension et se redépose éventuellement plus loin. Une zone génératrice d'H₂S est ainsi définie.
- Si la vitesse instantanée est comprise entre 1 et 1,5 m/s pour une durée d'une minute, les boues sont partiellement remises en suspension, le dépôt est régulièrement érodé.
- Si la vitesse instantanée est inférieure à 1 m/s, la plus grande partie du dépôt ne se déplace que très lentement. Seule la partie située à l'interface de l'eau est remise en suspension et génère de l'H₂S.

L'importance des dépôts est fonction des concentrations et de la nature des matières en suspension de l'eau brute pompée dans la bache. [3]

D'après la charte qualité pour les réseaux d'assainissement Aisne-Ardennes-Oise, la vitesse instantanée doit être supérieure à 0,80 m/s. Si l'autocurage n'est pas respecté, le dépôt contaminera le biofilm. [5]

✓ **Le potentiel d'oxydoréduction (Rédox)**

Il caractérise l'état de fraîcheur de l'effluent. Cette mesure reflète l'état global du milieu, qu'il soit réducteur ou oxydant. Les eaux usées domestiques ont habituellement un potentiel d'oxydoréduction de l'ordre de 50 à 100 mV. La prolifération des bactéries génératrices d'H₂S est d'autant plus grande que les valeurs de redox sont négatives. Un milieu favorable aux bactéries sulfato-réductrices aura un potentiel rédox inférieur à -150 mV [5].

Il est important de noter également que le potentiel d'oxydoréduction chutera d'autant plus vite que la température est élevée et la DBO₅ importante. De plus, il chute de façon considérable après chaque poste en cascade. [20]

✓ **La surface des dépôts :**

Elle influence directement la formation de sulfures. Lors de la présence de dépôts assez importants, l'effluent n'est plus en contact avec l'air, pouvant ainsi se retrouver en condition anaérobie.

La présence de dépôts favorise le développement du biofilm le long des parois de la canalisation. [13]

✓ **La matière organique**

La matière organique présente dans des eaux usées est le moteur de croissance des micro-organismes qui consomment de l'oxygène et transforment la matière organique pour leurs propres besoins de croissance et de reproduction. Quand la vitesse de consommation devient supérieure à celle de renouvellement d'oxygène, le milieu évolue vers un état anaérobie. [20]

✓ **La concentration de l'effluent brut :**

La demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅) et les matières en suspension (MES) interviennent comme support biologique et source de carbone, et favorisent donc la croissance bactérienne. [22]

✓ **Les conditions physico-chimiques (O₂ dissous, pH) :**

Le rôle du pH est double, car il agit sur l'équilibre : H₂S/HS⁻/S²⁻ et sur la formation des sulfures. Du point de vue de la formation, un pH inférieur à 5,5 et supérieur à 9,5 inhibe en grande partie la génération de bactéries sulfato-réductrices. [26]

Si le taux d'oxygène dissous est inférieur à 0,1 mg/l, on peut considérer que ce taux devient nul en fin de refoulement. Ainsi les effluents seront en zone anaérobie, ce qui va permettre aux bactéries sulfato réductrices de transformer les sulfates. [5]

Conclusion : Il est difficile de trouver de vraies valeurs de préconisation car aucune réglementation n'existe dans ce domaine. Certains documents comme la charte qualité Aisne Ardennes Oise [5] ou encore des documents techniques comme les TSM [7 ; 13 ; 22 ; 26 ; 29] ou les FNDAE [23] préconisent pour différents paramètres des valeurs à ne pas dépasser sous peine d'être dans les conditions de formation de l'hydrogène sulfuré.

Aux vues des valeurs présentes dans la bibliographie, dans la suite de cette étude, les paramètres qui seront pris en compte comme valeurs de préconisation sont les suivants :

- La température de l'effluent : inférieur à 15 °C, afin que ce paramètre puisse être considéré comme négligeable.
- Le temps de séjour dans la conduite de refoulement : idéalement inférieur à 2h de moyenne journalière.
- Le potentiel redox : supérieur à - 150 mV, même si ça n'empêche pas la formation d'H₂S, le risque est limité.
- La vitesse instantanée : supérieure à 0,80 m/s, si l'autocurage n'est pas respecté, le dépôt contaminera le biofilm.
- Le taux d'oxygène dissous : supérieur 1 mg/l, cela permet d'inhiber les bactéries sulfato-réductrices.

Attention : Les sulfures dissous ne sont pas forcément libérés en H₂S. Il n'existe pas de règle mathématique qui corrèle les quantités de sulfures dissous et l'H₂S présent dans l'air. Sur chaque ouvrage neuf, il faut évaluer les risques et sur chaque ouvrage existant, il faut réaliser un diagnostic (période favorable à la fin de l'été). [13]

2.3 Les nuisances sur le système d'assainissement

2.3.1 Les effets sur le réseau

Les sulfures générés dans les réseaux d'assainissement sont à l'origine de multiples désordres :

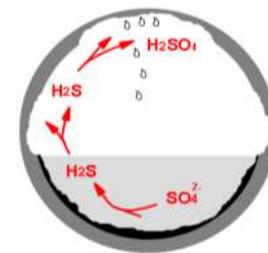
- Dégradation prématurée des réseaux
- Génération d'odeurs désagréables
- Toxicité induisant différents risques sanitaires notamment respiratoires pour le personnel exploitant le réseau.

2.3.1.1 Les explications du phénomène de corrosion

✓ **Au niveau du béton**

C'est à travers la corrosion des conduites en béton, des regards en Fibrociment et d'enduits de ciment que la corrosion par l'H₂S est bien connue.

L'acide sulfurique dissout l'hydroxyde de calcium et les carbonates de calcium contenus dans le mortier de ciment, entraînant la corrosion et compromettant l'intégrité de la structure du tuyau. La corrosion a lieu exclusivement dans la partie émergée du tuyau, de manière inégale à cause des courants d'air à l'intérieur de la canalisation.



Canalisations
Regards
Postes

Figure 12 : Dégradation des canalisations par l'H₂S

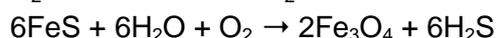
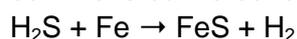
La vitesse de corrosion du béton dépend :

- De la turbulence du flux des eaux usées (dégazage d'H₂S dans l'atmosphère et oxydation en acide sulfurique)
- De la ventilation des réseaux
- De la surface de contact entre l'effluent et l'atmosphère.

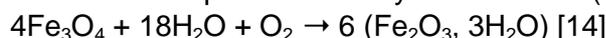
✓ **La corrosion des métaux**

L'hydrogène sulfuré corrode le cuivre, des alliages à base de cuivre comme le laiton, certains bronzes, le fer et l'argent pour former des sulfures métalliques noirs. Il peut en effet être catastrophique sur l'équipement électrique aux stations de relèvement. Les structures comme les échelles en fer et les regards sont détruits, d'autant plus rapidement que l'atmosphère est humide. Même la fonte de fer et certaines classes d'acier inoxydable sont corrodées ou piqués [15].

L'H₂S réagit directement avec beaucoup de métaux comme le cuivre ou le fer.



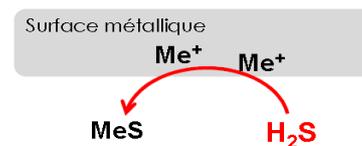
La réaction se poursuit et l'oxyde de fer noir (Fe₃O₄) est transformé en oxyde de fer rouge.



L'acier inoxydable présente une bonne résistance (316L – le 304 est sensible à l'H₂S), les composés en matière plastique (PVC, polyéthylène) semblent inertes face à l'H₂S.

2.3.1.2 La localisation des dégradations

Les émanations d'hydrogène sulfuré et les problèmes de corrosion qui en résultent ont lieu de manière préférentielle à l'aval des postes de refoulement et au sein même de ces postes. La majorité des problèmes se situent au niveau des postes de refoulement (poste et refoulement). En effet, dans les conduites de refoulement, la concentration en oxygène dissous diminue en fonction de la longueur du réseau et du temps de séjour hydraulique. [7] L'effluent passe donc en milieu anaérobie ce qui favorise la formation d'H₂S. Celui-ci n'est dégagé qu'au contact de l'air, au déversement dans les ouvrages de reprise ou des conduites gravitaires et il y a alors corrosion au niveau des installations (tuyaux, génie civil) et des équipements électromécaniques et électroniques des ouvrages d'assainissement.



Installations électriques
Pompes,
Tampons,
Échelles, balustrades

Figure 13 : Mécanisme de dégradation par l'H₂S

La corrosion des ouvrages est d'autant plus importante que la turbulence créée par le déversement des eaux usées est grande. [14]

Ainsi, les canalisations sous pression ne sont pas attaquées par H₂S car le tuyau est rempli : il n'y a donc pas de contact avec l'atmosphère et donc pas de dégazage. Néanmoins, l'effluent étant dans des conditions anaérobies, il se forme des sulfures qui se dégazeront au premier contact de l'effluent avec l'atmosphère.

2.3.1.3 Les problèmes d'odeurs

La majorité des problèmes d'odeurs en réseau se situe à l'endroit où les dégradations sont les plus importantes [7], c'est-à-dire au niveau :

- Des regards de passage recevant un effluent d'une conduite en charge dont le temps de séjour est trop long
- Des collecteurs gravitaires au débouché de refoulement
- Des collecteurs gravitaires à faible pente.

2.3.1.4 La toxicité de ce gaz

À température ambiante et pression atmosphérique, le sulfure d'hydrogène est un gaz incolore, d'odeur fétide caractéristique (« œuf pourri »), dont le seuil de perception est soumis à de fortes variations de sensibilité individuelle. (Cf. Annexe 1)

Cette odeur de l'hydrogène sulfuré gazeux est un indicateur sensible de sa présence, mais pour de faibles concentrations. En effet, pour des teneurs élevées, l'inhalation d'hydrogène sulfuré se traduit par une paralysie des centres nerveux olfactifs et une anesthésie de l'odorat.

De plus, l'hydrogène sulfuré étant un gaz irritant, la perception olfactive corrélée aux sensations d'irritation permet d'évaluer les concentrations d'exposition. [16 ; 17]

Concentration		Durée d'exposition	Effets sur l'homme
(ppm)	(mg/m ³)		
0,0005 – 0,13	0,0007 – 0,2	< 1 min	Seuil olfactif
10,5 – 21	16 – 32	7 h	Seuil d'irritation oculaire
50 - 100	75 – 150	> 1 h	Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires
150 – 200	225 – 300	2 – 15 min	Seuil de perte de l'odorat
600		30 min	Mortalité

Tableau 1 : Récapitulatif des effets de l'hydrogène sulfuré sur l'homme [24]

L'hydrogène sulfuré est un gaz plus lourd que l'air qui se localise et stagne au fond des ouvrages (puits, fosses, ouvrages couverts, postes de refoulement, etc.).

2.3.2 Les effets sur les stations d'épuration

Au niveau des stations d'épuration, les sulfures du réseau sont à l'origine [4, 15, 26] de :

- La génération de problèmes biologiques (prolifération de bactéries filamenteuses de type *Thiothrix* entre autre) entraînant une faible décantabilité des boues avec un risque de perte de boues dans le milieu récepteur (voire un moussage biologique stable) et une difficulté d'épaississement nécessitant aussi une augmentation des réactifs pour le conditionnement des boues.
- La sur-aération des boues activées à cause du faible potentiel rédox des eaux à traiter.
- La génération de sulfures de fer en cas d'ajouts de réactifs contenant du fer (particules fines, noires et décantant très mal).
- L'augmentation de la consommation de réactifs
- La corrosion des ouvrages

La présence de sulfure dans les effluents admis dans les stations d'épuration exerce une action, principalement sur les procédés de traitement biologique. Les sulfures sont toxiques à des concentrations supérieures à 10-20 mg/l et favorisent le développement de bactéries filamenteuses entraînant des phénomènes de moussage.

2.4 Les modèles de prévisions

2.4.1 Les prévisions qualitatives de production en sulfures

2.4.1.1 Sur un réseau gravitaire

La formule suivante établie par Davy et Pomeroy permet de prévoir les risques de dégagement d'hydrogène sulfuré dans un réseau gravitaire. [14]

$$Z = 3 \times (DBO_5) \times 1,07^{T-20^\circ C} \times \frac{Pm}{(I^{1/2} \times Q^{1/3} \times b)}$$

Avec :

- DBO₅ = concentration en DBO₅ en mg/L
- T = température de l'effluent en °C
- Pm = périmètre mouillé en mètre
- I = pente de la conduite en m/m
- b = largeur à la surface en m
- Q = débit de l'effluent en L/s

Valeur de Z	Présence de Sulfures
Z < 5 000	pas de sulfures
5 000 < Z < 7 500	quelques mg/L de sulfures
Z > 10 000	odeur de sulfures
Z > 20 000	présence de sulfures dissous en permanence

Tableau 2 : Risque de présence de sulfures en fonction de la valeur de Z

Nota : cette formule est « pessimiste » pour les petits diamètres et « optimiste » pour les grands diamètres.

2.4.1.2 Sur un réseau sous pression

Dans une conduite de refoulement, la modélisation de la production de sulfure est réalisable vu qu'il n'y a pas d'air donc pas d'échanges gazeux. Quelques auteurs ont étudié les cinétiques de production d'hydrogène sulfuré dans de telles conditions et ont proposé des méthodes de **calculs permettant de prévoir la production de sulfure**.

Le tableau ci-dessous illustre les risques de production de sulfure en fonction des interactions entre les paramètres majeurs (température, temps de séjour, vitesse moyenne et potentiel d'oxydo-réduction).

Température	5°	10°	15°	20°	> 20°
Note	0	2	4	10	20
Temps de séjour	1h	3h	6h	12h	24h
Note	0	1	4	6	15
Vitesse moyenne du flux (m/s)	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Note					
Vitesse instantanée de 0,6 m/s	-	-	-	10	15
Vitesse instantanée de 1 m/s	0	1	2	6	10
Vitesse instantanée de 1,5 m/s	0	0	0	2	6
Potentiel redox mV	+ 200	+ 100	0	- 100	- 200
Note	0	3	15	30	>30

Tableau 3 : Grille d'évaluation des risques [13]

Si la somme des points est entre :

- 0 et 5 le risque est nul
- 5 et 10 le risque est faible
- 10 et 20 le risque est important
- 20 et 30 le risque est certain

Pour le choix des paramètres, il faut prendre : le maximum possible pour la température et le temps de séjour (débit nocturne), le minimum de vitesse moyenne (débit nocturne).

2.4.2 La cinétique de production de l'H₂S

Des modèles numériques ont été établis par de nombreux auteurs, pour la plupart fondés sur la théorie du biofilm. Il est certain qu'il vaut mieux disposer de mesures effectuées sur le site, plutôt que de faire confiance à des formules, même si celles-ci ont été déterminées expérimentalement. L'utilité de formules prévisionnelles n'en demeure pas moins réelle si l'on veut obtenir un ordre de grandeur ou concevoir un réseau.

2.4.2.1 Les modèles basés sur la théorie du « biofilm » en conduite de refoulement

Ces modèles prennent pour hypothèses que la concentration en oxygène dissous est nulle, que la concentration en éléments nutritifs est proportionnelle à la concentration en DBO₅ ou en DCO et considèrent dans le cas des deux derniers modèles que la concentration en sulfate n'est pas limitante.

La formule de Thistelthwayte est la seule à prendre en compte la concentration en sulfate et la vitesse d'écoulement mais elle a été établie pour des conditions de pompage continu. Cette méthode donne des valeurs surestimées si la vitesse d'écoulement est importante ou si la concentration en sulfate est grande. Par contre les méthodes de Pomeroy et de Boon et Lister donnent des résultats surestimés si la vitesse d'écoulement ou si la concentration en sulfate sont faibles.

✓ La formule de Thistelthwayte

$$\frac{dS}{dt} (\text{mg/L/h}) = 0,5 \times 10^{-3} \times V_s \times (DBO_5)^{0,8} \times (SO_4)^{0,4} \times 1,139^{T-20^\circ C} \times Rh^{-1}$$

$$\text{Et } [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times T_s$$

Avec	V _s	=	vitesse moyenne [m/s]
	Rh	=	rayon hydraulique [m]
	DBO ₅	=	concentration en DBO ₅ [mg/L]
	SO ₄	=	concentration en SO ₄ [mg/L]
	T	=	température de l'effluent [°C]
	T _s	=	temps de séjour [h]
	$\frac{dS}{dt}$	=	variation de la concentration en sulfures dans l'effluent [mg/L/h]

Nota : cette formule est valable pour un pompage en continu.

✓ La formule de Pomeroy :

$$\frac{dS}{dt} = 1.10^{-3} \times (DBO_5) \times 1,07^{T-20^\circ C} \times Rh^{-1} \times (1 + 0.37D) \quad \text{Et} \quad [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times T_s$$

Avec	Rh	=	rayon hydraulique de la conduite [m]
	D	=	diamètre de la conduite [m]
	DBO ₅	=	concentration en DBO ₅ [mg/L]
	T	=	température "maximale" de l'effluent [°C]
	$\frac{dS}{dt}$	=	variation de la concentration en sulfures [mg/l/h]
	[S ²⁻]	=	concentration en sulfure exprimé [mg/l]
	Ts	=	temps de séjour [h]

Nota : cette formule est valable pour un pompage en discontinu.

✓ **La formule de Boon et Lister :**

$$\frac{dS}{dt} = 0,228 \cdot 10^{-3} \times DCO \times 1,07^{T-20^{\circ}C} \times Rh^{-1} \times (1 + 0,37D) \quad \text{Et} \quad [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times Ts$$

Avec	$\frac{dS}{dt}$	=	variation de la concentration en sulfures [mg/l/h]
	[S ²⁻]	=	concentration en sulfure exprimé [mg/l]
	DCO	=	valeur de la DCO de l'eau usée [mg/l]
	T	=	température "maximale" de l'effluent [°C]
	D	=	diamètre de la conduite [m]
	Rh	=	rayon hydraulique de la conduite [m]
	Ts	=	temps de séjour [h]

Nota : cette formule est valable pour un pompage en discontinu.

2.4.2.2 Modèles basés sur la théorie du « biofilm » en conduite gravitaire

✓ **Formule de Pomeroy et Parkhurst [1972]**

Pomeroy et Parkhurst proposent une formule pour le calcul de la variation de la concentration en sulfures dans le cas d'une conduite gravitaire.

$$\frac{dS}{dt} = 0,32 \cdot 10^{-3} \times (DBO_5) \times 1,07^{T-20^{\circ}C} \times Rh^{-1} - N^* \times (I \times V)^{3/8} \times (S^{2-}) \times dm^{-1}$$

$$\text{Et} \quad [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times Ts$$

Avec	∅	=	diamètre de la conduite [m]
	Rh	=	rayon hydraulique en m (Rh = Sm/Pm)
	Sm	=	surface mouillée
	Pm	=	périmètre mouillé
	DBO ₅	=	concentration en DBO ₅ [mg/L]
	T	=	température "maximale" de l'effluent [°C]
	I	=	pente [m/m]
	V	=	vitesse moyenne [m/s]
	$\frac{dS}{dt}$	=	variation de la concentration en sulfures [mg/l/h]
	[S ²⁻]	=	concentration en sulfures [mg/l]
	dm	=	profondeur hydraulique moyenne [m] (surface de l'écoulement sur la largeur de la surface libre)
	N*	=	0,64 pour une variation de concentration maximale en sulfures
	N	=	0,96 pour une variation de concentration moyenne en sulfures

Nota : Cette formule comprend un terme positif (formation de sulfures dans le biofilm) et un terme négatif prenant en compte les pertes de sulfures par dégagement dans l'atmosphère et des sulfures oxydés dans l'effluent.

Formule prenant en compte la DCO à la place de la DBO₅:

$$\frac{dS}{dt} = 0,073 \cdot 10^{-3} \times (DCO) \times 1,07^{T-20^{\circ}C} \times Rh^{-1} - N^* \times (I \times V)^{3/8} \times (S^{2-}) \times dm^{-1}$$

DCO = concentration en DCO en mg/L.

Ces formules sont dites empiriques : elles ont été créées à partir de l'étude de la cinétique de production des sulfures dans des réseaux ayant des paramètres particuliers. Cependant, aucun réseau n'a les mêmes caractéristiques. L'utilisation de ces formules est à prendre avec précaution : elles peuvent donner une idée de la concentration en sulfures mais il ne faut pas se baser que sur cela.

2.5 La lutte contre l'hydrogène sulfuré

Des préconisations ou traitements peuvent être mis en place pour réduire la concentration en H₂S dans les réseaux d'assainissement. On distingue les dispositions constructives et les actions préventives de celles strictement curatives.

Chaque action a ses avantages et ses inconvénients. Il faut donc choisir la mieux adaptée en fonction du réseau et des conditions à respecter.

2.5.1 Les recommandations sur la conception des ouvrages

Des dispositions constructives appropriées existent afin de limiter la formation d'hydrogène sulfuré. Celles-ci peuvent s'appliquer à plusieurs niveaux du système d'assainissement.

a) Sur les réseaux sous pression

- La conduite et le poste de refoulement doivent être dimensionnés afin de réduire le temps de séjour moyen des effluents qui ne doit pas dépasser deux heures (facteur aggravant : postes en cascade).
- La vitesse instantanée des effluents dans la canalisation doit être supérieure 1 m/s pour remettre immédiatement en suspension les dépôts formés entre deux pompes.
- Éviter les postes en cascade.
- Optimiser la section du refoulement en s'assurant que le diamètre est suffisant mais pas trop important.
- Prévoir à l'aval du refoulement des canalisations et des regards (regards revêtus) qui résistent à l'acide sulfurique comme : PVC, fonte résistant à pH = 1, canalisation en béton sulfaté, PRV, grès.
- Prévoir un dispositif provisoire de traitement d'H₂S pour les nouveaux postes de refoulement peu alimentés (réseau neuf avec faible taux de raccordement).
- Évaluer le niveau de risques et définir les "points noirs" (risque important de formation d'hydrogène sulfuré) pour décider de faire une installation provisoire ou permanente de traitement.
- Éviter le dégazage des sulfures en sortie de refoulement en cas de chute d'eau (accompagner la chute par un tube plongeur ou un aménagement de la cunette)

b) Sur les stations de pompage

A la conception, il est nécessaire de prendre des précautions pour éviter des dépôts en fond de bêche. Cela peut être résolu par la forme géométrique du fond (en pente suffisante par exemple) et/ou par des équipements de nettoyage automatique : agitateurs, pompe équipée d'une vanne de brassage (Flygt) ou encore Système de pompage en ligne : DIP (direct in-line pump) :

✓ **Système de pompage en ligne : DIP (direct in-line pump)**

Ce système est un poste de refoulement capable de pomper les effluents au fur et à mesure qu'ils arrivent au poste. Grâce à sa forme, à ses deux moteurs et à ses sondes de pression, ce système est capable de refouler les effluents sans avoir de fosse de collecte. Ce système fonctionne à vitesse variable, le pompage est continu et modulé dès l'arrivée de l'effluent. Ce qui est révolutionnaire, c'est que les pompes sont capables d'absorber un mélange air/liquide jusqu'à 10% sans risque de désamorçage ou de danger pour la pompe. Grâce à ce système, les temps de séjour sont très fortement réduits et le mélange eau/air dans la conduite de refoulement permet aussi de lutter contre l' H₂S.

Mais ce système nécessite un profil de conduite strictement ascendant.



Figure 14 : Système DIP

✓ **Valve Flush (Flygt)**

Au démarrage de la pompe, le flux, passant à travers la valve ouverte, crée une dépression et augmente les mouvements tourbillonnaires dans la valve, ce qui permet une remise en suspension des matières décantées. Après quelques dizaines de secondes, un système de clapet permet la fermeture de la valve et le passage direct du flux à travers la conduite.

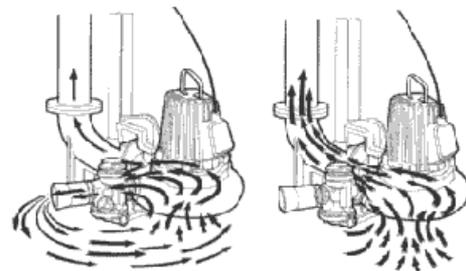


Figure 15 : Vanne de brassage

✓ **Les aéro-éjecteurs**

L'aéroéjecteur fonctionne par admission d'air comprimé dans une cuve de petite dimension (30 litres, pour 6 m³/h d'eaux usées). Son fonctionnement est cadencé. Il se compose d'une phase de remplissage et d'une phase de refoulement.

L'appareil est constitué d'une cuve, d'une entrée et une sortie, munies chacune d'un clapet et, dans la partie supérieure, une tubulure soumise alternativement à la pression et à l'échappement de l'air comprimé.

Précautions : La conception est délicate par le fait qu'il faut une adéquation parfaite entre les volumes d'air et les volumes d'eau. De ce fait le dimensionnement de la conduite de refoulement doit être adapté.

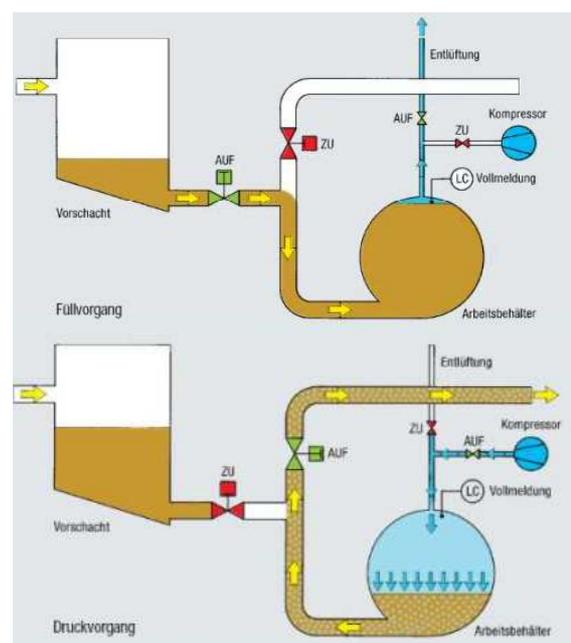


Figure 16 : Principe d'un aéro-éjecteur [30]

c) Sur les réseaux gravitaires

- Le diamètre minimum des collecteurs gravitaires d'eaux usées doit être de 200 mm.
- Pour obtenir sur ces réseaux une vitesse moyenne d'écoulement de 0,6 m/s, la pente minimale doit être supérieure à 0,003 m/m (conduite à moitié pleine).
- Pour une conduite de 200 mm remplie à 20% de sa section, la vitesse d'écoulement ne doit pas être inférieure à 0,30 m/s, ce qui conduit à une pente minimale de 0,005 m/m.
- La ventilation des réseaux devra toujours être assurée par les bouches d'égout et par les branchements particuliers. [6]

2.5.2 Les dispositions pour les actions sur le réseau

Pour des réseaux existants, il est difficile d'agir directement sur les paramètres comme la DBO₅, la température ou les sulfates pour éviter la formation d'H₂S. Par contre, on peut modifier les conditions hydrauliques afin de diminuer les risques de production.

Ces modifications sur le réseau implique de :

- limiter l'anaérobiose des effluents en assurant une vitesse instantanée supérieure à 1 m/s.
- augmenter la vitesse instantanée par adaptation ou changement de la pompe.
- diminuer la longueur de refoulement. Un refoulement de grande longueur peut dans certains cas (topographie adaptée) être transformé en plusieurs refoulements séparés par des tronçons gravitaires qui permettent une aération des effluents et limitent le temps de séjour en anaérobiose.
- diminuer le volume de refoulement. Ceci permettra d'agir directement sur le temps de séjour et ainsi sur la production d'H₂S.

Il existe plusieurs techniques de réhabilitation sur les réseaux d'assainissement, on peut citer : la réhabilitation par chemisage, tubage, double conduite, chemisage de la bache pour diminuer son volume, changement des canalisations par des plus petites, etc.

Ce sont des solutions qui présentent bien souvent un coût très important, cependant cela permet de s'affranchir de l'utilisation de réactif.

Remarque : la chasse aux eaux claires parasites, bénéfique pour le traitement et le coût d'exploitation, se traduit dans bien des cas par une diminution des vitesses dans le réseau, une augmentation des concentrations et un risque accru de fermentation des eaux usées.

2.5.3 Les actions sur l'effluent

Ce sont des traitements chimiques ou biologiques qui consistent à éliminer l'H₂S dans les réseaux. Ces traitements se font en action sur l'effluent par réaction entre le produit et l'effluent.

2.5.3.1 Les traitements préventifs

a) L'air compressé

La présence d'oxygène inhibe le développement des bactéries sulfato-réductrices et donc la formation des composés soufrés odorants. Il s'agit d'une action préventive puisque l'air injecté ne permet pas une oxydation en sulfates des sulfures déjà présents dans l'effluent. Si celui-ci est déjà septique à l'arrivée dans le poste de refoulement, l'air compressé pourra même augmenter la part strippable (rejet d'H₂S dans l'atmosphère) et donc la concentration en H₂S dans l'air. Le principe est d'injecter périodiquement un certain volume d'air dans la canalisation de refoulement. Le volume injecté dépend du diamètre de la conduite mais ne s'applique qu'à de petits diamètres et des longueurs inférieures à 1 km. S'il y a des points hauts, des poches d'air peuvent se former. Par conséquent il faut veiller à ce que le profil de la conduite soit strictement ascendant.

b) Le nitrate de calcium

L'objectif est de maintenir l'effluent en anoxie (pas d'oxygène libre, mais l'oxygène est fixé sur les nitrates), et donc d'empêcher les bactéries sulfato-réductrices, anaérobies strictes, de produire des sulfures.

Le principal fournisseur annonce que ce traitement favorise une action curative (toujours par une voie biologique). Les *Thiobacillus* (bactéries dénitrifiantes) transforment alors les sulfures dissous en sulfates. La température représente un facteur essentiel dans la cinétique (vitesse) de cette réaction.

À noter que la quantité de DCO facilement assimilable consommée lors de l'injection de sels de nitrate peut avoir un impact sur le fonctionnement de la station d'épuration.

2.5.3.2 Les traitements curatifs

a) L'oxygène pur

L'oxygène pur gazeux permet une double action :

- Préventive, en maintenant l'effluent en aérobie, comme pour l'air. Ceci nécessite de grandes quantités de réactifs car l'O₂ réagit avec la matière organique (abattement partiel de la DBO₅)
- Curative, car l'oxygène pur permet d'accélérer les cinétiques d'oxydation

Le débit d'oxygène est réglé de façon à avoir un résiduel d'oxygène en sortie de refoulement, et l'injection est asservie au fonctionnement des pompes de refoulement.

Le taux de traitement curatif théorique est de 8,5 g d'O₂ par g de sulfures sans tenir compte du transfert d'oxygène qui est variable selon le dispositif (de l'ordre de 50 à 80%) [29]. À titre d'exemple, pour une concentration de 15 mg/l de sulfures, le dosage sera de 130 g O₂/m³ d'effluent à traiter.

Il est préférable de réserver cette technique à des conduites ayant un profil régulièrement ascendant, pour des raisons de coût (fuite d'oxygène aux points hauts). Ce type de traitement étant très onéreux, il est rarement utilisé.

Attention, le stockage d'oxygène liquide est soumis à la nomenclature des ICPE, et selon la quantité totale stockée, à déclaration entre 2 et 200 Tonnes, à autorisation entre 200 et 2 000 Tonnes, et en plus à servitude d'utilité publique à partir de 2 000 Tonnes.

b) Le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂)

L'eau oxygénée peut être utilisée en traitement préventif comme en traitement curatif.

En préventif, l'injection de peroxyde se fait en amont des zones de formation des sulfures (postes de refoulement), et il constitue une source d'oxygène qui permet le maintien en aérobie de l'effluent. Ce traitement nécessite de grandes quantités de réactif car le peroxyde d'hydrogène oxyde facilement la matière organique.

En curatif (plus économique), le peroxyde d'hydrogène oxyde les sulfures déjà formés. Les doses théoriques sont de 1,5 moles de peroxyde par moles de sulfures à traiter. Dans la pratique, pour tenir compte des réactions parasites, pour un objectif de sulfures résiduels de 0.1 mg/l dans l'exutoire, le dosage est de 4 à 8 g d'H₂O₂ à 35% par gramme de S²⁻, et même parfois jusqu'à 10 g.

L'oxydation des sulfures n'est pas immédiate, le point d'injection doit être choisi de manière à ce que le temps de contact soit vérifié pour le débit maximal transitant dans la canalisation de refoulement. Le peroxyde commercial se présente sous forme liquide, et la concentration la plus courante est de 35%.

Attention : il s'agit d'une substance corrosive et combustante, dont le stockage est soumis à déclaration pour 2 à 100 Tonnes, à autorisation entre 100 et 200 Tonnes, et en plus à servitude d'utilité publique à partir de 200 Tonnes.

c) *Les sels de fer*

Le fer soluble agit sur les sulfures déjà présents, en les précipitant sous forme de sulfures de fer insolubles (produit des boues dans le réseau). Il s'agit donc d'une action exclusivement curative.

Quelle que soit la nature, le sel de fer sera injecté dans la bêche du poste de refoulement ou dans la conduite, avec un asservissement au fonctionnement des pompes de refoulement.

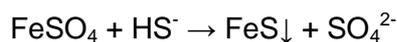
Le **sulfate ferreux** agit en précipitant les sulfures sous forme de sulfures de fer FeS. L'ion actif Fe²⁺ est immédiatement disponible, donc la réaction de précipitation est très rapide. Les sulfures sont piégés dès l'injection du réactif.

De plus, il a un effet rémanent important qui peut tamponner les variations de production de sulfures lors de la journée.

Cette installation nécessite la mise en place d'une cuve de préparation du réactif, un agitateur, un compteur d'eau, une pompe doseuse et une canne d'injection.

Les sulfates de fer nécessitent un équipement et une maintenance plus importante car ils sont sous forme de poudre, un bac de mélange est nécessaire.

L'utilisation de produits contenant du sulfate est une solution économique mais augmente la concentration en sulfate des eaux résiduaires entrant dans la station. Sur une station présentant des risques d'anaérobiose, on reformera des sulfures.



Le **chlorure de fer (III)**, également appelé chlorure ferrique ou perchlorure de fer, est un sel de fer de formule chimique FeCl₃. Il est dosé à environ 8 à 10mg/mg de sulfure.



Le chlorure ferrique agit comme le sulfate de fer en précipitant les sulfures sous forme de sulfures de fer FeS.

L'avantage avec le chlorure ferrique, c'est qu'il est liquide donc injecté directement dans la conduite de refoulement à l'aide d'une pompe doseuse, sans qu'il n'y ait besoin de bac de mélange.

d) *Le nitrate ferrique*

Ce produit, peu utilisé en France, est largement utilisé en Angleterre. Le principe est de combiner l'action préventive des nitrates (inhibition de la production des sulfures) et de l'action curative du fer (précipitation des sulfures présents).

Grâce à sa formulation associant le nitrate et le fer, l'Anaerite 263 de Kemira [18] (dénomination commerciale du nitrate ferrique Fe(NO₃)) permet d'obtenir un effet à la fois préventif et curatif en un seul point d'injection. Il allie l'abattement de l'H₂S et la prévention de la septicité en maintenant des conditions anoxiques. Même s'il est plus cher à l'achat, l'Anaerite 263 requiert des doses 2 à 5 fois inférieures au nitrate de calcium lorsque le point d'injection est très en amont. [19]

Le nitrate ferrique a l'avantage de coupler l'action préventive du nitrate ferrique et l'action curative du fer III. En évitant l'utilisation de deux réactifs, ce qui permet une installation ainsi qu'une gestion simplifiée

Cependant, c'est un produit acide et corrosif, au même titre que le chlorure ferrique, qui impose des contraintes en terme de sécurité et d'adaptabilité des équipements (cuve de stockage et pompes doseuses). De plus, comme le chlorure ferrique, il entraîne une coloration noire des effluents en entrée de station d'épuration. [28]

2.6 Le cadre réglementaire et les préconisations pour le personnel

2.6.1 La réglementation

2.6.1.1 En lien avec la sécurité du personnel

Le Ministère du Travail fixe la VLE (Valeur Limite d'Exposition) et la VME (Valeur Moyenne d'Exposition) à l'H₂S à respectivement 10 ppm et 5 ppm. L'objectif à terme étant d'abaisser la VME à 2 ppm. Ces valeurs sont à contrôler régulièrement dans la bibliographie [17].

En matière d'hygiène et de sécurité, les règles générales et les circulaires suivantes s'appliquent :

a) Règles générales de prévention des risques chimiques :

- Décret n°2003-1254 du 23 décembre 2003 relatif à la prévention du risque chimique et modifiant le code du travail.
- Arrêté du 19 mars 1993 fixant, la liste des travaux dangereux pour lesquels il est établi par écrit un plan de prévention.
- art. R 231-54 à R 231-54-8 du code du travail.
- Décret 3/06/1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées mentionnées aux articles L.372-1 et L.372-3 du Code Général des Collectivités Territoriales.
- Arrêté du 22/12/1994 fixant les prescriptions techniques relatives aux ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées (> 2.000 EH).

b) Aération et assainissement des locaux :

- art. R 232-5 à 232-5-14 du code du travail.
- circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985 (non parue au JO).
- arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 octobre 1987), relatifs aux contrôles des installations.

c) Valeurs limites d'exposition :

- circulaire du ministère du Travail du 12 janvier 1995 (non parue au JO).
- arrêté du 8 juin 1990 relatif aux teneurs limites des substances dangereuses admissibles dans l'atmosphère des travaux souterrains (JO du 27 juin 1990).

2.6.1.2 Au niveau des odeurs

Pour ce qui est des odeurs, la réglementation est la suivante :

- Loi n°61-842 du 2 août 1961 relative à la pollution atmosphérique et des odeurs.
- Décret n°77.1133 du 21 septembre 1977 et l'arrêté du 2 février 1998 relatifs notamment aux émissions de toute nature.
- Loi n°90-1130 du 19 décembre 1990 relative à la création de l'ADEME qui fixe les moyens techniques et financiers de la lutte contre la pollution de l'air et contre les odeurs.

2.6.2 La sécurité lors des interventions

Les postes de refoulement et de relèvement sont des espaces à risques d'atmosphère confinée, c'est-à-dire des ouvrages où l'aération est insuffisante.

Les principaux risques sont :

- Manque d'oxygène, présence de gaz toxiques : H₂S, gaz carbonique, chlore, hydrocarbures, etc. Ce qui peut provoquer la mort par asphyxie ou intoxication.
- Présence de gaz explosifs : méthane, butane, H₂S, vapeurs d'hydrocarbures, etc. (Dans les endroits à risques, utiliser du matériel ATEX. Ne jamais utiliser de moteur thermique).

Les autres endroits à risques en assainissement sont les fosses, regards, puits, collecteurs visitables, bassins ou chambres de dessablement, postes de dégrillage, locaux de traitement ou de stockage des boues.

Ces phénomènes peuvent être aggravés par l'exiguïté des accès et des lieux, la température et l'humidité, une mauvaise visibilité. Ce qui peut provoquer une aggravation du risque ainsi qu'une augmentation de la probabilité de l'accident et de sa gravité.

2.6.2.1 Les recommandations

La sécurité du personnel lors des interventions dans les égouts et les baches de relevage est régie par des consignes permanentes à appliquer systématiquement :

- 1) Avoir toujours au minimum un homme en surface.
- 2) Avant toute descente :
 - Contrôler l'atmosphère depuis l'extérieur des ouvrages. Il existe à cet effet des appareils automatiques tri-fonctions : explosimètre, manque d'oxygène, présence d'H₂S. Ne pas oublier de contrôler ces appareils régulièrement.
 - Assurer une ventilation par ouverture des tampons et des trappes amont et aval. Si c'est insuffisant, installer un ventilateur fonctionnant sur batterie afin de créer une ventilation forcée.
- 3) Pendant le travail dans l'égout :
 - Interdiction de descendre et de circuler seul.
- 4) En cas d'intervention, être équipé de la façon suivante :
 - une combinaison de protection en tissu plastifié imperméable
 - des cuissardes à semelles anti-dérapantes
 - un casque avec lampe individuelle à chargeur
 - un masque d'évacuation muni de cartouches neuves (pour remontées urgentes)
 - des lunettes de protection
 - des gants mi-longs et épais
 - un harnais
 - un piolet

➤ **En cas d'alerte évacuer immédiatement le collecteur**

- En cas d'accident la méthode à mettre en place est :
PRÉVENIR → PROTÉGER → SECOURIR

Vérifier l'atmosphère avant de porter secours : un accidenté suffit. Ne jamais descendre sans être équipé d'un masque. Sortir au plus tôt la victime à l'air libre.

2.6.2.2 Les Dispositifs de détection de l'hydrogène sulfuré dans l'air

Pour assurer la sécurité du personnel travaillant dans les réseaux d'assainissement, l'utilisation d'un dispositif de détection de l'H₂S dans l'air est indispensable.

Le plus utilisé est un appareil multifonctions automatique portatif. Il peut associer au danger de présence d'H₂S, un risque d'explosion et un manque d'oxygène par des signaux sonores et lumineux rouges lorsqu'un des seuils d'alarme est atteint. Les appareils récents permettent de détecter en continu jusqu'à 5 gaz en même temps. En fonctionnement normal, ces appareils sont portés par l'utilisateur mais ils peuvent être utilisés accrochés à une corde pour tester l'atmosphère d'un égout à l'ouverture d'un tampon.

L'avantage de ce type d'appareil est le fonctionnement en continu qui permet un travail long d'un réseau visitable sans devoir refaire des mesures périodiques. Il existe des appareils avec ou sans affichage des valeurs. Les exploitants préfèrent les appareils sans indication des valeurs pour éviter tout risque d'interprétation. Néanmoins, les valeurs peuvent être lues a posteriori sur un ordinateur grâce à une boîte noire. Pour les égoutiers, seule l'alarme visuelle et sonore leur est utile.

Conclusion : Pour cette étude les principaux intervenants sont : le Syndicat (qui est le propriétaire des installations), la Lyonnaise des Eaux (qui est en charge de leur gestion) et le bureau d'études Beimo (qui va réaliser cette étude). Cette mission sera réalisée sous charte qualité mais aussi sous couvert des financeurs (Conseil général et Agence de l'eau Seine Normandie). L'objectif est de diminuer les problèmes d'hydrogène sulfuré présents sur le Syndicat.

L'hydrogène sulfuré, plus couramment appelé H₂S, est connu de tous et pourtant bon nombre de personnes n'en connaissent pas beaucoup plus que son nom. Les mécanismes liés à sa formation sont relativement complexes. De nombreux auteurs ont étudié ce gaz dont les premières études remontent aux années 50, cependant la documentation qui y est liée reste rare.

L'hydrogène est dangereux pour le personnel, il est indispensable de suivre les règles de sécurité lors de toute intervention. Mais aussi pour les installations et équipement, car il corrode tout sans limite ce qui peut avoir de lourdes conséquences.

PARTIE II LE DIAGNOSTIC DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT DU SYNDICAT

Le réseau d'assainissement du syndicat de Thourotte et Longueil-Annel est atypique dans sa structure. En effet, bien que le nombre d'abonnés ne soit pas très élevé, 3 350 abonnés, c'est une véritable vitrine des différents réseaux et installations possibles.

Même si une grande majorité du réseau est en gravitaire, les postes de refoulement et de relèvement sont indispensables. Sur le syndicat, il y a 18 postes de refoulement et 1 poste de relèvement. Ce qui est relativement élevé vu la taille du syndicat.

Mais en plus de ce système, un réseau sous vide, installation relativement rare, est aussi présent. Ce type d'installation n'est pas courant. Ici c'est la présence de l'Oise qui a favorisé la mise en place de ce système. L'Oise et son canal latéral (Cf. annexe 3), ont aussi entraîné la mise en place de poste de crue afin d'éviter les inondations.

1 Un réseau d'assainissement atypique

1.1 Les différents réseaux présents

1.1.1 Le réseau gravitaire

Lors de la création de son réseau d'assainissement, le Syndicat, comme la quasi-totalité des communes de l'époque, a mis en place un réseau de tout à l'égout. Puis au fur et à mesure de l'extension des communes de Thourotte et Longueil-Annel, le réseau d'assainissement s'est lui aussi agrandi. Et pendant ce temps, les mentalités et les façons de faire ont évolué ce qui a amené le Syndicat à se tourner vers un réseau de type séparatif.

Sur le Syndicat, les réseaux d'assainissement sont mixtes (Cf. annexe 3) :

- Majoritairement unitaires sur la commune de Thourotte, avec des secteurs plus récents en séparatifs ;
- Entièrement en séparatifs sur la commune de Longueuil-Annel.

1.1.1.1 Le réseau unitaire

C'est un réseau évacuant dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales. Le réseau unitaire cumule les avantages de l'économie (un seul réseau à construire et à gérer) et de la simplicité (toute erreur de branchement est exclue, par définition), mais nécessite de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement. [12]

Les réseaux de type unitaire représentent bien souvent un facteur aggravant dans la formation de l'hydrogène sulfuré. Car un réseau unitaire évacue « dans les mêmes canalisations les eaux usées domestiques et les eaux pluviales » [8]. Ils sont dimensionnés pour ces conditions, et lors du dimensionnement, le volume d'eau usée stricte est bien souvent négligeable.

Dans ces conditions, lorsqu'il ne pleut pas, le réseau se trouve dans une situation de surdimensionnement. Ce qui favorise les eaux stagnantes, augmente les dépôts dans les canalisations et augmente la septicité de l'effluent.

Le plus gros problème, dans un réseau unitaire, est généralement situé au niveau des postes de refoulement. Ils sont dimensionnés pour pouvoir évacuer un certain volume d'eau (eaux usées et eaux pluviales), bien qu'ils soient souvent équipés d'un déversoir d'orage (Cf. 1.3.1 de la partie II).

Ainsi, par temps sec, ce réseau comprend des eaux usées strictes, ce qui augmente le temps de séjour dans le poste et son refoulement. Cet aspect sera plus développé dans la partie relative aux postes de refoulement (Cf. 1.2.1 de la partie II).

1.1.1.2 Le réseau séparatif

C'est un réseau séparant la collecte des eaux domestiques dans un réseau et les eaux pluviales dans un autre. Le système séparatif a l'avantage d'éviter le risque de débordement d'eaux usées dans le milieu naturel lorsqu'il pleut. Il permet de mieux maîtriser le flux et sa concentration en pollution et de mieux adapter la capacité des stations d'épuration. [11]

Les réseaux séparatifs permettent d'avoir des eaux usées relativement constantes dans le temps (aussi bien dans leur nature, que sur les volumes journaliers ou même horaires). Avec ce genre de réseau, si tous les éléments du réseau d'assainissement ont été bien dimensionnés, la problématique de l'hydrogène sulfuré peut être en grande partie diminuée.

1.1.2 Les autres réseaux

1.1.2.1 Les réseaux sous pression

Le Syndicat compte 18 stations de refoulement réparties sur son territoire, ce qui correspond à pas moins de 4 400 mètres linéaires de conduite de refoulement. Les conduites de refoulement représentent les points noirs des dégradations puisque qu'elles sont à l'origine de la formation de l'hydrogène sulfuré. Cette partie est plus détaillée par la suite lors du paragraphe sur les postes de refoulement (Cf. 1.2.1)

1.1.2.2 Le réseau sous vide

Un réseau d'assainissement sous vide est un système de collecte d'eaux usées qui se compose de deux parties ayant des fonctions distinctes :

- Le tronçon gravitaire traditionnel, depuis le domicile de l'utilisateur jusqu'au regard de transfert où est située la valve de transfert.
- Le réseau étanche en dépression ou "sous vide", depuis le regard de transfert jusqu'à la centrale de vide où sont situées les pompes à vide et les pompes de refoulement.

Les avantages de ce système sont :

- Le curage du réseau n'est plus nécessaire.
- Le réseau est constamment en dépression, donc en cas de défaut d'étanchéité, impossibilité de fuite vers le milieu naturel (Aucun risque de pollution des nappes phréatiques, des rivières, etc.). Mais aussi, pas d'infiltration d'eaux parasites du fait du déclenchement des alarmes obligeant à une réparation immédiate.

Les conditions d'auto-curage sont respectées en utilisant un grand volume d'air pour véhiculer les effluents, ce qui va éviter les problèmes de dégagement de méthane ainsi que la formation d'hydrogène sulfuré, car il s'agit d'un milieu hyper oxygéné.

D'après la bibliographie sur l'hydrogène sulfuré, ainsi que les documentations techniques des entreprises qui réalisent ce type de réseau, il n'y a pas de lien entre l'H₂S et les réseaux sous vide. Cependant, dans le cadre de l'étude, afin de ne rien négliger, une mesure a été réalisée au niveau de l'exutoire du poste de refoulement qui est jumelé à la station de vide. (Cf. annexe 8)

1.2 Les ouvrages

Ils sont répartis sur l'ensemble du Syndicat (Figure 17). Seul le numéro 4 est un poste de relèvement, les autres sont des postes de refoulement. La majorité se situe en tête de réseau, certains dans des secteurs unitaires et d'autres dans des secteurs séparatifs.

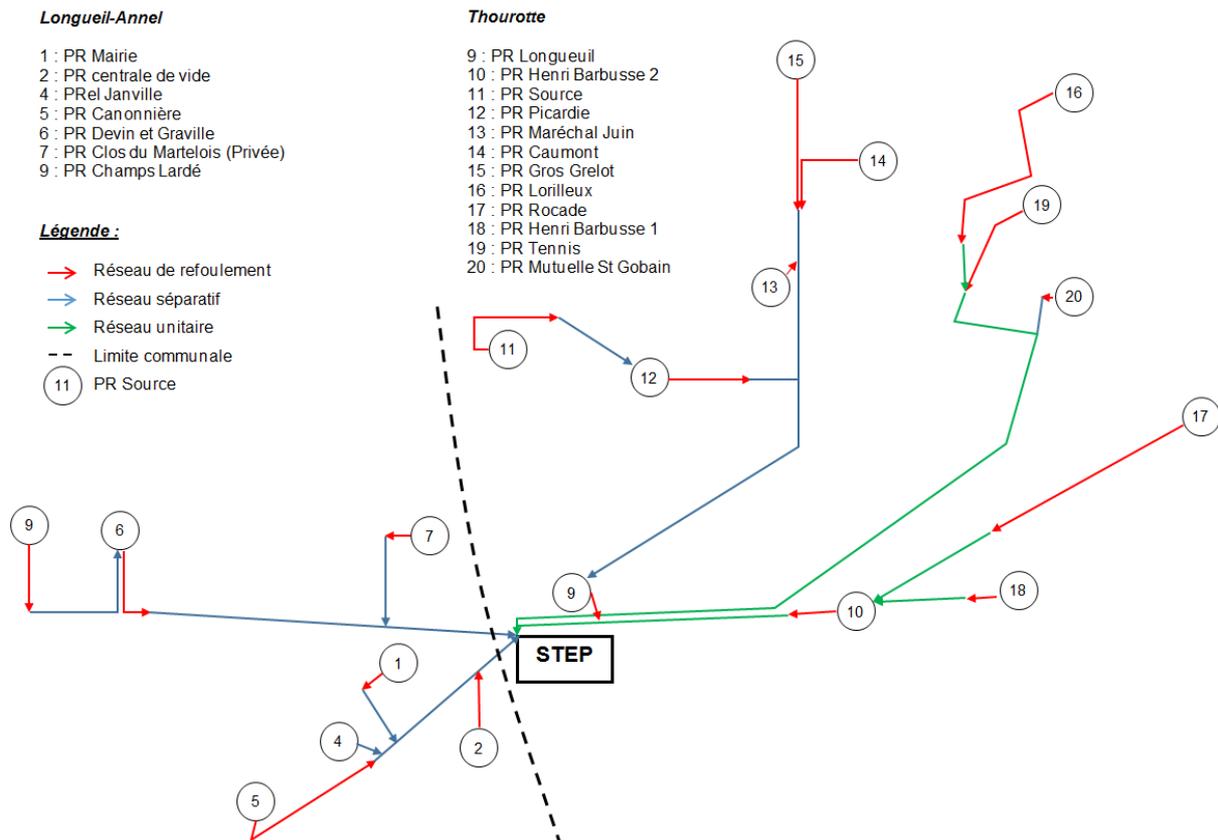


Figure 17 : Synoptique du réseau d'assainissement du Syndicat

1.2.1 Les postes de refoulements

C'est une installation qui a pour objet de faire transiter les effluents sous pression, souvent sur une assez grande longueur et/ou sur une assez grande hauteur de refoulement pour franchir un obstacle particulier (rivière, relief, etc.), pour atteindre une station d'épuration ou un autre secteur éloigné. (Figure 18) [27]

Lorsqu'il s'agit du franchissement d'un point haut dans un secteur urbanisé, la conduite de refoulement est généralement doublée d'une canalisation à écoulement gravitaire pour la récupération des eaux usées des propriétés riveraines.

L'une des conséquences de la mise en place d'un poste de refoulement sur un réseau d'assainissement est le développement de l'H₂S.

Le Sivom est équipé de nombreux postes de refoulement comme celui présenté figure 18. Ils sont au nombre de 18 repartis sur les communes de Thourotte et Longueil-Annel, dont 1 qui se trouve en domaine privé pour un lotissement. Tous les postes de refoulement sont sujet à la production d'hydrogène sulfuré, cependant, ils ne sont pas tous concernés par ce problème.

Les caractéristiques des postes de refoulement (Cf. annexe 4) sont :

- **Diamètre des bâches** : de 1 m pour les plus petits postes (Maréchal Juin, Caumont et Mutuelle Saint Gobain) à 2.20 m pour le plus gros poste (Route de Longueuil). La majorité se situe entre 1.5 et 2 m de diamètre.
- **Hauteur des bâches** : comprise entre 2.50 (Mutuelle Saint Gobain) à 5.20 m (Source). La plupart des hauteurs sont aux alentours de 4 m, à cause de la profondeur du réseau amont.

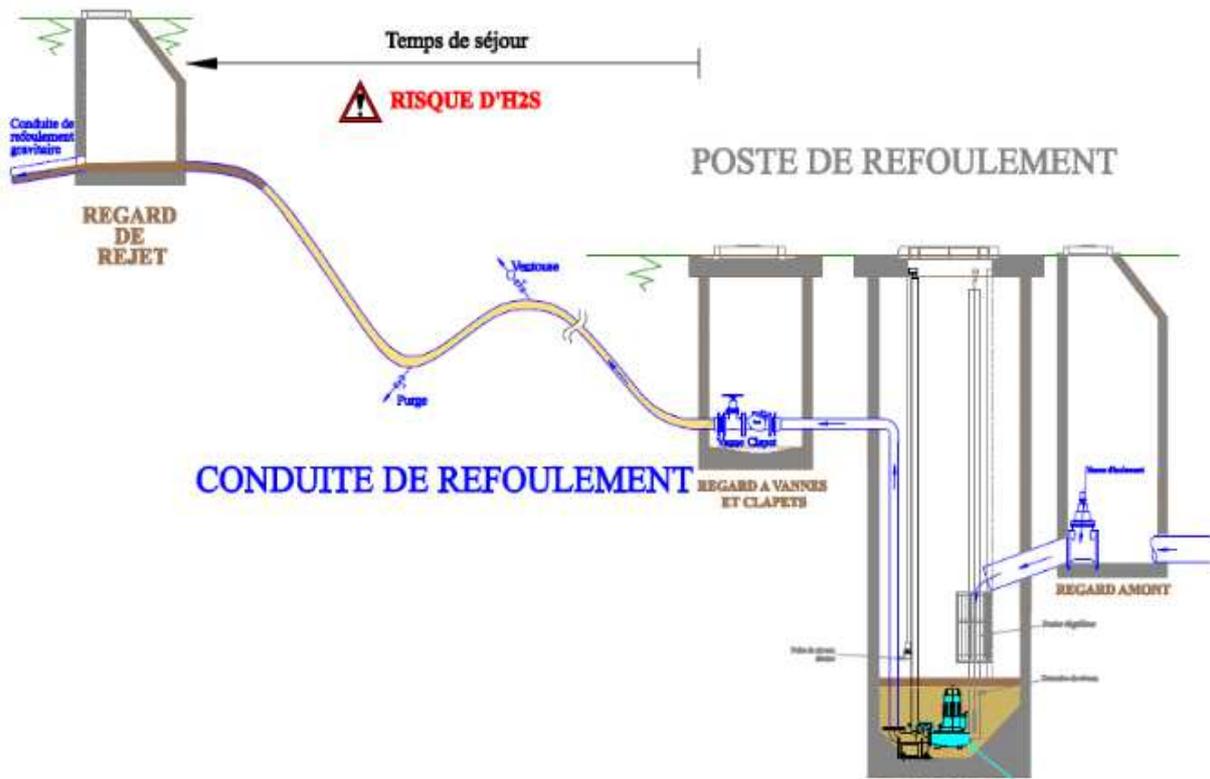


Figure 18 : Schéma type d'un poste de refoulement [5]

- **Hauteurs utiles** : de 10 cm (Canonnière) à 90 cm pour le poste rue de la Mairie à Longueil-Annel.
- **Canalisation de refoulement** : elle va jouer un rôle très important par la suite, car en fonction du volume d'eau usée qui va transiter, le temps de séjour peut être déterminé.
 - Longueur** : de quelques dizaines de mètres (20 m) pour les postes de refoulement Mutuelle St Gobain et Maréchal Juin, à plusieurs centaines de mètres (840 m) pour le poste de refoulement Rocade.
 - Diamètre** : c'est le poste Rocade qui est équipé du plus gros, avec un diamètre intérieur de 150 mm en amiante ciment. Au contraire, le poste situé rue de Caumont est équipé d'une canalisation de refoulement de 53.6/63 mm en PEHD.
- **Volumes pompés** (par jour) : ils varient considérablement en fonction du nombre d'abonnés raccordés. C'est sur ce paramètre que les différences sont les plus importantes. En effet, le volume pompé par les poste varie de 1 m³/j pour le poste de la Mutuelle saint Gobain ainsi que celui de la rue du Maréchal Juin à un peu plus de 170 m³/j pour le poste route de Longueil.
- **Temps de séjour** (dans la conduite de refoulement) : ils vont de quelques minutes (5 minutes pour le poste route de Longueil) à près de 11h pour le poste de refoulement Caumont. D'après la charte qualité, pour un temps de séjour supérieur à 2h, il y a risque de formation d'H₂S. Les postes concernés sont :

Canonnière.....	4h44
Maréchal Juin.....	2h43
Caumont.....	10h47
Gros Grelot.....	5h15
Rocade.....	6h38
Tennis.....	2h14
Mutuelle St Gobain.....	3h35

La détermination du temps de séjour dans la conduite de refoulement est réalisée par la formule suivante :

$$TS (h) = \frac{\frac{\pi \times D^2}{4} \times l}{V/24}$$

Avec	TS	:	Temps de séjour (h)
	D	:	Diamètre intérieur de la conduite (m)
	l	:	Longueur de la conduite de refoulement (m)
	V	:	Volume journalier pompé (m ³ /j)

- **Vitesse instantanée** : elles s'étalent de 0,36 m/s pour le poste du Gros Grelot à 1,90 m/s pour le poste Henri Barbusse 2. D'après la charte qualité, la vitesse instantanée doit au minimum être de 0,8 m/s. Les postes qui ne respectent pas cette condition sont les postes :

Canonnière.....	0,52 m/s
Devin et Graville.....	0,54 m/s
Picardie.....	0,70 m/s
Gros Grelot.....	0,36 m/s
Rocade.....	0,41 m/s

Cependant, d'après Astee [3], des vitesses trop importantes (> 1,5 m/s) peuvent conduire à des zones génératrices d'H₂S. Les postes route de Longueuil et Henri barbusse 2 devront être surveillés car leur vitesse est supérieure à 1,5 m/s (respectivement 1,77 et 1,90 m/s).

La vitesse instantanée se calcule avec la formule suivante :

$$v (m/s) = \frac{Q_p}{\frac{\pi \times D^2}{4}}$$

Avec	v	:	Vitesse (m/s)
	Qp	:	Débit des pompes (m ³ /s)

Les postes en cascades constituent un facteur aggravant dans la formation de l'hydrogène sulfuré. Lorsque les eaux usées qui ont transité à travers un poste de refoulement, elles s'écoulent ensuite dans un tronçon gravitaire avant de rencontrer de nouveau un poste de refoulement.

Sur le Syndicat, ce phénomène est rencontré à de nombreuses reprises. Un synoptique du réseau d'assainissement illustre de manière simplifiée les postes de refoulement (Figure 17). Ainsi il devient plus aisé de comprendre et visualiser d'un rapide coup d'œil, les postes de refoulement qui sont en cascade. Plus de la moitié des postes est concernée par ce problème, ceci entraîne une dégradation de l'effluent, qui devient de plus en plus septique.

1.2.2 Le poste de relèvement

C'est une installation destinée à élever les eaux, généralement sur place et sur une faible hauteur, pour permettre à un collecteur devenu trop profond de retrouver un niveau économiquement acceptable. (Figure 19)

Ce genre d'ouvrage est bien moins représenté que les postes de refoulement. La principale raison est qu'il présente bien moins d'avantages. Afin de trouver son utilité, plusieurs conditions sont nécessaires.

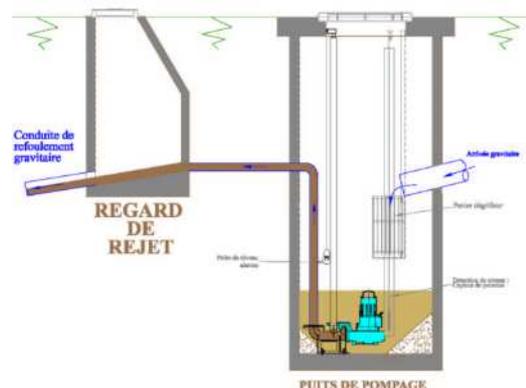


Figure 19 : Schéma type d'un poste de relavage [5]

Sur le Sivom, un seul poste de ce type est présent, il est localisé sur la commune de Longueil-Annel (Cf. annexe 3 et 4).

Les postes de relèvement sont que très rarement concernés par des problèmes de production d'hydrogène sulfuré. Sur ces installations, la conduite "de refoulement" ne correspond qu'à quelques mètres, ce qui est bien souvent insuffisant pour la formation d'H₂S. Cette formation peut intervenir dans la cuve de stockage dans le cadre d'un poste mal dimensionné.

Sur le poste de relèvement présent sur le Syndicat, la conduite "de refoulement" ne mesure que quatre mètres. Elle est de petit diamètre et la bêche de stockage est de petite taille (Cf. annexe 4). Il ne présente ainsi pas de soupçon quant à la formation d'hydrogène sulfuré.

1.2.3 Les postes de crue

Même s'ils n'interviennent pas dans la problématique de l'H₂S, le Sivom est équipé de trois postes de crues (Cf. annexe 3). Lors des crues importantes du milieu naturel, les rejets gravitaires à l'exutoire des réseaux ou des évacuateurs des déversoirs sont susceptibles d'être perturbés par une remontée de la ligne piézométrique d'écoulement. Ce phénomène peut s'accompagner de courants inverses s'opposant à l'écoulement normal du réseau vers le milieu naturel.

Dans ces conditions, il est nécessaire de mettre en place un dispositif qui permet d'évacuer le débit de temps de pluie. Ces postes doivent être installés au plus près du milieu naturel. Le Sivom en compte trois répartis le long de l'Oise.

1.3 Les autres équipements

1.3.1 Les déversoirs d'orage

C'est un ouvrage permettant le rejet direct d'une partie des effluents au milieu naturel, lorsque le débit amont dépasse une certaine valeur. Les déversoirs d'orage sont généralement installés sur les réseaux unitaires, dans le but de limiter les apports au réseau aval, et en particulier les stations d'épuration, en cas de pluie. [35]

Plusieurs sont installés sur le Syndicat, le plus souvent ils sont situés en amont des postes de refoulement étant donné que le réseau est en majeure partie unitaire. Cependant, aucun d'entre eux n'est instrumenté.

1.3.2 Les dessableurs / dégraisseurs

C'est un ouvrage qui permet, par décantation, de retirer les sables mélangés dans les eaux pluviales lors du ruissellement. Ce matériau, s'il n'était pas enlevé, se déposerait plus loin, gênant l'écoulement dans le réseau, le bon fonctionnement des postes de refoulement ainsi que le fonctionnement de la station. Le sable engendre une usure plus rapide des éléments mécaniques comme les pompes.

Sur le même principe que les dessableurs, le but d'un dégraisseur est d'enlever les graisses présentes dans les eaux usées.

Ce type d'installation est présent sur le réseau d'assainissement.

1.4 Les Contraintes

1.4.1 Un réseau en domaine privé

Les travaux du réseau d'assainissement du SIVOM de Thourotte et Longueil-Annel ont été réalisés il y a plusieurs décennies et des réseaux ou des ouvrages se trouvent désormais en milieu privé voire dans des endroits qui posent des soucis de sécurité.

L'entreprise Saint Gobain a construit autour de son usine des logements pour son personnel. Étant propriétaire des terrains, le tracé des réseaux d'assainissements a été vu au plus simple. De plus ces réseaux étaient réalisés en unitaire à l'époque. Par la suite les réseaux ont été rétrocédés à la commune, ce qui peut poser des problèmes à l'heure actuelle lorsqu'il faut intervenir sur un réseau "public" se situant en domaine "privé", voire même sous les habitations.

Le poste du Martelois, réalisé en 1977, était dans la cour d'une école maternelle. Il n'était pas accessible par des engins de chantier : le seul passage était celui par la cour de l'école qui est un passage étroit.

A l'occasion des travaux de cette école en 1979, le poste a été surélevé avec des éléments béton ce qui a amené sa profondeur à 8,20 m. Sa situation (au sein d'une école maternelle) et sa profondeur ont fait que tous les réseaux dans ce secteur ont dû être revus.

Le poste de refoulement du Martelois refoulait les eaux usées de tout le Martelois et le groupe scolaire, vers le regard de visite situé sur la rue Alexandre Dumas. Suite aux problèmes de mouvements de terrain et de dégradations (surement dû à l'H₂S), ce poste a été condamné et deux autres postes ont été créés, le poste Source et Picardie afin d'évacuer les eaux usées de ce secteur. (Cf. annexe 3 et 4)

1.4.2 Un réseau ancien

Le réseau d'assainissement de Thourotte et Longueil-Annel est un réseau ancien, dont la quasi-totalité du réseau est en amiante ciment, aussi bien les réseaux gravitaires que les réseaux sous pression.

Qu'est-ce que l'amiante ciment ?

L'amiante-ciment ou ciment-amiante ou encore fibrociment est un matériau constitué d'un complexe de fibres d'amiante dispersées dans un liant hydraulique qui est du ciment. Il a servi à produire des plaques, dalles, murs anti-bruit, tôles-ondulées de couverture, tuiles, tuyaux servant au drainage pluvial ou d'aqueduc, tuyaux d'évacuation de conduits de cheminées, événements, etc. Les deux principaux producteurs français étaient le groupe Eternit et Saint-Gobain.

La fabrication et la vente de matériaux contenant de l'amiante sont interdites depuis le 1er janvier 1997.

Selon l'INRS, « les maladies liées à l'amiante représentent aujourd'hui la deuxième cause de maladies professionnelles et la première cause de décès liés au travail (hors accidents du travail) ». Ce produit devient dangereux dans toutes les conditions où il doit être coupé, percé, poncé, meulé, cassé, broyé, démolé, déplacé sans précaution... et quand on l'utilise en milieu acide, en flocage, fibres libres etc.

Au moment de la démolition, et après un diagnostic-amiante, des précautions spéciales doivent aussi être prises car des fibres peuvent être libérées lors du bris et transports. L'usage de sas, masques, espaces clos, systèmes spéciaux d'aspiration, d'emballages étanches pour le transport, le changement de vêtements et douche avant de sortir du sas, sont indispensables et obligatoires dans un certain nombre de pays dont la France.

La présence de ce matériau pose deux problèmes majeurs :

- Un surcoût financier sur le projet afin de prendre et d'appliquer les mesures de précaution nécessaire.
- Une dégradation accrue, car l'amiante ciment est particulièrement sensible à l'acide sulfurique qui se forme à l'aval des conduites de refoulement, lorsque l'H₂S est au contact de l'air (Cf. 2.3.2.1 de la partie I).

1.4.3 Les difficultés rencontrées

Le commencement de cette étude a été difficile. En effet afin de pouvoir réaliser une étude diagnostique sur l'ensemble du réseau d'assainissement du syndicat, la connaissance de la totalité des éléments le concernant était nécessaire. Mais l'obtention de ces informations auprès de l'exploitant a posé quelques difficultés.

Le contrat de délégation de service public de l'exploitant sur ce syndicat vient d'être reconduit. L'équipe gérant le syndicat a été complètement modifiée suite à une restructuration de l'Agence et de la Direction Régionale de la Lyonnaise des Eaux.

Les premières informations dont les plans, le fonctionnement du réseau et bien d'autres n'ont pu être collectées que vers le mois de mars.

Il a fallu attendre la réunion de concertation après les six premiers mois de délégation pour qu'un point technique puisse être fait. Les analyses demandées ont pu être réalisées sur les postes identifiés comme à risques.

Néanmoins, les résultats des dernières analyses réalisées fin août ne sont pas disponibles au moment de la rédaction de ce document.

2 Une méthodologie

2.1 Les désordres constatés

Lors du lancement de l'étude, une visite de terrain a été faite afin de s'imprégner des lieux et des installations. L'objectif est de constater les éventuels désordres et/ou dégradations sur ceux-ci.



**Figure 20 : PR
Henri Barbusse 1**

Des marques de corrosions assez avancées sont présentes sur les vannes de ce poste



Figure 21: PR Henri Barbusse 2

Des racines se sont infiltrées dans le poste, au niveau de la conduite de refoulement. Des éléments se sont accrochés dans ces racines pouvant provoquer à termes un bouchage



**Figure 22 : PR
Caumont**

Un début de corrosion apparait sur le tampon de ce poste. Pourtant ce poste est relativement récent puisqu'il date de 2003.

Ici c'est une conduite de refoulement percée qui crée cet aspect blanchâtre/flou au fond du poste



Figure 23: PR Lorilleux



**Figure 24: PR Lorilleux
(bis)**

Ce poste est sujet à une forte présence de graisse ainsi que de dépôt en tout genre

Une forte concentration de racines touche ce poste. De plus, des dépôts et des oxydations sont présents



**Figure 25: PR de la
Mutuelle Saint Gobain**



Figure 26: PR Picardie

Le poste Picardie est concerné par de fortes présences de graisse, obligeant un nettoyage plus régulier. Ce poste est aussi concerné par une corrosion de son tampon. Pourtant il fait partie des plus récent du syndicat, il a été mise en place en 2008. C'est l'un des deux postes qui remplacent celui du Martelois.



Figure 27: PR Picardie (bis)



Figure 28: PR Route de Longueil

On note une oxydation du tampon. L'hydrogène sulfuré est probablement à l'origine de la corrosion des tampons. Le poste Source date de 2008, lors de la mise hors service du poste du Martelois.



Figure 29: PR Source

2.2 Les

modèles de prévisions empiriques

Des modèles de prévision empirique ont été développés par certains auteurs (Cf. 2.4.2.1 De la partie I). Dans le cadre de cette étude, le choix a été fait de se servir de certains modèles comme outil d'aide à la décision pour déterminer les postes producteurs d'hydrogène sulfuré. Dans la partie I, ces modèles ont été présentés, il en existe aussi bien pour les conduites sous pression que les gravitaire. Seules les formules pour les conduites en charge ont été utilisées. L'une des raisons principales est que la production de l'H₂S se déroule principalement dans les conduites sous pression. Même si une production en conduite gravitaire est possible, celle-ci reste négligeable. De plus, les formules établies pour les conduites gravitaires requièrent plus de paramètres. Or ces paramètres varient en fonction des endroits choisis. L'utilisation de telles formules pourra potentiellement faire l'objet d'une analyse plus détaillée dans un second temps.

La décision d'utiliser la formule de Boon et Lister ainsi que la formule de Pomeroy a été prise car ce sont des formules qui peuvent être utilisées avec les données actuellement connues sur les postes de refoulement. Contrairement à la formule de Thistelthwayte qui nécessite de connaître plus de paramètres. Des hypothèses ont été prises concernant les valeurs de DCO et DBO₅. La forme de Thistelthwayte nécessiterait de connaître aussi la concentration en sulfate, une approximation supplémentaire devrait ainsi être faite pour utiliser cette formule dont le domaine d'application est réservé au pompage continu.

2.2.1 La formule de Boon et Lister

La Formule de Boon et Lister telle qu'elle a été présentée dans la première partie est la suivante :

$$\frac{dS}{dt} = 0,228 \cdot 10^{-3} \times DCO \times 1,07^{T-20^{\circ}C} \times Rh^{-1} \times (1 + 0,37D) \quad \text{Et} \quad [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times Ts$$

Avec $\frac{dS}{dt}$ = variation de la concentration en sulfures [mg/l/h]
 $[S^{2-}]$ = concentration en sulfure exprimé [mg/l]
 DCO = valeur de la DCO de l'eau usée [mg/l]

T	=	température "maximale" de l'effluent [°C]
D	=	diamètre de la conduite [m]
Rh	=	rayon hydraulique de la conduite [m]
Ts	=	temps de séjour [h]

Cette formule relève de plusieurs paramètres dont les deux inconnues sont la température et la DCO. Pour ce qui est de la température, le choix a été fait de la fixer à 20°C, car c'est la température "idéale" dans le cadre des modèles de prévisions. En effet c'est une température élevée, ce qui va permettre d'obtenir les valeurs des pics de production sans pour autant être déconnecté de la réalité. Le terme de cette formule relative à la température diminue le résultat pour une valeur de température inférieure à 20°C et l'augmente dans le cas contraire. À travers l'utilisation de cette formule, le but est d'avoir un ordre d'idée du seuil « haut » de la production d'hydrogène sulfuré, d'où ce choix de 20°C pour la température.

Sans mesure de DCO, la valeur moyenne 800 mg/l a été prise. Elle correspond à la valeur moyenne du rejet par habitant qui est de 120 g/habitant, sachant qu'un habitant rejette environ 150 l/jour (d'après la définition d'un équivalent habitant).

Cette formule a été appliquée à tous les postes de refoulement présents sur le Syndicat (Cf. annexe 5) dans le but d'avoir un ordre d'idée des productions en sulfures afin d'orienter les mesures et analyses. En effet, d'un point de vue financier il n'est pas possible de réaliser ces mesures sur l'ensemble des postes. Un choix doit être fait par ordre de priorité, l'utilisation de ces formules est un bon outil.

Les résultats relatifs à l'utilisation de la formule de Boon et Lister sont présents à l'annexe 5. Il en ressort des concentrations en sulfure comprises de 0.5 à 150 mg/l.

D'après la formule de Boon et Lister, la concentration la plus importante en sulfure concerne le poste **Caumont**, avec une prévision de l'ordre de **150 mg/l**. Ensuite avec des concentrations en sulfure toujours importantes mais tout de même inférieures, il y a les postes de refoulement :

- Canonnière avec 36 mg/l
- Maréchal Juin avec 31 mg/l
- Gros Grelot avec 49 mg/l
- Rocade avec 34 mg/l
- Mutuelle Saint Gobain avec 34 mg/l

Puis dans un deuxième temps avec des concentrations un peu plus faibles :

- Mairie avec 14 mg/l
- Source avec 11 mg/l
- Lorilleux avec 12 mg/l
- Tennis avec 17 mg/l

Pour ce qui est des postes de refoulement restant, les concentrations sont considérées comme faibles :

- Devin et Graville avec 2 mg/l
- Longueil avec 0,5 mg/l
- Henri Barbusse 2 avec 2 mg/l
- Picardie avec 4 mg/l
- Henri Barbusse 1 avec 6 mg/l

2.2.2 La formule de Pomeroy

La Formule de Pomeroy (Cf. partie I) est la suivante :

$$\frac{dS}{dt} = 1.10^{-3} \times Ma \times (DBO_5) \times 1,07^{T-20^{\circ}C} \times Rh^{-1} \times (1 + 0.37D) \quad \text{Et} \quad [S^{2-}] = \frac{dS}{dt} \times Ts$$

Avec Rh = rayon hydraulique de la conduite [m]

D	=	diamètre de la conduite [m]
DBO ₅	=	concentration en DBO ₅ [mg/L]
T	=	température "maximale" de l'effluent [°C]
$\frac{ds}{dt}$	=	variation de la concentration en sulfures [mg/l/h]
[S ²⁻]	=	concentration en sulfure exprimé [mg/l]
T _s	=	temps de séjour [h]

Tout comme la formule de Boon et Lister, cette formule relève de plusieurs paramètres, mais cette fois c'est la DBO₅ et la température qui sont les deux paramètres variables. Concernant la température, l'explication est la même que pour la formule précédente (Cf. 2.2.1 de la partie II). Pour la DBO₅, sans réelle mesure sur site, le même raisonnement a été appliqué. Un équivalent habitant représente, d'une manière théorique, 60 g/l de DBO₅, sachant qu'un habitant rejette environ 150 l/jour cela donne une valeur moyenne de DBO₅ dans l'eau de 400 mg/l.

La même démarche a été appliquée en utilisant la formule de Pomeroy, les résultats (Cf. annexe 6) sont du même ordre et mettent en avant les mêmes postes de refoulement.

2.2.3 Les limites du modèle

Pour l'utilisation de ces formules, des hypothèses ont été prises pour obtenir des résultats qui vont s'appliquer dans certaines circonstances.

Tout d'abord concernant la température, le choix a été fait afin d'être dans le cas « le plus » défavorable. Les effluents dans les réseaux sont assez rarement à 20°C, mais cela se produit en été lors de fortes températures.

Les concentrations en DBO₅ et DCO ont été déterminées de manière théorique par rapport à la définition d'un équivalent habitant. En réalité elles ont tendance à être inférieures. Faute de mesures, ces valeurs ont été prises par défaut. La même remarque peut être faite pour le rejet en eau potable qui est bien souvent inférieur à 150 l/jour. Pour des communes de ce genre, le rejet d'eaux usées est bien souvent compris entre 90 et 100 l/jour.

Les deux formules sont identiques, elles utilisent quasiment les mêmes paramètres, il y a seulement un facteur de 2,19 qui réside entre ces deux. Ce facteur provient des différences des constantes entre les deux formules ainsi que de l'utilisation de la DCO dans un cas et de la DBO₅ dans l'autre.

De plus, certaines parties du réseau sont en unitaire, le temps de pluie n'a pas du tout été pris en compte. En effet c'est par temps sec que le risque de formation d'H₂S est le plus important, par temps de pluie l'effluent est dilué et l'augmentation de volume permet une diminution du temps de séjour.

Les résultats obtenus correspondent ainsi à des pics de concentrations qui peuvent être observés par temps sec lorsque les températures sont élevées.

Attention : les sulfures dissous ne sont pas forcément libérés en H₂S. Il n'existe pas de règle mathématique qui corrèle les quantités de sulfures dissous et l'H₂S présent dans l'air.

2.2.4 L'interprétation de ces résultats

L'utilisation de ces formules de prévision de la production de sulfures a été réalisée dans le but de s'en servir comme un outil d'aide à la prise de décision. Ces mesures vont servir pour déterminer les postes de refoulement sur lesquelles des mesures d'H₂S doivent être réalisées en premier.

Ces mesures sont à mettre en parallèle du flux en sulfure, qui est la corrélation entre cette concentration et le débit du poste. Car, sur certains postes de refoulement, la concentration en sulfure fait partie des plus élevées.

Cependant une fois que cette concentration est mise en parallèle du débit du poste pour obtenir le flux en sulfure, le même poste fait partie des moins significatif. (C'est le cas des postes de refoulement Maréchal Juin et mutuelle St Gobain)

D'après les résultats obtenus (Cf. annexe 5 et 6), les postes de refoulement qui semblent être les plus gros producteurs d'hydrogène sulfuré sont :

- Rocade
- Lorilleux
- Canonnière
- Tennis

Ainsi que dans une mesure un peu inférieure, les postes de refoulement :

- Gros Grelot
- Source
- Picardie
- Caumont
- Mairie

2.3 Les mesures in situ

2.3.1 Les mesures sur l'air

Pour mener à bien cette étude, il est indispensable de réaliser des mesures d'hydrogène sulfuré sur les postes de refoulement. Celles-ci ont été réalisées en plusieurs fois.

Pour chacune des analyses, une mesure au niveau de la bache de stockage du poste ainsi qu'au niveau de l'exutoire du refoulement de ce même poste ont été faites. L'intérêt de réaliser ces deux mesures est de déterminer, dans un premier temps, s'il y a présence d'H₂S au niveau du poste, qui peut avoir deux origines :

- soit de l'hydrogène sulfuré s'est déjà formé en amont du poste de la bache de stockage,
- soit il y a formation de ce fameux gaz dans la cuve de stockage.

Et dans un deuxième temps, la mesure au niveau de l'exutoire du refoulement permet d'étudier l'évolution des sulfures lors du passage dans la conduite, mais aussi de connaître les quantités formées.

Pour rappel, au niveau de la réglementation, il existe deux seuils qui sont :

- La valeur moyenne d'exposition : 5 ppm
- La valeur limite d'exposition : 10 ppm

Dans la bibliographie, il est indiqué que des concentrations en sulfures supérieures à 2 mg/l ont un impact sur les filières de traitement biologique : risques de développement de bactéries filamenteuses, moussage. [28]

2.3.1.1 La première campagne de mesure : de février à avril

Une première campagne de mesures a été réalisée entre les mois de février et avril. Ces mesures ont été faites aux niveaux des postes :

- Canonnière
- Caumont
- Gros Grelot
- Lorilleux
- Rocade
- Tennis

Ces postes ont été identifiés comme les plus gros producteurs de sulfures à travers l'utilisation des formules empiriques.

Les résultats de ces analyses sont disponibles dans « Les interprétations des analyses – partie III ».

2.3.1.2 La deuxième campagne de mesure : août et septembre

Cette campagne de mesures a été réalisée uniquement au niveau de l'exutoire des postes de refoulement, sur une plage de mesure de 24h.

Les postes concernés par ces mesures sont :

- Mairie
- Transvide
- Source

D'après les formules empiriques de prévision de la concentration en sulfures, ils sont apparus comme des postes présentant potentiellement une source d'H₂S. Les résultats sont disponibles dans « Les interprétations des analyses – partie III ».

2.3.2 Les mesures sur l'effluent

Les mesures d'hydrogène sulfuré constituent la première phase de l'étude. Elles sont faciles à réaliser, d'un coût acceptable et d'une exploitation relativement facile. Cependant, dans certain cas, il est utile de compléter par des analyses plus poussées, ces mesures consistent à prendre un échantillon de l'effluent et de l'envoyer en laboratoire afin de mesurer certaines grandeurs. Ici les paramètres qui ont été déterminés par le biais de ces mesures sont :

- Potentiel redox
- Température in situ
- Température dans l'enceinte à réception
- Concentration en Sulfate
- Demande Biochimique en Oxygène
- Sulfure

Suite à l'analyse bibliographie (Cf. 2.2.3 de la partie I), la connaissance de ces paramètres permet de savoir s'il y a formation d'H₂S, mais surtout de déterminer dans quelle proportion. Dans le cas de la mise en place d'un traitement, une analyse de ce type est primordiale.

Ce type d'analyse a été réalisé sur le poste Rocado, ainsi que sur les postes Caumont et Gros Grelot. Cependant, pour ces deux derniers, les résultats ne sont toujours disponibles à l'heure actuelle.

Conclusion : La présentation du réseau aide à une meilleure compréhension de la problématique et de ses enjeux. Il est équipé de différentes installations qui le différencient et le caractérisent, et pourtant ce sont celles-ci qui sont potentiellement sources d'hydrogène sulfuré.

La mise en place d'une méthodologie adaptée a été indispensable pour déterminer les zones de production du sulfure d'hydrogène. Cette méthode se compose de différentes phases qui consistent à regarder le réseau d'une manière globale, pour ensuite se recentrer sur les zones potentiellement source de production en réalisant à chaque fois des analyses de plus en plus précises. La prise en compte de tous les paramètres est indispensable à la détermination des points noirs du réseau.

PARTIE III LA MISE EN PLACE D' ACTIONS EN VUE DE LIMITER L'H₂S SUR LE SYNDICAT

Dans la partie précédente, le réseau a été présenté dans tous ses détails. Celui-ci est composé de nombreux postes de refoulement, installations connues pour être à l'origine de la formation de l'H₂S.

Une visite des installations du réseau a été réalisée pour déceler les marques de la présence de l'H₂S. Par la suite, l'utilisation de formules trouvées dans la littérature ont permis de déterminer la concentration en sulfure et mettre en avant les postes producteurs de sulfure et donc d'H₂S. Des analyses in situ ont complété ce travail.

L'interprétation de ces résultats va permettre de déceler les points "noirs" du réseau. Une fois localisés, il conviendra de proposer une ou plusieurs actions à mettre en œuvre pour chacun des problèmes identifiés. Ces solutions seront détaillées et chiffrées, afin que le Syndicat puisse décider des travaux qu'il souhaite réaliser.

1 Les interprétations déduites des analyses réalisées

Une étude diagnostique est vraiment propre à chaque réseau, car c'est en étudiant les caractéristiques de ce dernier qu'il devient possible d'envisager des modifications qui lui son propre. Ici, l'étude du système d'assainissement, couplée à une méthodologie visant à mettre en avant les problèmes d'H₂S, a permis de déterminer les zones défectueuses. Une fois ces zones délimitées, il convient de mettre en place des actions dont le but est de supprimer ou tout du moins limiter, la concentration d'H₂S.

1.1 Les postes de refoulement à risques

1.1.1.1 Poste de refoulement Canonnière

Ce poste se situe sur la commune de Longueil-Annel. Les eaux qu'il collecte sont strictement séparatives, un réseau d'eaux pluviales existe en parallèle (mais ne se rejette pas dans le poste). Il y a approximativement 80 abonnés de raccordés sur ce poste de refoulement, cela correspond aux volumes qui transitent par le poste, d'où le fait que les eaux sont uniquement séparatives.

La conduite de refoulement est relativement longue, elle mesure 610 m, ce qui fait de Canonnière le troisième plus long poste du Syndicat. Du fait de cette longueur importante et du faible débit, le temps de séjour est impacté avec une durée de 4,7 heures.

Ce poste est situé en tête de réseau, aucun poste de refoulement ne se trouve en amont. Cependant il est au bord du canal latéral de l'Oise, ce qui signifie qu'il se situe en zone inondable. De plus, l'exploitant du réseau a indiqué qu'il arrivait par moment que le clapet se situant dans le trop plein du poste soit bloqué. De cette manière l'eau du canal rentre dans le poste et celui-ci fonctionne en continu. Lorsque cela se produit, ça induit un vieillissement accéléré des pompes qui ne sont pas prévues pour fonctionner ainsi.

Lors de la visite terrain, une corrosion avancée des équipements à l'intérieur du poste a été remarquée.

✓ Analyse d'H₂S

Date : du 15 au 19 mars 2013 (1^{er} mesure)

Température : elle est comprise entre 6 et 10°C, la période n'est pas idéale puisque les températures sont relativement faibles

Au niveau de la bâche

- *Concentration max* : 8 ppm
- *Observations* : un seul pic de 8 ppm vers 14h (soit inférieur à la VLE qui est de 10 ppm) est présent au sein du poste (Cf. annexe 9). En dehors de ce pic qui s'est produit dimanche 17 mars de 12h à 16h, la concentration a toujours été nulle.

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 22 ppm
- *Observations* : la présence d'hydrogène sulfuré est beaucoup plus courante (Cf. annexe 9). Il y a eu génération de ce gaz pendant la quasi-totalité de la mesure. Il y a présence d'un pic à 22 ppm, quelques pics aux alentours des 10 ppm et la majorité se trouvant entre 0 et 5 ppm.

Suite à cette mesure, il a été décidé d'en réaliser une nouvelle lorsque les températures sont plus élevées.

Date : du 28 au 29 août (2^{ème} mesure)

Température : comprise entre 18 et 22°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 141 ppm
- *Observations* : lors de cette mesure (Cf. annexe 9), de forts pics sont mis en valeur, ces fortes concentrations sont dues à la température. Car en dehors de ces pics, la concentration est plutôt faible. La moyenne des concentrations est de 5 ppm.

✓ **Conclusion**

Le poste Canonnière est à surveiller, car il peut produire de très fortes concentrations d'H₂S. Cependant celles-ci restent singulières d'après les mesures réalisées. Les modèles de prévisions en sulfures indiquent des concentrations relativement élevées.

1.1.1.2 Poste de refoulement Caumont

Ce poste est situé sur la commune de Thourotte. Il collecte des effluents uniquement séparatifs provenant de pavillons résidentiels. La structure du réseau est assez complexe dans ce secteur (Cf. annexe 18). Sur la même route se trouve cinq réseaux, deux réseaux pour les eaux pluviales qui s'écoulent dans le même sens, deux réseaux pour les eaux usées qui là aussi s'écoulent dans le même sens et enfin un réseau sous pression qui provient du poste de refoulement Gros Grelot.

Le nombre d'abonnés raccordés est assez faible, environ 8. Ceci pose des problèmes car même si la longueur de refoulement n'est pas très importante, 255 m, le temps de séjour est de quasiment 11 heures ce qui est très important. Pourtant le diamètre de cette conduite est seulement de 53,6 mm intérieur.

Ce poste fait partie des plus récents, en effet il a été mis en place en 2003. Aux vues des éventuels problèmes qu'il allait poser, lors de sa conception un traitement contre l'H₂S par injection d'air a été prévu.

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 7 au 15 mars 2013 (1^{er} mesure)

Température : comprise entre 2 et 12°C

Au niveau de la bâche

- *Concentration max* : 0 ppm
- *Observations* : la concentration d'H₂S au niveau du poste est nulle (Cf. annexe 11), il n'y a pas du tout de production d'hydrogène sulfuré. Ceci peut s'expliquer par les faibles températures.

Au niveau de l'exutoire

- *Particularité* : même regard d'exutoire de refoulement que le poste Gros Grelot
- *Concentration max* : 115 ppm
- *Observations* : la concentration d'H₂S est très importante. Le pic le plus important est de 115 ppm, mais plusieurs pics dépassent les 100 ppm. Une certaine répétition peut être remarquée, avec de forts pics aux alentours du milieu de journée. Toutefois, il n'est pas possible de dire si cette production d'hydrogène sulfuré est imputable au poste Caumont, car au niveau de l'exutoire du refoulement, se situe aussi l'exutoire du poste Gros Grelot.

Suite à cette première campagne, la Lyonnaise des Eaux s'est inquiétée des résultats car le poste Caumont est équipé d'un traitement à l'air. Ils ont ainsi réalisés une deuxième campagne de mesure, où lors de la même période ils ont mesuré les concentrations d'H₂S dans les postes Caumont et Gros Grelot.

Date : du 17 au 22 avril 2013 (2^{ème} mesure)

Température : comprise de 9 à 19°C

Au niveau de la bêche

- *Particularité* : même regard d'exutoire de refoulement que le poste Gros Grelot
- *Concentration max* : 0 ppm
- *Observations* : Comme pour la première campagne de mesure, il y a absence total d'H₂S au niveau de la cuve de stockage du poste Caumont (Cf. annexe 12).

Date : du 23 au 26 avril et du 30 avril au 7 mai 2013

Température : comprise de 8 à 18°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 136 ppm
- *Observations* : La concentration en H₂S au niveau de l'exutoire du poste reste toujours relativement élevée. En effet que ce soit sur la campagne de mesure du 23 au 26 avril (Cf. annexe 13) ou bien celle du 30 avril au 7 mai (Cf. annexe 12), deux pics aux alentours des 130 ppm ont pu être mesurés (19h et 23h).

✓ **Conclusion**

De fortes concentrations d'H₂S sont présentes et nécessitent une intervention. Cependant, dans l'état actuel des choses il n'est pas possible de définir de quel poste sont dues ces concentrations. Une analyse de l'effluent est demandée auprès de l'exploitant pour déterminer quel est le poste à l'origine de ces fortes concentrations en H₂S au niveau de l'exutoire.

Les modèles de prévisions en sulfures indiquent des concentrations records pour ce poste : 150 mg/l d'après la formule de Boon et Lister.

1.1.1.3 Poste de refoulement Gros Grelot

Comme Caumont, ce poste est situé sur la commune de Thourotte. Le réseau situé en amont est séparatif, cependant il collecte des effluents majoritairement industriels. Ainsi il est difficile d'estimer par rapport aux volumes pompés si les effluents sont exclusivement séparatifs.

Le calcul du temps de séjour sur ce poste met en avant des problèmes d'hydrogène sulfuré. En effet, celui-ci est de 5h15, ce qui est bien supérieur aux 2h préconisées dans la partie I dans le but d'éviter la formation d'H₂S.

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 17 au 22 avril 2013 (1^{er} mesure)

Température : comprise entre 7 et 19°C

Au niveau de la bêche

- *Concentration max* : 0 ppm
- *Observations* : il y a absence total d'H₂S au niveau de la cuve de stockage (Cf. annexe 13)

Date : du 23 au 26 avril et du 30 avril au 7 mai 2013

Au niveau de l'exutoire

- *Particularité* : même regard d'exutoire de refoulement que le poste Caumont
- *Concentration max* : 136 ppm
- *Observations* : Cf. poste Caumont (exutoire identique)

✓ **Conclusion**

De fortes concentrations d'H₂S sont présentes et nécessitent une intervention. Cependant, dans l'état actuel des choses il n'est pas possible de définir de quel poste sont dues ces concentrations. Une analyse de l'effluent est demandée auprès de l'exploitant (comme le poste de refoulement Caumont).

Les modèles de prévisions en sulfures indiquent des concentrations élevées, avec 49 mg/l d'après la formule de Boon et Lister.

1.1.1.4 Poste de refoulement Lorilleux

Comme la majorité des postes de refoulement du syndicat, le poste Lorilleux est situé sur la commune de Thourotte. Le réseau situé en amont de ce poste récupère des effluents d'origines différentes. En amont du réseau, ceux-ci sont exclusivement séparatifs, en commençant par un habitat dispersé pour finir sur un habitat plus dense et la présence d'une industrie, Sun Chemical : entreprise réalisant des encres alimentaires.

La convention de déversement de Sun Chemical indique que les concentrations de l'effluent rejeté ne doivent pas dépasser les valeurs limites suivantes :

- Débit maxi 24h : 100 m³/j
- DCO : 1 500 mg/l
- DBO₅ : 500 mg/l
- MES : 500 mg/l
- NGL : 100 mg/l
- Pt : 25 mg/l
- pH : compris entre 6 et 8,5
- Température : inférieure à 30°C

Ces valeurs peuvent entraîner une production supplémentaire en sulfures.

Ce poste possède la deuxième plus grande longueur de refoulement du Syndicat avec 735 m. Cependant les volumes importants qui transitent par ce poste permettent d'obtenir un temps de séjour en dessous de la barre des 2h. La conduite de refoulement de ce poste passe à peine à quelques mètres du poste de refoulement Tennis.

La visite de terrain a mis en avant plusieurs dysfonctionnements (conduite de refoulement percée, dépôts, etc.) au niveau de ce poste (Cf. 2.1 de la partie II).

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 27 février au 4 mars 2013 (1^{er} mesure)

Température : comprise entre 6 et 12°C

Au niveau de la bêche

- *Concentration max* : 1 ppm
- *Observations* : la concentration au niveau de la cuve de stockage est quasi inexistante, en effet il y a un seul pic dont la valeur s'élève à 1 ppm.

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 7 ppm
- *Observations* : la concentration bien qu'elle soit faible (Cf. annexe 14), est tout de même présente. Les pics les plus importants sont de 7 ppm d'H₂S (vers 9h), mais une production quasi cyclique peut être observée. Les pics de productions se produisant principalement en fin de matinée, lorsque les consommations, et par conséquent les rejets d'eaux usées, sont faibles.

Suite à cette mesure, il a été décidé d'en réaliser une nouvelle lorsque les températures sont plus élevées.

Date : du 29 au 30 aout 2013 (2^{ème} mesure)

Température : comprises entre 17 et 23°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 18 ppm
- *Observations* : Cette mesure a mis en avant des concentrations légèrement plus élevées, le maximum est de 18 ppm (Cf. annexe 14), et la moyenne sur la période de 24h est de 3 ppm.

✓ **Conclusion**

Même si à l'heure actuelle la production d'hydrogène sulfuré sur ce poste n'est pas critique, ce poste est à surveiller.

La prévision de sulfure ne met pas en avant de forte concentration.

1.1.1.5 Poste de refoulement Rocade

Ce poste fait partie des plus anciens, il date de 1977, et il est situé sur la commune de Thourotte, au pied de l'émblématique usine St Gobain. Contrairement aux autres postes, ici le réseau en amont est exclusivement unitaire. Ceci s'explique par le fait que le poste collecte les effluents de l'ancien quartier ouvrier de St Gobain.

Suite aux travaux réalisés dans la rue Pasteur dû à l'effondrement du réseau d'assainissement, les réseaux d'assainissement de la rue de Pise et de la rue du Maréchal Foch ont été connectés directement sur celui de la rue Pasteur.

Depuis cette modification, le volume journalier refoulé par le poste est de l'ordre de 50 m³. Ce volume peut être nettement supérieur en cas de pluie puisque le réseau est unitaire dans les rues concernées.

La conduite de refoulement est la plus importante du syndicat avec 840 ml, et un diamètre intérieur de 150 mm. Ces deux paramètres induisent un temps de séjour supérieur à 6h30 ce qui est très important. De plus, le calcul théorique de la production de sulfure met aussi en avant une forte concentration. Du fait du volume journalier et de cette concentration, le flux en sulfure est très élevé pour ce poste.

L'usine St Gobain est connectée sur ce poste, cependant, des moyens importants ont été mis en place par cette entreprise dans le but de réutiliser au maximum son eau. De ce fait elle ne possède pas de convention de rejet car tous les effluents qu'elle rejette sont des eaux vannes.

La forte diminution d'effluents au niveau du poste accentue la problématique H₂S, car celui-ci est désormais surdimensionné.

✓ Analyse d'H₂S

C'est le poste qui possède les caractéristiques les plus favorables à la production d'hydrogène sulfuré (long refoulement, gros diamètre, temps de séjour conséquent, etc.). De ce fait c'est le poste qui présente le plus de problèmes et sur lequel il y a eu le plus d'analyses de réalisées.

Date : du 3 août au 4 août 2011 (1^{er} mesure)

Température : comprise entre 20 et 25°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 113 ppm
- *Observations* : Le mauvais choix de l'échelle pour la concentration en H₂S ne permet pas de se rendre compte au premier coup d'œil des fortes concentrations, mais il est tout de même indiqué que le maximum s'élève à 113 ppm (Cf. annexe 15). La concentration relevée à l'époque atteste de la présence d'hydrogène sulfuré dans des proportions assez importantes. Concentrations qui sont dangereuses aussi bien pour l'homme que pour les installations.

Lors de la réalisation de l'étude, de nouvelles analyses ont été réalisées.

Date : du 22 au 27 février 2013 (2^{ème} mesure)

Température : comprise entre 4 et 10°C

Au niveau de la bêche

- *Concentration max* : 7 ppm
- *Observations* : il y a présence d'H₂S au niveau de la cuve de stockage (Cf. annexe 15), ce qui signifie que les effluents sont déjà septiques avant leur passage dans le poste. Ces concentrations ne sont pas très élevées, de l'ordre de quelques ppm, mais pourtant les conditions de mesure n'étaient pas idéales (température et pluie : réseau unitaire)

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 57 ppm
- *Observations* : il y a de fortes concentrations bien que les températures soient faibles (Cf. annexe 15). Les pic d'H₂S s'élèvent à 57 ppm (milieu de journée). De nombreux pics de concentrations sont compris entre 20 et 50 ppm. Une certaine correspondance existe entre l'amont et l'aval du refoulement, les pics à l'aval sont identiques à ceux présents à l'amont du refoulement, par contre ceux-ci ont été largement amplifiés (facteur 10).

✓ Les mesures sur l'effluent

Une analyse des effluents au niveau de la cuve de stockage ainsi qu'au niveau de l'exutoire du refoulement a été faite. L'objectif étant d'observer comment se comporte l'effluent lors du passage dans la conduite de refoulement, mais aussi pour déterminer l'état de l'effluents lors de son arrivée dans la cuve de stockage.

Deux analyses ont été réalisées (Cf. annexe 17), la première le 26 mars et la deuxième le 28 mars 2013.

Concernant la première analyse, au niveau de la cuve de stockage, le potentiel redox est déjà très faible, celui-ci est de - 130 mV, ce qui caractérise un effluent qui n'est pas « frais ». Cependant la concentration en sulfure est relativement faible, de l'ordre de 1,6 mg/l.

Au niveau de l'exutoire, le potentiel redox a continué à chuter, ce qui est normal lors du passage dans un poste de refoulement. L'effluent peut être considéré comme septique. La concentration en sulfure a augmenté, elle est désormais à 4 mg/l.

Lors de cette analyse, il n'y a pas eu de précipitation, par contre les températures ont été relativement faibles, de 1 à 5°C, ce qui n'est pas favorable à la formation d'hydrogène sulfuré.

Concernant la deuxième analyse, au niveau de la cuve de stockage, le potentiel redox est plus élevé, donc plus frais. La concentration en sulfure est faible (< 0,5 mg/l). Au niveau de l'exutoire, le potentiel redox a diminué mais en restant acceptable. La concentration en sulfure est de 1 mg/l, ce qui peut être considérée comme faible.

Tout comme la première analyse, les températures étaient faibles, de plus de faibles précipitations, inférieur à 1 mm, ont été relevées cette journée-là.

Ces analyses ne permettent pas de faire le lien avec les formules de prévision de la production en sulfure utilisées précédemment. En effet celles-ci sont utilisées dans les cas les plus défavorables, ainsi elles mettent en avant les concentrations maximales qui peuvent être trouvées. Afin de voir si une corrélation est possible, une analyse de l'effluent doit être réalisée en période chaude, par temps sec. De cette manière il sera possible d'effectuer une comparaison et de juger les résultats obtenus de manière théorique.

✓ **Conclusion**

Il est nécessaire de mettre en place une action afin de limiter tant que possible la formation d'hydrogène sulfuré. Le temps de séjours et les mesures d'H₂S mettent en valeurs un problème de production d'H₂S. Les mesures sur l'effluent ne sont pas significatives du fait de la période à laquelle elles ont été réalisées. Mais permettent d'observer un potentiel redox faible, paramètre qui intervient dans la formation de l'H₂S.

Les modèles de prévisions en sulfures indiquent des concentrations élevées pour ce poste.

1.1.1.6 Poste de refoulement Tennis

Le poste Tennis est sur la commune de Thourotte. Les réseaux en amont sont aussi bien unitaires que séparatifs.

Actuellement les nombres d'abonnés raccordés sur ce poste s'élèvent à environ 50. La longueur de refoulement commence à être importante, mais pourtant le temps de séjour dépasse juste les 2h ce qui est correct.

Ce poste a été réhabilité récemment, ainsi les éventuelles marques de corrosion ne sont pas encore visible. Les analyses sur l'air, comme les prévisions en sulfures mettent en avant un problème d'H₂S sur ce poste.

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 4 au 7 mars 2013 (1^{er} mesure)

Température : comprise entre 3 et 7,5°C

Au niveau de la bêche

- *Concentration max* : 0 ppm
- *Observations* : les mesures en H₂S sont nulles (Cf. annexe 16).

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 62 ppm
- *Observations* : ce gaz est nettement plus présent. La concentration maximale est de 62 ppm, cependant il n'y a qu'un seul pic (vers 6h). La plupart des pics se situent aux alentours de 10 à 20 ppm (Cf. annexe 16).

✓ **Conclusion**

Ce poste se situe en tête de réseau, dont la majeure partie est unitaire, ce qui signifie que la formation en H₂S peut potentiellement être nettement supérieure lors des mois d'été. Ce poste fait partie des postes de refoulement à surveiller.

La prévision en sulfures indique des concentrations moyennement élevées, par rapports aux autres postes présentant des problèmes.

1.1.1.7 Poste de refoulement Mairie

Le poste Mairie est sur la commune de Longueil-Annel. Les réseaux en amont sont séparatifs. La longueur de refoulement n'est pas très importante, et le temps de séjour est inférieur à 2h.

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 29 au 30 août 2013

Température : elle est strictement supérieure à 20°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 83 ppm
- *Observations* : Un pic très élevé (83 ppm) est présent à 8h (Cf. annexe 7). Cela correspond très certainement à la première bâchée. Ensuite quelques petits pics de concentration sont présents sur le reste de la journée, le plus important est à 30 ppm (à 18h), sinon les autres sont plus aux alentours des 10/15 ppm. En dehors des quelques pics, la concentration en H₂S reste faible.

Conclusion : Mise à part les deux pics de 83 et 30 ppm, la concentration en H₂S est relativement faible. Une mesure sur une plus grande durée serait intéressante. Ce poste de refoulement est à surveiller.

La prévision en sulfures indique des concentrations qui ne sont pas élevées.

1.1.1.8 Poste de refoulement Transvide

Le poste Transvide est sur la commune de Longueil-Annel. Les réseaux en amont sous vide. La longueur de refoulement n'est pas très importante, et le temps de séjour est inférieur à 2h.

✓ **Analyse d'H₂S**

Date : du 30 août au 2 septembre 2013

Température : elles sont strictement supérieures à 20°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 45 ppm
- *Observations* : il y a 4 pics qui se produisent à 4h et 8h (Cf. annexe 8), la concentration est relativement faible au niveau de l'exutoire de ce refoulement. Cependant la concentration maximale est tout de même de 45 ppm.

Conclusion : hormis les 4 pics de concentration en H₂S, la concentration est faible (souvent inférieur à 5 ppm). Ce poste est à surveiller. Une mesure sur une plus grande durée serait intéressante.

La prévision en sulfures indique des concentrations faibles, de l'ordre de 6 mg/l.

1.1.1.9 Poste de refoulement Source

Le poste Mairie est sur la commune de Thourotte. Les réseaux en amont sont séparatifs. La longueur de refoulement commence à devenir conséquente puisqu'elle est de 250 m, et le temps de séjour est inférieur à 2h.

✓ Analyse d'H₂S

Date : du 29 et le 30 aout 2013

Température : elle est strictement supérieure à 20°C

Au niveau de l'exutoire

- *Concentration max* : 99 ppm
- *Observations* : un premier pic de 20 ppm est présent à, 11h. Puis de 14h à 22h, la concentration en H₂S est très faible. Après 22h, de nombreux pics sont présent, dont le plus important est de 100 ppm (Cf. annexe 10).

Conclusion : Les résultats des mesures sur ce poste constituent une surprise aux vues des fortes concentrations qui ont été relevées. Les résultats obtenus par la formule de Boon & Lister indiquent une prévision en sulfures qui n'est pas très importante par rapport aux autres postes. Une mesure sur une plus grande durée permettrait de vraiment juger la répartition de cette production d'H₂S. Ce poste est à surveiller.

1.2 Synthèse

1.2.1 Sur les postes de refoulement

Ce tableau regroupe les données essentielles pour comprendre quelles mesures doivent être prises :

Poste	Théorie		Mesures				Décision
	[S ²⁻] (mg/l)	TS (h)	T (°C)	H ₂ S (ppm)	T (°C)	H ₂ S (ppm)	
Canonnière	36	4h44	6 à 10	22	18 à 22	141	À surveiller
Caumont	150	10h47	2 à 12	115	8 à 18	136	Mesure sur l'effluent
Gros Grelot	49	5h15	7 à 19	136			Action à mener
Lorilleux	12	1h36	6 à 12	7	17 à 23	18	À surveiller
Rocade	34	6h38	20 à 25	113	4 à 10	57	Action à mener
Tennis	17	2h14	3 à 8	62			À surveiller
Mairie	14	1h40	> 20	83			À surveiller
Transvide	6	54 min	> 20	45			À surveiller
Source	11	1h36	> 20	99			À surveiller

La première campagne de mesures a été réalisée sur les postes de refoulement qui produisent le plus d'H₂S. La mise en place d'actions dont le but serait de limiter cette concentration est indispensable pour les postes Caumont, Gros Grelot et Rocade.

D'une manière générale, cette deuxième campagne de mesure n'a pas dévoilé de postes comme étant de gros producteur d'H₂S. La plupart sont à surveiller, même si des concentrations élevées ont été mesurées pour certains. Bien souvent cela ne représente que quelques pics de concentrations (en général tôt le matin)

Des mesures sur de plus grandes périodes aideraient à une meilleure compréhension.

Des analyses sur l'effluent ont été demandées à l'exploitant concernant les postes Caumont et Gros Grelot. Ces analyses doivent permettre de déterminer quel est le poste qui produit de l'hydrogène sulfuré. Ces deux postes de refoulement possèdent le même exutoire, ainsi il

n'est pas possible de dire, d'après les mesures d'H₂S au niveau de l'exutoire, quel est le poste qui en est la cause.

Ces analyses ont été réalisées semaine 35, cependant les résultats ne sont toujours pas disponibles.

Les résultats obtenus pour la prévision des sulfures est cohérentes avec les analyses qui ont été réalisées. Les postes producteurs d'H₂S d'après ces formules sont ceux qui présentent les plus fortes concentrations sur les mesures réalisées.

1.2.2 Sur les autres éléments du réseau

De nombreux déversoirs d'orages sont présents sur le Syndicat, ils sont généralement présents sur les réseaux d'eaux pluviales mais aussi sur les réseaux unitaires. Aucun des déversoirs d'orage du Syndicat ne sont pas instrumenté. Il est donc impossible de connaître la valeur du volume déversé. Cette donnée serait intéressante pour une compréhension plus approfondie du fonctionnement du réseau.

Les dessableurs / dégraisseurs peuvent être propices au développement d'hydrogène sulfuré. En effet, une partie des eaux à l'intérieur d'un dessableur et/ou d'un dégraisseur sont en anaérobie. De cette manière de l'hydrogène sulfuré peut se former. Ces installations sont à surveiller.

Le réseau d'assainissement de Thourotte est ancien et aussi relativement complexe avec l'enchevêtrement des différents réseaux : gravitaire d'une part que ce soit séparatif, unitaire ou pluviale et sous pression d'autre part.

Ces nombreux réseaux amènent parfois à une certaine confusion voir même une aberration comme ça peut être le cas au niveau des postes Caumont et Gros Grelot (Cf. annexe 18).

Une simplification est parfois possible, il suffit de bien étudier les plans. En assainissement comme d'une manière globale en hydraulique, la simplicité est souvent un gage de tranquillité pour le bon fonctionnement.

2 Les actions à mettre en place aux vues des interprétations

Afin de limiter autant que possible la formation d'hydrogène sulfuré sur le réseau d'assainissement du Syndicat, des actions peuvent être mises en place. Selon un ordre de priorité hiérarchisée, les investissements de réhabilitation à mener sont développés ci-dessous.

2.1 Au niveau des postes de refoulement

2.1.1 Le poste Rocate

2.1.1.1 La réhabilitation du refoulement

Au sens normatif technique, le terme réhabilitation est générique et comprend : réparation, rénovation, remplacement (sous-entendu « place pour place », c'est à dire à l'emplacement précis de l'ouvrage à réhabiliter).

Dans le but d'améliorer la structure du réseau d'assainissement du Syndicat tout en diminuant la problématique de l'H₂S, des réhabilitations sont envisageables. Le poste Rocate est un exemple parfait pour l'application d'une telle méthode. En effet ce poste a été dimensionné il y a plusieurs décennies. Or depuis des modifications structurelles ont été réalisées sur les réseaux en amont de ce poste. Ces modifications ont réduit considérablement le volume d'effluent au niveau du poste, ce qui a directement augmenté le temps de séjour.

Pour pallier ce problème, un changement de diamètre semble être la meilleure solution. En effet, un traitement ne permet pas de résoudre le problème à la source. De plus un traitement entraîne des frais "à vie". Ce changement de diamètre va se faire par un tubage, en se servant de la conduite actuelle comme fourreau afin de mettre en place la nouvelle conduite qui sera de diamètre inférieur.

La réhabilitation du poste va passer par plusieurs étapes. Suite aux changements qui ont été fait sur les rues Pise et Maréchal Foch, le volume d'effluent arrivant au poste a diminué. Il va être déterminé par le biais des consommations d'eau potable et du volume pompé par le poste Rocate. Puis connaissant ce volume, déterminer le diamètre de la nouvelle conduite sera possible. Il sera nécessaire d'étudier si les pompes actuelles peuvent être réutilisées.

✓ Détermination du volume à pomper

Étant donné que le poste est déjà existant, il est intéressant de pouvoir réaliser une analyse des données le concernant afin de préconiser les changements à réaliser.

L'exploitant a fourni son fichier des volumes d'eaux potable consommés afin qu'une estimation des volumes rejetés soit faite.

Rues concernées	Nombre de branchements	Volume d'eau potable consommé	Unité
rue Serpente	36	1603	m ³ /an
rue de la Coopérative	11	757	m ³ /an
rue du Maréchal Joffre	5	1011	m ³ /an
rue de Montluçon	24	6 936*	m ³ /an
Total	76	10 307	m³/an
(* dont 5 149 m ³ pour St Gobain)		28	m³/jr
		136	m³/ab/an

Tableau 4 : Analyse des volumes d'eau potable consommée sur les rues se déversant dans le poste Rocate

Ensuite, une analyse des volumes pompés par le poste a été faite. Les réseaux en amont du poste Rocade sont des réseaux unitaires, l'analyse par rapport aux consommations d'eau potable ne donnera une indication que pour les volumes d'eaux usées. Par l'analyse des volumes pompés, les volumes d'eaux pluviales seront aussi pris en compte.

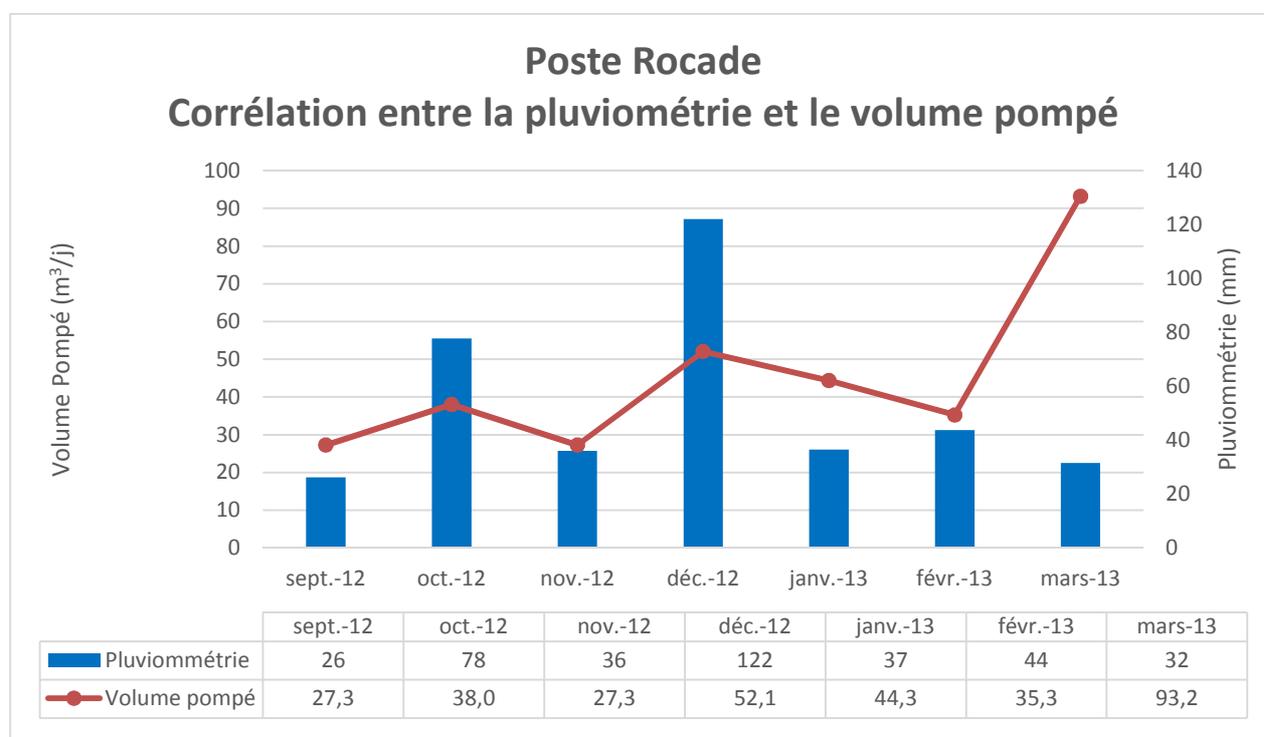


Figure 30 : Graphique représentant la corrélation entre la pluviométrie et le volume pompé sur le poste Rocade

Les données ci-dessus montrent bien l'influence du temps de pluie sur le volume pompé. Lors de forte précipitation (122 mm en décembre), le volume pompé par le poste est lui aussi impacté. Celui-ci est à 52 m³ alors qu'il n'est qu'à 27 m³ lorsque les précipitations sont très faibles (27 mm).

L'analyse sur les volumes d'eau potable consommée est cohérente avec les volumes pompés par le poste. Lorsque les pluies sont faibles, le volume pompé est aux alentours des 25 m³/j.

Concernant le mois de mars, l'augmentation du volume pompé correspond à la fonte des neiges tombées en début d'année. Suite à ces analyses, le volume d'eaux (usées et pluviales) qui transite par le poste est estimé à 50 m³/j.

✓ **Détermination du diamètre de refoulement**

Calcul du débit théorique de pointe pour les EU		
Volume quotidien EU	50,00	m ³
Débit moyen horaire	2,08	m³/h 0,58 l/s
Coefficient de pointe Kp	4,79	< 4
Coefficient de pointe Kp retenu	4,00	
Débit de pointe théorique	8,33	m³/h 2,31 l/s
Débit théorique pour l'autocurage	14,99	m³/h 4,16 l/s

Canalisations	
Vitesse d'autocurage	0,8 m/s
Diamètre théorique	60,70 mm
Diamètre retenu	90 mm
Épaisseur	4,3 mm
Diamètre intérieur	81,4 mm
Longueur de refoulement	830 m
Volume de la conduite	4,32

Tableau 5 : Extrait de la feuille de calcul pour la détermination du diamètre de refoulement

Cet extrait d'une feuille de calcul met en avant que pour un volume de 50 m³ journalier, afin de pouvoir faire transiter le débit de pointe, un diamètre ne devant pas être inférieur à 61 mm est suffisant. Le choix s'est porté sur une conduite en PEHD PN 10 de 90 mm extérieur, ce qui fait 81,4 mm intérieur. Cette conduite permettra de faire transiter le volume qui arrive au poste ainsi que les éventuelles augmentations futures.

✓ **Détermination des pompes de refoulement**

Si la conduite de refoulement est changée, il faut s'assurer que les pompes pourront fonctionner avec la nouvelle conduite. En effet, comme le diamètre est plus petit les pertes de charges augmentent. Si les pompes ne conviennent pas, elles devront être changées.

1. Détermination des pertes de charge avec la conduite PEHD DN 90

Cotes Altimétriques	
Cote terrain du poste	35,14 m
Cote fil d'eau entrée	33,14 m
Cote niveau haut	32,88 m
Cote niveau bas	32,66 m
Cote radier du poste	31,84 m
Cote fin refoulement	41,77 m
Cote sol fin refoulement	43,42 m

Pertes de charges		
L, M et N : les coefficients pour une rugosité k donnée		
k	0,500	
L	1,400	
M	1,960	
N	5,190	
	démarrage	arrêt
Hauteur géométrique (m)	8,89	9,11
Pertes de charge linéaire (m)	11,30	
HMT (m)	20,19	20,41

Tableau 6 : Extrait de la feuille de calcul pour la détermination des pertes de charge

Afin que le poste Rcade puisse fonctionner avec la nouvelle conduite, les pompes devront respecter les caractéristiques suivantes :

- **Débit : 15 m³/h** : correspond au débit d'autocurage (vitesse de l'effluent dans la conduite de refoulement > 0,8 m/s)
- **HMT : (au minimum) 21 m**, qui comprend 9 m de hauteur géométrique et 12 m de pertes de charges linéaires

2. Les pompes actuelles

Les pompes actuelles dans le poste Rocade sont de la marque ABS et de type AFP 1032.A.M90/4 (Cf. annexe 19). La Lyonnaise des Eaux a réalisé une mesure de pression sur les pompes dans différents cas :

- la première avec la pompe 1 en fonctionnement ;
- la seconde avec la pompe 2 en fonctionnement ;
- la troisième avec les pompes à l'arrêt.

POSTE ROCADE

DN refoulement : 150 mm

linéaire de refoulement : 830 m

	DEBIT (m ³ /h)	PRESSIION ME SUREE (bar)
STATIQUE	0	0.6
P1	20	1.4
P2	22	1.4
P1 + P2		1.6

hauteur du manomètre par rapport à la volute de la pompe : + 2.4 m

Diametre d'aspiration de la pompe : 100 mm

Figure 31 : Les essais de pressions sur les pompes du poste Rocade

✓ **Conclusion sur la réhabilitation du poste**

D'après ces mesures, la HMT des pompes est de 16,4 m (pour un débit de 20 m³/h). La mise en place d'une conduite en PEHD Ø 90 nécessite une HMT de 21 m. Cette HMT est supérieure à la HMT actuelle des pompes. Elles ne pourront donc pas être réutilisées dans le cas d'un changement du diamètre de refoulement.

Le changement de la conduite de refoulement permettra d'abaisser significativement le temps de séjour dans celle-ci (paramètre qui influence directement la production d'H₂S).

Cependant, ce changement ne permettra pas d'éliminer totalement la présence d'H₂S. En effet, le temps de séjour pour le refoulement sera de :

- 2h : pour un débit moyen (eaux usées et eaux pluviales) de l'ordre de 50 m³/j
- 4h : pour le débit de temps sec (uniquement les eaux usées)

La charte qualité Aisne-Ardennes-Oise préconise d'avoir un temps de séjour inférieur à 2h lors du dimensionnement d'un poste de refoulement.

Pour rappel, le temps de séjour actuel est de 7h pour un débit journalier de 50 m³ avec la conduite en diamètre 150 mm. Celui-ci doit être nettement supérieur par temps sec.

Aussi, il faudra envisager de faire un suivi de l'H₂S sur ce poste pour voir s'il est nécessaire de mettre en place un traitement par la suite.

✓ **Aspect financier**

Le montant des travaux pour la réhabilitation du poste s'élève à 69 420 € HT (Cf. annexe 21). Ce montant comprend :

- Amené et replis du matériel de pompage
- Fourniture, tirage et raccordement d'un polyéthylène haute densité de pression nominal 10 bars, diamètre 81.4/90 mm.
- Fourniture et mise en œuvre des matériaux de remblai (sablon, GNT)
- Réfection

2.1.1.2 Les actions sur l'effluent

Il existe des actions préventives et curatives (Cf. 2.5.3 de la partie I). Aux vues des faibles concentrations dans la bêche de stockage du poste, mais aussi pour des raisons de sécurité, il est préférable d'envisager la mise en place d'un traitement préventif au lieu d'un traitement curatif.

Malgré le profil de la conduite de refoulement qui semble être ascendant (Cf. annexe 20), la mise en place d'un traitement à l'air ne peut être envisagé car il n'est pas possible de connaître avec exactitude ce profil. Cette conduite a été posée en 1977, elle a pu bouger depuis.

L'autre solution est la mise en place d'un traitement au nitrate de calcium : Ca(NO₃)₂. Le nitrate de calcium est injecté en permanence dans la bêche de poste à très faible débit par le biais d'une pompe doseuse. Le but est de maintenir l'effluent en phase d'anoxie afin d'empêcher les bactéries sulfato-réductrices de produire des sulfures. L'asservissement est réalisé par automate en fonction du débit et de la température. Les équipements nécessaires sont une cuve de stockage et une pompe doseuse.

Ce produit est non dangereux, mais il y a production d'azote gazeux (N₂). Son action curative est limitée, mais le produit est rémanent.

✓ **Aspect financier**

Le montant des travaux pour la mise en place d'un traitement au nitrate de Calcium est estimé à environ 45 000 € HT. Ce montant comprend (entre autre):

- La fourniture et l'installation d'un traitement de l'H₂S sur le poste de refoulement existant
- La réalisation de l'abri pour la pompe doseuse.
- Le maintien de la continuité du service
- La première livraison de nitrate de calcium pour mise en service
- Le suivi et l'optimisation du traitement

2.1.2 Lorilleux et Tennis

Ces deux postes sont producteur d'H₂S, ceci a été montré à différent niveau (production en sulfure, temps de séjour, mesure sur les cuve de stockage des postes et leur exutoire respectif). Afin de limiter cette production des solutions sont envisageables.

Dans la mesure où ces deux postes se situent dans le même secteur, une réhabilitation commune est envisageable. En effet le poste Lorilleux a sa conduite de refoulement qui passe à proximité du poste Tennis. Comme l'H₂S se produit dans sa majeure partie dans les conduites de refoulement, une diminution du temps de séjour de l'effluent dans celle-ci est un point essentiel lors d'une étude diagnostic de ce type.

Pour cela, il y a deux solutions :

- La mise en cascade des postes Lorilleux et Tennis
- La mise en "injection" des conduites de refoulement de ces deux postes

Cependant, il est nécessaire de montrer que, dans le premier cas, le poste Tennis est capable d'accepter une augmentation de près de 300 % de volume d'effluents. Et dans le deuxième cas, que les pompes des deux postes sont dans la mesure de fonctionner dans cette disposition.

2.1.2.1 La mise en cascade des postes Lorilleux et Tennis

Les postes en cascades sont l'un des points noirs de la production d'hydrogène sulfuré. En effet lors du passage des effluents dans un poste de refoulement leur septicité augmente. De ce fait, lors du passage successif dans plusieurs postes de refoulement, la cinétique de production est plus rapide, ce qui entraîne une plus grosse production en sulfure et ainsi en H₂S. D'un point de vue technique et mise en œuvre, c'est pourtant la solution la plus simple.

Cependant, le poste Tennis a été mis en place il y a plusieurs années, les données concernant les pompes de ce dernier ne sont pas disponibles. De plus, avec les années le point de fonctionnement de l'époque a sûrement changé (usures, dépôts, etc.).

Afin de connaître les caractéristiques actuelles, il serait nécessaire de réaliser une mesure de pression sur les pompes de ce poste, comme cela a été fait sur les pompes du poste Rocado. Connaissant la HMT (actuelle) des pompes, il sera possible de dire si cette solution est possible.

La conduite de refoulement du poste Tennis peut accepter ce volume supplémentaire. En effet, cette solution consisterait à avoir un volume de 117 m³/j au niveau du poste Tennis, pour cela, le diamètre minimal de la conduite de refoulement doit être de 90 mm.

(Cf. annexe 22)

Actuellement, sur le poste Tennis le temps de séjour est de 2h15. Si le poste Lorilleux venait se déverser dans le poste Tennis, il passerait à 35 minutes. La concentration en sulfures (d'après la formule de Boon et Lister) passerait de 17 mg/l à 4 mg/l. Cependant le flux en sulfure serait inchangé du fait de la forte augmentation de débit.

Sans prendre en compte le coup éventuel du changement des pompes, le montant des travaux pour la mise en cascade de ces deux postes s'élève à environ 10 000 € HT.

2.1.2.2 La mise en "injection" des conduites de refoulement de ces deux postes

Cette solution, contrairement à la précédente, consiste à ce que les postes partagent la même conduite de refoulement. Ceci n'est pas toujours apprécié des exploitants qui voient là des difficultés dans la gestion du procédé. Cependant cette solution présente l'avantage [9] :

- d'éviter le pompage en cascade,
- de diminuer le coût de fonctionnement (les effluents ne sont pas relevés plusieurs fois)
- de diminuer la septicité

Dans le cadre d'une mise en injection, c'est le poste Tennis qui refoulerait dans la conduite du poste Lorilleux. La distance de la conduite de refoulement est la même que ce soit avec le premier poste ou le deuxième. Il semble plus logique que le plus petit poste soit injecté dans la conduite du poste qui véhicule le plus gros volume journalier.

La conduite du poste Lorilleux est de même diamètre que celle du poste Tennis, elle pourra ainsi accepter l'augmentation d'effluent, la justification est la même que pour le poste Tennis (Cf. annexe 22)

Tout comme pour la mise en cascade, cette solution nécessite des mesures de pression sur les pompes pour justifier d'un point de vue technique la faisabilité de cette solution.

Une connaissance du fonctionnement des pompes est nécessaire. Au vu de l'âge des pompes pour les deux postes, il serait peut-être plus judicieux de changer les pompes dans le cadre du contrat de DSP.

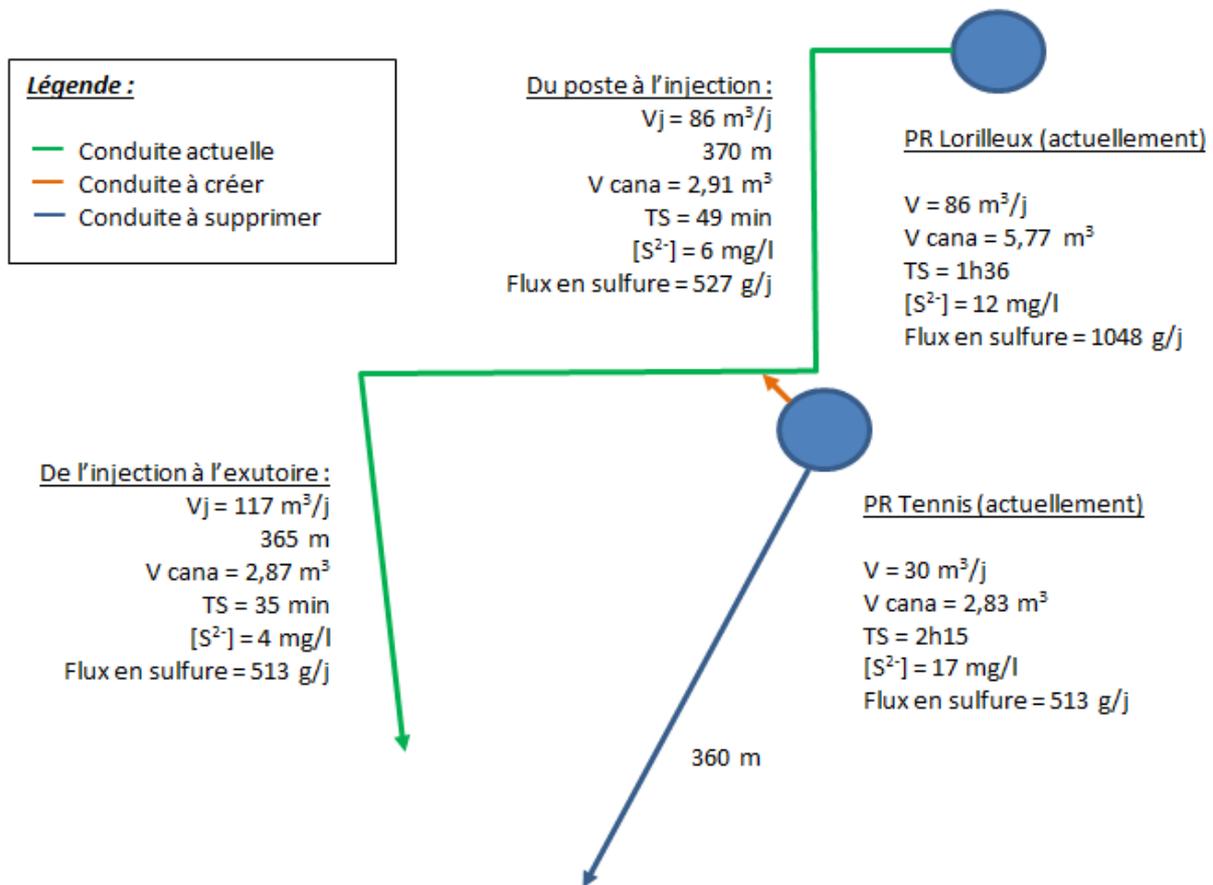


Figure 32 : Schéma explicatif de la solution proposée

Le gain sur le temps de séjour est assez conséquent puisque celui-ci se décompose de la manière suivante :

- du poste de refoulement Lorilleux jusqu'au niveau de l'injection (soit à proximité du poste Tennis) il n'y a pas de changement, le temps de séjour est de 50 min
- puis de l'injection à l'exutoire, le temps de séjour n'est que de 35 min, car il faut cumuler les deux débits.

De cette manière, tous les avantages de la mise en injection des conduites sont mis en avant. En reprenant la formule de Boon et Lister, une diminution de la concentration en sulfure formée est constatée. En faisant le parallèle avec le débit qui est désormais plus important, le flux reste tout de même important cependant cela correspond à deux postes, d'où une diminution d'un tiers du flux de sulfures.

Le montant pour la mise en place des postes en injections est approximativement identique que pour la mise en cascade 10 000 € HT.

2.1.3 Caumont et Gros Grelot

Ce secteur, comme cela a été montré (Cf. annexe 18), n'a pas du tout été optimisé. Lorsque que cette zone a été réalisée dans le début des années 2000, deux entreprises travaillaient sur le secteur, chacune s'est occupée de son secteur. Ainsi il y a actuellement deux postes de refoulement à proximité, qui collectent peu d'effluent, et qui posent ainsi des problèmes de formation d'H₂S.

Afin de rectifier cette erreur et de diminuer la production d'hydrogène sulfuré, il serait judicieux de supprimer à terme le poste du Gros Grelot. Ce poste n'est pas indispensable, d'un point de vue technique : il est possible de faire transiter ces effluents par le poste Caumont. Ceci permettrait de s'affranchir d'un poste de refoulement, de plus le poste Caumont est équipé d'un traitement à l'air. La concentration en H₂S au niveau de l'exutoire devrait fortement diminuer dans le cas où cette solution serait mise en place.

Actuellement, le volume qui transite par le poste Caumont est relativement faible, il est seulement de 1,28 m³/j. Le poste a été mis en place en 2003, sa conduite de refoulement est en PEHD PN 10 de diamètre 53,6/63. Ce diamètre est relativement faible, mais il permet tout de même le passage des effluents des deux postes réunis.

Note de calcul :

Soit la vitesse d'autocurage : 0,8 m/s.

Le débit maximum qui peut transiter dans la conduite de refoulement, en prenant la vitesse d'autocurage comme vitesse dans la conduite, est de 6,5 m³/h. Ceci correspond au débit maximum, soit le débit de pointe, ce qui donne un débit moyen de 1,62 m³/h (avec Kp = 4), soit un volume journalier de 39 m³/h.

Le débit cumulé des deux postes est de 9,5 m³/j, ainsi le poste Caumont est largement en mesure de refouler les effluents du poste Gros Grelot en plus de ses effluents.

Cette augmentation de débit permettra au poste Caumont d'avoir un temps de séjour inférieur à deux heures au sein de sa conduite de refoulement. Actuellement ce temps de séjour est supérieur à 10h, ce qui fait de ce poste une source d'H₂S.

D'après la formule de Boon et Lister, ce changement permet de passer d'une concentration en sulfures de 150 mg/l à 11,20 mg/l. Actuellement, d'après cette même formule, le flux en sulfure est de 192 g/j de sulfure pour le poste Caumont et de 396 g/j pour le poste Gros Grelot. Avec ce changement celui-ci ne sera plus que de 106 g/j au total.

L'augmentation de débit couplé au traitement à l'air déjà présent va permettre une forte diminution de cette source d'hydrogène sulfuré.

Si cette solution est retenue, le traitement à l'air devra être redimensionné pour permettre de traiter le nouveau volume d'effluents.

La conduite d'arrivée des eaux usées du poste Gros Grelot se situe à -2,20 m par rapport au terrain naturel. La pente du terrain permet de rattraper la conduite gravitaire du poste Caumont (Cf. annexe 23). Cependant, ceci devra être étudié car la conduite semble être en terrain privé. Dans ce cas une convention devra être établie.

Un levé topographique permettra de définir combien de mètres de conduite gravitaire doivent être posés.

2.1.4 Mutuelle St Gobain

Ce poste est l'un des plus petits du Syndicat. Il est équipé de seulement une pompe, le diamètre du poste correspond au diamètre minimal, soit 1 m. Il ne fonctionne que quelques heures par jour. De cette manière il présente des risques de formation d'H₂S, mais vu le faible débit le flux journalier en sulfure est quasiment négligeable.

Cependant, sur les plans du réseau du Syndicat, une conduite gravitaire se situe à proximité de ce poste (Cf. annexe 24). Il serait judicieux de faire une convention de passage, si les propriétaires sont d'accord, afin de raccorder la pharmacie qui est la seule arrivée sur ce poste. De cette manière ce poste pourrait être supprimé, et les nuisances qu'il occasionne le seraient aussi.

2.1.5 Longueil

Le poste de Longueil est l'un des postes par lequel transite le plus d'effluent car il est situé à proximité de la Station d'épuration du Syndicat. De ce fait, ce poste récupère les effluents qui ont déjà transités par cinq autres postes (Source, Picardie, Gros Grelot, Caumont et Marechal Juin), dont certains sont en cascades. Ces postes présentent tous des problèmes liés à l'H₂S.

Le fait que ces effluents, déjà septiques, soient une nouvelle fois pompés augmente encore un peu leur septicité.

Une conduite gravitaire passe au pied de ce poste (Cf. annexe 25), et pourtant celui-ci refoule de l'autre côté de la voie SNCF. Ce poste pourrait être transformé en poste de relevage afin que les effluents soient juste relevés au niveau de la conduite passant juste devant le poste.

Cependant, le réseau est unitaire, sans prise en compte du temps de pluie, cette décision ne peut être prise.

2.2 Les tracés des réseaux gravitaires

Des simplifications au niveau des réseaux gravitaires sont possibles, mais cela nécessite d'y regarder très attentivement.

Au niveau des postes Caumont et Gros Grelot, des simplifications ont déjà été évoquées dans les parties précédentes. Dans cette zone, sur la même route existe deux réseaux séparatifs, deux réseaux d'eaux pluviales ainsi que la conduite de refoulement. Deux conduites peuvent être supprimées, et même si cela ne change pas grand-chose au problème d'H₂S il est toujours préférable d'avoir quelque chose de simple.

Afin d'éviter le dégazage des sulfures en sortie de refoulement (en cas de chute d'eau), l'accompagnement de la chute par un tube plongeur ou un aménagement de la cunette semble judicieux pour les arrivées de refoulement qui n'en sont pas équipées. [23]

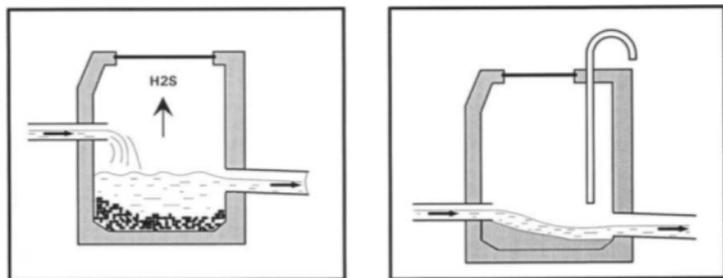


Figure 33 : Dispositif applicable aux regards de passage

De plus lorsque des travaux seront réalisés sur les réseaux d'assainissement du Syndicat, il faut privilégier, lorsque cela est possible la mise en séparatif. Il est inutile de collecter des eaux qui ne sont normalement pas polluées jusqu'à la station d'épuration. Ceci implique un surdimensionnement des installations : réseaux, poste de refoulement, station d'épuration. De plus cela nécessite la mise en place de déversoirs d'orage et de dessableur.

Pour finir sur cette partie, les matériaux insensibles à l'H₂S, ou tout du moins qui présente une bonne résistance à ce gaz sont à favoriser, surtout dans les secteurs où celui-ci se trouve dans des concentrations importantes (Cf. 2.5.1 de la partie I).

3 Les orientations à donner

Cette étude diagnostique sur le réseau d'assainissement avait pour but de résoudre les problèmes liés à la production d'hydrogène sulfuré sur le Syndicat. Afin de compléter cette étude, des analyses supplémentaires sont à réaliser.

Mais d'autres actions sont à mener, pas seulement dans le but de résoudre la problématique H₂S, mais aussi pour améliorer le réseau.

3.1 Les mesures complémentaires

3.1.1 Sur le réseau d'assainissement

Le réseau de ce syndicat regroupe différents systèmes, aussi bien dans les installations que dans les réseaux présents. Sur la commune de Thourotte, réseaux séparatifs, unitaires et pluviales s'entre mêlent.

Des actions sont nécessaires, comme par exemple la réalisation :

- d'enquêtes de raccordement, test à la fumée, pour déterminer si les eaux pluviales sont bien raccordées sur le réseau associé.
- d'inspections vidéo, ceci permet de se rendre compte de l'état intérieur du réseau. Lors de ce type d'inspection, il est facile de se rendre compte de l'état général du réseau, de s'apercevoir si des réparations ponctuelles sont à prévoir, mais aussi de regarder si le réseau subit des attaques liées à l'hydrogène sulfuré, et la présence de dépôts.

Un bon fonctionnement du réseau passe par une bonne connaissance de celui-ci. Pour cela des plans à jour avec toutes les données le concernant est nécessaire. Ce n'est pas le cas actuellement, beaucoup des données sont manquantes, que ce soit sur le diamètre des canalisations, leur nature et parfois même sur leurs tracés. Parfois aussi les données indiquées ne sont pas bonnes. Concernant les postes de refoulement, c'est le même constat, toutes les données le concernant ne sont pas à jour.

Actuellement aucune donnée concernant les déversoirs d'orage n'est disponible. Sur ce sujet la réglementation dit : « Les déversoirs d'orage et dérivations éventuelles situés sur un tronçon destiné à collecter une charge brute de pollution organique par temps sec supérieure à 120 kg/j de DBO₅ et inférieure ou égale à 600 kg/j de DBO₅ font l'objet d'une surveillance permettant d'estimer les périodes de déversement et les débits rejetés ».

Ainsi, le Syndicat devra faire le nécessaire afin de respecter cette réglementation.

3.1.2 Sur les postes de refoulement

✓ **Les mesures de l'air**

Les mesures sur l'air au niveau des postes de refoulement (cuve de stockage et exutoire) doivent continuer. Dans un premier temps il serait intéressant de réaliser ces mesures sur les postes qui n'en ont pas encore eu. Afin d'avoir une vision globale de tous les postes, sans en négliger aucun.

Une fois que les travaux sur le poste Rcade seront terminés, des mesures sur l'air seront nécessaires. Si celles-ci mettent en avant de fortes concentrations en H₂S, un traitement devra être mis en place. Soit au nitrate de calcium, car c'est un produit qui n'est pas dangereux, ou au chlorure ferrique, car ce produit est déjà présent sur la station, son utilisation pour l'H₂S permet une homogénéisation au niveau du système d'assainissement.

Ces mesures sont aussi à réaliser sur les autres postes pour lesquels des travaux sont préconisés. Il est important de juger de l'efficacité de ces changements.

Certains postes sont à surveiller, puisqu'ils produisent par moment des concentrations assez élevées en H₂S. Des mesures régulières sont à réaliser afin de suivre l'évolution de ces

sources potentielles. L'analyse des résultats permettra de dire si un traitement ou une modification est nécessaire.

C'est le cas du poste de refoulement Canonnière, dont les premières analyses réalisées au mois de mars laissaient penser à de fortes concentrations lors de période favorable (été). Cependant la dernière mesure réalisée fin août a révélé de forts pics mais seulement aux alentours de 13/14h et de 8h. Une analyse sur une plus grande période permettrait de juger de la nécessité d'actions sur ce poste. Vu ces caractéristiques et son emplacement, seul une action sur l'effluent peut être mise en place. Comme pour les autres postes, le nitrate de calcium ou alors le chlorure ferrique est conseillé.

Les postes Mairie, station de vide, source et Tennis présentent les mêmes symptômes que le poste Canonnière. Les mêmes remarques peuvent être faites.

Cependant le poste source a été réalisé en 2008. Comme il est récent, des informations supplémentaires sont disponibles. Un traitement à l'air est éventuellement possible pour ce poste.

3.2 L'analyse de données

3.2.1 Sur les postes

Lors de cette étude certains postes n'ont pas été pris en compte, c'est le cas des poste de refoulement Champs Lardé et clos du Martelois sur la commune de Longueil-Annel, ainsi que celui installé en aval de la station de vide. Le Clos du Martelois se situe en terrain privé, ainsi l'exploitant ne possède aucune donnée. Celui appelé Champs Lardé vient d'être mis en fonctionnement lors du commencement de l'étude. Malgré cela, aucune donnée le concernant n'était disponible. De plus, le fait qu'il soit récent laisse penser qu'il est bien dimensionné, et qu'il prend en compte la problématique de l'H₂S. Le poste situé en aval de la station de vide n'est pas répertorié comme tel. Cependant, une analyse a tout de même été réalisée sur l'exutoire du poste de refoulement situé en aval de la station de vide.

L'exploitant doit fournir le temps de fonctionnement horaire des pompes installées sur les postes de refoulement. Actuellement seul le temps de fonctionnement mensuel a été fourni. L'analyse de ces fonctionnements, couplés à des mesures sur l'air et sur l'effluent, permettra une meilleure compréhension des analyses réalisées et des résultats obtenus. Ainsi il devrait être plus aisé d'expliquer pourquoi il y a présence d'hydrogène sulfuré.

3.2.2 Le temps de pluie

L'étude actuelle prend en compte uniquement le temps sec, la problématique étant l'hydrogène sulfuré, celui-ci se produit principalement lors de temps de séjour important au sein des conduites de refoulement. De cette manière le temps de pluie n'était pas nécessaire. Cependant, une étude diagnostique du fonctionnement global du réseau d'assainissement permettrait de résoudre d'autres problèmes.

3.3 La Station d'épuration

Comme cela a été dit dans la première partie relative à la formation d'hydrogène sulfuré, celui-ci peut avoir des conséquences et entraîner des dysfonctionnements sur les stations d'épurations. Cette étude ne prenait en compte que le réseau, il serait judicieux de voir si la station d'épuration est impactée par l'H₂S dans le but d'avoir une vision globale sur le système d'assainissement.

3.4 Le choix du Maitre d'Ouvrage

À travers cette étude, des problèmes ont été mis en avant. Afin de les résoudre, des solutions ont été évoquées. Le maitre d'ouvrage va devoir faire des choix, d'une manière général, sur les postes de refoulement les solutions consistent à :

- la mise en place d'un traitement (nitrate de calcium, chlorure ferrique, injection d'air)
- des changements d'ordre structurel dans le but d'augmenter le débit au niveau du poste concerné, ceci afin de diminuer le temps de séjour

Cette étude et les résultats qu'elle propose ne sont en rien une obligation pour le maitre d'ouvrage, elle a pour but de l'informer. S'il souhaite réaliser les modifications proposées, la concentration d'hydrogène sulfuré devrait diminuer d'une manière global sur le Syndicat puisque ces postes se situent principalement en amont du réseau.

Les montants indiqués à travers ce rapport correspondent aux montants des travaux, le chiffrage de l'opération consiste à prendre en compte le coût des travaux et les coûts annexes :

- Le maitre d'œuvre
- Le coordonnateur SPS
- Le contrôleur technique
- Les bureaux de contrôle
- Frais divers (publication, actualisation,...)

Ainsi, sur le montant de l'opération, le syndicat pourra effectuer une demande de subventions auprès de l'agence de l'eau Seine Normandie et/ou du Conseil général de l'Oise.

Conclusion : Suite aux interprétations des mesures et analyses réalisées, les zones à l'origine de la formation de l'H₂S ont pu être repérées. Pour chaque secteur présentant des problèmes liés à la problématique, des solutions ont pu être proposées et chiffrées. De plus, des orientations ont été données, ce qui permet au Syndicat de Thourotte et Longueil-Annel s'ils le souhaitent de continuer la démarche qui a été lancée.

CONCLUSION

Le réseau du Syndicat de Thourotte et Longueil-Annel est assez atypique dans sa composition. Les installations qui le composent sont très diversifiées.

Ce syndicat est touché par la problématique de l'hydrogène sulfuré sur son réseau d'assainissement. Afin de résoudre cette problématique, le bureau d'études Beimo a été missionné pour réaliser une étude diagnostique dont le but est de résoudre cette problématique.

Afin de réaliser cette étude, il a été important dans un premier temps de faire des recherches sur l'hydrogène sulfuré. L'origine et l'évolution du soufre, en passant par les mécanismes de formation de l'H₂S, les nuisances occasionnées, les modèles de prévisions existants, les moyens de lutte contre ce problème ainsi que le cadre réglementaire ont donc été étudiés.

Une bonne connaissance du réseau, de son architecture, de la répartition des débits et des installations qui le composent est essentielle.

Toutes ces données ont été obtenues auprès de l'exploitant. Cette étape a constitué une première difficulté car l'équipe gérant le syndicat n'a pris ses fonctions qu'en début d'année.

Une méthodologie a été mise en place. Celle-ci a consisté à effectuer une étude visuelle des installations pour étudier les dégradations potentielles réalisées par l'H₂S. Puis, des formules « empiriques » ont été utilisées afin d'avoir une idée de la production de sulfures au niveau des conduites de refoulement. Des mesures au niveau des postes ont été faites (cuve de stockage et exutoire du refoulement). Sur les postes présentant le plus de problèmes, des analyses supplémentaires ont été réalisées (Analyse sur les effluents, mesure de pression des pompes de refoulement)

L'interprétation de ces mesures ont permis de mettre en avant les principaux problèmes qui se trouvent plus particulièrement sur les postes de refoulement. Des solutions propres à chaque installation ont été proposées et accompagnées d'un chiffrage sommaire. D'une manière générale ces solutions sont de deux types : soit par une action sur l'effluent, c'est-à-dire en mettant en place un traitement (chlorure ferrique, nitrate de calcium, injection d'air) ; soit par une action sur le réseau, en proposant des modifications d'ordre structurelle (pour diminuer le temps de séjour et/ou la longueur de refoulement).

Suite à cette étude, le Syndicat devra choisir les travaux qu'il souhaite réaliser. Cependant, l'étude diagnostique actuelle constitue la première phase et peut être continuée.

BIBLIOGRAPHIE

1. ACTU-ENVIRONNEMENT. [En ligne]. Définition d'un réseau d'assainissement. [Consulté le 5 août 2013]. Disponible sur : http://www.actu-environnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/reseau_d_assainissement.php4
2. AGUILAR, Serge ; DEUTSCH, Jean-Claude ; HUBERT, Gilles ; CHEBBO, Ghassan Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement.- Livre 1997
3. ASTEE. Les stations de pompage d'eau, 6e édition. Lavoisier, 2005. 627 p. (TEC & DOC)
4. ATHEO SOLUTIONS. La problématique H₂S en assainissement. Définition, démarche qualité et solutions. Novembre 2009, 26 pages.
5. CHARTE QUALITÉ AISNE ARDENNES OISE. Guide de recommandations sur la conception et la réalisation des postes de refoulement et de relèvement. 21 pages.
6. CIRCULAIRE INTERMINISTÉRIELLE n°77-284 : Instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations du 22 juin 1977. http://www.assainissement-durable.com/DM/ged/PUBLIC/textes_de_reference/int-77-284-instruction-technique-relative_reseaux-d-assainissement-agglomerations.pdf
7. COLIN F., MUNK-KOEFOED N. «Protection contre la production d'hydrogène sulfuré dans les réseaux – Enseignement tirés de la littérature,» TSM, pp. 11 -17, Janvier 1988.
8. CONSEIL DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES. DIRECTIVE 91/271/CEE du Conseil, du 21 mai 1991, relative au traitement des eaux urbaines résiduaires ERU. L 135/51, Journal officiel des communautés européennes, 1991. <http://www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31991L0271:FR:HTML>
9. DESSEZ / ENGEES. Assainissement sous pression. Septembre 2004. 45 p.
10. DUCLOS N. (2009) : Traitement de la pollution carbonée par les bactéries sulfatoréductrices – mise en place d'un pilote, Engées, 2009.
11. EAU FRANCE. [En ligne]. Glossaire sur l'eau - Définition d'un réseau séparatif. [Consulté le 5 août 2013]. Disponible sur : <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/r%C3%A9seau-s%C3%A9paratif>
12. [31] EAU FRANCE. [En ligne]. Glossaire sur l'eau - Définition d'un réseau unitaire. [Consulté le 5 août 2013]. Disponible sur : <http://www.glossaire.eaufrance.fr/concept/r%C3%A9seau-unitaire>
13. FAYOUX C., «Corrosion des réseaux par l'hydrogène sulfuré – Expérience du sictaub de la Thève et de l'Ysieux,» TSM, pp. 37-45, Janvier 1988.
14. Formation de l'H₂S dans les réseaux d'assainissement - conséquence et remède – Étude inter-agence de bassin - Synthèse bibliographique, Mai 1987
15. GIS BIOSTEP. [En ligne]. Traitement des sulfures dans les réseaux. [Consulté le 16 Juillet 2013]. Disponible sur : <https://gisbiostep.cemagref.fr/les-publications-collectives-1/documents/DocSulfuresfinal.pdf/view>
16. INRS. Stratégie d'évaluation de l'exposition et comparaison aux valeurs limites (2055), MetroPol, Fiche A1/V01
17. INRS, [Pdf téléchargeable]. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. [Consulté le 25 février 2013]. Disponible sur : http://www.lomagman.org/toxique/valeurs_limite_exposit_france_nd2098.pdf

18. KEMIRA. [En ligne]. Kemira H2S-Guard™ Odour and corrosion control, 2008 [Consulté le 25 Juillet 2013]. Disponible sur : <http://www.kemira.com/Materials/h2s-guard-kemira-brochure.pdf>
19. L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES. [En ligne]. Un nouveau traitement anti-odeurs [Consultation le 26 Juillet 2013]. Disponible sur : http://www.revue-ein.com/nouveautes-techniques-actus/3741/search/Un_nouveau_traitement_anti-odeurs/?rech_globale=%2BR2+%2BEAUX
20. LYONNAISE DES EAUX, ONDEO SERVICES. Recommandation pour la lutte contre l'hydrogène sulfuré dans les réseaux d'assainissement. Février 2002, p. 69-92.
21. LYONNAISE DES EAUX, «Rapport annuel du délégataire - Syndicat de Thourotte et Longueil-Annel,» 2011
22. MALBERTI E. et al., «Etude comparative des différentes méthodes de lutte contre la formation de l'hydrogène sulfuré dans le collecteur syndical de collecte et de transport des effluents du Sivom des communes du canton de Villefranche sur Mer », TSM, pp. 81 - 91, 1989.
23. MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION, DE LA PÊCHE ET DES AFFAIRES RURALES. Lutte contre les odeurs de l'assainissement. FNDAE n° 13a. http://www.fndae.fr/documentation/PDF/fndae13_v2.pdf
24. OMS IPCS (1981) : Environmental Health Criteria n° 19 : Hydrogen sulfide. World Health Organisation, International Program on Chemical Safety.
25. PELMONT J. (1993) : «Bactéries et environnement». Adaptations physiologiques. Presses universitaires de Grenoble. p. 633-668.
26. SADOWSKI A.G., «La problématique H₂S : dispositions préventives et curatives» TSM, p. 37 – 52, Janvier / Février 2012.
27. SATIN M., SELMI B. Guide technique de l'assainissement. [éd.] Groupe Moniteur. Le Moniteur. Paris : Le Moniteur, 1999. p.257-275. 2-281-11184-9.
28. SAUR. [En ligne]. Gestion des réseaux d'eaux usées, journée information Astee. [Consulté le 20 mars 2013]. Disponible sur : http://www.astee.org/agenda/compte_rendu/fichiers/20061114_narbonne/7.pdf
29. TECHNIQUES SCIENCES MÉTHODES. Hydrogène sulfuré et réseau d'assainissement. 1981. 37 p.
30. VASQUEZ J. ENGEES / IMFS. Hydrologie et hydraulique urbaine en réseau d'assainissement. 2011. 218 p.

TABLE DES ANNEXES

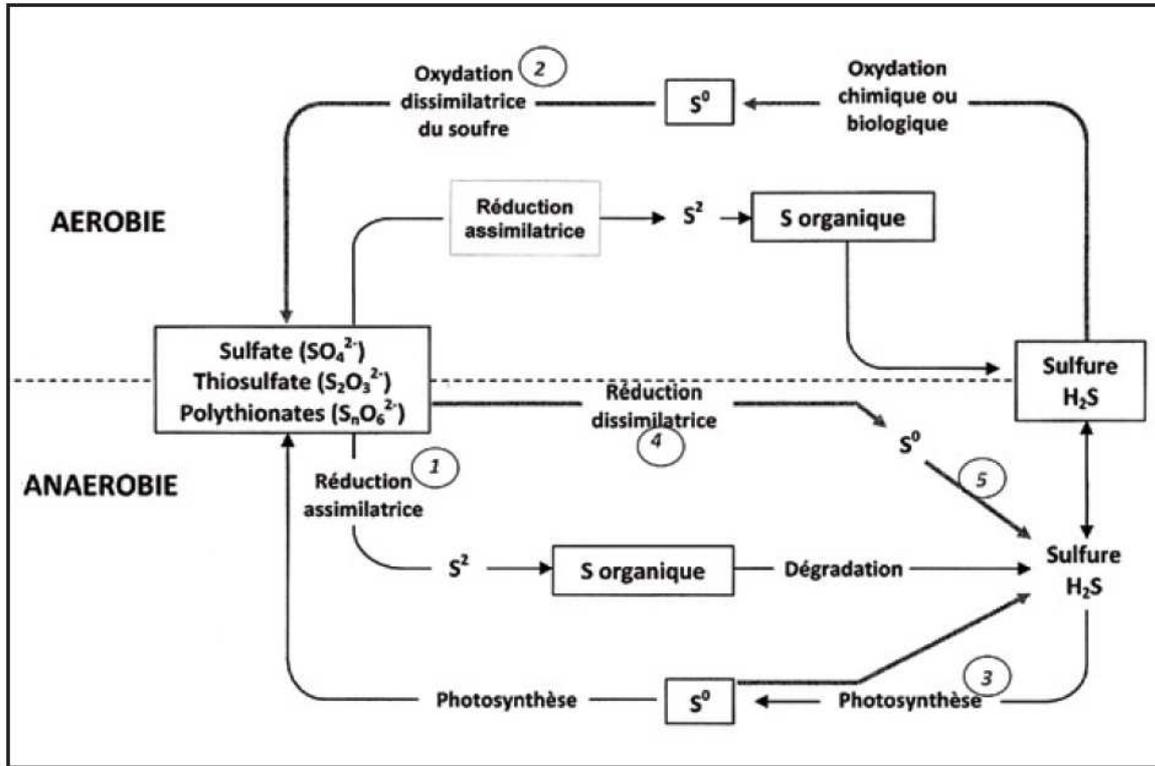
ANNEXE 1. Extrait de "INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'hydrogène sulfuré"	71
ANNEXE 2. Cycle du Soufre [10 ; 12 ; 25].....	72
ANNEXE 3. Schéma du réseau d'assainissement du Syndicat.....	73
ANNEXE 4. Caractéristiques des postes de refoulements.....	74
ANNEXE 5. Prévision de la production de sulfures – Formule de Boon et Lister	77
ANNEXE 6. Prévision de la production de sulfures – Formule de Pomeroy	78
ANNEXE 7. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Mairie.....	79
ANNEXE 8. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisés au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Transvide.....	79
ANNEXE 9. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Canonnière	80
ANNEXE 10. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Source	81
ANNEXE 11. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Caumont	82
ANNEXE 12. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Caumont – 2 ^{ème} campagne de mesure.....	83
ANNEXE 13. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Gros Grelot	84
ANNEXE 14. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Lorilleux	85
ANNEXE 15. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Rocade	87
ANNEXE 16. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Tennis.....	89
ANNEXE 17. Analyses sur les effluents du poste Rocade	90
ANNEXE 18. Extrait du plan d'assainissement – Secteur des postes de refoulement Caumont et Gros Grelot	92
ANNEXE 19. Les pompes actuelles du poste Rocade	93
ANNEXE 20. Profil (à titre indicatif) de la conduite du poste Rocade	94
ANNEXE 21. Devis pour le remplacement de la conduite de refoulement du PR Rocade ...	95
ANNEXE 22. Données et calculs relatifs au poste de refoulement Tennis	96
ANNEXE 23. Profil de la zone de raccordement du poste Gros Grelot sur Caumont	97
ANNEXE 24. Extrait des plans d'assainissement – Secteur du poste de refoulement de la mutuelle Saint Gobain	98
ANNEXE 25. Extrait des plans d'assainissement – Secteur du poste de refoulement route de Longueil.....	99

ANNEXE 1. Extrait de "INERIS - Fiche de données toxicologiques et environnementales de l'hydrogène sulfuré"

Paramètre	Valeur	Référence
Masse molaire (g/mol)	34,08	ATSDR (2006) Kirk Othmer ¹ (2004) CCOHS (2007)
Point de fusion (°C) (à pression normale)	- 85,49 - 85,53	ATSDR (2006) HSDB(2005) CCOH (2007) Kirk Othmer (2004) CCOHS (2007)
Point d'ébullition (°C) (à pression normale)	- 60,33 - 60,31	ATSDR (2006) HSDB (2005) Kirk Othmer (2004)
Pression de vapeur (Pa)	15 600 mm Hg à 25 °C	ATSDR (2006) HSDB (2005)
Seuil olfactif (ppm)	0,5-10.10 ⁻³	ATSDR (2006) HSDB (2005)
Facteur de conversion (dans l'air à 25 °C) Sulfure d'hydrogène	1 ppm = 1,39 mg/m ³ 1 mg/m ³ = 0,72 ppm	
Densité - Vapeur (par rapport à l'air) - Liquide	1,19 0,97 à - 62 °C 0,95 à - 60 °C	ATSDR (2006) HSDB (2005) CCOHS (2007) Guide de la chimie (2006) Kirk Othmer (2004)
Limites d'explosivité dans l'air (% en volume) - Limite inférieur - Limite supérieur	 4 % 46 %	
Solubilité dans l'eau (à 20 °C)	3,98.10 ³ mg/L	

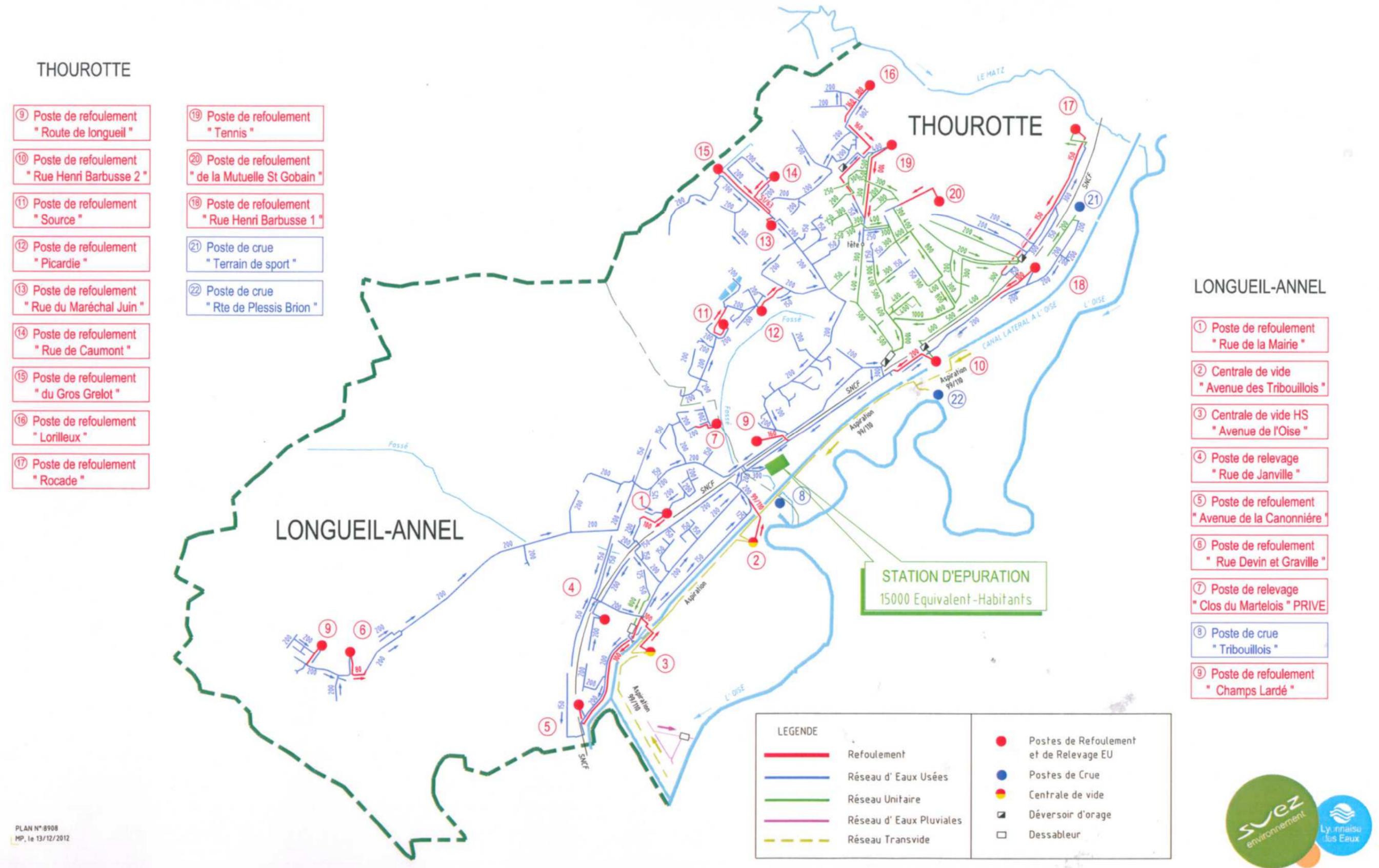
¹ Encyclopédie de la technologie chimique

ANNEXE 2. Cycle du Soufre [10 ; 12 ; 25]



1 : plantes, algues, champignons, majorité des bactéries ; 2 : *Thiobacillus*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*, *Sulfobulbus* ; 3 : *Thiobacillus thiooxydans*, *Beggiatoa alba*, *Thiothrix*, *Achromatium*, *Chromatium*, *Chlorobium*, *Rhodobacter* ; 4 : *Desulfovibrio* et *Desulfotomaculum* ; 5 : *Desulfomonas*.

ANNEXE 3. Schéma du réseau d'assainissement du Syndicat



ANNEXE 4. Caractéristiques des postes de refoulements

Nom des postes	Unité	1 PR rue de la Mairie		4 PR Rue de Janville		5 PR Avenue de Canonnière		6 PR Rue Devin et Gravelle		9 PR Route de Longueil	
Diamètre des bâches	m	1,65		1,00		1,65		1,50		2,20	
Surface des bâches	m ²	2,14		0,79		2,14		1,77		3,80	
Hauteur des bâches	m	5,00		4,10		4,40		4,00		4,00	
Niveau très haut	m			2,70		2,35		2,70		2,70	
Niveau haut	m	3,70		3,30		3,40		3,10		3,02	
Niveau bas	m	4,60		3,70		3,50		3,50		3,22	
Niveau très bas	m			3,40		3,70		3,70		3,78	
Hauteur utile	m	0,90		0,40		0,10		0,40		0,20	
Volume utile	m ³	1,92		0,31		0,21		0,71		0,76	
Niveau arrivée EU	m	3,70		2,90		2,80		2,40		2,80	
Diamètre de refoulement	mm	90		70		100		80		100	
Longueur de refoulement	m	130				610		140		55	
Débit des pompes P1/P2	l/s	6,78	6,78	4,16	4,20	4,00	4,20	3,50	1,97	13,30	14,57
	m ³ /h	24,41	24,41	14,98	15,12	14,40	15,12	12,60	7,09	47,88	52,45
Temps de pompage P1/P2	h/an	89	90	45	47	189	255	1546	113	821	364
	h/jrs	0,24	0,25	0,12	0,13	0,70	0,94	7,36	0,50	2,24	1,20
Volume pompé	m ³ /an	4369		1384		6577		20281		58402	
	m ³ /jrs	11,96		3,76		24,29		96,28		170,19	
Temps de séjour	h	1,7				4,7		0,2		0,1	
Traitement anti H ₂ S		Non		Non		Non		Non		Non	
Vitesse instantanée	m/s	1,07		1,09		0,52		0,54		1,77	

Nom des postes	Unité	10 PR rue Henri Barbusse 2		11 PR Source		12 PR Picardie		13 PR Rue du Maréchal Juin	14 PR Rue de Caumont		15 PR Rue du gros Grelot	
Diamètre des bâches	m	1,45		1,50		2,00		1,00	1,00		1,50	
Surface des bâches	m ²	1,65		1,77		3,14		0,79	0,79		1,77	
Hauteur des bâches	m	4,50		5,20		5,00		4,30	3,45		4,00	
Niveau très haut	m	2,70		3,30		3,60		3,12	2,30		2,05	
Niveau haut	m	3,00		2,90		4,15		3,73	2,55		2,80	
Niveau bas	m	3,60		3,15		4,40		3,94	2,80		3,20	
Niveau très bas	m	4,10		3,75					2,87			
Hauteur utile	m	0,60		0,25		0,25		0,21	0,25		0,40	
Volume utile	m ³	0,99		0,44		0,79		0,16	0,20		0,71	
Niveau arrivée EU	m	3,50		3,00		3,00		3,10	2,25		2,20	
Diamètre de refoulement	mm	100		107		136		65	54		80	
Longueur de refoulement	m	220		250		165		20	255		350	
Débit des pompes P1/P2	l/s	10,90	18,90	8,25	8,83	9,95	10,47	3,27	2,07	1,65	1,80	1,85
	m ³ /h	39,24	68,04	29,70	31,79	35,82	37,69	11,77	7,45	5,94	6,48	6,66
Temps de pompage P1/P2	h/an	442	358	194	204	433	322	18	29	27	227	223
	h/jrs	1,64	1,33	0,53	0,56	1,19	0,88	0,05	0,10	0,09	0,62	0,61
Volume pompé	m ³ /an	41702,40		12246,55		27646,88		211,90	376,49		2956,14	
	m ³ /jrs	154,85		33,54		75,79		0,59	1,28		8,08	
Temps de séjour	h	0,3		1,6		0,8		2,7	10,8		5,2	
Traitement anti H ₂ S		Non		Non		Par Injection d'air		Non	Par Injection d'air		Non	
Vitesse instantanée	m/s	1,90		0,96		0,70		0,99	0,82		0,36	

Nom des postes	Unité	16 PR Lorilleux		17 PR Rocade		18 PR rue Henri Barbusse 1		19 PR Tennis		20 PR de la mutuelle St Gobain
Diamètre des bâches	m	1,50		1,65		1,65		1,70		1,00
Surface des bâches	m ²	1,77		2,14		2,14		2,27		0,79
Hauteur des bâches	m	4,20		3,30		4,20		3,15		2,47
Niveau très haut	m	2,96		1,65		3,10		1,50		
Niveau haut	m	2,90		2,26		3,40		1,97		
Niveau bas	m	3,30		2,48		3,90		2,47		
Niveau très bas	m			2,65				2,80		
Hauteur utile	m	0,40		0,22		0,50		0,50		
Volume utile	m ³	0,71		0,47		1,07		1,13		
Niveau arrivée EU	m	2,70		2,00		3,20		2,30		1,50
Diamètre de refoulement	mm	100		150		90		100		80
Longueur de refoulement	m	735		840		100		360		20
Débit des pompes P1/P2	l/s	11,00	10,90	6,78	7,56	8,30	8,60	5,70	4,80	4,68
	m ³ /h	20,05	39,24	24,41	27,22	29,88	30,96	20,52	17,28	16,85
Temps de pompage P1/P2	h/an	115	463	474	405	99	134	222	211	14,00
	h/jrs	0,96	1,71	1,13	0,96	0,30	0,41	0,82	0,78	0,04
Volume pompé	m ³ /an	20473,87		22591,87		7106,76		8201,52		235,87
	m ³ /jrs	86,35		53,71		21,66		30,30		0,67
Temps de séjour	h	1,6		6,6		0,7		2,2		3,6
Traitement anti H ₂ S		Non		Non		Non		Non		Non
Vitesse instantanée	m/s	1,05		0,41		1,33		0,67		0,93

ANNEXE 5. Prévion de la production de sulfures – Formule de Boon et Lister

Paramètre	Unité	1 Rue de la Mairie	5 Avenue de Canonnière	6 Rue Devin et Graville	9 Route de Longueil	10 Rue Henri Barbusse 2
Temps de séjour	h	1,7	4,7	0,2	0,1	0,3
Diamètre de refoulement	mm	90	100	80	100	100
Rayon hydraulique	mm	22,5	25,0	20,0	25,0	25,0
Concentration en sulfure	mg/l	134	36	2	0,5	2
Débit journalier	m ³ /j	12,0	24,3	96,3	170,2	154,8
Flux en sulfures	g/j S	166	870	159	78	314

Paramètre	Unité	11 Source	12 Picardie	13 Rue du Maréchal Juin	14 Rue de Caumont	15 Rue du gros Grelot
Temps de séjour	h	1,6	0,8	2,7	10,8	5,2
Diamètre de refoulement	mm	106,6	136,4	65	53,6	80
Rayon hydraulique	mm	26,7	34,1	16,3	13,4	20,0
Concentration en sulfure	mg/l	11	4	31	150	49
Débit journalier	m ³ /j	33,5	75,8	0,6	1,3	8,1
Flux en sulfures	g/j S	381	325	18	192	396

Paramètre	Unité	16 Lorilleux	17 Rocade	18 Rue Henri Barbusse 1	19 Tennis	20 Mutuelle St Gobain
Temps de séjour	h	1,6	6,6	0,7	2,2	3,6
Diamètre de refoulement	mm	100	150	90	100	80
Rayon hydraulique	mm	25,0	37,5	22,5	25,0	20,0
Concentration en sulfure	mg/l	12	34	6	17	34
Débit journalier	m ³ /j	86,3	53,7	21,7	30,3	0,7
Flux en sulfures	g/j S	1048	1829	128	513	23

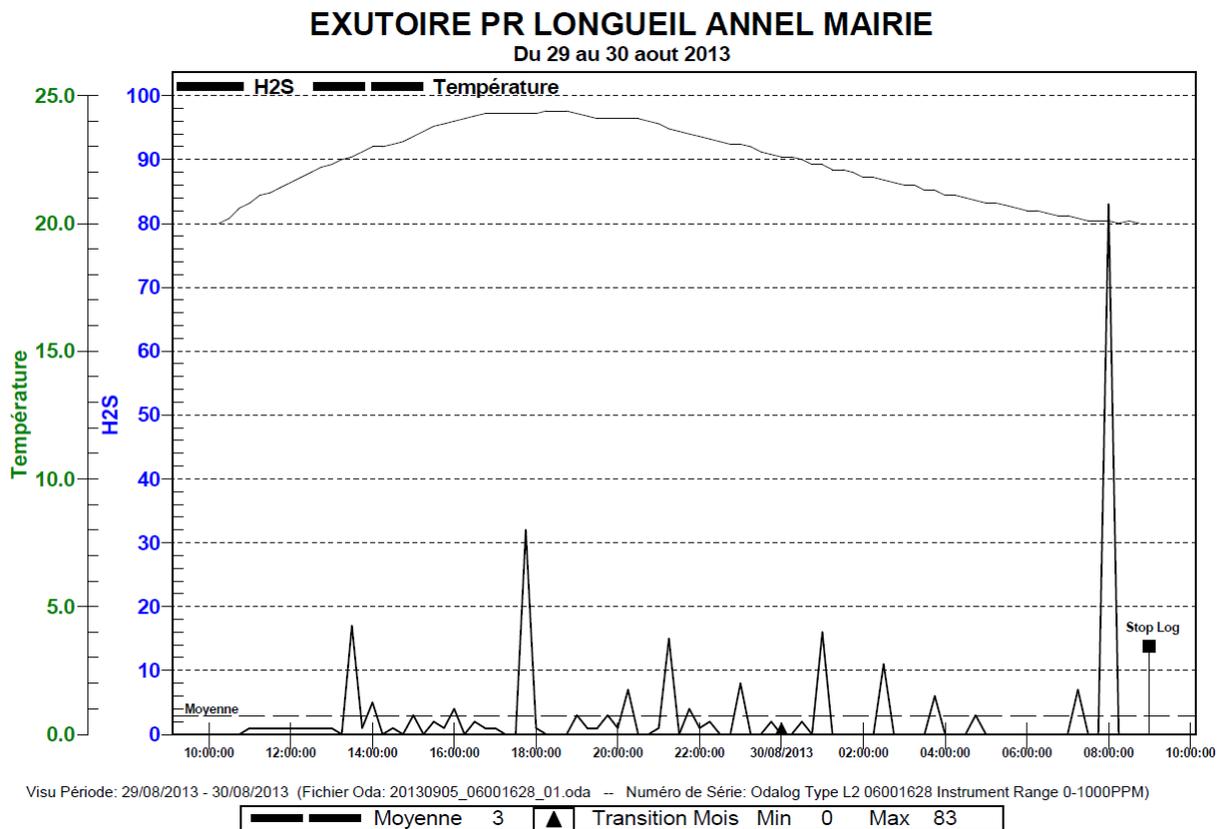
ANNEXE 6. Prévion de la production de sulfures – Formule de Pomeroy

Paramètre	Unité	1 Rue de la Mairie	5 Avenue de Canonnière	6 Rue Devin et Graville	9 Route de Longueil	10 Rue Henri Barbusse 2
Temps de séjour	h	1,7	4,7	0,2	0,1	0,3
Diamètre de refoulement	mm	90	100	80	100	100
Rayon hydraulique	mm	22,5	25,0	20,0	25,0	25,0
Concentration en sulfure	mg/l	31	79	4	1	4
Débit journalier	m ³ /j	12,0	24,3	96,3	170,2	154,8
Flux en sulfures	g/j S	365	1908	348	172	688

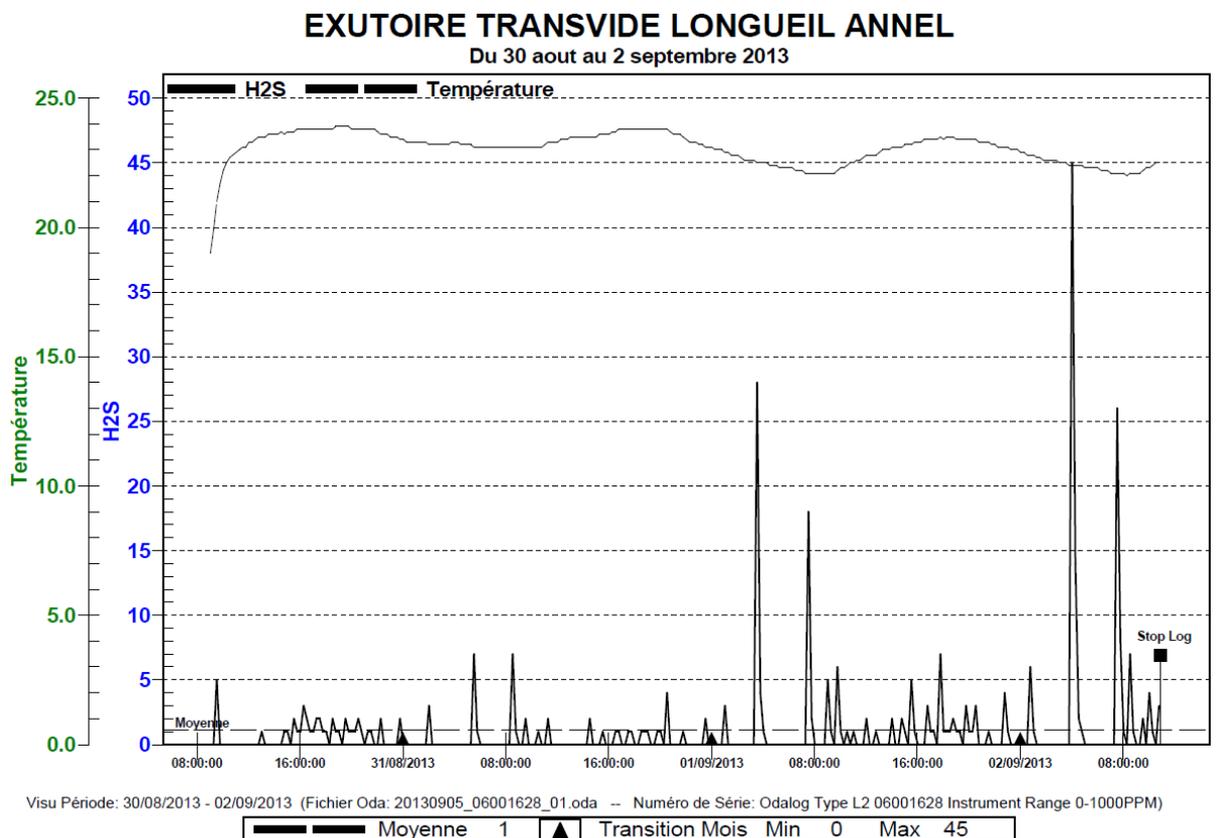
Paramètre	Unité	11 Source	12 Picardie	13 Rue du Maréchal Juin	14 Rue de Caumont	15 Rue du gros Grelot
Temps de séjour	h	1,6	0,8	2,7	10,8	5,2
Diamètre de refoulement	mm	106,6	136,4	65,0	53,6	80,0
Rayon hydraulique	mm	26,7	34,1	16,3	13,4	20,0
Concentration en sulfure	mg/l	25	9	68	328	108
Débit journalier	m ³ /j	33,5	75,8	0,6	1,3	8,1
Flux en sulfures	g/j S	835	713	40	420	869

Paramètre	Unité	16 Lorilleux	17 Rocade	18 Rue Henri Barbusse 1	19 Tennis	20 Mutuelle St Gobain
Temps de séjour	h	1,6	6,6	0,7	2,2	3,6
Diamètre de refoulement	mm	100	150	90	100	80
Rayon hydraulique	mm	25,0	37,5	22,5	25,0	20,0
Concentration en sulfure	mg/l	27	75	13	37	74
Débit journalier	m ³ /j	86,3	53,7	21,7	30,3	0,7
Flux en sulfures	g/j S	2299	4011	280	1126	50

ANNEXE 7. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Mairie



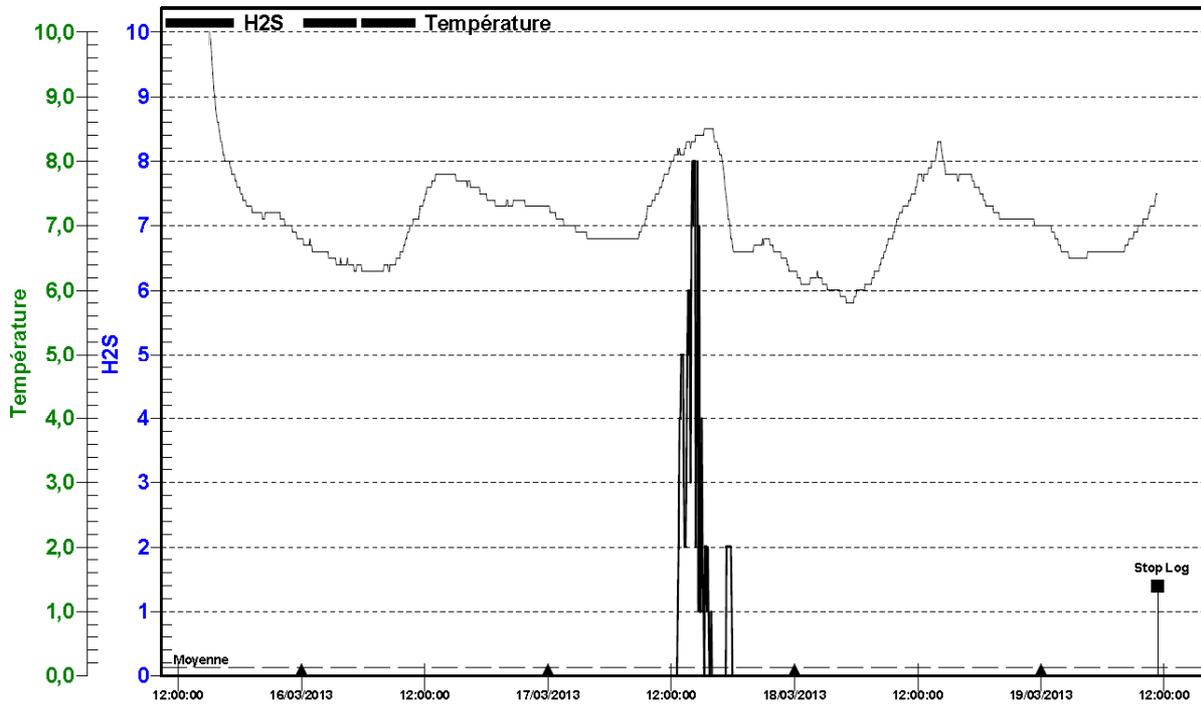
ANNEXE 8. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisés au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Transvide



ANNEXE 9. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Canonnière

PR LONGUEIL ANNEL CANONNIERE

Du 15 au 19 mars 2013

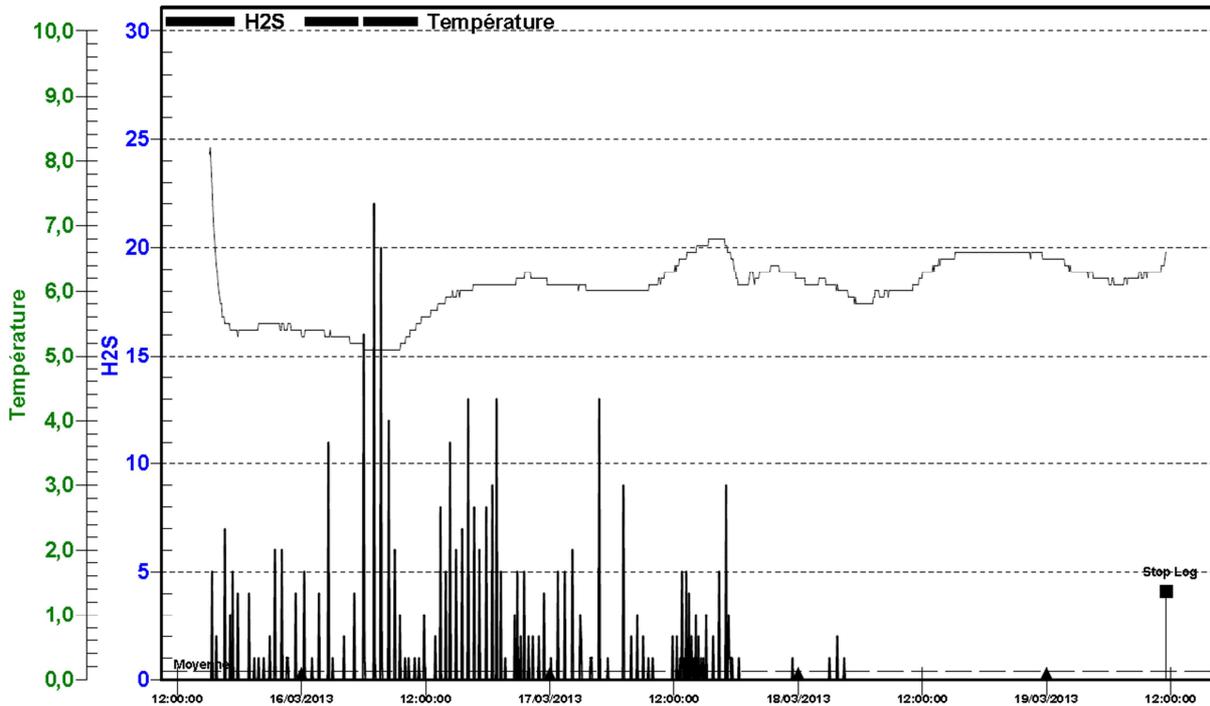


Visu Période: 15/03/2013 - 19/03/2013 (Fichier Oda: 20130319_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odialog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

■ Moyenne 0 ▲ Transition Mois Min 0 Max 8

EXUTOIRE PR LONGUEIL ANNEL CANONNIERE

Du 15 au 19 mars 2013

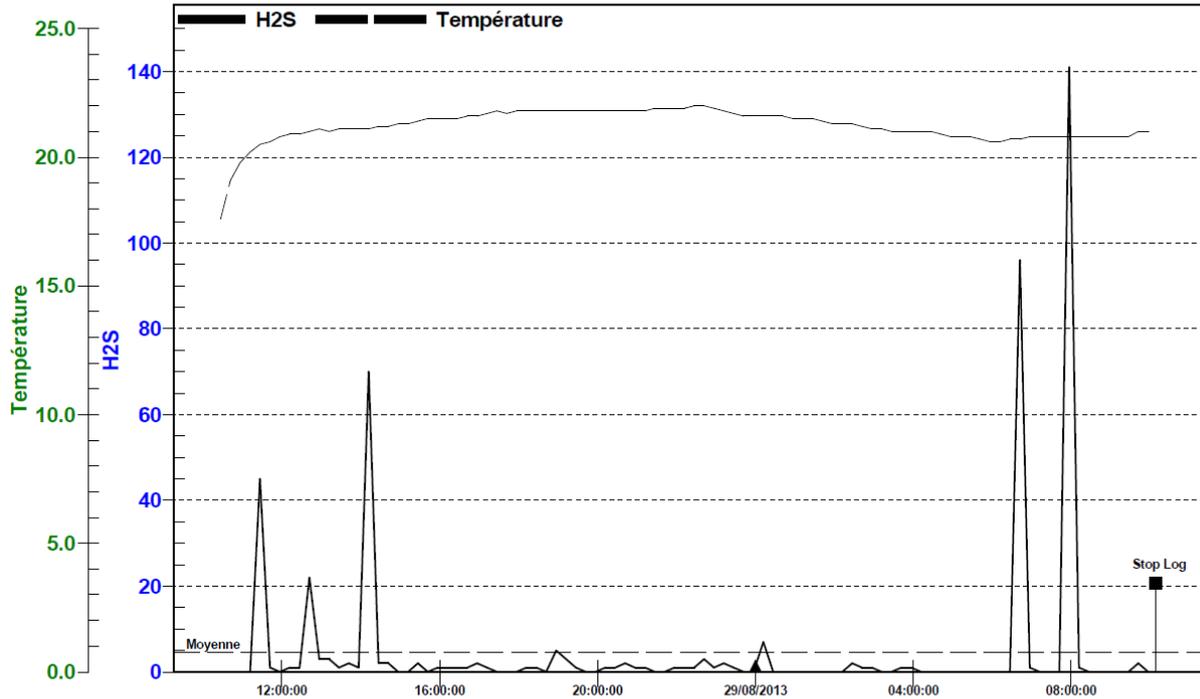


Visu Période: 15/03/2013 - 19/03/2013 (Fichier Oda: 20130319_07001737_01.oda - Numéro de Série: Odialog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

■ Moyenne 0 ▲ Transition jours Min 0 Max 22

EXUTOIRE PR LONGUEIL ANNEL CANNONIERE

Du 28 au 29 aout 2013



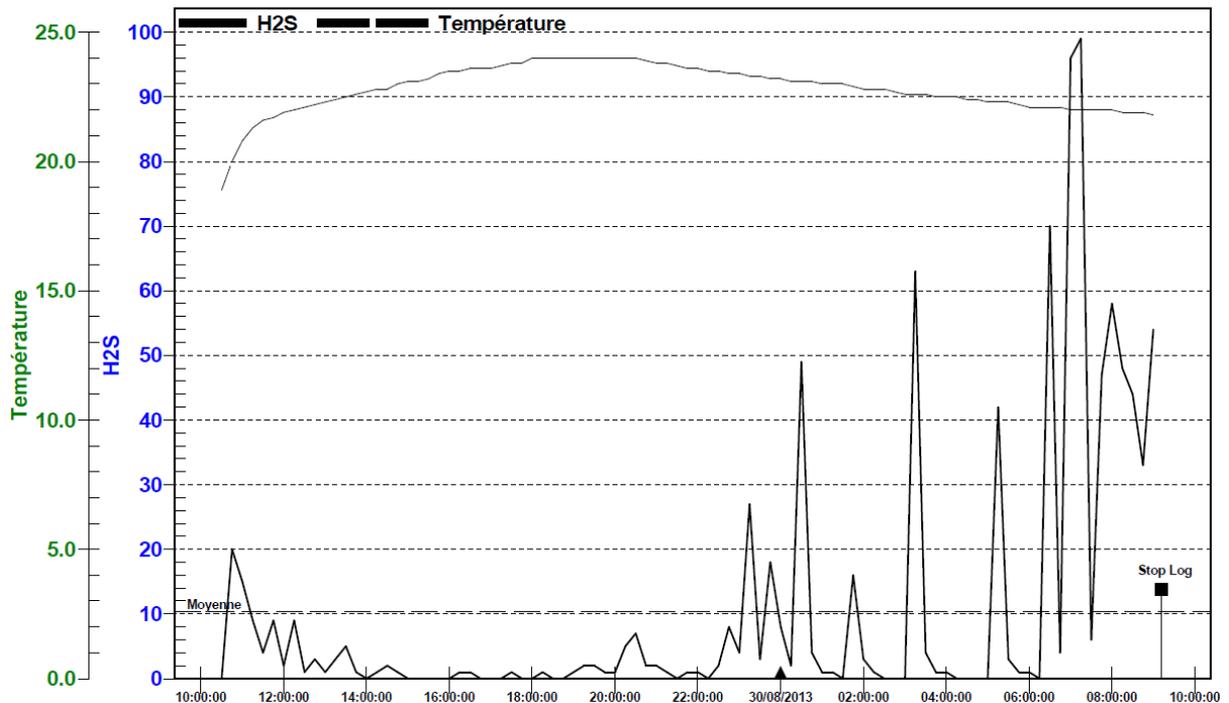
Visu Période: 28/08/2013 - 29/08/2013 (Fichier Oda: 20130905_07001737_01.oda -- Numéro de Série: Odalog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 5 ▲ Transition jours Min 0 Max 141

ANNEXE 10. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau de l'exutoire – Poste de refoulement Source

EXUTOIRE PR THOUROTTE SOURCE

Du 29 au 30 aout 2013



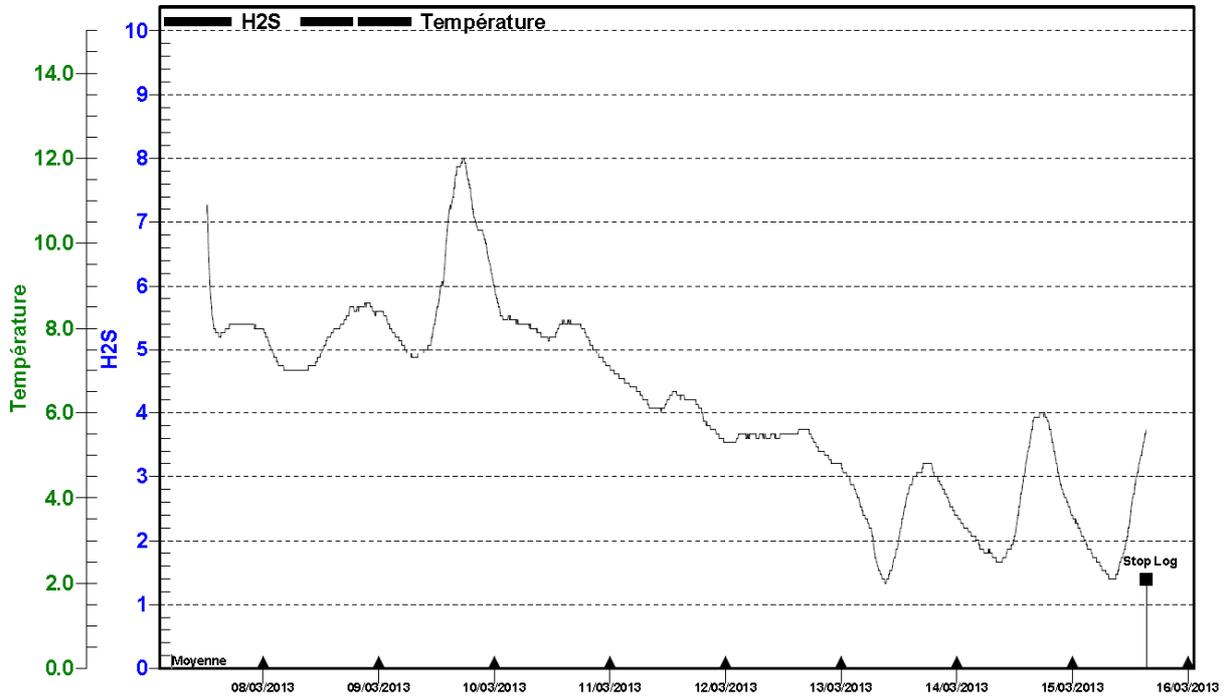
Visu Période: 29/08/2013 - 30/08/2013 (Fichier Oda: 20130905_07001737_01.oda -- Numéro de Série: Odalog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 10 ▲ Transition Mois Min 0 Max 99

ANNEXE 11. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Caumont

PR THOUROTTE CAUMONT

Du 7 au 15 mars 2013

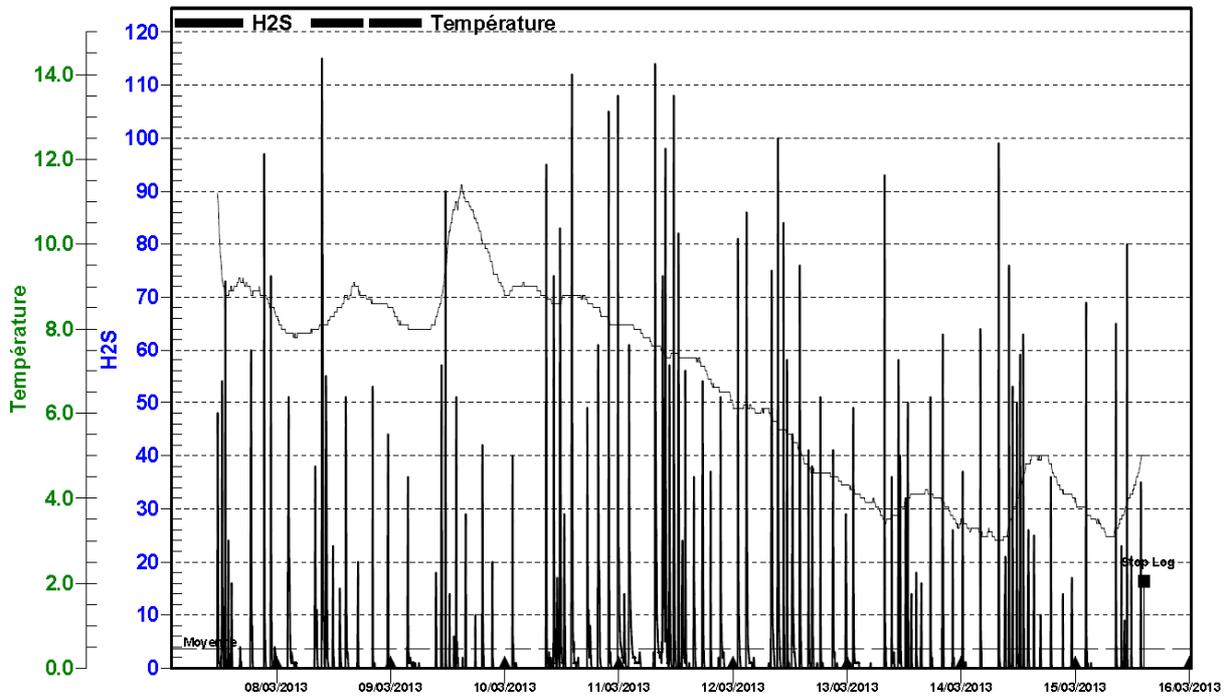


Visu Période: 07/03/2013 - 16/03/2013 (Fichier Oda: 20130315_06001628_01_oda - Numéro de Série: OdaLog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 0 ▲ Transition Mois Min 0 Max 0

EXUTOIRE PR THOUROTTE CAUMONT

Du 7 au 15 mars 2013



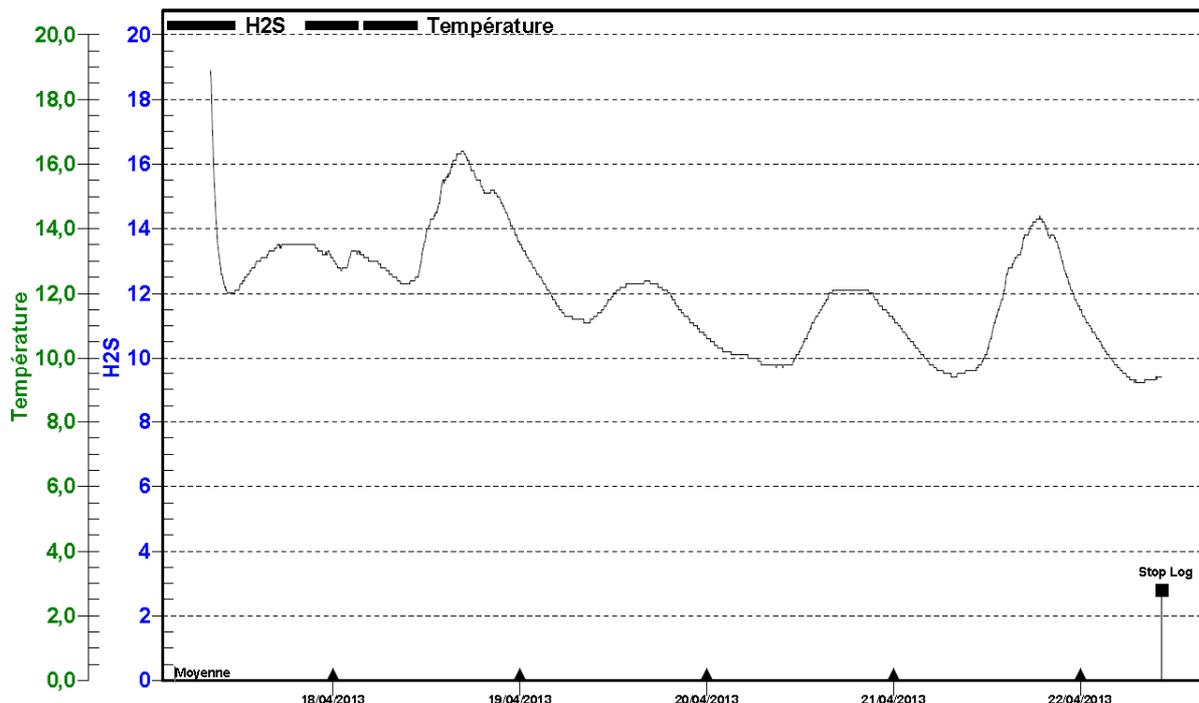
Visu Période: 07/03/2013 - 16/03/2013 (Fichier Oda: 20130315_07001737_02_oda - Numéro de Série: OdaLog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 4 ▲ Transition Mois Min 0 Max 115

ANNEXE 12. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Caumont – 2^{ème} campagne de mesure

PR THOUROTTE CAUMONT (dans le poste)

Du 17 au 22 avril 2013

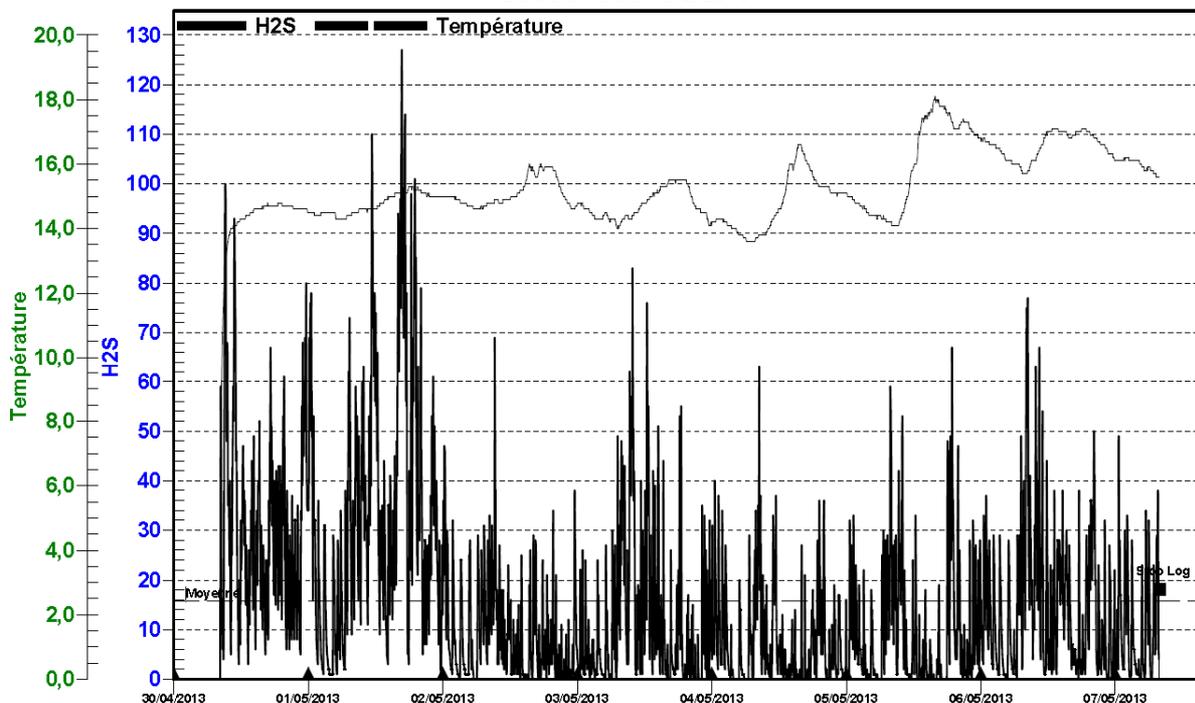


Visu Période: 17/04/2013 - 22/04/2013 (Fichier Oda: 20130422_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 0 ▲ Transition Mois Min 0 Max 0

EXUTOIRE PR THOUROTTE CAUMONT

Du 30 avril au 7 mai 2013



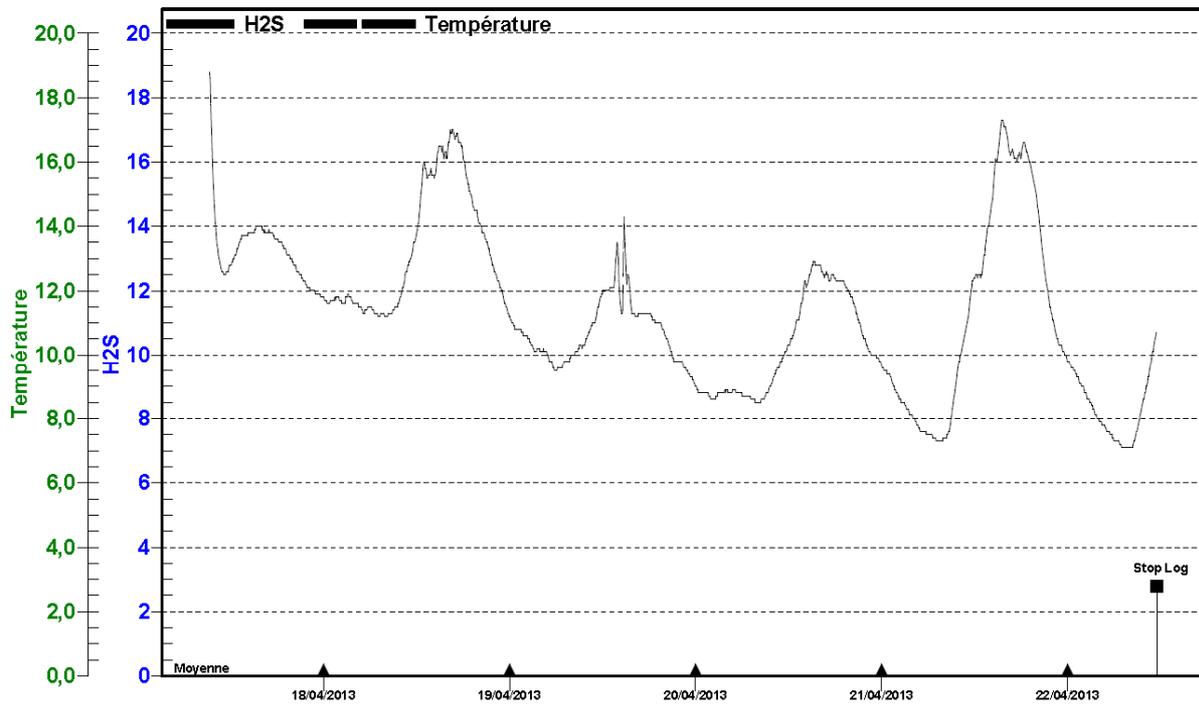
Visu Période: 29/04/2013 - 07/05/2013 (Fichier Oda: 20130507_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 16 ▲ Transition Mois Min 0 Max 127

ANNEXE 13. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Gros Grelot

PR THOUROTTE GROS GRELOT (dans le poste)

Du 17 au 22 avril 2013

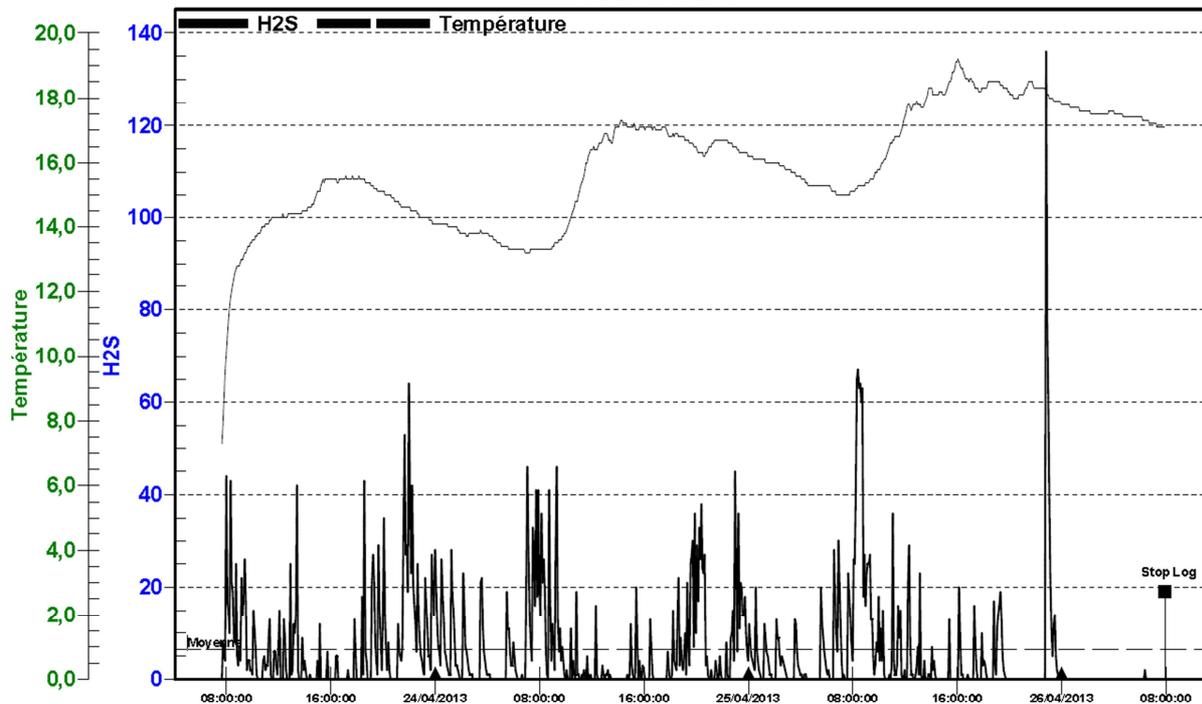


Visu Période: 17/04/2013 - 22/04/2013 (Fichier Oda: 20130422_07001737_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 0 ▲ Transition Mois Min 0 Max 0

EXUTOIRE PR THOUROTTE CAUMONT

Du 23 au 26 avril 2013



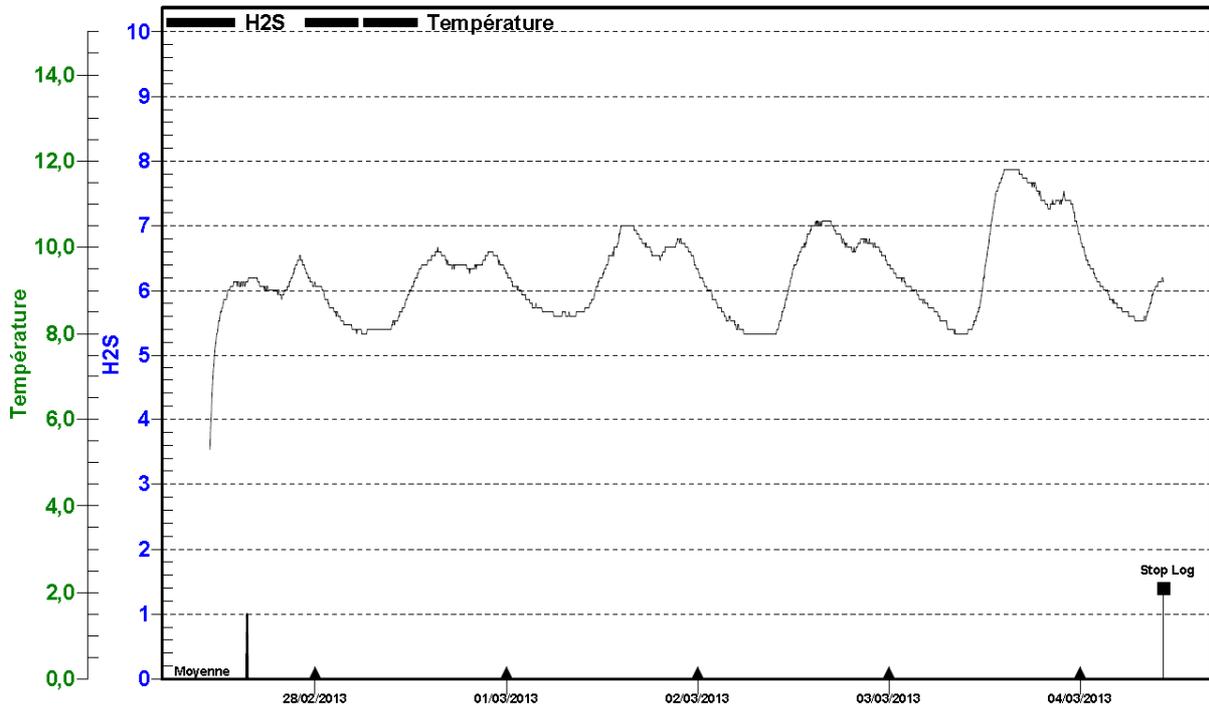
Visu Période: 23/04/2013 - 26/04/2013 (Fichier Oda: 20130426_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 6 ▲ Transition Mois Min 0 Max 136

ANNEXE 14. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Lorilleux

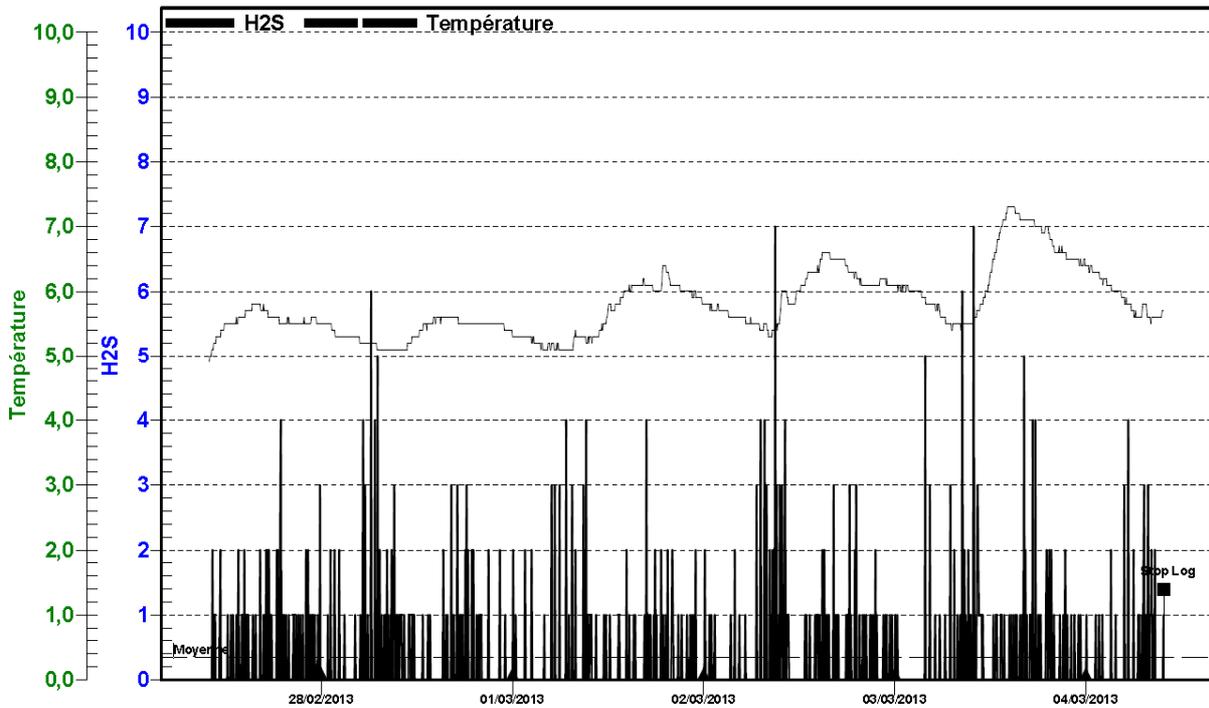
PR THOUROTTE LORILLEUX

Du 27 février au 4 mars 2013



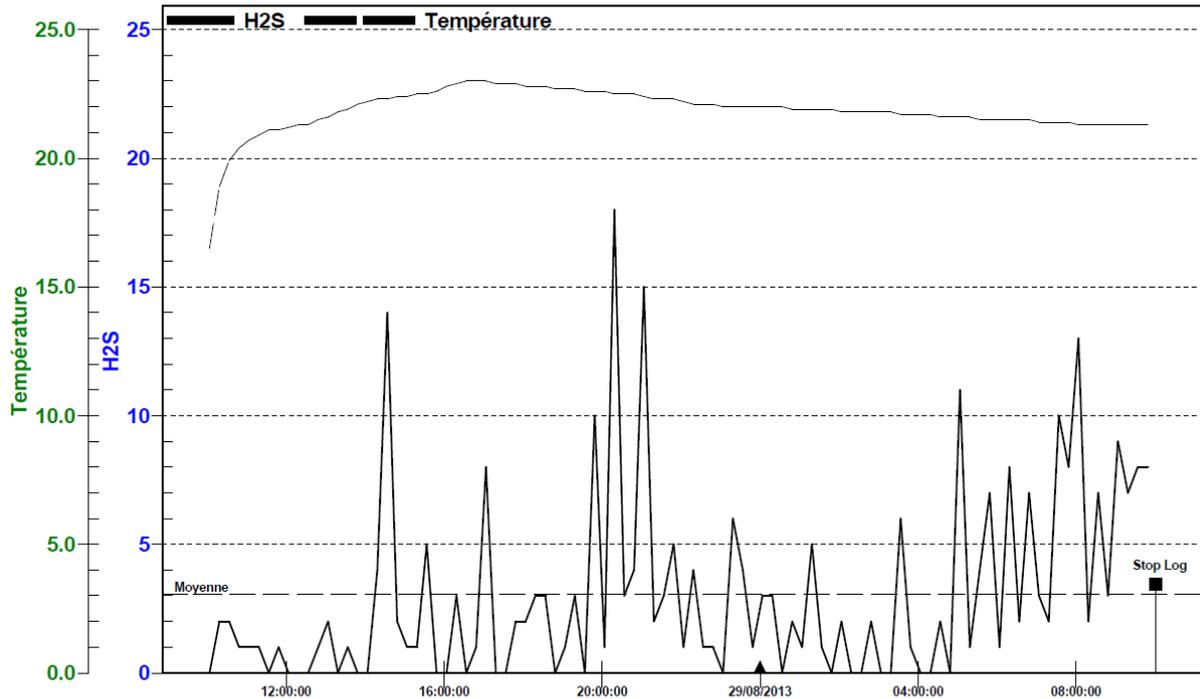
EXUTOIRE PR THOUROTTE LORILLEUX

Du 27 février au 4 mars 2013



EXUTOIRE PR THOUROTTE LORILLEUX

Du 28 au 29 aout 2013



Visu Période: 28/08/2013 - 29/08/2013 (Fichier Oda: 20130905_06001628_01.oda -- Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

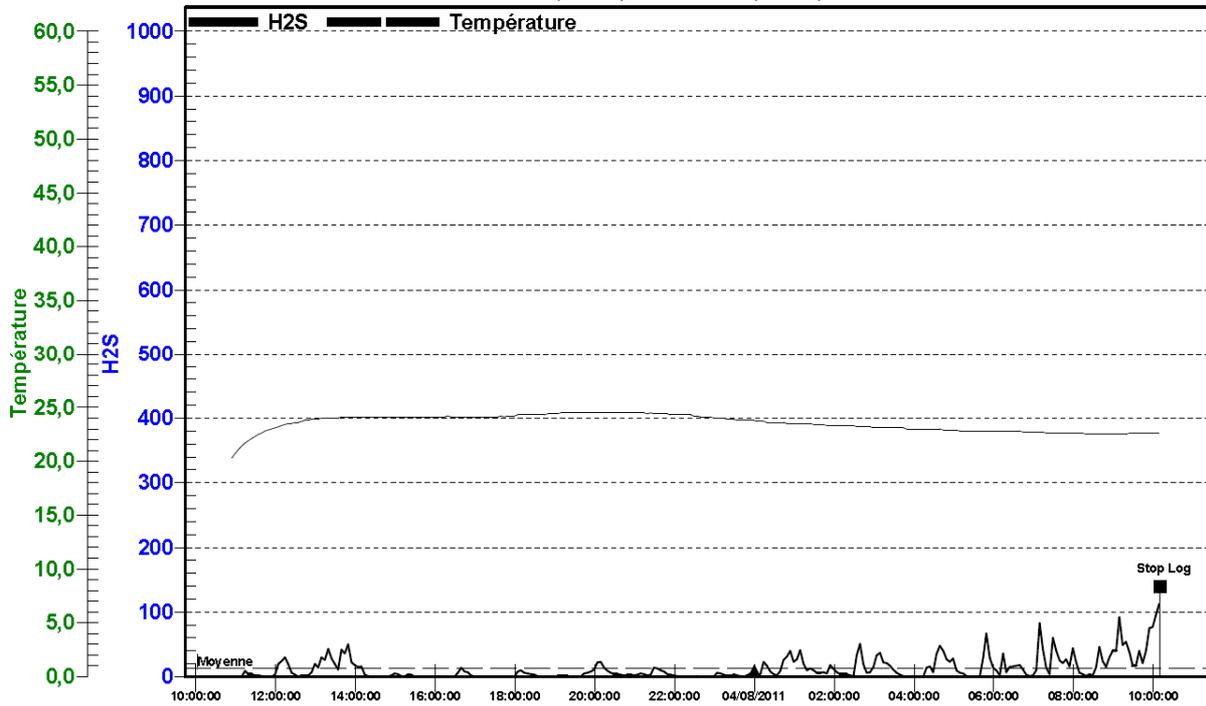
Moyenne 3

 Transition jours Min 0 Max 18

ANNEXE 15. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Rocade

PR THOUROTTE "ROCADE"

Du 03/08/11 (10h55) au 04/08/11 (10h10)

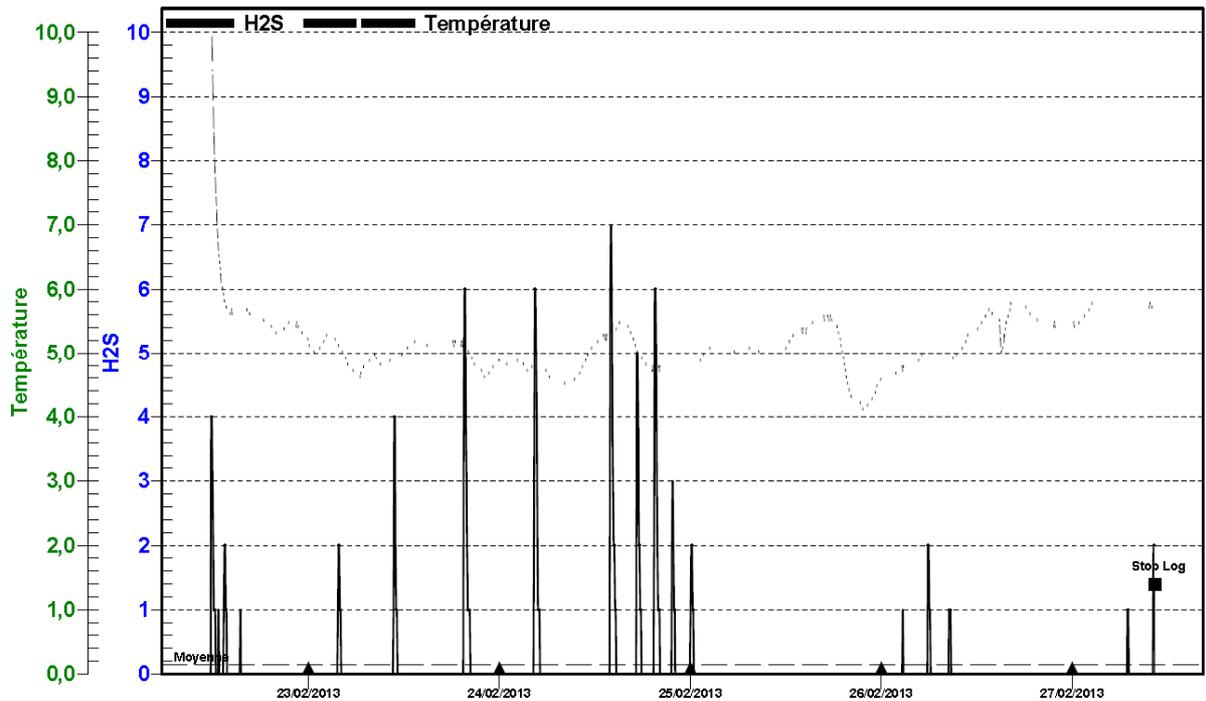


Visu Période: 03/08/2011 - 04/08/2011 (Fichier Oda: 20111104_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 12 ▲ Transition jours Min 0 Max 113

PR THOUROTTE ROCADE

Du 22 au 27 février 2013

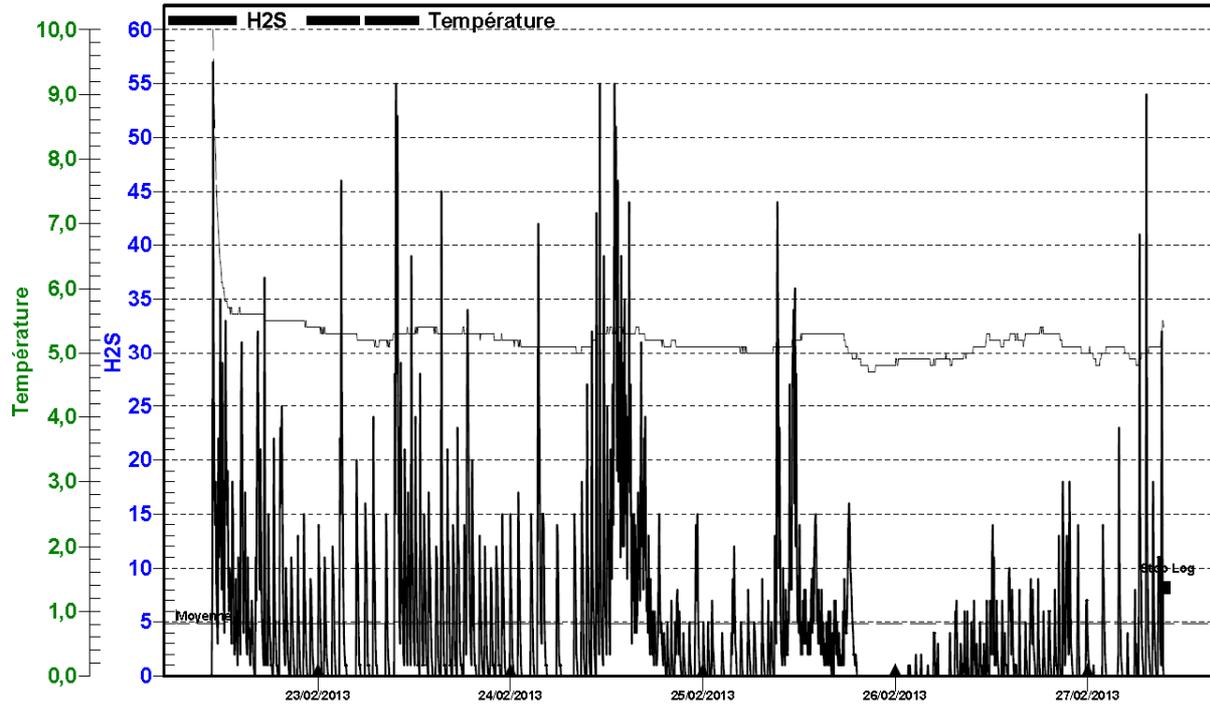


Visu Période: 22/02/2013 - 27/02/2013 (Fichier Oda: 20130227_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 0 ▲ Transition Mois Min 0 Max 7

EXUTOIRE PR THOUROTTE ROCADE

Du 22 au 27 février 2013



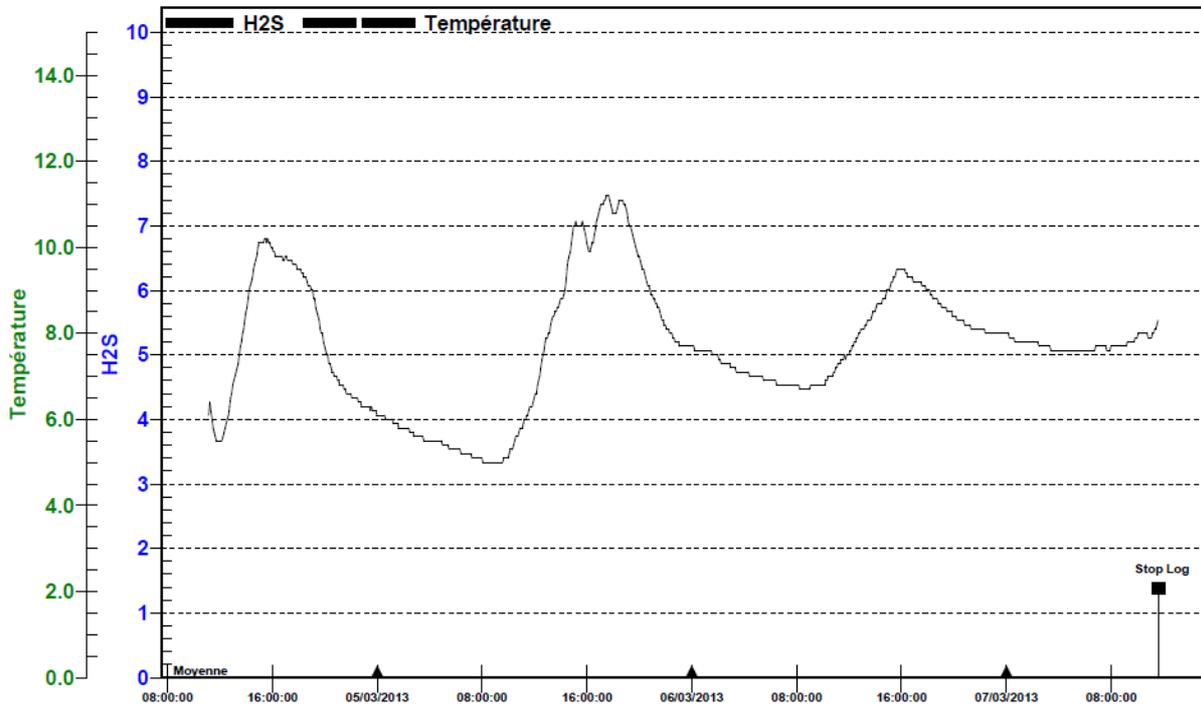
Visu Période: 22/02/2013 - 27/02/2013 (Fichier Oda: 20130227_07001737_01.oda - Numéro de Série: Odialog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

■	Moyenne	5	▲	Transition Mois	Min	0	Max	57
---	---------	---	---	-----------------	-----	---	-----	----

ANNEXE 16. Mesures d'hydrogène sulfuré réalisées au niveau du poste et de l'exutoire – Poste de refoulement Tennis

PR THOUROTTE TENNIS

Du 4 au 7 mars 2013

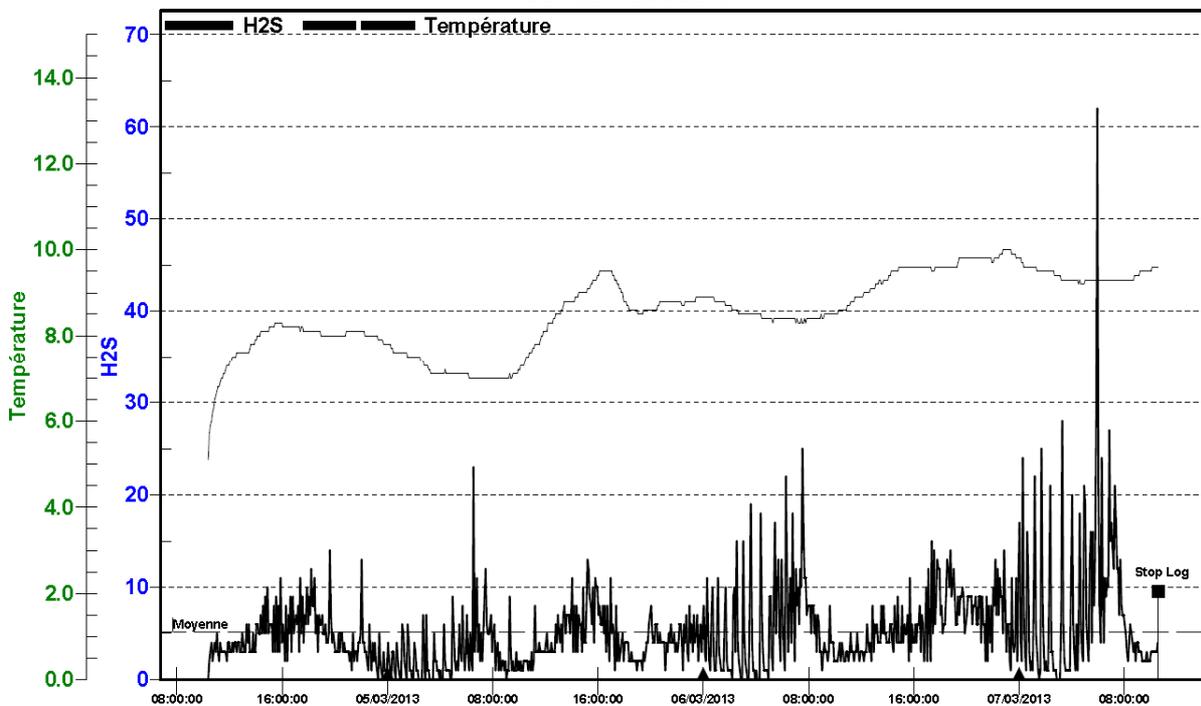


Visu Période: 04/03/2013 - 07/03/2013 (Fichier Oda: 20130307_06001628_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 06001628 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 0 ▲ Transition jours Min 0 Max 0

EXUTOIRE PR THOUROTTE TENNIS

Du 4 au 7 mars 2013



Visu Période: 04/03/2013 - 07/03/2013 (Fichier Oda: 20130307_07001737_01.oda - Numéro de Série: Odalog Type L2 07001737 Instrument Range 0-1000PPM)

Moyenne 5 ▲ Transition Mois Min 0 Max 62

ANNEXE 17. Analyses sur les effluents du poste Rocate



33, rue du Président Wilson
F-78230 Le Pecq sur Seine
Tel : +33 (0)1 34 80 23 45
Fax : +33 (0)1 34 80 23 10
labeau@lyonnaise-des-eaux.fr



ACCREDITATION
N° 1414
SICRE
DAP CHIMIE SUR
WWW.COFRAC.FR

Devis/Contrat : 2012C010015
Nom du contrat : *PIC-ER commande non planifiée*
2012-2013
Echantillon enregistré le : 28 mars 2013 13:38
Echantillon mis en analyse le : 28 mars 2013 14:28
Echantillon N° : **442173**

LYONNAISE DES EAUX
CR Ricardie Champagne

À l'attention de Régine HOUY
rue Buhl
60100 - CREIL

Rapport d'essai : 2013 / 442173 - 01

Le Pecq, le lundi 8 avril 2013

Prélèvement du : 26/03/2013 00:00
Prélevé par : Vos Soins Conditionné par : Vos soins
Point de surveillance : THOUROTTE exutoire du poste de refoulement "Rocate"
Matrice : Eaux résiduaires Typologie : -

Informations de transit :

RESULTATS D'ESSAIS :

PARAMETRE	NORME / METHODE	RES ULTAT	UNITES
<i>Paramètres mesurés par vos soins</i>			
Poté l'ité Rédon	Méthode par vos soins	-25	mV
Température l'ité	Méthode par vos soins	7.5	°C
<i>Analyses de base</i>			
Température de l'écoulement à réception	Thermomètre infra-rouge	7.00	°C
<i>Anions principaux</i>			
Sulfate	Méthode titrimétrique selon NF EN 1899-1	150	mg/l
<i>Indicateurs de pollution</i>			
Demanda de biochimie et chimique (DB5)	NF EN 1899-1	240	mg/lO ₂
Sulfure	Spectrophotométrie	4	mg/l

Virginie LELLU
Responsable du Développement Analytique



L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation repérée par le symbole (C).
Tous les autres résultats relatifs à l'analyse sont disponibles au laboratoire (non accrédités).
Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet du ministère.
Le présent rapport d'essai ne concerne que les caractéristiques mentionnées aux annexes. Il complétera l'analyse. La responsabilité de ce rapport d'analyse n'est assurée que sous sa forme originale. Elle est perdue dès qu'il est reproduit par quelque moyen que ce soit.
Tout résultat inférieur à sa limite de quantification est rendu uniquement à titre indicatif et n'engage pas la responsabilité du laboratoire.



33, rue du Président Wilson
F-78230 Le Pecq sur Seine
Tel : +33 (0)1 34 80 23 45
Fax : +33 (0)1 34 80 23 10
labeau@lyonnaise-des-eaux.fr



ACCREDITATION
N° 1414
SICRE
DAP CHIMIE SUR
WWW.COFRAC.FR

Devis/Contrat : 2012C010015
Nom du contrat : *PIC-ER commande non planifiée*
2012-2013
Echantillon enregistré le : 28 mars 2013 13:38
Echantillon mis en analyse le : 28 mars 2013 14:28
Echantillon N° : **442172**

LYONNAISE DES EAUX
CR Ricardie Champagne

À l'attention de Régine HOUY
rue Buhl
60100 - CREIL

Rapport d'essai : 2013 / 442172 - 01

Le Pecq, le lundi 8 avril 2013

Prélèvement du : 26/03/2013 00:00
Prélevé par : Vos Soins Conditionné par : Vos soins
Point de surveillance : THOUROTTE poste de refoulement "Rocate"
Matrice : Eaux résiduaires Typologie : -

Informations de transit :

RESULTATS D'ESSAIS :

PARAMETRE	NORME / METHODE	RES ULTAT	UNITES
<i>Paramètres mesurés par vos soins</i>			
Poté l'ité Rédon	Méthode par vos soins	-100	mV
Température l'ité	Méthode par vos soins	8.5	°C
<i>Analyses de base</i>			
Température de l'écoulement à réception	Thermomètre infra-rouge	7.00	°C
<i>Anions principaux</i>			
Sulfate	Méthode titrimétrique selon NF EN 1899-1	160	mg/l
<i>Indicateurs de pollution</i>			
Demanda de biochimie et chimique (DB5)	NF EN 1899-1	240	mg/lO ₂
Sulfure	Spectrophotométrie	16	mg/l

Virginie LELLU
Responsable du Développement Analytique



L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les seuls essais couverts par l'accréditation repérée par le symbole (C).
Tous les autres résultats relatifs à l'analyse sont disponibles au laboratoire (non accrédités).
Laboratoire agréé par le ministère chargé de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires sur le site internet du ministère.
Le présent rapport d'essai ne concerne que les caractéristiques mentionnées aux annexes. Il complétera l'analyse. La responsabilité de ce rapport d'analyse n'est assurée que sous sa forme originale. Elle est perdue dès qu'il est reproduit par quelque moyen que ce soit.
Tout résultat inférieur à sa limite de quantification est rendu uniquement à titre indicatif et n'engage pas la responsabilité du laboratoire.



31, rue du Président Wilson
F-78230 Le Pecq sur Seine
Tél : +33 (0)1 34 80 23 45
Fax : +33 (0)1 34 80 23 10
labeau@lyonnaise-des-eaux.fr



ACCREDITATION
N° 1005
PORTÉE
D'ÉTENDUE SUR
WWW.CFRAC.FR

Devis/Contrat : 2012C010015
Nom du contrat : *PIC-EP commande non planifiée*
2012-2013
Echantillon enregistré le : 02 avr. 2013 10:48
Echantillon mis en analyse le : 03 avr. 2013 14:00
Echantillon N° : **442598**

LYONNAISE DES EAUX
CR Ricardie Champagne
A l'attention de Régine HOUY
rue Buhl
60100 - CREIL

Rapport d'essai : 2013 / 442598 - 01

Le Pecq, le mercredi 10 avril 2013

Prélèvement du : 28/03/2013 00:00
Prélevé par : Vos Soins Conditionné par : Vos soins
Point de surveillance : THOUROTTE poste de refoulement rocade
Matrice : Eaux résiduaires Typologie : -

Informations de transit :

RESULTATS D'ESSAIS :

PARAMETRE	NORME / METHODE	RESULTAT	UNITES
<i>Paramètres mesurés par vos soins</i>			
Potential Redox	Mesuré par vos soins	-25	mV
Température à l'air	Mesuré par vos soins	8	°C
<i>Analyses de base</i>			
Température de l'échantillon à réception	Thermomètre infra-rouge	6.00	°C
<i>Anions principales</i>			
Sulfate	Méthode titrimétrique selon NF EN 1899-1	180	mg/l
<i>Indicateurs de pollution</i>			
Demande biochimique oxygénée (DB5)	NF EN 1899-1	360	mg/lO ₂
Sulfure	Spectrophotométrie	<0.5	mg/l

Claudine GRANET
Responsable du Service Analyse



L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les analyses couvertes par l'accréditation réglée par le symbole / G.
Toutes les informations relatives à l'analyse sont disponibles au laboratoire (résultats, ...).
Le laboratoire agit par le biais du responsable de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires au site internet du ministère.
Le présent rapport d'essai ne concerne que les déterminations assurées aux normes. Il comporte 1 page(s). La reproduction de ce rapport d'analyse
n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Elle est donc strictement interdite sans l'approbation du laboratoire.
Tout résultat inférieur à sa limite de quantification est indiqué uniquement si la norme l'exige et ne engage pas la responsabilité du laboratoire.



31, rue du Président Wilson
F-78230 Le Pecq sur Seine
Tél : +33 (0)1 34 80 23 45
Fax : +33 (0)1 34 80 23 10
labeau@lyonnaise-des-eaux.fr



ACCREDITATION
N° 1005
PORTÉE
D'ÉTENDUE SUR
WWW.CFRAC.FR

Devis/Contrat : 2012C010015
Nom du contrat : *PIC-EP commande non planifiée*
2012-2013
Echantillon enregistré le : 02 avr. 2013 10:47
Echantillon mis en analyse le : 03 avr. 2013 14:00
Echantillon N° : **442599**

LYONNAISE DES EAUX
CR Ricardie Champagne
A l'attention de Régine HOUY
rue Buhl
60100 - CREIL

Rapport d'essai : 2013 / 442599 - 01

Le Pecq, le mercredi 10 avril 2013

Prélèvement du : 28/03/2013 00:00
Prélevé par : Vos Soins Conditionné par : Vos soins
Point de surveillance : THOUROTTE exutoire poste de refoulement rocade
Matrice : Eaux résiduaires Typologie : -

Informations de transit :

RESULTATS D'ESSAIS :

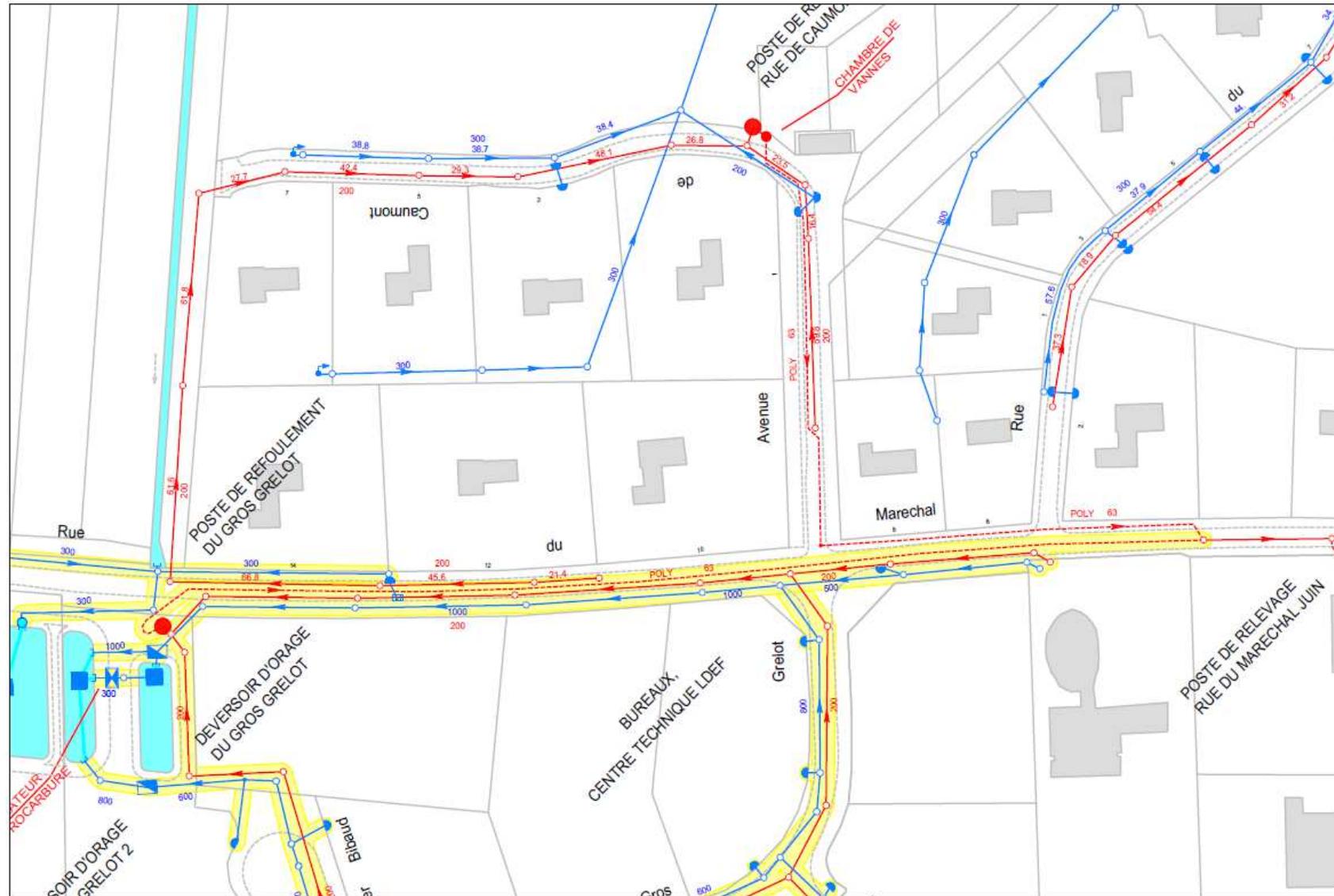
PARAMETRE	NORME / METHODE	RESULTAT	UNITES
<i>Paramètres mesurés par vos soins</i>			
Potential Redox	Mesuré par vos soins	-35	mV
Température à l'air	Mesuré par vos soins	7.6	°C
<i>Analyses de base</i>			
Température de l'échantillon à réception	Thermomètre infra-rouge	6.00	°C
<i>Anions principales</i>			
Sulfate	Méthode titrimétrique selon NF EN 1899-1	150	mg/l
<i>Indicateurs de pollution</i>			
Demande biochimique oxygénée (DB5)	NF EN 1899-1	170	mg/lO ₂
Sulfure	Spectrophotométrie	1	mg/l

Claudine GRANET
Responsable du Service Analyse



L'accréditation du COFRAC atteste de la compétence du laboratoire pour les analyses couvertes par l'accréditation réglée par le symbole / G.
Toutes les informations relatives à l'analyse sont disponibles au laboratoire (résultats, ...).
Le laboratoire agit par le biais du responsable de l'environnement - se reporter à la liste des laboratoires au site internet du ministère.
Le présent rapport d'essai ne concerne que les déterminations assurées aux normes. Il comporte 1 page(s). La reproduction de ce rapport d'analyse
n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Elle est donc strictement interdite sans l'approbation du laboratoire.
Tout résultat inférieur à sa limite de quantification est indiqué uniquement si la norme l'exige et ne engage pas la responsabilité du laboratoire.

ANNEXE 18. Extrait du plan d'assainissement – Secteur des postes de refoulement Caumont et Gros Grelot



Commune : THOUROTTE

Echelle: 1 / 1500

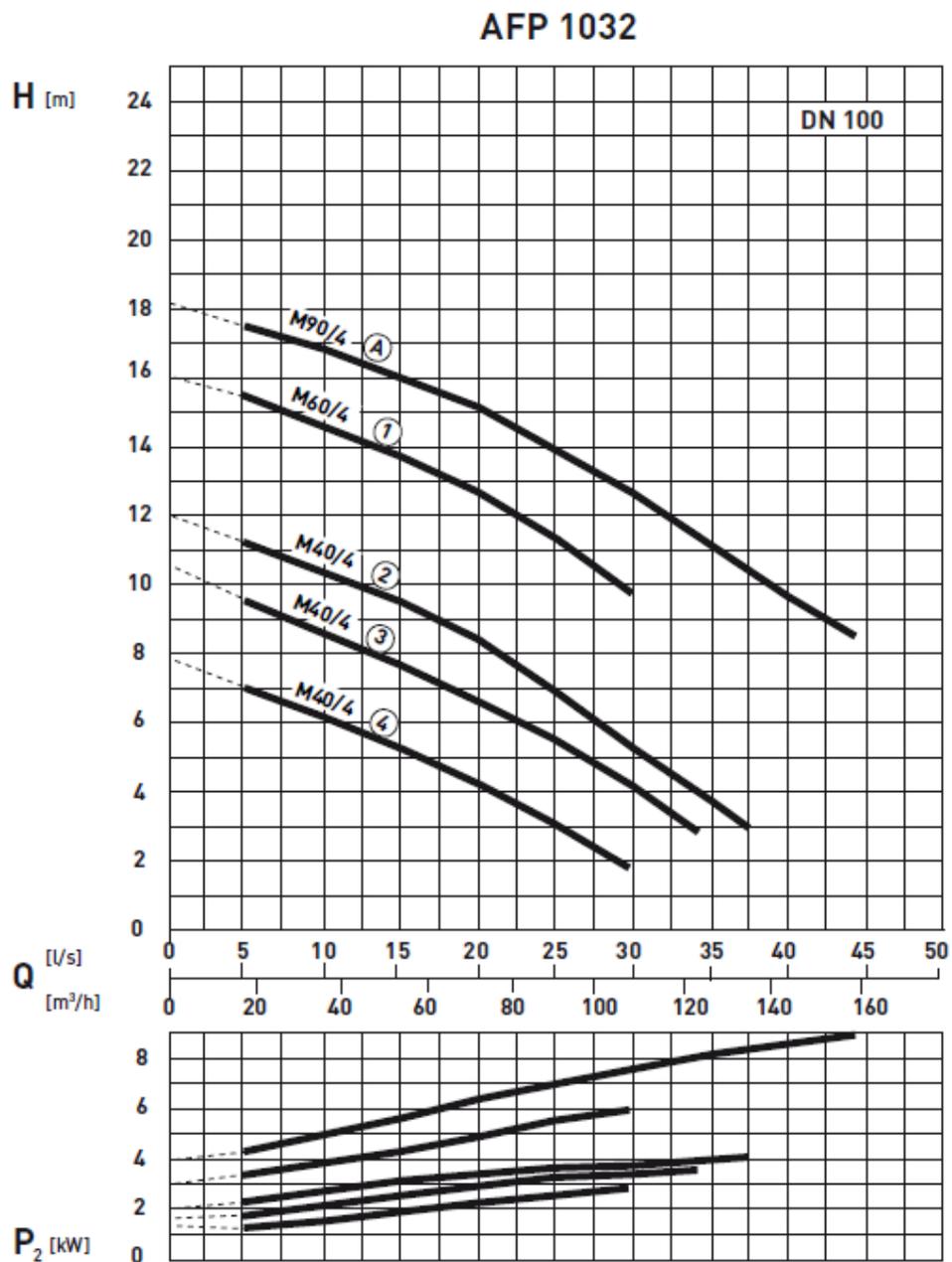
Edition du 07/05/2013

PLAN A TITRE INDICATIF

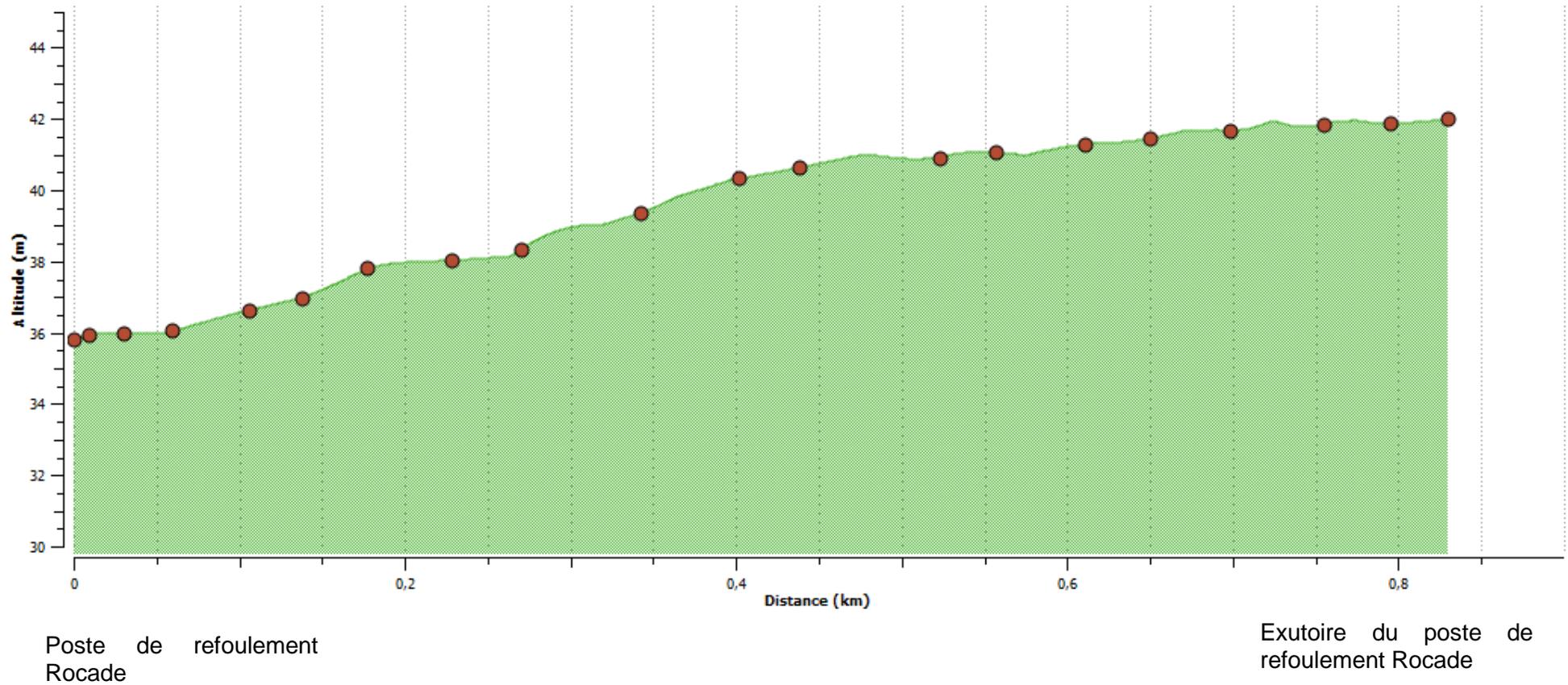
ANNEXE 19. Les pompes actuelles du poste Rocade

Pompes ABS de type AFP 1032.A.M90/4

Courbes de performance



ANNEXE 20. Profil (à titre indicatif) de la conduite du poste Rocado



ANNEXE 22. Données et calculs relatifs au poste de refoulement Tennis

Données et calculs concernant le poste de refoulement Tennis dans l'état actuel des choses, c'est-à-dire avec un volume journalier de 30.3 m³

Calcul du débit théorique de pointe pour les EU

Volume quotidien EU	30,30 m ³	
Débit moyen horaire	1,26 m³/h	0,35 l/s
Coefficient de pointe Kp	5,72 < 4	
Coefficient de pointe Kp retenu	4,00	
Débit de pointe théorique	5,05 m³/h	1,40 l/s
Débit théorique pour l'autocurage	22,62 m³/h	6,28 l/s

Canalisations

Vitesse d'autocurage	0,8 m/s
Diamètre théorique	47,25 mm
Diamètre intérieur	100 mm
Longueur de refoulement	360 m
Volume de la conduite	2,83

Données et calculs concernant le poste de refoulement Tennis en incluant les effluents du poste Lorrileux, c'est-à-dire avec un volume journalier de 117 m³

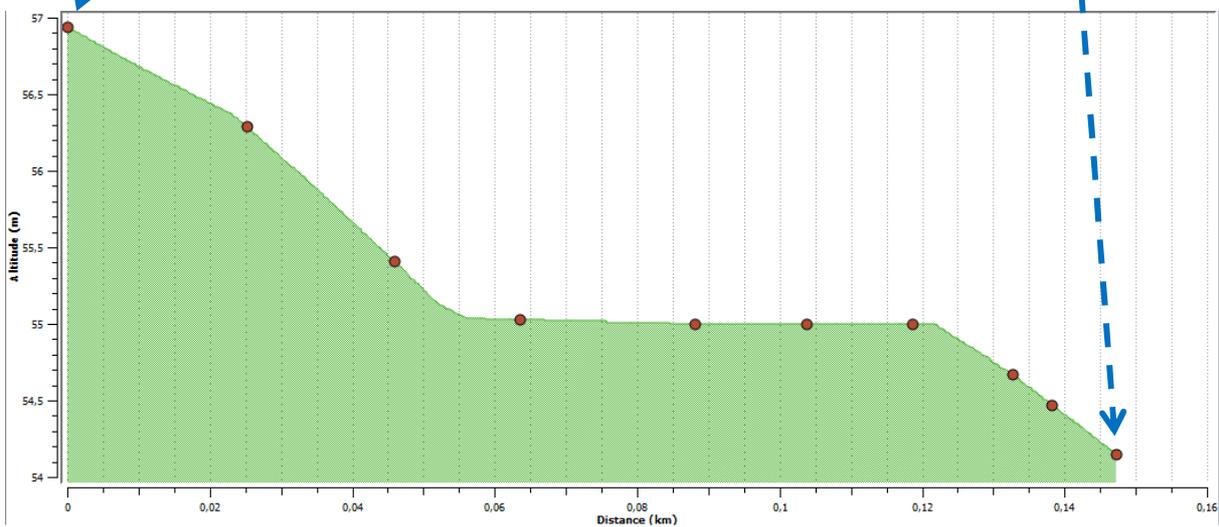
Calcul du débit théorique de pointe pour les EU

Volume quotidien EU	117,00 m ³	
Débit moyen horaire	4,88 m³/h	1,35 l/s
Coefficient de pointe Kp	3,65 < 4	
Coefficient de pointe Kp retenu	3,65	
Débit de pointe théorique	17,79 m³/h	4,94 l/s
Débit théorique pour l'autocurage	22,62 m³/h	6,28 l/s

Canalisations

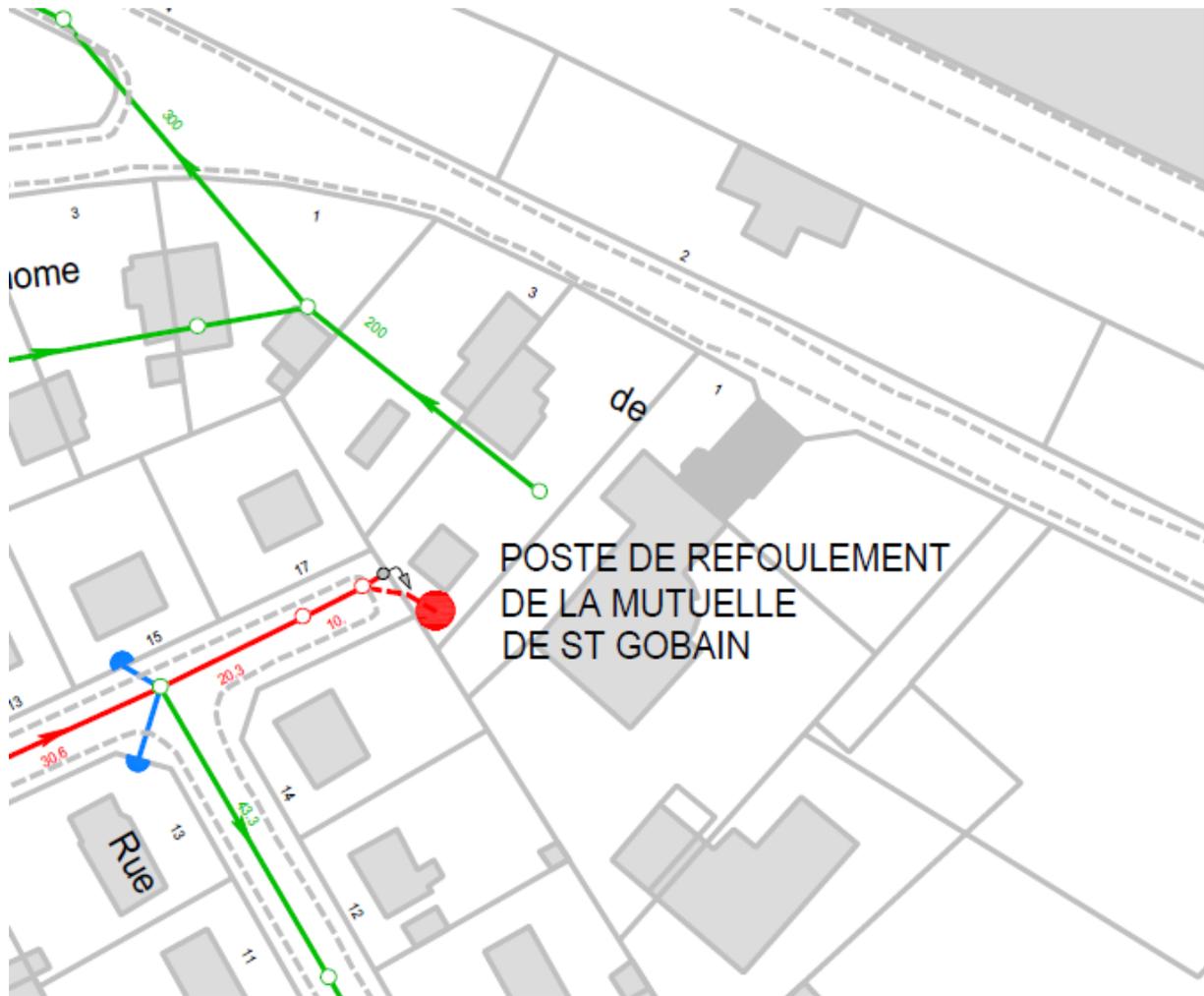
Vitesse d'autocurage	0,8 m/s
Diamètre théorique	88,67 mm
Diamètre intérieur	100 mm
Longueur de refoulement	360 m
Volume de la conduite	2,83

ANNEXE 23. Profil de la zone de raccordement du poste Gros Grelot sur Caumont



**Poste de
refoulement du
Gros Grelot**

**En direction du poste
de refoulement du
Caumont**

ANNEXE 24. Extrait des plans d'assainissement – Secteur du poste de refoulement de la mutuelle Saint Gobain



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Diplôme(s) : Ingénieur de l'ENGEES

Spécialité : Génie Civil, Formation par Alternance

Nicolas MORANDIÈRE

2013

**Problématique H₂S sur le Sivom de Thourotte Longueil-Annél
Réalisation d'une étude diagnostique et proposition de solutions pour la
problématique H₂S**

Nombre de pages 69 texte ; 30 annexes

Nombre de références bibliographiques 30

Structure d'accueil Beimo / Soissons / Aisne

Maître de stage : Mme JULLIEN AMAGBEGNON Christelle

Résumé :

Suite à des dégradations sur son réseau d'assainissement, le syndicat de Thourotte et Longueil-Annél a fait appel au bureau d'études Beimo pour réaliser une étude diagnostique dans le but de résoudre la problématique de l'hydrogène sulfuré (H₂S).

Après l'analyse bibliographique, une présentation du réseau, qui est en partie unitaire, a été faite et la méthodologie expliquée. Celle-ci regroupe différentes analyses dont l'interprétation permet de définir les points noirs sur le réseau.

Pour chacune de ces zones des solutions ont été proposées et chiffrées. Le Syndicat a connaissance des orientations nécessaires s'il souhaite continuer la démarche lancée.

Mots-clés :

H₂S, hydrogène sulfuré, poste de refoulement, dégradations, bactéries sulfato-réductrices, réseau unitaire, temps de séjour, traitements H₂S.