



ASSAINISSEMENT COLLECTIF

Etude sur les boues d'épuration trop riches en cuivre dans le département du Lot



RAPPORT D'ETUDE



Action financée avec le concours de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et du Département du Lot.

Décembre 2016

Etude sur les boues d'épurations trop riches en cuivre dans le département du Lot

Etabli par	Validé par	Date	Visa
Angélique SALVO	Céline DEBAILLEUL	28/12/2016	

REMERCIEMENTS

Le SYDED du Lot tient à remercier l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le Département du Lot qui ont contribué au financement de cette étude.

Sont également remerciés tous les membres du comité de pilotage de l'étude pour leur participation aux réunions et leur apport de connaissances : Jocelyne DI MARE et Bruno SELAS de l'Agence de l'eau Adour-Garonne, Willy PARNAUDEAU et Cyril DELPORTE du Département du Lot, Bernard LADEUIL et Christine DEBONS de la Direction Départementale des Territoires, Magali CASELLAS-FRANÇAIS de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges, Benoit JOSEPH de l'Agence Régionale de Santé de Midi-Pyrénées et Léonie GONZALEZ de la Chambre d'Agriculture du Lot.

Il convient également de souligner la participation active des communes et des exploitants sollicités qui ont contribué au bon déroulement des campagnes de prélèvements sur les stations de traitement des eaux usées.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PARTIE 1 : CONTEXTE	2
1. La problématique des boues d'épuration dans le département du Lot	2
1.1. Les filières d'élimination.....	2
1.2. Le cuivre dans les boues d'épuration.....	3
1.3. Les conclusions de l'étude menée en 2005	4
2. Les objectifs de la présente étude	5
PARTIE 2 : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	7
1. Les éléments traces métalliques dans les eaux usées	7
1.1. La notion d'éléments traces métalliques	7
1.2. Le cuivre	7
1.2.1. Les utilisations du cuivre	7
1.2.2. La toxicité du cuivre.....	8
1.3. L'origine des éléments traces métalliques	8
1.3.1. Les éléments traces métalliques dans le sol.....	8
1.3.2. L'origine du cuivre dans les eaux usées	9
1.3.3. Les concentrations et flux de cuivre des eaux usées.....	10
2. Le devenir des éléments traces métalliques dans une station d'épuration	10
2.1. L'origine du cuivre dans les boues activées.....	11
2.1.1. Le traitement biologique à boues activées	11
2.1.2. La composition des boues d'épuration.....	11
2.1.3. Les formes du cuivre en station d'épuration.....	12
2.2. Les mécanismes de rétention des éléments traces métalliques	13
2.2.1. Les mécanismes biologiques	13
2.2.2. Les mécanismes physico-chimiques	15
2.2.3. Les facteurs d'influence de la rétention des éléments traces métalliques.....	15
2.3. La minéralisation des éléments traces métalliques dans les boues.....	16
3. La valorisation et l'élimination des boues d'épuration	16
3.1. Les filières.....	16
3.2. La réglementation	17
3.2.1. L'épandage agricole.....	17
3.2.2. Le compostage.....	18
3.2.3. L'incinération ou la valorisation énergétique	18
3.2.4. L'élimination en ISDND	18
3.2.5. Les autres filières	18
4. Le récapitulatif de l'analyse bibliographique	19
PARTIE 3 : METHODE	20
1. Les filières d'élimination spécifiques pour les boues du département	20

2.	Les campagnes de prélèvements et recherches menées.....	21
2.1.	La station d'épuration de Cahors	21
2.1.1.	La description.....	21
2.1.2.	La qualité des boues	21
2.1.3.	Les conclusions de l'étude de 2005	22
2.1.4.	La ressource en eau potable.....	22
2.1.5.	L'eau potable.....	24
2.1.6.	L'eau usée.....	25
2.1.7.	La station d'épuration	25
2.2.	La station d'épuration de Meyronne-Creysse	27
2.3.	La station d'épuration de Labastide-Murat.....	28
2.4.	La station d'épuration de Leyme	29
3.	Les méthodes de prélèvements et d'analyses	31
PARTIE 4 : RESULTATS ET REORIENTATIONS		33
1.	Les filières d'élimination spécifiques pour les boues du département	33
2.	La station d'épuration de Cahors	35
2.1.	Les résultats.....	35
2.1.1.	La ressource en eau potable.....	35
2.1.2.	L'eau potable.....	40
2.1.3.	L'eau usée.....	44
2.1.4.	La station d'épuration	49
2.2.	Les réorientations de l'étude.....	54
2.2.1.	La mise en place d'un chaulage des boues primaires.....	54
2.2.2.	Les résultats d'analyses hebdomadaires des boues déshydratées	55
2.2.3.	L'arrêt du chaulage des boues primaires	56
2.3.	Le récapitulatif sur la station d'épuration de Cahors	57
3.	La station d'épuration de Meyronne-Creysse	58
3.1.	Les résultats.....	58
3.1.1.	La ressource en eau potable.....	58
3.1.2.	L'eau potable.....	58
3.1.3.	L'eau usée.....	58
3.1.4.	Le bassin d'aération	59
3.1.5.	Le silo pilote	62
3.1.6.	La recherche d'une solution temporaire de conditionnement des boues	64
3.2.	Les réorientations de l'étude.....	65
3.2.1.	L'évacuation des boues.....	65
3.2.2.	La mise en place d'un traitement	67
3.3.	Le récapitulatif sur la station d'épuration de Meyronne-Creysse	71
4.	La station d'épuration de Labastide-Murat.....	72
4.1.	Les résultats.....	72

4.1.1.	La ressource en eau potable.....	72
4.1.2.	L'eau potable.....	72
4.1.3.	L'eau usée.....	72
4.1.4.	Le bassin d'aération	73
4.1.5.	Les lits de séchages plantés de roseaux.....	75
4.2.	Les réorientations de l'étude.....	76
4.3.	Le récapitulatif sur la station d'épuration de Labastide-Murat.....	79
5.	La station d'épuration de Leyme.....	80
5.1.	Les résultats.....	80
5.1.1.	La ressource en eau potable.....	80
5.1.2.	L'eau potable.....	80
5.1.3.	L'eau usée.....	80
5.1.4.	Le bassin d'aération	82
5.1.5.	La citerne de stockage	82
5.1.6.	Les traitements envisagés sur l'eau potable	83
5.2.	Les réorientations de l'étude.....	83
5.3.	Le récapitulatif sur la station d'épuration de Leyme.....	85
6.	La comparaison du cuivre dans les 4 STEU	86
6.1.	Les concentrations en cuivre dans l'eau de la ressource à la STEU	86
6.2.	Le flux de cuivre par équivalent habitant.....	86
7.	Les préconisations pour limiter le cuivre dans les boues.....	87
	CONCLUSION	89
	BIBLIOGRAPHIE.....	91

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Destination des boues d'épuration dans le Lot en 2013.....	3
Figure 2 : Répartition du nombre de stations d'épuration du Lot en fonction de la teneur moyenne en cuivre des boues. Données SYDED de juillet 2014 sur 92 STEU accumulées pendant 10 ans.....	4
Figure 3 : Planning des livrables et réunions.....	6
Figure 4 : Origines des éléments traces dans les sols.	8
Figure 5 : Répartition des matières minérales et organiques de l'eau usée au cours du traitement biologique. ...	12
Figure 6 : Devenir du flux de cuivre dans une station d'épuration de type boues activées (Laurent, 2009).	12
Figure 7 : Mécanismes et interactions de rétention des ETM dans les boues.....	15
Figure 8 : Teneur en cuivre dans les boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2012.	21
Figure 9 : Teneur en cuivre dans les boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2013.	22
Figure 10 : Fonctionnement simplifié du système karstique de la fontaine des Chartreux.....	23
Figure 11 : Silo pilote mis en place à la STEU de Meyronne-Creysse.	27
Figure 12 : Vue aérienne de la station d'épuration de Labastide-Murat. Source : Géoportail.	28
Figure 13 : Citerne souple de la STEU de Leyme.	29
Figure 14 : Localisation des sites de traitements spécifiques envisageables pour les boues du Lot.	34
Figure 15 : L'eau à Cahors : de la ressource en eau potable au traitement de l'eau usée.....	35
Figure 16 : Part calculée de l'eau du Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux depuis 2010 (14 valeurs/an)...	36
Figure 17 : Evolution du pH de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2010.	37
Figure 18 : Evolution de la température de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2012.....	37
Figure 19 : Comparaison des températures des eaux du Lot et de la fontaine des Chartreux de 2010 à 2014....	38
Figure 20 : Evolution de la conductivité de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2012.....	38
Figure 21 : Comparaison de la concentration en cuivre de l'eau usée par rapport à la part d'eau du Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux depuis 2012.....	39
Figure 22 : Comparaison du flux de cuivre de l'eau usée par rapport à la part de l'eau du Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux depuis 2012.....	39
Figure 23 : Teneur en cuivre des boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2014.....	40
Figure 24 : Comparaison de la concentration en cuivre de l'eau distribuée avec celle de l'eau usée en entrée de la STEU de Cahors.....	44
Figure 25 : Concentration et flux de cuivre en entrée de la STEU de Cahors de 2012 à 2014.	45
Figure 26 : Comparaison de la pluviométrie au débit journalier entrant à la STEU de Cahors en 2013.....	45
Figure 27 : Comparaison de la pluviométrie au flux de cuivre à la STEU de Cahors en 2013.	46
Figure 28 : Représentation schématique des résultats des flux de cuivre mesurés à la STEU de Cahors en fonctionnement temps de pluie et temps sec.	52
Figure 29 : Teneur en cuivre des boues en 2015 avec évènements liés au chaulage.	55
Figure 30 : Evolution de la teneur en cuivre des boues du bassin d'aération de la STEU de Meyronne-Creysse.60	60
Figure 31 : Evolution des teneurs en MS et MO dans le bassin d'aération en fonction des extractions en 2014 à la STEU de Meyronne-Creysse.....	60
Figure 32 : Evolution des teneurs en MS, MO et cuivre des boues du bassin d'aération de la STEU de Meyronne-Creysse de 2014 à 2015.	61
Figure 33 : Evolution des teneurs en MS et MO des boues du silo pilote de Meyronne-Creysse en 2014.	62
Figure 34 : Evolution des teneurs en MS, MO et cuivre des boues du silo pilote de Meyronne-Creysse en 2014.	63
Figure 35 : Illustration des résultats d'analyses avant et après stockage des boues dans le silo pilote de la STEU de Meyronne-Creysse.	63
Figure 36 : Chaulage des boues du silo de Meyronne-Creysse.....	66
Figure 37 : Photographie des silos pilotes de boues chaulées mis en place à la STEU de Meyronne-Creysse... 67	67
Figure 38 : Evolution du pH des boues des pilotes en fonction du taux de chaulage appliqué à la STEU de Meyronne-Creysse.	68
Figure 39 : Evolution des teneurs en cuivre des boues des pilotes en fonction du taux de chaulage appliqué à la STEU de Meyronne-Creysse.....	68
Figure 40 : Dispositif de chaulage des boues en routine à la STEU de Meyronne-Creysse.	69

Figure 41 : Evolution des teneurs en MO, MS et cuivre des prélèvements de boues du bassin d'aération de la STEU de Labastide-Murat de 2014 à 2015.	75
Figure 42 : Prélèvement dans un LSPR.	75
Figure 43 : Chaulage des boues de la STEU de Labastide-Murat.	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse bibliographique des concentrations en cuivre des eaux pluviales (Gromaire-Mertz, 1998)..	9
Tableau 2 : Synthèse bibliographique des concentrations et flux de cuivre mesurés dans les eaux usées.....	10
Tableau 3 : Valeurs limites des teneurs en ETM dans les boues (arrêté du 8 janvier 1998).....	17
Tableau 4 : Exemple de calcul de la part de la fontaine des Chartreux pour le réseau de collecte de la STEU de Cahors.....	24
Tableau 5 : Prélèvements moyens 24 h prévus pour la STEU de Cahors.....	26
Tableau 6 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues sur les STEU de Meyronne-Creysse et Alvignac.....	28
Tableau 7 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues à la STEU de Labastide-Murat.....	29
Tableau 8 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues à la STEU de Leyme.....	30
Tableau 9 : Méthodes de prélèvements en fonction des ouvrages et de la matrice à analyser.....	31
Tableau 10 : Méthodes d'analyses du cuivre dans l'eau et les boues employées par les laboratoires.....	32
Tableau 11 : Filières spécifiques d'élimination des boues qui acceptent celles du Lot.....	33
Tableau 12 : Concentrations moyennes de certains paramètres de la ressource en eau de la fontaine des Chartreux.....	35
Tableau 13 : Liste des STEU liées à la fontaine des Chartreux avec leur teneur en cuivre des boues. Classement dans l'ordre décroissant de la part de la fontaine des Chartreux.....	41
Tableau 14 : Coûts et solutions possibles à mettre en œuvre sur l'eau potable de Cahors.....	43
Tableau 15 : Liste simplifiée des industries pouvant apporter du cuivre à la STEU de Cahors selon leur activité.....	47
Tableau 16 : Caractérisation des matières de vidange sur un échantillon moyen journalier à la STEU de Cahors.....	49
Tableau 17 : Calculs des apports de cuivre et de MS dans les boues par les MV concernées à la STEU de Cahors.....	49
Tableau 18 : Boues d'épuration dépotées en 2014 à Cahors.....	50
Tableau 19 : Calculs des apports de cuivre et de MS dans les boues par les boues d'épuration concernées.....	50
Tableau 20 : Résultats moyens 2014 des échantillons 24 h dans les boues primaires, biologiques et mixtes à la STEU de Cahors.....	51
Tableau 21 : Flux de cuivre à la STEU de Cahors en g/j et abattement du cuivre par rapport au flux entrant.....	51
Tableau 22 : Résultats des échantillons ponctuels temps sec sur la file boues.....	53
Tableau 23 : Concentrations en cuivre mesurées lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet de l'UGE Moyenne Vallée de la Dordogne.....	58
Tableau 24 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Meyronne-Creysse.....	58
Tableau 25 : Résultats des analyses de MS, MO, et cuivre réalisées sur les boues de la STEU d'Alvignac.....	64
Tableau 26 : Teneurs en cuivre et pH mesurés suite à la mise en place du chaulage en routine à la STEU de Meyronne-Creysse.....	70
Tableau 27 : Concentrations en cuivre mesurées lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet dans la commune de Labastide-Murat.....	72
Tableau 28 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Labastide-Murat.....	73
Tableau 29 : Teneurs en MS, MO et cuivre des prélèvements trimestriels de boues du bassin d'aération de la STEU de Labastide-Murat en 2014.....	74
Tableau 30 : Résultats d'analyses des boues stockées dans les LSPR de la STEU de Labastide-Murat.....	75
Tableau 31 : Comparaison des résultats de boues avant et après déshydratation sur LSPR de la STEU de Labastide-Murat.....	76
Tableau 32 : Coûts estimés des solutions proposées pour l'élimination de boues de Labastide-Murat en 2015.....	77
Tableau 33 : Concentrations en cuivre mesurées en µg/L lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau aux captages de l'UGE Mairie de Leyme.....	80
Tableau 34 : Concentrations en cuivre mesurées en µg/L lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet de l'UGE Mairie de Leyme.....	80
Tableau 35 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Leyme.....	81
Tableau 36 : Résultats des analyses de MS, MO et cuivre dans le bassin d'aération de la STEU de Leyme.....	82
Tableau 37 : Teneurs en cuivre mesurées dans la citerne de stockage des boues de la STEU de Leyme.....	82

Tableau 38 : Filières étudiées à la STEU de Leyme pour le conditionnement et l'élimination des boues non conformes.....	84
Tableau 39 : Concentrations en cuivre de la ressource en eau potable à l'eau usée pour les 4 STEU étudiées..	86
Tableau 40 : Comparaison des flux de cuivre moyens calculés pour les 4 STEU étudiées.	87

LEXIQUE

Âge des boues : temps de séjour des boues dans les ouvrages de traitement biologique (bassin d'aération et clarificateur).

Eau à caractère agressif : eau qui a tendance à dissoudre le calcaire et les matériaux qui en contiennent.

Eau à caractère entartrant : eau qui a tendance à former une couche protectrice par dépôt de calcaire sur les canalisations.

Les termes "entartrante" et "agressive" désignent la qualité de l'eau avant distribution en considérant les paramètres pH, Température, TA, TAC ainsi que la force ionique de l'eau.

Eau corrosive : le terme corrosive s'applique à l'impact de l'eau sur le réseau de distribution et à sa capacité à attaquer les canalisations par solubilisation d'ions métalliques. Les eaux agressives sont souvent corrosives mais l'inverse n'est pas vrai.

Eau incrustante : le terme incrustante s'applique à l'impact de l'eau sur le réseau de distribution et à sa capacité à déposer du calcaire.

Eau usée : toute eau qui a été altérée par les activités humaines à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole... et qui peut dégrader le milieu où elle est rejetée.

Élément : corps simple qui ne peut être décomposé.

Fongicide : substance utilisée pour détruire les champignons pathogènes.

Métalloïde : élément qui possède au moins une propriété métallique et une propriété non-métallique.

Métaux : éléments conducteurs électriques et thermiques qui sont malléables, réfléchissent la lumière et réagissent aux acides.

Minerais : roche, minéral ou association de minéraux contenant un ou plusieurs éléments chimiques utiles en teneurs suffisamment importantes pour permettre leur exploitation.

Non-métaux : éléments non conducteurs, non malléables qui ne réagissent pas aux acides.

Siccité : pourcentage de matières sèches de la boue.

Spéciation : changement de forme chimique d'un élément.

Stabilisation : blocage de la fermentation des boues.

Taux de chaulage : rapport de la masse de chaux sur la masse de boue, exprimées en matière sèche.

Valeur neutralisante : indice qui traduit la capacité potentielle d'un amendement basique à neutraliser l'acidité d'un sol.

ABREVIATIONS

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AEAG : Agence de l'Eau Adour-Garonne

AEP : Alimentation en Eau Potable

ARS : Agence Régionale de Santé

ASR : AutoSurveillance Réglementaire

BA : Bassin d'Aération

BHB : Bâche d'Homogénéisation des Boues

CE : Code de l'Environnement

CF : Coagulation Flocculation

COFRAC : COmité FRançais d'ACcréditation

CTO : Composés Traces Organiques

Cu : Cuivre

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours

DCO : Demande Chimique en Oxygène

DDT : Direction Départementale des Territoires

DIB : Déchets Industriels Banaux

DU : Déchets Ultimes

ECC : Equilibre Calco-Carbonique

EH : Equivalent Habitant

EN : European Norm

ENSIL : Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

ETM : Eléments Traces Métalliques

FAS : Filtre A Sable

FPR : Filtres Plantés de Roseaux

GDE : Grille D'Egouttage

ICP : Plasma Couplé par Induction

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IRSTEA : Institut national de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

ISDND : Installation de Stockage des Déchets Non Dangereux

ISO : International Organization for Standardization

LPS : LipoPolySaccharide

LSPR : Lit de Séchage Planté de Roseaux

MAEC : Manufacture d'Appareillage EleCtrique

MB : Matière Brute

MES : Matières En Suspension

MO : Matière Organique

MS : Matière Sèche

MV : Matières de Vidange

ND : Non Défini

NF : Norme Française

OMR : Ordures Ménagères Résiduelles

PEC : Polymère ExtraCellulaire

pH : potentiel en Hydrogène

RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance

SATESE : Service d'Assistance Technique à l'Épuration et au Suivi des Eaux

SBR : Sequential Batch Reactor

Se : Sélénium

SPAC : Service Public de l'Assainissement Collectif

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

TA : Titre Alcalimétrique

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

UFT : UltraFilTration

UGE : Unité de Gestion et d'Exploitation

UIOM : Usine d'Incinération des Ordures Ménagères

UVE : Unité de Valorisation Energétique

VA : Valeur Agronomique

INTRODUCTION

Les éléments traces métalliques sont des constituants indésirables des boues d'épuration. Le cuivre et le zinc y sont notamment présents en grandes quantités. Ils constituent un risque de pollution pour l'environnement et sont donc réglementés. En effet, la directive européenne n° 91-271 du 21 mai 1991 transposée en droit français dans le décret du 8 décembre 1997 et mis en application par l'arrêté du 8 janvier 1998, impose des seuils réglementaires d'éléments traces métalliques dans les boues destinées à l'épandage.

Le SYDED du Lot, par le biais de son service d'assistance technique à l'épuration et au suivi des eaux (SATESE) qui appartenait anciennement au Département, prend en charge le traitement et l'élimination des boues d'épuration des collectivités adhérentes gestionnaires d'un service public d'assainissement collectif.

Pour plusieurs stations d'épuration du département du Lot, la teneur en cuivre des boues dépasse régulièrement le seuil réglementaire permettant leur retour au sol. Ainsi, la mise en œuvre des filières d'épandage ou de compostage n'est plus possible dès lors que la teneur en cuivre des boues dépasse 1000 mg/kg de matière sèche. Il faut alors avoir recours à des filières d'élimination spécifiques hors département induisant des coûts de transport et d'élimination très élevés et difficilement supportables pour les petites collectivités.

Une précédente étude menée par le Département du Lot (SATESE) en 2005 a conclu que l'origine de ce cuivre était notamment due à la corrosion des canalisations des habitations par une eau potable distribuée souvent agressive. Des traitements existent pour limiter la corrosion mais ils sont généralement coûteux pour les petites collectivités du Lot chargées de la gestion de l'eau potable.

Ainsi ce rapport, présente l'étude menée par le SATESE de 2014 à 2015 visant à

- Caractériser et comprendre les mécanismes d'accumulation du cuivre en fonction de différentes filières de traitement des eaux usées ainsi que des boues.
- Recenser les différentes filières spécialisées d'élimination possibles pour des boues trop riches en cuivre et les comparer d'un point de vue technico-économique.

Le but est de trouver des solutions pour le traitement et l'élimination des boues non conformes vis-à-vis du cuivre, à des coûts supportables pour les collectivités.

Cette étude dont les résultats seront utilisés sur l'ensemble des autres stations d'épuration du département, s'appuie sur un programme de mesures et d'analyses du cuivre, dans l'eau et les boues, ciblé sur 4 stations d'épuration dont la filière de traitement est la boue activée.

La première partie de ce rapport précise le contexte de l'étude et la problématique rencontrée dans le département. La seconde partie consiste en une analyse bibliographique sur les mécanismes de rétention du cuivre dans les boues d'épuration notamment activées ainsi que sur les filières adaptées à la valorisation et l'élimination des boues. La troisième partie présente les objectifs de l'étude et les campagnes de prélèvements et d'analyses mises en place pour y répondre. Dans une dernière partie, les filières d'élimination des boues non conformes du département du Lot seront présentées. Pour finir, seront interprétés les résultats des campagnes de mesures effectuées sur chaque station d'épuration ainsi que les réorientations adoptées au cours de l'étude.

PARTIE 1 : CONTEXTE

Le SYDED du Lot a été créé en 1996 pour assurer une seule mission : le traitement des déchets ménagers produits dans le département, par la mise en application des prescriptions du plan départemental d'élimination des déchets ménagers et assimilés. La faible population du département et sa dispersion sur un territoire de 5 267 km² ont conduit à la création de cette structure afin d'optimiser les investissements à réaliser et leur gestion.

Le SYDED du Lot est un syndicat mixte ouvert à la carte, administré par des élus : chaque collectivité adhérente est représentée par des élus locaux réunis en comité syndical. Il regroupe des communes, ou des établissements publics de coopération intercommunale (EPCI), ainsi que le Département du Lot. C'est un Etablissement Public Industriel et Commercial (EPIC) qui s'est largement développé depuis sa création et exerce aujourd'hui 5 compétences : Déchets, Energie, Eau potable, Assainissement, Eaux naturelles.

Les missions liées à l'assainissement sont exercées par le Service d'Assistance Technique à l'Épuration et au Suivi des Eaux (SATESE) au sein du SYDED depuis le 1^{er} janvier 2011, date à laquelle elles lui ont été déléguées par le Département du Lot, qui s'en chargeait auparavant. Il s'agit de :

- Aider les collectivités pour l'assainissement non collectif.
- Aider les collectivités pour l'assainissement collectif.
- Traiter les boues de stations d'épuration depuis le 1^{er} janvier 2012.

Le SYDED du Lot assure l'enlèvement des boues sur le site de production et se charge de la filière de traitement dans le respect des exigences réglementaires, qu'il s'agisse d'épandage, de compostage, de dépotage sur une autre station d'épuration ou d'une filière spécifique pour des boues inaptes à un retour au sol (incinération, stockage...).

La partie suivante replace le contexte du département du Lot et notamment la problématique des boues ainsi que les objectifs définis pour cette étude.

1. La problématique des boues d'épuration dans le département du Lot

Le Lot est un département du Sud-Ouest de la France, situé dans la région Midi-Pyrénées, qui compte 174 754 habitants (INSEE 2011). Il s'agit d'un département rural de faible densité de population (33 habitants/km²) avec des habitats dispersés. Sa préfecture et plus grande ville est Cahors qui totalise environ 20 000 habitants.

Le département est principalement équipé de stations d'épuration de faible capacité (< 5 000 EH) souvent en sous charge organique. Les seules STEU de moyennes capacités sont celles situées à Cahors (49 000 EH) et à Figeac (17 500 EH).

Le SYDED du Lot prend en charge l'évacuation et le traitement des boues d'épuration des collectivités adhérentes soit plus de 90 % des boues produites dans le département.

1.1. Les filières d'élimination

Le caractère rural du département et les faibles quantités de boues d'épuration produites, ont incité la mise en œuvre de filières de valorisation agricole des boues. Pour la pérennisation de cette voie de valorisation, la qualité des boues notamment en ce qui concerne la présence d'éléments traces doit être fiable, ce qui n'est pas toujours le cas.

Les filières les plus couramment utilisées dans le département sont l'épandage et le compostage, qui sont des solutions économiquement intéressantes. L'annexe 1 présente les tarifs 2014 du SYDED pour l'épandage qui débute à 15,50 € HT/m³.

Rappelons que l'article L541-1 du code de l'environnement instaure une hiérarchie des modes de traitement des déchets qui sont dans l'ordre de préférence : la réutilisation, le recyclage, la valorisation et enfin l'élimination. L'élimination en ISDND n'est donc pas la filière à privilégier.

Dans le département, si l'on se place au niveau de la production de boues brutes (cf. Figure 1) la filière épandage est la plus représentée car il y a beaucoup de petites STEU dont les boues sont épandues directement et qui correspondent à un volume conséquent puisqu'elles sont généralement sous forme liquide.

Au niveau du tonnage de boues en matière sèche, il est observé que le compostage constitue la part majoritaire, composée par les plus importantes STEU du département (Cahors, Figeac).

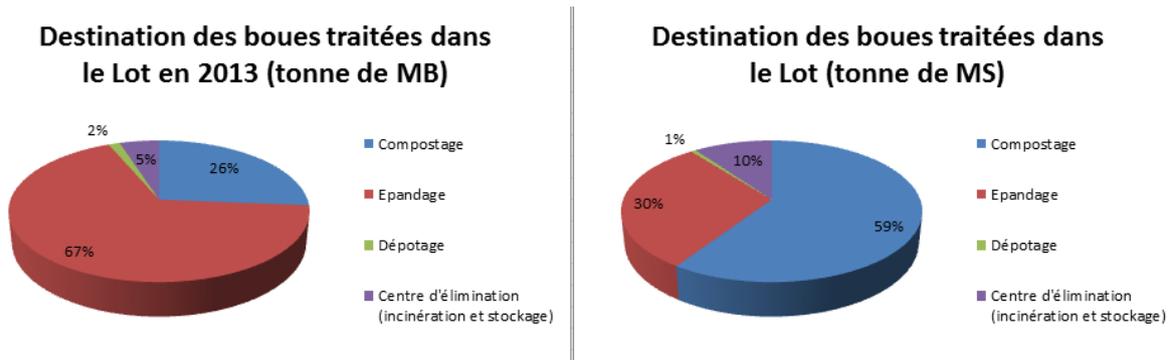


Figure 1 : Destination des boues d'épuration dans le Lot en 2013.

Pour plusieurs stations d'épuration du département, la teneur en cuivre des boues dépasse régulièrement le seuil réglementaire de 1 000 mg/kg MS permettant leur retour au sol. Ainsi, la mise en œuvre des filières d'épandage ou de compostage n'est plus possible. Il faut alors avoir recours à des filières spécialisées hors département induisant des coûts de transport et d'élimination très élevés et difficilement supportables pour les petites collectivités lotoises gestionnaires d'un service public de l'assainissement collectif (SPAC). A noter, la gestion des boues conformes (traitement et élimination) représenterait en moyenne 50 % du coût total du traitement des eaux usées (Laurent, 2009).

Le recours aux filières autres que la valorisation agricole nécessite une optimisation des transports. Le département du Lot ne possède pas d'installations de traitement des boues (plateformes de compostage, ISDND, incinérateur) et elles sont très éloignées des points de production. Ainsi, le transport est une composante importante du coût total de l'élimination, avec la déshydratation préalable éventuelle des boues.

1.2. Le cuivre dans les boues d'épuration

Tous les types de STEU sont représentés au niveau du département. Les dépassements des teneurs en cuivre ont été constatés aussi bien pour des boues activées que des décanteur-digesteur, des lits bactériens ou encore des fosses toutes eaux. A noter qu'aucun dépassement n'a été constaté pour les boues de lagunes, et qu'aucune donnée n'est disponible pour les filtres plantés de roseaux aucun d'entre eux n'ayant été curé à ce jour.

La teneur en cuivre des boues d'épuration prises en charge par le SYDED, est en moyenne de 597 mg/kg MS. Il faut savoir qu'environ 10 % des STEU du Lot ont une teneur en cuivre dans les boues dépassant le seuil réglementaire, et 10 autres pourcents ont des teneurs comprises entre 800 mg/kg MS et 1 000 mg/kg MS, ce qui n'est pas négligeable car ces teneurs oscillent et peuvent dépasser les 1 000 mg/kg MS (cf. Figure 2).

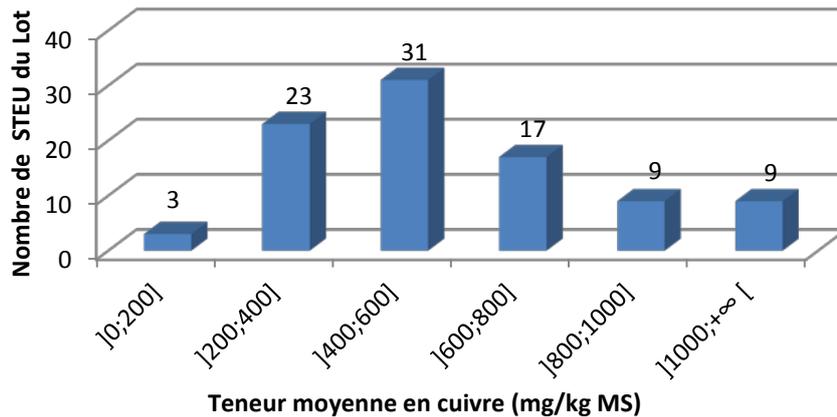


Figure 2 : Répartition du nombre de stations d'épuration du Lot en fonction de la teneur moyenne en cuivre des boues. Données SYDED de juillet 2014 sur 92 STEU accumulées pendant 10 ans.

Au cours de l'année 2013, environ 10 % du tonnage total de boues, exprimé en matière sèche, pris en charge par le SYDED dépassait la valeur seuil en cuivre dont 7 % provenait de la STEU de Cahors. De même, 30 % du tonnage pris en charge par le SYDED avait une teneur en cuivre comprise entre 800 mg/kg MS et 1000 mg/kg MS dont 30 % provenant de la STEU de Cahors. Il s'agit de valeurs élevées qui sont à surveiller. A elle seule, la STEU de Cahors constituait 37 % des boues en matière sèche prises en charge en 2013, c'est pourquoi nous nous intéresserons particulièrement dans l'étude à cette STEU.

1.3. Les conclusions de l'étude menée en 2005

Une précédente étude du SATESE menée en juin 2005 sur la recherche de l'origine du cuivre dans les boues d'épuration du Lot, résumée en annexe 2, a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant joué par l'eau potable et les réseaux de distribution à l'intérieur des habitations. En effet, pour les trois communes du Lot qui ont été étudiées à savoir Cahors, Meyronne et Souillac, il a été démontré que la ressource en eau potable au point de captage naturellement pauvre en cuivre, subit un enrichissement au cours de sa distribution.

Ainsi, pour la commune de Meyronne, il est apparu évident qu'avec une eau agressive, la corrosion des canalisations de distribution de l'eau potable est à l'origine du cuivre dans les boues. En effet, lorsque l'eau a un caractère agressif, elle est souvent corrosive c'est-à-dire qu'elle peut dissoudre les métaux des canalisations.

En ce qui concerne Cahors, l'eau a un caractère entartrant et non agressif mais elle n'en demeure pas moins corrosive ; phénomène pouvant être amplifié sur un parc d'habitats ancien où prédominent des canalisations en cuivre sous dimensionnées.

En conclusion de l'étude, l'eau potable corrode les canalisations en cuivre, ce qui suffit à générer une présence de cuivre dans les eaux usées susceptible de s'accumuler dans les boues et de les rendre inaptes à un retour au sol.

La teneur en cuivre dans l'eau au robinet du consommateur dépend donc à la fois des caractéristiques de l'eau (pH, alcalinité) et du matériau qui la transporte (âge, taille...). Des procédés de traitement de l'eau potable peuvent être mis en place pour réduire la corrosion des canalisations en cuivre comme la reminéralisation de l'eau ou les traitements filmogènes sur les canalisations. Une autre solution serait la modification des réseaux de distribution des particuliers mais elle s'avère beaucoup trop compliquée à mettre en œuvre. A noter que même après enrichissement l'eau potable distribuée a une concentration en cuivre conforme à la réglementation.

Cette corrosion a aussi été identifiée dans les départements de l'Ain, du Doubs, du Jura et de la Haute-Saône comme origine d'une teneur en cuivre élevée dans les boues d'épuration. De plus, au cours de notre recherche, nous avons pu nous rendre compte que le dépassement des valeurs seuil en cuivre dans les boues d'épuration est un problème national qui touche de nombreux départements notamment la Corse et le Cher. L'ampleur du phénomène est encore mal connue du fait de l'absence d'une banque de donnée nationale sur la qualité des boues.

2. Les objectifs de la présente étude

Pour envisager dans leur globalité toutes les solutions de réduction du cuivre dans les boues, le SYDED du Lot a lancé une étude sur deux ans (2014-2015) dont les objectifs généraux sont de :

- Caractériser et comprendre les mécanismes d'accumulation du cuivre en fonction des différentes filières de traitement des eaux usées et des boues. Seront étudiés le rôle des filières de traitement ainsi que l'influence des différents ouvrages de stockage des boues. Une comparaison entre l'accumulation du cuivre dans un silo de stockage et dans des lits de séchage plantés de roseaux sera menée.
- Rechercher des solutions en lien avec la qualité de l'eau potable notamment à Cahors. Il s'agira de répondre à la question suivante : quelles sont les solutions pour traiter l'eau potable, et à quels coûts?
- Recenser les différentes filières spécialisées d'élimination possibles pour des boues trop riches en cuivre et les comparer d'un point de vue technico-économique.

Cette étude s'appuie sur un programme de mesures et d'analyses ciblé sur 4 stations d'épuration à boues activées. Elle servira de base pour d'autres stations d'épuration du Lot qui rencontrent des difficultés de mise en œuvre d'une valorisation agricole des boues à cause d'une teneur en cuivre trop élevée.

Le montant prévisionnel de l'étude a été estimé à 125 246,57 € HT, le détail est présenté en annexe 3. Il se compose principalement :

- Des analyses à mettre en œuvre : paramètres à analyser, fréquence, et points de prélèvements.
- Des frais de personnel et des ressources mobilisées.

Compte tenu de l'intérêt de cette étude dont les résultats sont susceptibles d'apporter des enseignements dépassant le cadre départemental, une demande de financement a été effectuée à l'Agence de l'eau Adour-Garonne (AEAG). L'accord-cadre Agence SYDED 2013-2018 pour l'appui technique aux collectivités dans le domaine de l'assainissement collectif indique que cette étude s'inscrit dans le thème 2014 « traitement de sous-produits d'épuration » et est bonifiable à 70 %.

Ainsi, ont été transmis à l'AEAG les éléments suivants :

- Un courrier de demande du SYDED qui sollicite son aide financière.
- Le programme prévisionnel des interventions, présenté par la fiche mission expertise fournie en annexe 4 de ce rapport.

Plusieurs documents sont à fournir à l'AEAG tout au long de l'étude afin de permettre le paiement final de l'aide accordée.

Des réunions avec un groupe de pilotage ont été organisées pour discuter des résultats obtenus et réorienter l'étude au besoin.

Ce groupe de pilotage est composé de l'AEAG, du Département du Lot, de la Direction Départementale des Territoires (DDT), de l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges (ENSIL), de la Chambre d'Agriculture du Lot, l'Agence Régionale de Santé (ARS) Midi-Pyrénées.

Le planning des réunions et documents réalisés pour l'étude se trouve ci-dessous Figure 3. A noter que lors de chaque comité de pilotage un diaporama détaillé de l'avancement de l'étude a été distribué. Suite à ces comités des relevés de conclusions ont été envoyés aux membres, ils se trouvent en annexe 5.

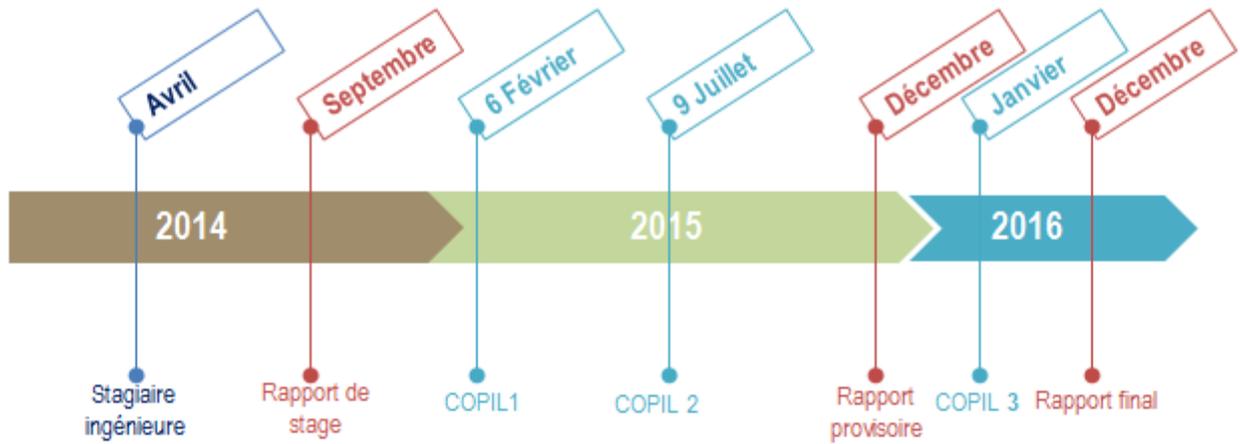


Figure 3 : Planning des livrables et réunions.

PARTIE 2 : ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette analyse bibliographique traite des éléments traces métalliques notamment de leurs origines, leurs devenir dans les stations d'épuration à boues activées et des boues d'épuration chargées en cuivre.

1. Les éléments traces métalliques dans les eaux usées

1.1. La notion d'éléments traces métalliques

D'un point de vue physique, les éléments traces désignent les éléments de la croûte continentale supérieure qui y sont présents à l'état de traces, soit à une teneur inférieure à 0,1 %. Les éléments traces constituent 0,6 % de la croûte terrestre, alors que les 12 éléments majeurs¹ en représentent 99,4 %.

La notion d'éléments traces métalliques (ETM), anciennement appelés métaux lourds, englobe les éléments traces de type métaux, métalloïdes mais aussi des non-métaux (arsenic, sélénium, et bore).

Il y a 12 principaux ETM qui sont le chrome, le nickel, le zinc, le cuivre, le cobalt, le plomb, le bore, l'arsenic, le molybdène, le thallium, le mercure et le sélénium.

D'un point de vue biologique, on distingue deux types d'ETM en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques liés à leur teneur dans le milieu considéré et leur forme chimique (spéciation) :

- Les oligo-éléments essentiels, qui sont des éléments indispensables, à faibles concentrations, pour de nombreux processus cellulaires. Ils se trouvent en proportion très faible dans les êtres vivants et permettent le bon déroulement des processus biologiques.
- Les éléments toxiques, qui sont soit des oligo-éléments à de fortes concentrations tels que le cuivre, le nickel, le chrome, le zinc, et le fer ; soit des éléments à caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible teneur tels que le plomb, le mercure, et le cadmium.

1.2. Le cuivre

Le cuivre est un métal présent naturellement dans l'environnement sous forme de minerais. C'est un oligo-élément important dans les processus biologiques à la concentration du millimolaire (synthèse de l'hémoglobine, défense cellulaire et fonctionnement du cerveau). Par contre, il devient toxique au-delà de certaines concentrations.

1.2.1. Les utilisations du cuivre

Le cuivre est utilisé à différents niveaux :

- dans les **industries** :
 - Industrie électrique (conducteurs), appareils de chauffage, plomberie (tuyauterie).
 - Industrie textile (teintures).
 - Métallurgie, traitements de surface, alliages.
- en **agriculture**, le cuivre est principalement utilisé comme traitement des parties aériennes des cultures en tant que fongicide sous forme de bouillie bordelaise (sulfate de cuivre). Il est employé pour les vignes, les arbres fruitiers, les pommes de terre et pour certaines cultures maraîchères.

¹ La notion d'éléments majeurs désigne les éléments dont la teneur est supérieure à 0,1 % de la croûte continentale supérieure (oxygène, silicium, aluminium, fer, calcium, sodium, potassium, magnésium, titane, hydrogène, phosphore, et manganèse).

Les traitements phytosanitaires au cuivre représentent 34 % des quantités de cuivre apportées sur les sols agricoles français dont une partie se retrouvera dans les eaux usées (ADEME, 2007).

- en **santé**, en tant que compléments alimentaires dans les élevages porcins et avicoles, et pour l'Homme.

1.2.2. La toxicité du cuivre

Il y a des risques de toxicité pour l'homme liés au milieu professionnel :

- Par ingestion d'une dose élevée de sels de cuivre qui provoque une inflammation intestinale.
- Par inhalation. Il a été relevé des lésions pulmonaires chez des vigneron portugais résultant d'une exposition répétée à la bouillie bordelaise (Ineris, 2005).

Chez les végétaux, lorsque le cuivre est disponible² et à forte concentration, il empêche la croissance et donc la plantation de nouvelles espèces.

1.3. L'origine des éléments traces métalliques

1.3.1. Les éléments traces métalliques dans le sol

Les éléments traces proviennent naturellement du sol mais ils ont aussi une origine anthropique (cf. Figure 4).

Dans les sols, les ETM comme le mercure et le cadmium sont en faibles quantités et d'autres par contre sont présents de façon plus significative (chrome, cuivre, nickel, plomb, zinc).

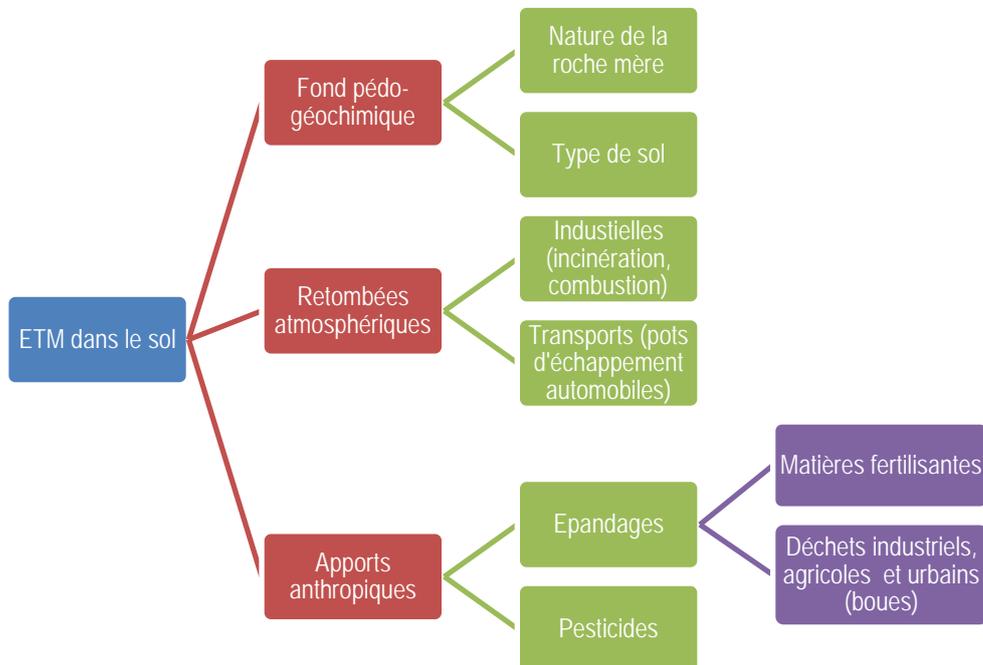


Figure 4 : Origines des éléments traces dans les sols.

² Disponible pour la plante signifie que l'élément est utilisable directement par les racines.

Dans cette étude nous nous focaliserons uniquement sur le cuivre dans les eaux usées de station d'épuration, traitant des eaux usées domestiques et industrielles provenant d'une ville, ainsi que son transfert dans les boues d'épuration.

1.3.2. L'origine du cuivre dans les eaux usées

Les ETM du sol sont transférés dans les ressources en eau potable (eaux superficielles, souterraines...) en faible quantité qui dépend du type de roche sur lequel elles circulent.

Après utilisation de l'eau potable, les eaux usées générées sont chargées en ETM du fait des **rejets industriels**, des **rejets domestiques**, des apports dus aux lessivages des sols et des surfaces imperméabilisées par les eaux de ruissellement, et les eaux pluviales. En effet, les eaux de ruissellement transportent la pollution atmosphérique (automobiles). A tout ceci s'ajoutent les produits de corrosion des canalisations de distribution d'eau potable (plomb, cuivre).

Le cuivre mesuré dans les eaux usées peut provenir principalement :

- Des eaux usées domestiques (consommation de médicaments, produits d'entretien, eaux de lavage).
- Des eaux usées industrielles (déchets, effluents).
- Des eaux de ruissellement de type pluviales ou de lavage qui lessivent :
 - Les surfaces imperméabilisées tels que la chaussée qui retient des huiles automobiles et des dépôts atmosphériques. Les émissions de cuivre dans l'atmosphère sont dues aux industries, à l'incinération des ordures ménagères, et à la combustion du charbon. En 1998, en France, l'émission de cuivre dans l'atmosphère a été évaluée à 91 tonnes dont 60 % dû aux transports et 35 % dû à l'industrie (Guide toxique, 2008).
 - Les toitures.
 - Les sols notamment les terres agricoles après traitement par des produits phytosanitaires, ou épandage de lisiers de porcs.

Le type de réseau jouerait donc un rôle important dans l'apport de cuivre dans les stations d'épuration selon qu'il collecte ou non les eaux pluviales. A noter que, dans les eaux pluviales le cuivre est principalement fixé aux MES. La composition de l'eau de pluie dépend des surfaces lessivées et du site de prélèvement. Ainsi de très fortes variations de concentrations en polluants, dont le cuivre, sont observées.

Tableau 1 : Synthèse bibliographique des concentrations en cuivre des eaux pluviales (Gromaire-Mertz, 1998).

Origine de la pollution de l'eau	Site de mesure		Concentration en cuivre $\mu\text{g/L}$
Lessivage atmosphérique	Hamburg	zone industrielle	34,4
		zone résidentielle	2,92
	Région parisienne : Les Ulis et Maurepas		1,2 à 12,1
Ruissellement sur la chaussée	Toulouse	zone résidentielle	646
		centre-ville	1000

- De la corrosion des canalisations en cuivre du réseau de distribution de l'eau potable à l'intérieur des habitations. D'après GROMAIRE 1998, la corrosion des canalisations d'eau potable serait à l'origine de 50 % à 87 % de la charge en cuivre des eaux usées domestiques aux USA.

1.3.3. Les concentrations et flux de cuivre des eaux usées

Une brève synthèse bibliographique a été effectuée (cf. Tableau 2).

Tableau 2 : Synthèse bibliographique des concentrations et flux de cuivre mesurés dans les eaux usées.

Sources		Concentration en cuivre $\mu\text{g/L}$	Flux de cuivre mg/habitant/j	Site/conditions de mesure	Référence (si autre que source)
Marie-Christine GROMAIRE MERTZ, 1998	Pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire	83 à 100	29 à 37	Collecteurs de Cachan et de Joinville en temps sec	DSEA Val de Marne et Lyonnaise des Eaux, 1995
		-	3,5	Production exclusivement domestique liée à la nourriture et aux produits de consommation	Isaac et al., 1997
		150	-	Eaux strictement domestiques	Koppe ET KLOP 1984
Julien LAURENT, 2009	Modifications de la répartition d'espèces métalliques (Cd, Cu) induites par des prétraitements physique (ultrasons), chimique (ozone) et thermique au sein des procédés à boues activées	79 +/- 35	-	Concentrations totales dans les eaux résiduaires urbaines	Karvelas et al., 2003
		100 (5 à 275 pour des échantillons mensuels)	-		Chipasa, 2003
		65	-		Buzier et al., 2006
		5,5 à 155,9	-		Buzier et al, In press
Revue tsm numéro 1/2, COQUERY et al., 2011	Mesurer les micropolluants dans les eaux usées brutes et traitées	-	rural : 8,186 (6 valeurs) urbain : 12,738 (9 valeurs)	Flux moyens sur eaux brutes	-

► En conclusion, les concentrations et flux de cuivre sont très variables selon la nature de l'eau usée (urbain, rural, pluvial...). Dans tous les cas, lors des différents usages de l'eau potable, du cuivre est rejeté dans l'eau usée.

2. Le devenir des éléments traces métalliques dans une station d'épuration

La répartition du cuivre dans une STEU et notamment dans les boues d'épuration dépend du type d'eau usée (pluviale, domestique) à traiter mais aussi du type de traitement. Cette étude est axée sur le cuivre dans les boues majoritairement issues d'un traitement biologique par culture libre (boues activées).

2.1. L'origine du cuivre dans les boues activées

2.1.1. Le traitement biologique à boues activées

En France, la majorité des stations d'épuration sont à boues activées. Succinctement, l'eau usée subit un prétraitement physique et une décantation primaire (facultative), qui produit des boues dites primaires, puis elle est dirigée dans un bassin d'aération qui contient l'eau prétraitée et les boues activées (biologiques). Ce sont ces boues, aérées et concentrées, qui vont dégrader les matières organiques de l'eau usée. L'eau traitée est ensuite séparée de la boue par décantation secondaire dans un clarificateur.

Les stations d'épuration à boues activées sont donc principalement conçues pour abattre la matière organique (MO) au moyen de ces boues.

Lors de ce traitement, les ETM contenus dans les eaux usées se répartissent entre les boues produites et l'eau traitée. Globalement, les ETM sont retenus de 25 % à 30 % dans les boues primaires et de 45 à 60 % dans les boues biologiques (Laurent, 2009). Concernant le cuivre, de 70 % à 90 % est retenu dans les boues au cours du traitement (tsm, 2011).

D'après Santarsiero *et al.* (1998), la décantation primaire affecterait plutôt la répartition de chrome, zinc, et plomb alors que le traitement biologique affecterait plutôt les éléments cuivre, cadmium, et nickel (Laurent, 2009).

► Il y a donc une répartition du flux³ de cuivre entre l'eau traitée et la boue qui évolue au fil du traitement (cf. Figure 6). Il apparaît que le cuivre est particulièrement retenu dans les boues activées.

2.1.2. La composition des boues d'épuration

Il existe autant de types de boues que de combinaisons des différents critères tels que; la nature initiale de l'effluent, les caractéristiques du traitement de l'effluent, le procédé de stabilisation de la boue, l'ouvrage de stockage des boues extraites ou encore le type d'équipement de déshydratation.

Trois grandes catégories de boues sont considérées dans l'épuration des eaux usées :

- Les boues primaires produites par décantation des matières en suspension.
- Les boues biologiques issues d'une épuration biologique des eaux (boues activées, disques biologiques, lits bactériens...).
- Les boues de traitement physique ou chimique composées de matières organiques solubles et colloïdales⁴ agglomérées dans les eaux traitées par un réactif coagulant.

L'eau usée contient des matières minérales et organiques sous formes solubles et particulaires.

Dans le cas des STEU à boues activées, lors du traitement biologique, les matières minérales et organiques réfractaires à la biodégradation sont accumulées.

La matière organique biodégradable est quant à elle utilisée comme substrat des réactions métaboliques par les micro-organismes épurateurs qui sont en grande majorité des bactéries aérobies facultatives⁵ (~ 50 %), puis il y a des métazoaires et des protozoaires (cf. détails Figure 5).

³ Masse ou charge de cuivre généralement exprimée en kg/jour.

⁴ Les colloïdes sont définis comme les matières organiques (protéines, sucre, virus, bactéries) et inorganiques (oxydes, carbonates phosphates) d'une taille de 1 nm à 1 µm (Causse, 2009).

⁵ Bactérie qui croît en aérobie mais peut se développer dans d'autres conditions (milieu anaérobie).

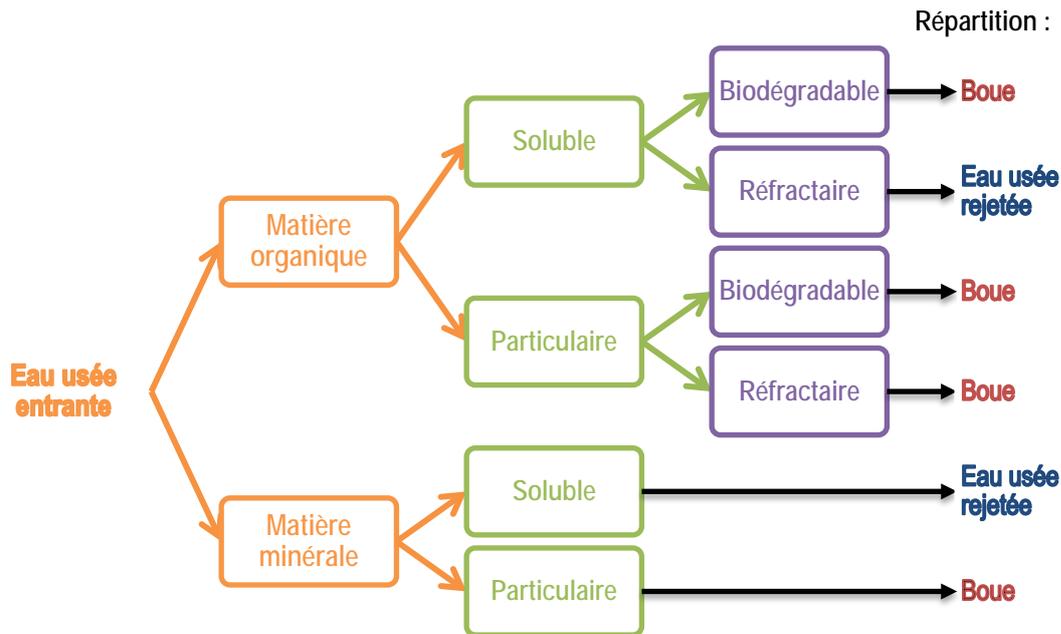


Figure 5 : Répartition des matières minérales et organiques de l'eau usée au cours du traitement biologique.

Ainsi, les boues sont constituées :

- d'une phase liquide (95 % des boues) : d'eau et de matières organiques dissoutes.
- et d'une phase particulaire (5 % des boues) composée de matières minérales et organiques sous forme de matières en suspension.

Les teneurs moyennes en ETM et autres composés dans les boues en France sont présentées en annexe 6.

Il est intéressant de noter que le zinc et le cuivre sont les ETM les plus importants en quantité dans les boues, quelques centaines de mg/kg de matière sèche (MS), soit des valeurs proches des lisiers de porcs, avec 330 mg/kg MS pour le cuivre (ADEME, fiche technique « Les contaminants chimiques »).

► Les boues activées comportent en moyenne 70 % de matière organique et 30 % de matière minérale par rapport à leur matière sèche.

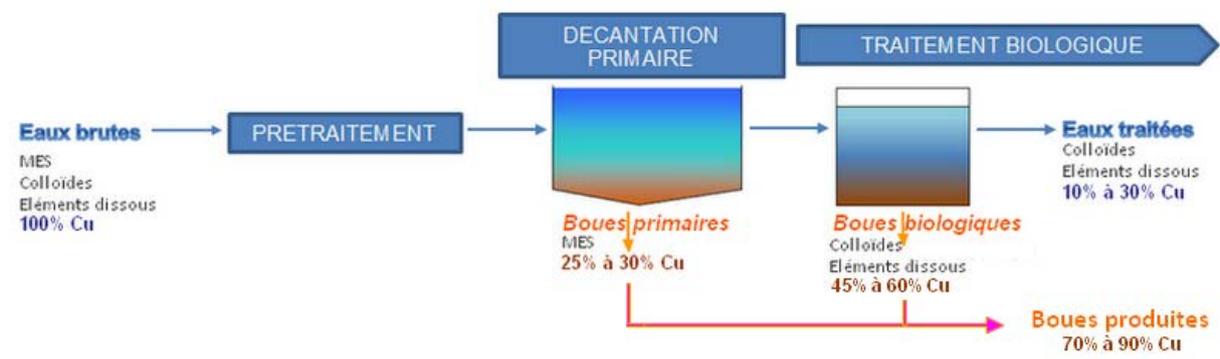


Figure 6 : Devenir du flux de cuivre dans une station d'épuration de type boues activées (Laurent, 2009).

2.1.3. Les formes du cuivre en station d'épuration

Le cuivre se présente dans l'eau sous forme dissoute (ion soluble), précipité (ou colloïdale) et adsorbé sur les particules et les micro-organismes.

Dans la phase liquide⁶ le cuivre existe sous les formes Cu^{2+} , CuSO_4 , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuCO_3 , CuCl , CuCl_2^- , et complexées à la matière organique. Ce sont souvent des formes minérales très solubles qui permettent donc la mobilité de l'élément trace métallique.

Dans la phase particulaire⁷, nous retrouvons :

- Cu^{2+} adsorbés à la surface des minéraux (argiles et hydroxydes).
- Cu complexé de manière stable à la MO : la capacité de complexation des acides humiques et fulviques est due à leurs groupements fonctionnels oxygénés (groupements carboxyle, hydroxyle, carbonyle).
- Cu inclus ou co-précipité dans les minéraux (de la fraction argile).

Généralement, les ions Cu^{2+} dominent à pH acide et les complexes avec la matière organique dominent à pH élevé (ADEME et APCA, 2005).

Nous cherchons ici à comprendre les mécanismes de rétention des ETM et leurs interactions avec la structure d'une boue activée.

2.2. Les mécanismes de rétention des éléments traces métalliques

L'accumulation et le transport des éléments traces métalliques dans la STEU sont régis par des mécanismes biologiques et physico-chimiques, qui possèdent différents facteurs pouvant les influencer.

2.2.1. Les mécanismes biologiques

Les mécanismes biologiques de rétention des ETM sont nombreux et complexes car ils peuvent interagir entre eux ou se produire simultanément. Il s'agit en grande partie du phénomène de sorption, qui comprend les réactions d'échange d'ions, de complexation et de précipitation, et dans une moindre mesure des mécanismes de bioaccumulation et de métabolisation.

2.2.1.1. Le mécanisme de sorption

a. *La sorption et l'adsorption*

Le mécanisme de sorption est de type physico-chimique. Il inclut l'adsorption c'est à dire quand une molécule adhère à la surface d'une matrice solide, et l'absorption qui consiste en l'incorporation d'une molécule dans une phase solide, liquide ou gazeuse. C'est l'adsorption qui joue un rôle dans la rétention des ETM. Notons que la désorption est l'inverse de l'adsorption.

b. *L'affinité d'adsorption des ETM*

Les ETM ayant le plus d'affinité d'adsorption à la matière organique sont le cuivre, suivi du cadmium, suivi du zinc. La matière organique a la propriété d'adsorber les cations métalliques à leur surface du fait de sa charge de surface négative.

Le cuivre est reconnu pour sa grande affinité à la matière organique dont la biomasse bactérienne (Causse, 2009). En effet, dans les boues activées, la densité de sites de fixation du cuivre est plus élevée que celle des autres ETM. Ceci s'explique par le fait que la MO et surtout la paroi bactérienne est généralement chargée négativement à la surface pour des pH environnementaux (de 4 à 10). Ces charges négatives sont donc efficaces pour la rétention des cations tels que Cu^{2+} .

⁶ Eau usée et phase liquide de la boue.

⁷ Matières solides de l'eau usée et phase solide de la boue.

c. La biosorption

La biosorption est l'adsorption d'une molécule à la surface d'un micro-organisme. Elle consiste en la rétention d'ions métalliques sur les surfaces dites actives de la boue qui sont :

- les micro-organismes, principalement les bactéries libres. Ce sont des êtres vivants unicellulaires qui possèdent une paroi composée d'une grande diversité de molécules. C'est cette même paroi qui constitue l'interface entre les colloïdes apportant les ETM et les bactéries. Elle possède de nombreux groupements fonctionnels (acides téichoïques, acides uroniques, phospholipides, lipopolysaccharides (LPS), résidus protéiques) qui peuvent réagir avec les colloïdes et ainsi retenir les ETM.
- et les polymères extracellulaires (PEC) excrétés par les bactéries lors de la formation d'un biofilm.

Plusieurs mécanismes simultanés interagissant entre eux sont impliqués (Laurent, 2006 ; Causse, 2009). Il s'agit d'interactions passives indifférentes des réactions métaboliques des micro-organismes avec l'ETM.

d. L'échange d'ions (physisorption)

L'échange d'ions est dû à un effet électrostatique qui attire les cations métalliques hydratés (charges positives entourées de molécules d'eau) sur la surface réactive bactérienne chargée négativement. Les ETM sont donc retenus, de façon réversible et facilement échangeable, par la formation de paires d'ions au niveau de la surface réactive.

i. La complexation (chimisorption)

La complexation est une réaction d'échange de particules par association d'un cation métallique et d'une espèce ionique (anion) ou moléculaire (acide humique, H_2O , NH_3).

Dans les boues, il y a création de liaisons covalentes fortes, directement entre le cation métallique et la surface réactive, sans molécules d'eau interposées. Ceci provoque la formation d'un complexe difficilement échangeable car la liaison est souvent irréversible.

ii. La précipitation de surface

L'attraction d'un ion vers la surface réactive entraîne une augmentation locale de sa concentration qui peut provoquer la formation d'un précipité. C'est un mécanisme lent, d'une durée pouvant aller jusqu'à plusieurs mois qui n'est donc pas considéré comme mécanisme majeur de la biosorption.

► Les ETM sont donc adsorbés sur les surfaces actives des boues : PEC et parois des bactéries.

2.2.1.2. La bioaccumulation et la métabolisation

En plus de la biosorption, sont en jeu des mécanismes moins connus et largement moins dominants, (Laurent, 2009, p 52), dans la rétention des ETM par les surfaces actives qui sont :

- La bioaccumulation : interaction active entre micro-organismes et ions métalliques qui pénètrent dans les cellules.
- La métabolisation : réactions métaboliques induites par les micro-organismes de la boue qui modifient la spéciation de l'ETM (réduction, oxydation, méthylation).

2.2.2. Les mécanismes physico-chimiques

Les phénomènes physico-chimiques comportent deux mécanismes majeurs :

- La sorption à la matière particulaire organique présente dans l'eau usée. Il s'agit du même principe que la biosorption mais sans intervention de micro-organismes (cf. 2.2.1). Le métal se fixe à la surface d'une particule.
- La précipitation selon leur solubilité, les éléments traces métalliques vont être répartis dans la fraction soluble de l'eau usée ou de la boue. Ils passent de l'état dissous à l'état solide en formant un précipité.

► Les ETM sont donc :

- Adsorbés sur la matière organique.
- Retrouvés sous forme de précipités dans les boues.
- Complexés aux hydroxydes (cf. Figure 7).

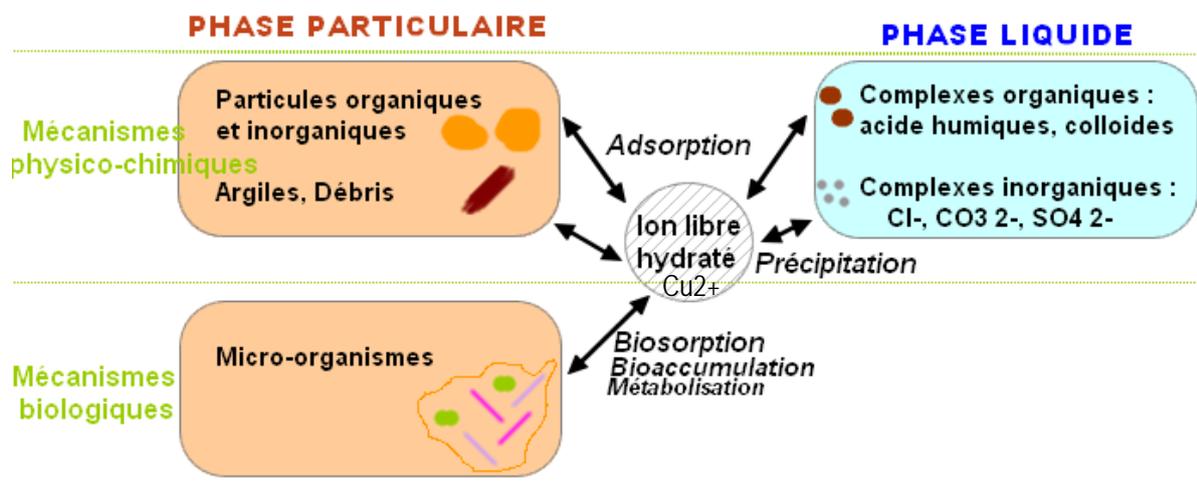


Figure 7 : Mécanismes et interactions de rétention des ETM dans les boues.

2.2.3. Les facteurs d'influence de la rétention des éléments traces métalliques

Les nombreux mécanismes de rétention des ETM possèdent des facteurs d'influence qui sont principalement :

- le **pH**, qui est le facteur le plus déterminant dans la mobilité et la spéciation des éléments traces métalliques. La répartition entre l'eau et la boue au cours du traitement est spécifique à chaque ETM. En effet, la solubilité de l'élément varie en fonction du pH de l'eau usée qui modifie la forme chimique de l'élément. L'adsorption du cuivre est de presque 100 % à pH 7 sur des boues activées (Laurent, 2009). Lorsque le pH augmente il y a précipitation des ions Cu^{2+} en hydroxyde $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Dans les sols, la baisse de pH limite la complexation par la MO et l'adsorption car elle favorise la mobilité des ETM, notamment par mise en solution de sels métalliques selon l'exemple $\text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$. A l'inverse, l'augmentation du pH provoque l'immobilisation des ETM par formation de composés insolubles ou accroissement de la **capacité d'échange cationique**.

A noter que, la température a aussi un rôle dans la réactivité de la biomasse.

- la **matière organique** (teneur et composition de la boue), permet d'immobiliser les ETM qui ont pour elle une grande affinité par adsorption.

En effet, plus les taux de protéines, d'acides humiques et de polysaccharides des PEC sont élevés, plus les PEC peuvent fixer le cuivre. La composition et la structure des PEC sont donc déterminantes pour la rétention des éléments métalliques. La composition est elle-même liée à d'autres facteurs tels que le degré d'oxydation des PEC, la concentration en oxygène dissous, la DBO... (Laurent, 2009).

► Dans les boues primaires le métal est principalement adsorbé sur la MO. Dans les boues biologiques les mécanismes dominants sont la biosorption et la bioaccumulation, la sorption sur les MES, et la complexation sur les colloïdes et la MO.

2.3. La minéralisation des éléments traces métalliques dans les boues

La minéralisation se produit dans les boues sous l'action de micro-organismes et d'enzymes rejetés dans le milieu. Elle consiste par biodégradation en une transformation de la MO fraîche en molécules minérales NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{2-} , avec dégagement de CO_2 et d'eau.

Les principaux facteurs influençant la minéralisation sont la température, l'humidité, la teneur en MO, et le pH.

Cette biodégradation conduit donc à la réduction de la matière organique qui provoque une perte de la matière sèche et ainsi une augmentation de la teneur en cuivre exprimée en mg/kg MS. En effet la MO est décomposée sous forme de gaz (CH_4 , CO_2 , N_2 , H_2S ...) contrairement aux ETM qui ne sont pas biodégradés. Ainsi on observe une perte de MS alors que la masse d'ETM ne varie pas (Laurent, 2009).

► La biodégradation de la MO engendre une perte de matière sèche qui conduit à une hausse de la teneur en cuivre.

3. La valorisation et l'élimination des boues d'épuration

3.1. Les filières

La filière d'élimination des boues la plus répandue en France est l'épandage agricole. Il est possible à condition de respecter la réglementation mais aussi si des parcelles agricoles sont disponibles, ce qui n'est pas toujours le cas. Il y a alors d'autres moyens d'élimination des boues qui sont :

- Le **compostage** dans le but d'une valorisation agricole. L'épandage de boues compostées présente des avantages non négligeables comparé à l'épandage de boues liquides ou chaulées (stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques).
- L'**incinération** dans des installations spécifiques, parfois avec valorisation énergétique.
- Le stockage en **Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)** pour les déchets ultimes qui ne peuvent plus être réduits. Il existe plusieurs classes d'ISDND :
 - Classe 1 pour les déchets industriels.
 - Classe 2 pour les déchets ménagers et assimilés dont les boues de STEU.
 - Classe 3 pour les déchets inertes.
- Le **dépotage des boues** dans une autre STEU.
- La **méthanisation** qui permet de réduire le volume des boues qui deviennent un digestat qui pourra ensuite être épandu si ses caractéristiques respectent la réglementation. A noter que ce procédé provoque une forte réduction de la MO et donc une concentration des ETM dans le digestat.

► D'un point de vue économique et environnemental (émission de CO₂, utilisation d'énergie) dans le département l'épandage est la meilleure solution suivie du compostage. Au niveau réglementaire, les boues sont considérées comme des déchets et leur coût d'élimination est donc pris en charge par le producteur.

3.2. La réglementation

Le devenir des boues dépend de leur qualité et du contexte local. Chaque filière d'élimination fait l'objet d'une réglementation très précise.

3.2.1. L'épandage agricole

L'épandage est régi sur le plan national par les articles 211-25 à 211-45 du code de l'environnement (CE), sous-section 2, «épandage des boues» (anciennement décret n° 97-1133 du 8 décembre 1997).

Il est mis en application par l'arrêté du 8 janvier 1998 modifié le 3 juin 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles.

Les boues de station d'épuration sont classées suivant leur état physique et doivent répondre à certains critères. En effet, l'arrêté du 8 janvier 1998 définit les valeurs limites de teneurs en polluants pour l'épandage.

Les ETM dans les boues destinées à l'épandage sont donc réglementés au même titre que les micro-organismes pathogènes et les composés traces organiques (CTO). A l'inverse d'eux, les ETM ne sont pas biodégradables, toute quantité apportée par l'eau usée ne peut que s'accumuler dans les boues ou être transférée vers d'autres compartiments environnementaux (atmosphère, faune et flore). Ainsi, la composition des eaux usées détermine la qualité des boues produites. Ces boues, si elles sont épandues, peuvent générer une contamination du sol en ETM notamment lorsque leur teneur dépasse les seuils limite présentés Tableau 3.

Tableau 3 : Valeurs limites des teneurs en ETM dans les boues (arrêté du 8 janvier 1998).

Eléments traces métalliques	Valeur limite dans les boues <i>mg/kg de MS</i>	Flux maximum cumulé apporté par les boues en 10 ans <i>g/m²</i>
Cadmium (Cd)	10	0,015
Chrome (Cr)	1 000	1,5
Cuivre (Cu)	1 000	1,5
Mercurure (Hg)	10	0,015
Nickel (Ni)	200	0,3
Plomb (Pb)	800	1,5
Zinc (Zn)	3 000	4,5
Sélénium (Se)	Pas de limite	0,12 pour le pâturage
Cr + Cu + Ni + Zn	4 000	6

L'annexe 6 détaille succinctement les autres paramètres analysés.

A noter que, malgré l'intérêt agronomique de l'épandage agricole, les garanties réglementaires sur la qualité des boues et leur traçabilité, il est de plus en plus contesté par l'opinion publique du fait des risques de contamination du sol par les polluants et les craintes liées à la présence potentielle de micropolluants (résidus médicamenteux...).

3.2.2. Le compostage

Les installations de compostage relèvent de l'arrêté du 07 janvier 2002 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées soumises à déclaration sous la rubrique n°2170 « engrais et supports de culture (fabrication des) à partir de matières organiques » et mettant en œuvre un procédé de transformation biologique aérobie des matières organiques.

Les installations de compostage ou de stabilisation biologique aérobie soumises à autorisation en application du titre Ier du livre V du CE doivent satisfaire aux règles techniques stipulées dans l'arrêté du **22 avril 2008**. D'après l'article 11, les boues admises dans les installations de compostage doivent respecter les seuils limite de l'arrêté du 8 janvier 1998 imposé aux boues épandues sur les terrains agricoles.

Le compost produit doit obligatoirement être conforme à la norme NF U 44-095 (arrêté du 18 mars 2004), il peut alors être mis sur le marché.

Dans le cas où il serait déclassé, il est tout de même autorisé à être épandu sous conditions de respecter l'arrêté du 8 janvier 1998, via un plan d'épandage (décret n°2002-540, relatif au compost déclassé).

Remarquons que les producteurs de boues conformes se heurtent à des difficultés d'admission dans les installations de production de compost normé lorsque les valeurs en ETM sont élevées. Contrairement à l'épandage, il n'y a pas de suivi des flux et de traçabilité à la parcelle.

3.2.3. L'incinération ou la valorisation énergétique

Les installations d'incinération et de co-incinération de déchets non dangereux sont régies par l'arrêté du 20 septembre 2002. La qualité des boues n'est pas réglementée au niveau national, les conditions d'admission des boues en incinération dépendent du type de four utilisé et de l'arrêté d'exploitation propre à chaque installation.

3.2.4. L'élimination en ISDND

Le stockage des déchets non dangereux est régi par la loi n° 92-646 du 13 juillet 1992. Il est réservé aux déchets ultimes c'est-à-dire aux déchets non valorisables dans les conditions techniques et économiques du moment.

L'application de la loi par l'arrêté du 15 février 2016 relatif aux installations de stockage de déchets non dangereux autorise le stockage des déchets non dangereux ultimes, quelle que soit leur origine, notamment provenant des ménages ou des entreprises. Les déchets qui ne sont pas autorisés sont entre autres les déchets liquides (tout déchet sous forme liquide, notamment les eaux usées, mais à l'exclusion des boues) ou dont la siccité est inférieure à 30 %.

Les boues d'épuration dont la siccité est supérieure à 30 % sont donc admissibles. Toutefois comme pour l'incinération, l'arrêté d'autorisation ICPE peut restreindre la provenance et la nature du déchet.

3.2.5. Les autres filières

A noter que certaines installations de méthanisation acceptent les boues d'épuration dont la qualité n'est pas réglementée. Par contre, celle des digestats l'est, conformément aux seuils de l'arrêté du 8 janvier 1998, ce qui suppose une admission des boues en dessous de ces seuils.

Pour les dépotages en STEU, où les boues assimilées aux matières de vidange sont traitées sur la file eau, l'exploitant fixe les conditions d'acceptation dans une convention.

► La réglementation impose que la qualité des boues valorisées par épandage direct ou admises en compostage respecte l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif à l'épandage des boues. L'élimination par incinération dépend de l'arrêté préfectoral propre à l'installation et de ses caractéristiques techniques. Pour l'ISDND la réglementation impose une siccité minimale de 30 % et un test de lixiviation.

Finalement, deux filières sont envisageables pour des boues non conformes pour une valorisation agricole : l'incinération et le stockage en installation de déchets non dangereux.

4. Le récapitulatif de l'analyse bibliographique

- Le cuivre dans les eaux usées provient principalement des eaux usées domestiques (réseau d'eau potable, consommation de médicaments, produits d'entretien, eaux de lavage), des eaux usées industrielles (déchets, effluents), et des eaux de ruissellement de type pluviales.
- Les concentrations et flux de cuivre arrivant à la STEU sont très variables selon la nature de l'eau usée (urbaine, rurale, pluviale...).
- Les boues activées comportent en moyenne 70 % de matière organique et 30 % de matière minérale par rapport à leur matière sèche.
- Les ETM sont donc adsorbés sur les surfaces actives (PEC et paroi des bactéries). Ils se retrouvent principalement :
 - adsorbés sur la matière organique,
 - sous forme de précipités dans les boues
 - complexés aux hydroxydes.
- Dans les STEU à boues activées il se produit une répartition du flux de cuivre entre l'eau traitée et la boue qui évolue au fil du traitement. En effet, le flux de cuivre entrant est rejeté de 10 % à 30 % dans le milieu naturel et il est retenu de 70 % à 90 % dans les boues avec 25 % à 30 % lors du traitement primaire de l'eau usée et de 45 % à 60 % pour le traitement biologique.
- Concernant les mécanismes de rétention des ETM, dans les boues primaires le métal est principalement adsorbé sur la MO. Dans les boues biologiques les mécanismes dominants sont la biosorption et la bioaccumulation, la sorption sur les MES, et la complexation sur les colloïdes et la MO.
- La minéralisation de la MO provoque une perte de matière sèche qui conduit à une augmentation de la teneur en cuivre des boues. Les principaux facteurs influençant la minéralisation sont la température, l'humidité, la teneur en MO, et le pH.
- D'un point de vue économique et environnemental (émission de CO₂, utilisation d'énergie), dans le département du Lot, l'épandage direct est la solution la plus adaptée suivie du compostage, d'autant plus si les boues sont liquides.
- La réglementation impose que les boues valorisées par épandage direct ou admises en compostage respectent l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif à l'épandage des boues. Deux filières sont envisageables pour des boues non conformes à une valorisation agricole : l'incinération et le stockage en installation de déchets non dangereux.

PARTIE 3 : METHODE

Des filières d'élimination spécifiques ont été recherchées pour les boues du département qui ne sont pas conformes pour une valorisation agricole.

Parallèlement, quatre STEU du département ont été choisies pour être étudiées. Il s'agit de boues activées qui diffèrent par leur file de traitement des eaux usées et celle des boues. Sur chaque STEU a été mise en place une campagne de prélèvements et d'analyses adaptée aux objectifs fixés. D'une manière générale, des objectifs ont été formulés puis des points et fréquences de prélèvements, ainsi qu'un type d'analyse ont été déterminés pour y répondre. La campagne de prélèvements a été planifiée après réunion avec les représentants des collectivités exploitant les STEU (cf. planning en annexe 7). Les principaux paramètres analysés sur les boues sont les teneurs en cuivre, matière organique et matière sèche.

La ressource en eau potable, qui joue un rôle important dans l'apport de cuivre dans l'eau, sera étudiée pour chaque STEU.

A noter que la concentration en cuivre est exprimée sur un volume en mg/L alors que la teneur en cuivre est exprimée par rapport à la matière sèche en mg/kg MS.

1. Les filières d'élimination spécifiques pour les boues du département

Parallèlement aux campagnes de prélèvements et d'analyses, des solutions alternatives à la valorisation agricole (épandage, compostage, méthanisation) pour des boues non conformes, c'est à dire avec une teneur en cuivre supérieure à 1 000 mg/kg MS, ont été recherchées.

En effet, les communes ont besoin de solutions immédiates car elles ne possèdent pas forcément d'ouvrages de stockage des boues. De plus, il faut tenir compte de l'impact financier de l'élimination des boues sur le coût de l'eau pour l'abonné qui est une problématique prépondérante.

Les boues sont généralement liquides et de faible siccité, de quelques %, or les ISDND n'autorisent l'admission des boues qu'à partir de 30 % de siccité donc il faudrait leur appliquer un traitement poussé de déshydratation qui engendre un coût supplémentaire.

De ce fait, nous nous sommes focalisés dans un premier temps sur les incinérateurs car ils acceptent des boues non conformes et de siccité plus faible que les ISDND.

Le but à terme est de trouver des solutions d'élimination des boues non conformes adaptées techniquement et financièrement acceptables.

Nous avons tout d'abord recherché les installations de traitement situées à moins de 500 km des STEU. Puis, les maîtres d'ouvrage de ces installations ont été contactés afin d'obtenir les conditions d'admissions, notamment :

- l'exploitant et la localisation du site ;
- les types de boues admises : siccité, granulométrie, tests sur les boues ou les lixiviats (ISDND);
- les conditions pratiques : types de bennes pour le dépotage, bordereau de suivi, documents à remplir ;
- les coûts d'évacuation et de transport vers l'installation ;
- et le coût d'élimination.

Ainsi, une liste des filières d'éliminations possibles pour les boues non conformes du département du Lot a pu être établie.

2. Les campagnes de prélèvements et recherches menées

Les STEU de Cahors Agglomération, Meyronne-Creysse Bourg, Labastide-Murat Bourg et Leyme Bourg seront dans la suite du rapport désignées sous les noms de Cahors, Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme.

2.1. La station d'épuration de Cahors

2.1.1. La description

La STEU de Cahors mise en service en 2007 a une capacité nominale de 49 000 EH. Le réseau de collecte est mixte avec une grande part d'unitaire. La STEU est de type boues activées couverte et compacte car elle est située en zone urbaine et inondable. Elle est composée de :

- 2 dégrilleurs (fin et grossier) ;
- 4 files de prétraitement (floculation, dessablage et dégraissage) ;
- 2 décanteurs primaires très grande vitesse avec un fonctionnement :
 - physique en temps sec : décantation gravitaire ;
 - physico-chimique en temps de pluie : ajout de floculant (polymère et FeCl_3).
- 4 réacteurs biologiques séquentiels (SBR⁸) avec une grille d'égouttage des boues biologiques après extraction. Les boues primaires extraites sont mélangées aux boues biologiques dans la bêche d'homogénéisation des boues (BHB) ;
- 2 centrifugeuses pour la déshydratation des boues mixtes puis un stockage en bennes avec 2 évacuations par semaine vers un centre de compostage. Les synoptiques complets et détaillés avec le fonctionnement de la STEU figurent à l'annexe 8.

La charge organique en moyenne sur l'année, hors matières de vidange, est comprise entre 17 000 EH et 20 000 EH. La production réelle de boues est de 400 t MS par an.

2.1.2. La qualité des boues

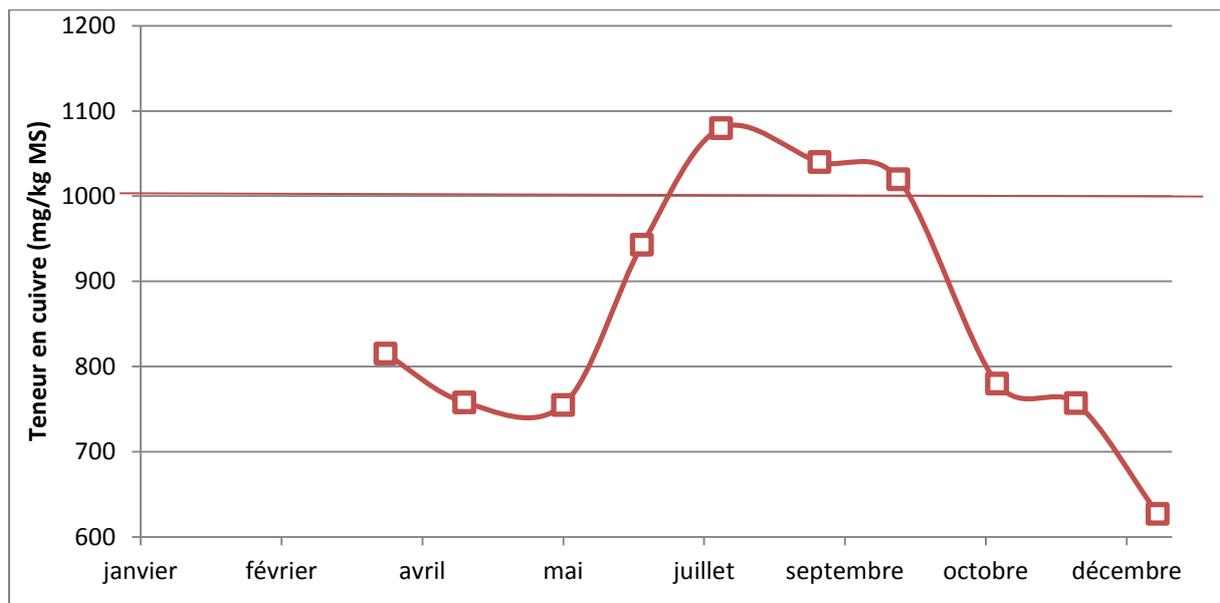


Figure 8 : Teneur en cuivre dans les boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2012.

⁸ Sequential Batch Reactor

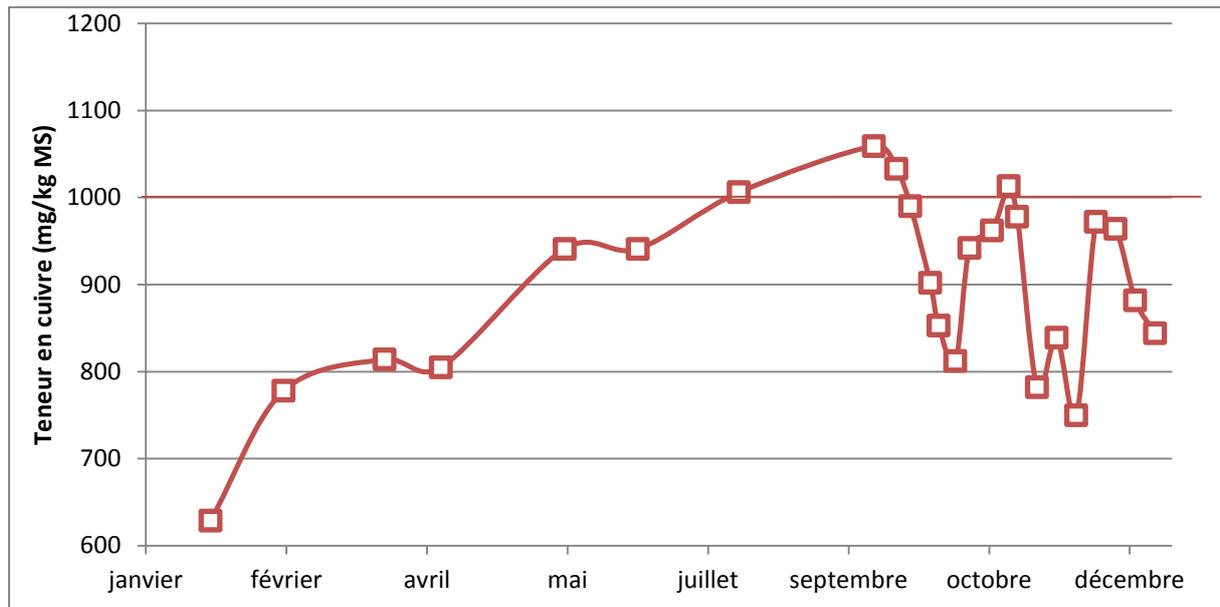


Figure 9 : Teneur en cuivre dans les boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2013.

Les boues déshydratées subissent une fluctuation saisonnière de leur teneur en cuivre. En effet, le seuil réglementaire est régulièrement dépassé notamment de juin à septembre pour les années 2012 et 2013. Les boues ne peuvent alors plus être traitées par compostage. Pour l'année 2013, la moyenne des teneurs en cuivre était de 904 mg/kg MS avec des variations allant de 629 mg/kg MS à 1141 mg/kg MS.

En 2013, les boues non conformes, soit 102 t MS pour 406 t MS produites au total, ont été compostées puis éliminées en ISDND (85 t MS) et par incinération (17 t MS). Le surcoût a été d'environ 58 000 € HT (47 % de plus que la filière habituelle).

2.1.3. Les conclusions de l'étude de 2005

Pour rappel, l'étude de 2005 menée par le SYDED sur l'origine du cuivre dans les boues du Lot a montré qu'à Cahors :

- La ressource en eau potable est entartrante, et pauvre en cuivre.
- Il y a enrichissement de l'eau en cuivre au cours de sa distribution dans l'habitat.
- Différentes natures d'eau même entartrantes peuvent induire la corrosion.
- Le caractère corrosif de l'eau potable est confirmé par les observations des plombiers, notamment dans l'habitat ancien.

L'eau distribuée est incrustante et elle participe certainement à la corrosion des canalisations entraînant ainsi un apport de cuivre dans les eaux usées traitées par la STEU de Cahors et donc dans les boues d'épuration.

La nouvelle étude menée à partir de 2014 doit permettre d'approfondir les connaissances sur l'origine du cuivre dans l'eau usée par une analyse des informations sur la ressource, l'eau distribuée, l'eau usée et la mise en place d'une campagne de mesures à la STEU.

Les objectifs et moyens prévus pour cette étude ont été définis dans la demande de financement figurant en annexe 4.

2.1.4. La ressource en eau potable

La ressource en eau qui alimente la ville de Cahors est la fontaine des Chartreux. Il s'agit d'une résurgence de type vaclusien soutenue par un aquifère karstique, alimentée par infiltrations des eaux de pluie et d'eau de la rivière Lot (cf. Figure 10). Elle subit un traitement de type A1 consistant en une désinfection par adjonction de chlore gazeux.

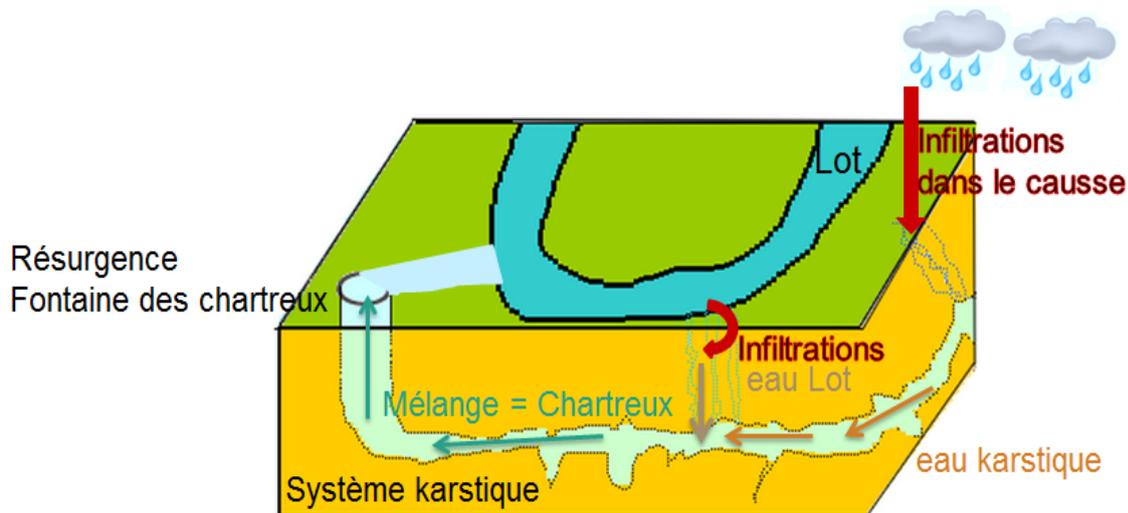


Figure 10 : Fonctionnement simplifié du système karstique de la fontaine des Chartreux.

L'objectif de l'étude de la ressource en eau potable est de compléter sa caractérisation et d'étudier ses variations saisonnières, pouvant résulter des apports liés à des infiltrations d'eau de la rivière Lot, en lien avec la variation de la teneur en cuivre des boues observée en 2012 et 2013.

Pour cela, un inventaire des données existantes portant sur la ressource et ses caractéristiques a été mené.

Ensuite, les points suivants ont été recherchés :

- Influence des apports du Lot sur :
 - les paramètres physico-chimiques de la fontaine des Chartreux ;
 - la concentration et le flux de cuivre de l'eau usée entrante.
- La part d'eau de la rivière Lot dans la fontaine des Chartreux a été calculée, selon l'équation de mélange suivante :

$$[\text{Chartreux}] = P_{k/c} \cdot [\text{karst}] + P_{L/c} \cdot [\text{Lot}]$$

$$\Leftrightarrow P_{L/c} = \frac{[\text{Chartreux}] - [\text{karst}]}{[\text{Lot}] - [\text{karst}]}$$

Avec,

$P_{k/c}$: part d'eau karstique dans la fontaine des Chartreux.

$P_{L/c}$: part d'eau de la rivière Lot dans la fontaine des Chartreux.

$[\text{Chartreux}]$: concentration en calcium du mélange à la fontaine des Chartreux = variable (mg/L).

$[\text{Lot}]$: concentration en calcium du Lot à Cabessut = 27 mg/L (moyenne sur 52 valeurs SYDED de 2008 à 2013 du réseau départemental Lot).

$[\text{karst}]$: concentration en calcium maximale de la fontaine des Chartreux = 130 mg/L (ARS 2010 à 2014).

La concentration en calcium de l'eau a été choisie comme référence, selon la thèse modélisation du fonctionnement du système karstique (ROULET, 2008), et approuvée par les services d'hydrogéologie du Département. En effet, une concentration en calcium élevée atteste plutôt d'une eau karstique alors qu'une concentration faible est liée à l'eau du Lot

- Impact de la pluviométrie sur les paramètres physico-chimiques du Lot.

2.1.5. L'eau potable

L'eau de la fontaine des Chartreux est utilisée pour alimenter plusieurs communes, ainsi après usage elle est traitée à la STEU de Cahors, mais également dans d'autres nombreuses STEU.

Une liste des STEU dont l'eau usée est issue de l'eau potable qui provient de la fontaine des Chartreux a été dressée, pour évaluer s'il existe un lien entre la part d'eau distribuée de la fontaine des Chartreux et la teneur en cuivre des boues d'épuration.

La méthode appliquée afin de calculer la part de la fontaine des Chartreux alimentant une STEU donnée est la suivante :

Pour certains réseaux de collecte des eaux usées la ressource en eau potable n'est pas unique : différentes ressources sont utilisées au cours d'une année. C'est pourquoi il est nécessaire pour une STEU donnée de définir la proportion des différentes ressources en eau potable qui l'alimente.

La part d'alimentation en eau potable par une ressource ($P_{AEP \text{ ressource}}$) est définie comme le rapport (exprimé en %) de la quantité d'une ressource en eau potable sur la totalité de l'eau distribuée sur le réseau de collecte considéré. Ce rapport a été défini par le service Eau potable du SYDED à l'aide d'un logiciel de simulation basé sur la configuration du réseau de desserte eau potable.

Pour déterminer la part de la fontaine des Chartreux dans l'eau arrivant à une STEU donnée (P_{FDC}) hors eaux pluviales, l'équation est la suivante :

$$P_{FDC} = \frac{\sum(NFDC) \text{ pour toutes les communes du réseau de collecte}}{NTOT}$$

Avec,

NFDC : nombre d'abonnés assainissement collectif alimentés par la fontaine des Chartreux pour une commune donnée

$$NFDC = P_{AEP \text{ fontaine des Chartreux de la commune considérée}} (\%) \times \text{Nombre d'abonnés assainissement collectif de la commune considérée}$$

NTOT : nombre total d'abonnés assainissement collectif pour la STEU donnée

Par exemple :

Pour le réseau de collecte de la STEU de Cahors sont collectées les eaux usées de 4 communes : Cahors, Pradines, Lamagdelaine, et Laroque des Arcs. La part de la fontaine des Chartreux ($P_{AEP \text{ fontaine des Chartreux}}$) a été déterminée pour chaque commune, ainsi que le nombre d'abonnés assainissement collectif de la commune (NFDC commune).

Tableau 4 : Exemple de calcul de la part de la fontaine des Chartreux pour le réseau de collecte de la STEU de Cahors.

Commune	$P_{AEP \text{ fontaine des Chartreux}}$	Nombre d'abonnés assainissement collectif de la commune considérée
Cahors	100 %	6249
Pradines	5 %	1515
Laroque des Arcs	100 %	155
Lamagdelaine	0 %	380

Ainsi, la part de la fontaine des Chartreux dans l'eau arrivant à la STEU de Cahors est de :

$$P_{FDC \text{ STEU Cahors}} = \frac{100 \% \times 6249 + 5 \% \times 1515 + 100 \% \times 155 + 0 \% \times 380}{6249 + 1515 + 155 + 380} = 78 \%$$

Ensuite, a été évaluée la pertinence de la mise en place d'un traitement de la ressource en eau de Cahors. En effet, la ville rencontre des dépassements réguliers de turbidité sur l'eau distribuée. Elle a donc l'obligation réglementaire de traiter les pics ponctuels de turbidité dans l'eau distribuée. Nous avons donc comparé les différentes solutions de traitement proposées par l'étude de 2011 « Recherche de traitement contre la corrosivité de l'eau potable » réalisée par Hydratec pour le compte de la commune et par le schéma directeur d'eau potable de la ville de Cahors. Le but final étant de comparer les coûts de traitement de l'eau potable aux coûts d'élimination des boues non conformes.

2.1.6. L'eau usée

L'objectif de l'étude de l'eau usée arrivant à la STEU est de déterminer les sources potentielles d'apport de cuivre principalement en été. Les pistes étudiées sont :

- Les eaux pluviales : exploitation des données des bilans annuels réalisés sur la STEU par les services techniques concernant les débits d'eau usée, la pluviométrie, les flux, depuis 2010.
- Les eaux usées domestiques et assimilées domestiques :
 - Part des habitations secondaires (eau stagnante renforçant le phénomène de corrosion).
 - Piscines : le but est d'estimer les apports de cuivre par les piscines des particuliers et les publiques. La composition des produits de piscines vendus à Cahors a été recherchée, ainsi que les traitements utilisés dans les piscines publiques, pour trouver lesquels contiennent du sulfate de cuivre. Les pratiques de traitement et d'évacuation des eaux au réseau de collecte ont été déterminées. Enfin, une simulation de la quantité de cuivre rejetée au réseau suite à l'utilisation de galets au chlore contenant du cuivre par des particuliers a été effectuée.
- Les eaux usées non domestiques : inventaire des activités industrielles et tertiaires pouvant rejeter du cuivre dans le réseau.

2.1.7. La station d'épuration

Différents objectifs ont été fixés sur la STEU :

1. Quantifier et localiser les phénomènes d'accumulation du cuivre dans la STEU (répartition entre eau, boues primaires et biologiques).
2. Evaluer l'influence de la centrifugation et de l'épaississement sur grille d'égouttage avec ajout de floculant en appréciant la variation de teneur en cuivre des boues avant et après ces deux traitements.
3. Caractériser la qualité des matières de vidanges (MV) apportées à la station d'épuration en mesurant leur teneur en cuivre.
4. Observer si la modification de paramètres comme le réglage du SBR, le temps de séjour, ou l'âge des boues influent sur la teneur en cuivre des boues.
5. Anticiper les lots de boues non compostables en raison d'un dépassement en cuivre par l'analyse des boues dans la bache d'homogénéisation des boues (BHB).

Pour les objectifs 2 et 3, des échantillons ponctuels en temps sec ont été réalisés après avoir établi les protocoles 5 à 7 présentés en annexe 9.

Concernant les objectifs 1, 4 et 5, des échantillons moyens représentatifs d'une journée de fonctionnement (24 heures), ont été effectués une fois par mois (cf. Tableau 5).

Tableau 5 : Prélèvements moyens 24 h prévus pour la STEU de Cahors.

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Entrée de station	Eau usée brute	Cuivre	Tous les mois pendant 24 mois
Décanteur primaire	Boues primaires	MS+MO+Cu	Tous les mois pendant 24 mois
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	
Bâche d'homogénéisation	Boues mixtes	MS+MO+Cu	
Bennes de stockage	Boues centrifugées	MS+MO+Cu	Toutes les semaines avant l'envoi en compostage
Sortie de station	Eau usée traitée	Cuivre	Tous les mois pendant 24 mois

Afin d'obtenir des échantillons représentatifs, des protocoles ont été élaborés en associant étroitement l'exploitant de la STEU qui effectuera lui-même les prélèvements. Les points de prélèvements choisis et possibles ainsi que l'application des protocoles ont été testés avec lui. Il s'agit des protocoles 1 à 4 présentés en annexe 9. A ces protocoles a été associée une fiche de prélèvement qui doit être complétée à chaque prélèvement, elle comprend, les informations relatives à l'identité du préleveur mais aussi toutes les données sur le fonctionnement de la station tels que le débit, la pluviométrie, les réactifs utilisés... (cf. annexe 10).

Les flux de cuivre entrée, sortie primaire et sortie de STEU, et des boues vont être calculés pour raisonner à l'échelle de la STEU pendant son fonctionnement en routine. Le flux est le produit du volume journalier de la matrice analysée avec sa concentration en cuivre mesurée dans l'échantillon 24 h.

Le flux de cuivre dans l'eau usée sera calculé de la façon qui suit :

$$\Phi_e = [\text{Cu}]_e \times Q_e$$

Avec,

Φ_e : flux de cuivre de l'eau usée (kg/j).

Q_e : volume journalier d'eau usée (m³/j).

$[\text{Cu}]_e$: concentration moyenne en cuivre de l'eau usée (kg/m³).

Pour les boues, le flux est défini comme suit :

$$\Phi_B = [\text{Cu}]_B \times [\text{MS}] \times Q_B$$

Avec,

Φ_B : flux de cuivre de la boue (kg/j).

Q_B : volume journalier de boues extraites (m³/j).

$[\text{MS}]$: teneur en matière sèche des boues (kg MS/m³).

$[\text{Cu}]_B$: teneur moyenne en cuivre mesurée dans les boues (mg/kg MS).

En résumé, la soustraction des flux de cuivre entre l'eau usée entrante et l'eau usée en sortie de décanteur primaire devrait correspondre au flux totalisé dans les boues primaires. De même, la soustraction des flux de cuivre de l'eau sortie décanteur et de l'eau de sortie de la STEU correspondrait au flux totalisé dans les boues biologiques (hors by-pass).

2.2. La station d'épuration de Meyronne-Creysse

La STEU de Meyronne-Creysse, mise en service en 2000, a une capacité nominale de 1530 EH. Le réseau collecte les eaux usées des communes de Meyronne et de Creysse. Il est séparatif, et une petite conserverie y est raccordée. La STEU a un fonctionnement saisonnier lié au tourisme, ainsi la charge reçue double en été. La file eau se compose d'un prétraitement (tamisage, compactage) puis d'un bassin d'aération (aération prolongée, faible charge) suivi d'un clarificateur. Les boues liquides sont extraites manuellement via une pompe située dans le bassin d'aération vers un silo de stockage brassé d'une capacité de 430 m³ (cf. synoptique en annexe 8).

En 2014, le remplissage moyen hydraulique et organique de la STEU est proche de 400 EH, soit 26 % de la capacité nominale (300 EH pendant 10 mois de l'année et 600 à 850 EH pendant 2 mois).

L'évacuation des boues s'effectue tous les 2 ans, lorsque le silo est à son remplissage maximum. La production annuelle de boues est d'environ 5 t MS. Un plan d'épandage avait été déposé en préfecture en 2008, mais il a été abrogé par arrêté préfectoral le 16 novembre 2012 car la dérogation qui permettait d'épandre ces boues jusqu'à une teneur en cuivre de 1 500 mg/kg MS ne pouvait plus être appliquée. La commune de Meyronne ne dispose donc plus d'une filière par épandage réglementaire pour l'élimination de ses boues.

Dans le silo de stockage la teneur en cuivre varie de 1178 mg/kg MS à 1737 mg/kg MS alors que la teneur des boues du bassin d'aération est d'environ 750 mg/kg MS.

Les boues du bassin d'aération ne dépassent pas les seuils réglementaires, elles pourraient donc être épandues, c'est ce qui a poussé à trouver une filière alternative d'élimination de ces boues.

Dans un premier temps, une alternative d'évacuation temporaire des boues a été envisagée : dépoter les boues de la STEU de Meyronne-Creysse sur un lit de séchage planté de roseaux (LSPR) de la STEU d'Alvignac (boues activées, procédé SBR de 3 000 EH).

En effet, la station d'épuration d'Alvignac est en sous-charge (charge organique à 32 % par rapport au nominal) et possède 6 lits de séchage plantés de roseaux de 93,5 m² unitaire et dont la teneur en cuivre est faible (~ 300 mg/kgMS). C'est une solution qui peut de plus être intéressante car les STEU sont distantes de moins de 15 km. Deux objectifs ont été définis pour la station d'épuration de Meyronne-Creysse :

Objectif 1 : Identifier les mécanismes d'accumulation des éléments traces :

- Dans le bassin d'aération en suivant la variation du cuivre en fonction de l'âge des boues.
- En silo de stockage. Un silo pilote a été mis en place ; il s'agit d'une cuve agitée en polyéthylène de diamètre et de hauteur de 1 mètre, soit 785 L. Le suivi portera sur l'évolution de la teneur en cuivre des boues du silo.

Le pilote (cf. Figure 11) est rempli en une seule fois de boues concentrées issues du clarificateur dont la recirculation a été arrêtée 24 heures et sans retirer le surnageant. Il est placé sur la STEU, à l'abri de la pluie mais, dans les mêmes autres conditions que le silo de stockage.

Objectif 2 : Mettre en place une filière temporaire de stockage et déshydratation des boues conformes du bassin d'aération de Meyronne-Creysse sur les LSPR de la station d'épuration d'Alvignac, et contrôler la non contamination des boues de la STEU d'Alvignac par suivi de :

- La variation de la teneur en cuivre dans le bassin d'aération d'Alvignac pour vérifier que les percolats des boues de la STEU de Meyronne-Creysse ne contaminent pas les boues du bassin biologique lorsqu'elles y seront dépotées.
- La teneur en cuivre dans un lit de séchage témoin pour vérifier la non-contamination des lits de séchage d'Alvignac.
- La variation de la teneur en cuivre dans le LSPR dédié au dépotage des boues de la STEU de Meyronne-Creysse.



Figure 11 : Silo pilote mis en place à la STEU de Meyronne-Creysse.

Les prélèvements à effectuer sont détaillés Tableau 6.

Tableau 6 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues sur les STEU de Meyronne-Creysse et Alvignac.

	Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Meyronne-Creysse : Objectif 1	Entrée de station	Eau usée	Cuivre	Tous les 6 mois pendant 20 mois
	Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	Tous les mois pendant 20 mois
			VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 20 mois
	Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	Tous les 6 mois pendant 20 mois
	Pilote	Boues biologiques	MS+MO+Cu	Tous les mois pendant 20 mois
			VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 20 mois
Alvignac : Objectif 2	Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	Tous les mois pendant 20 mois
			VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 20 mois
	Lit de séchage 6	Boues pâteuses	VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 20 mois
	Lit de séchage témoin	Boues pâteuses	VA+ETM+CTO+Se	Tous les ans pendant 20 mois

Remarque : Chaque type de boue fait l'objet d'une analyse VA+ETM+CTO+Se pour la caractérisation initiale de sa qualité.

Des mesures de pH, de température et de conductivité sont réalisées sur le terrain, sur les boues du silo pilote et du bassin d'aération. Le pH et la conductivité sont des paramètres constants dans le temps qui permettent de vérifier si l'eau usée ou les boues ont subies une éventuelle contamination par apport extérieur.

2.3. La station d'épuration de Labastide-Murat

La STEU de Labastide-Murat, mise en service en 2001, a une capacité nominale de 1 500 EH (cf. Figure 12). Le réseau de collecte est de type séparatif, et une aire de service autoroutière y est raccordée. La file eau se compose d'un prétraitement (tamisage compactage) puis d'un traitement biologique par boues activées en aération prolongée suivi d'un clarificateur et d'une lagune de finition (cf. synoptique annexe 8).

Les boues liquides sont extraites automatiquement du bassin d'aération vers 4 LSPR, d'une surface de 75 m² chacun et de hauteur utile de 1,83 m pour leur stockage et déshydratation. Leur teneur en cuivre dépasse le seuil réglementaire et avoisine les 1 230 mg/kg MS.



Figure 12 : Vue aérienne de la station d'épuration de Labastide-Murat. Source : Géoportail.

En 2014, le flux polluant entrant sur la station représente, quant à lui, 500 EH en DBO₅, soit en moyenne 33 % de la capacité nominale de la station.

La quantité de boues épandue déclarée dans la synthèse annuelle des épandages 2013 est de 192 m³ à 12,7 % de siccité, soit 24,3 t MS.

L'objectif de l'étude pour cette STEU est d'évaluer l'influence du stockage en LSPR sur l'accumulation du cuivre via les campagnes détaillées Tableau 7.

Tableau 7 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues à la STEU de Labastide-Murat.

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	Tous les 3 mois pendant 18 mois
		VA+ETM+CTO+Se	Tous les ans pendant 18 mois
LSPR 1 et 4	Boues pâteuses	VA+ETM+CTO+Se	Tous les ans pendant 18 mois
Entrée et sortie STEU	Eau usée et traitée	Cuivre	Tous les ans pendant l'autosurveillance

2.4. La station d'épuration de Leyme

La STEU de Leyme, mise en service en 1974, a une capacité nominale de 1750 EH. Elle est alimentée par un réseau mixte qui collecte une quantité importante d'eaux claires parasites provoquant de très régulières surcharges hydrauliques. De plus, une blanchisserie équipée d'un prétraitement et un fabricant d'équipements industriels (échangeurs, réservoirs de stockage d'eau...) y sont raccordés. La file eau est composée d'un prétraitement (dégrillage, dessablage) puis d'un bassin d'aération couplé à un clarificateur.

Les boues sont extraites en fonction de la teneur en MES du bassin d'aération vers une citerne souple de 150 m³ non brassée. L'eau issue de la décantation dans la citerne est pompée régulièrement pour favoriser l'épaississement des boues et ainsi optimiser leur stockage (cf. synoptique en annexe 8). L'enlèvement de ces boues s'effectue deux fois par an lorsque la citerne est pleine (cf. Figure 13).



La teneur en cuivre des boues dépasse largement le seuil réglementaire et avoisine en moyenne 2000 mg/kg MS. En effet, la teneur varie de 1650 mg/kg MS à 2500 mg/kg MS dans la citerne. Le retour au sol des boues n'est donc pas possible. Il est nécessaire de mettre en œuvre une filière spécialisée pour leur élimination. Les boues étant liquides, le coût de leur élimination est d'autant plus élevé car une déshydratation est préalablement nécessaire.

Figure 13 : Citerne souple de la STEU de Leyme.

La blanchisserie traite quotidiennement environ 2,5 tonnes de linges. La charge polluante rejetée est évaluée à 120 EH en DBO₅ et 350 EH en DCO.

Le réseau réagit très fortement aux entrées d'eaux claires permanentes et pluviales. Ces importants volumes d'eaux claires provoquent des déversements en entrée de station (déversoirs d'orage et trop plein du canal dessableur).

La charge hydraulique reçue est de l'ordre de 2 720 EH soit 155 % de sa capacité nominale.

Actuellement, la ressource en eau potable de Leyme exploitée en régie fait l'objet d'une simple chloration.

L'eau distribuée est peu minéralisée (environ 110 µS/cm à 25°C) et présente fréquemment un pH inférieur au minimum autorisé de 6,5. Ainsi, elle possède un caractère agressif, très supérieur aux normes de potabilité, ce qui provoque la corrosion des canalisations en cuivre des particuliers.

Pour répondre aux normes eau potable et diminuer la teneur en cuivre dans les boues, il était prévu en 2014 de mettre en place un traitement provisoire inhibiteur de corrosion sur les canalisations dès septembre 2014, dans l'attente d'une unité de reminéralisation pour mi-2015.

L'objectif de l'étude à Leyme est d'apprécier l'efficacité de ces 2 traitements projetés sur la qualité des boues d'épuration. De ce fait, des analyses d'eaux usées et de boues, avant et suite à la mise en place de chaque traitement, seront réalisées pour suivre l'évolution des teneurs en cuivre (cf. Tableau 8).

Une analyse complète (VA+ETM+CTO+Se) de la qualité des boues stockées sera effectuée avant et après la mise en œuvre de chaque traitement pour apprécier son impact éventuel à la fois sur le cuivre et sur d'autres paramètres (micropolluants...).

Tableau 8 : Campagnes de prélèvements et d'analyses prévues à la STEU de Leyme.

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Entrée de station	Eau usée	Cuivre	2 fois par an pendant 2 ans
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	Tous les 2 mois jusqu'à mise en service du traitement filmogène puis 1 fois par mois pendant 6 mois et 1 fois par mois suite à la reminéralisation, à ajuster selon les résultats
		VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 2 ans
Citerne souple	Boues stockées	VA+ETM+CTO+Se	Tous les 6 mois pendant 2 ans
Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	2 fois par an pendant 2 ans

Le suivi de la teneur en cuivre s'effectuera via des prélèvements dans le bassin d'aération (BA) et non pas dans la citerne de stockage pour avoir une meilleure représentativité de l'échantillon prélevé. En effet, le BA est brassé alors que ce n'est pas le cas de la citerne de stockage dans laquelle le mélange est effectué à l'aide d'une tonne à lisier par aspiration refoulement. Ces analyses sur les boues constitueront les points de référence pour l'appréciation de l'efficacité des traitements qui seront mis en place.

Les informations concernant les produits utilisés, les dosages, et les analyses d'eau potable seront fournies par le service Eau potable du SYDED qui assure une mission de maîtrise d'œuvre de traitement de l'eau potable pour le compte de la commune de Leyme.

3. Les méthodes de prélèvements et d'analyses

Les prélèvements de boues sont effectués par le SATESE ou l'exploitant de la STEU concernée de façon à obtenir un échantillon homogène et représentatif (cf. Tableau 9). Pour organiser les campagnes de prélèvements, des plannings ont été mis en place en fonction de la fréquence du prélèvement, de la disponibilité d'un technicien et du matériel (véhicule, canne de prélèvement...). Ces plannings fournis par exemple pour 2014 en annexe 7 vont notamment servir à préparer les bons de commande des analyses pour les laboratoires d'analyses.

Tableau 9 : Méthodes de prélèvements en fonction des ouvrages et de la matrice à analyser.

Type de prélèvement	Ouvrage	Méthode de prélèvement	Identité du préleveur
Boues	Bassin d'aération	- Mettre en marche l'agitation et l'aération au minimum 30 minutes - Rincer la canne de prélèvement avec la boue du bassin - Prélever la boue, éloigné de l'alimentation, quelques centimètres sous la surface	SATESE
	Silo de stockage	- Mettre l'agitation en marche 24h avant le prélèvement - Rincer la canne de prélèvement avec la boue du silo - Prélever la boue dans le silo en dessous de la surface	
	Citerne souple	- Homogénéiser la citerne par aspiration/refoulement à l'aide d'une tonne à lisier - Prélever la boue homogénéisée à la vanne du camion	
	Silo Pilote	- Mettre en route l'agitation du silo 15 minutes - Prélever la boue directement dans le flacon plastique pendant l'agitation	
	LSPR	Selon le protocole EPNAC 2011 ⁹ : - Prélever avec une tarière 4 carottes de boues dans le LSPR et remplir un sac poubelle. La carotte doit être éloignée de 1 mètre de l'alimentation, du bord, du drains... - Bien mélanger les carottes dans un sac poubelle - Mettre en flacon à l'aide d'une pelle environ 1kg de boue. Ne pas remplir entièrement les flacons pour éviter la fermentation.	
	STEU de Cahors	Voir les protocoles rédigés en annexe 9	Exploitant
Eau usée	Entrée, sortie et sortie primaire	Préleveurs automatiques fixes, asservis au débit pendant 24 heures, sur la STEU de Cahors	Exploitant
		Préleveurs automatiques portables du SATESE asservis aux débits pour les autres STEU	SATESE

Les analyses de cuivre sur les boues et l'eau usée sont effectués par deux laboratoires différents accrédités COFRAC pour les ETM.

Le Tableau 10 récapitule les méthodes d'analyses employées pour le cuivre ainsi que l'incertitude de mesure relative. En ce qui concerne les résultats des analyses des teneurs en MS et MO l'incertitude est de 1 % pour une confiance à 95 %.

⁹ Les lits de séchage de boues plantés de roseaux pour le traitement des boues et des matières de vidange, Guide de dimensionnement et de gestion, MOLLE et al.

Tableau 10 : Méthodes d'analyses du cuivre dans l'eau et les boues employées par les laboratoires.

Matrice	Laboratoire	Norme		Incertitude pour une confiance à 95%	Limite de quantification
		Extraction des ETM	Dosage du cuivre		
Boues	Laboratoire départemental de l'eau de la Haute-Garonne	Extraction à l'eau régale NF EN 13346	ICP (Plasma Couplé par Induction) selon NF EN ISO 11885	10 %	2,5 mg/kg MS
Eau usée	Laboratoire départemental d'analyses du Tarn	Minéralisation à l'acide nitrique NF EN ISO 15587-2	ICP (Plasma Couplé par Induction) selon NF EN ISO 11885	15 %	5 µg/L

En ce qui concerne l'eau potable, les données étudiées qui sont issues du contrôle sanitaire effectué par l'ARS les méthodes de prélèvements relèvent du fascicule de documentation AFNOR FD T 90-520.

Les prélèvements d'eau pour analyse du cuivre dans l'eau distribuée s'effectuent en une seule fois au premier jet du robinet. Ils sont réalisés sur des points représentatifs de l'eau distribuée et régulièrement utilisés pour la consommation humaine : il n'y a pas de prélèvements sur de l'eau stagnante.

Les paramètres à analyser et leur fréquence dépendent de l'arrêté ministériel du 21 janvier 2010 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire.

PARTIE 4 : RESULTATS ET REORIENTATIONS

1. Les filières d'élimination spécifiques pour les boues du département

La recherche géographique des filières a permis de trouver principalement des incinérateurs d'ordures ménagères mais qui n'acceptent pas les boues. C'est pourquoi la recherche a été étendue et réorientée vers les installations de traitement de déchets non dangereux que possèdent les grands groupes.

Au total, 23 sites (cf. annexe 11), qui sont tous hors département ont été trouvés. Parmi ces installations, 5 peuvent accepter les boues du département du Lot dont 4 incinérateurs et 1 ISDND (cf. Tableau 11).

En effet, même si certaines installations sont proches du Lot, leur arrêté préfectoral d'autorisation ne leur permet pas d'admettre des boues de départements ou régions distants. De plus, les fours à grilles ne traitent pas les déchets liquides ou pâteux.

Même si les installations admettent des boues, d'autres contraintes sont à prendre en compte. Les incinérateurs qui n'ont pas de conditions particulières d'admission comme la siccité ou la granulométrie traitent principalement les déchets dangereux et leur coût de traitement est assez élevé (plus de 280 € HT/t MB). Les incinérateurs de boues et d'ordures ménagères sont moins coûteux mais acceptent les boues à partir d'une certaine siccité ou granulométrie.

En plus des coûts de traitement, et selon la filière choisie s'ajoutent des coûts de :

- transport allant de 25 € HT/t à 100 € HT/t de boues brutes ;
- et éventuellement de déshydratation, des boues majoritairement liquides (1 % à 10 % de siccité), dont les coûts dépendent de la siccité initiale de la boue et du type de déshydratation (filtre presse, centrifugeuse).

Au minimum, en 2014 l'envoi des boues en filière spécifique s'élève donc à environ 200 € HT/t MB contre 15,5 € HT/t MB pour l'épandage et 75 € HT/t MB pour le compostage (tarifs SYDED 2014), ce qui est difficilement supportable pour les petites collectivités. Dans la suite de l'étude, nous déterminerons la filière technico-économique la mieux adaptée à chaque STEU dont les boues ne sont pas conformes.

Tableau 11 : Filières spécifiques d'élimination des boues qui acceptent celles du Lot.

	Site	Exploitant	Siccité	Granulométrie	Prix du traitement HT/t MB	Tests sur les boues ou sur les lixiviats	Prix estimé transport + traitement HT/t MB
Groupe Séché	Incinérateur de Salaise	TREDI SALAISE	pas de conditions		380 €	échantillon représentatif de 5 kg + Fiche Information Préalable	436 €
	CSDND à Montech (classe 2)	DRIMM	> 30%	pas de conditions	150 €	échantillon représentatif de 5 kg + Fiche Information Préalable	163 €
VEOLIA	Incinérateur de Bassens	SIAP	pas de conditions rhizomes acceptés		280€ TGAP incluse mais dépend de la siccité	échantillon représentatif des boues (2 à 3 kg) + la Fiche d'Information Préalable	314 €
	Incinérateur de Lacq	VEOLIA	> 20%	< 5 mm x 5 mm rhizomes non acceptés	150 €	étude d'échantillon pour validation <i>benne à portes basculantes uniquement</i>	195 €
SITA	UVE Bessières	ECONOTRE	> 70%	rhizomes acceptés sous réserve d'essai	165 €	camion d'essai lors d'une nouvelle prise en charge	181 €

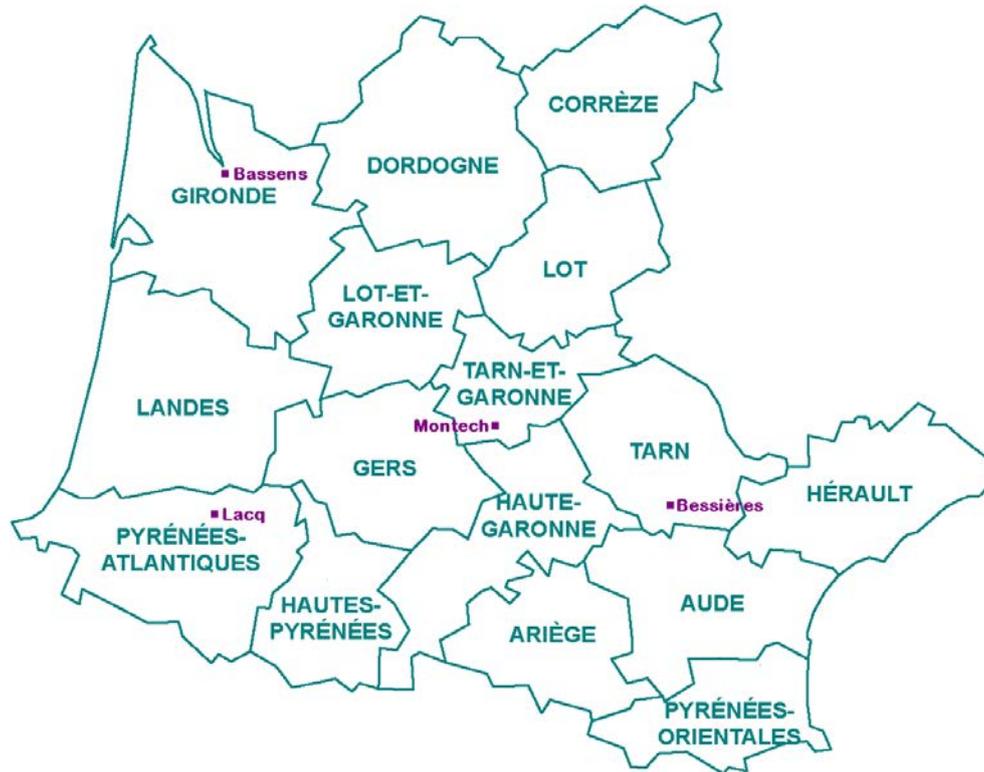


Figure 14 : Localisation des sites de traitements spécifiques envisageables pour les boues du Lot.

Il existe d'autres filières spécifiques proposées par des entreprises qui prennent en charge l'entière évacuation des boues, c'est-à-dire le transport, la déshydratation et le traitement. Des sociétés que nous avons rencontrées proposent ce service :

- Groupe LFP : envoi des boues sur la plateforme Solairgies à Combrée (49) qui est un centre de traitement pour les boues liquides et pâteuses et les effluents industriels. La déshydratation des boues d'épuration s'effectue par séchage solaire avec un coût total de traitement et transport d'environ 200 € HT/t MB.
- SEDE Environnement de Limoges (87), qui propose une déshydratation mobile des boues à l'aide d'un filtre à bande puis transport et traitement des boues en compostage pour augmenter la siccité et enfouissement qui peut s'élever à plus de 130 € HT/t MB mais qui dépend fortement de la siccité initiale de la boue.
- Alliance Environnement Exploitation située à Rodez (12) qui propose une déshydratation mobile par centrifugation et un compostage à Narbonne (11) puis un enfouissement des boues à ~ 150 € HT/t MB.

A noter que ces prix sont relatifs, ils sont très dépendants des siccités initiales des boues et des quantités de boues prises en charges par ces entreprises.

Par ailleurs, l'achat d'une unité mobile de déshydratation pourrait être envisagé mais nécessite un investissement conséquent avec recrutement d'un agent dédié. Or les boues à traiter sont en faible quantité, et dispersées dans le département. Ainsi les solutions recherchées en premier lieu ont été orientées vers l'obtention de boues conformes en vue d'une valorisation agricole. Toutefois dans le cas où un gisement conséquent de boues liquides s'avérait non conforme de façon permanente, l'achat d'une déshydratation mobile serait à étudier.

► Il ressort de cette recherche que trouver des filières d'élimination pour des boues d'épuration peut s'avérer compliqué. Il n'y a pas de solution d'élimination universelle car elle dépend de la boue à traiter et notamment de sa siccité.

Le choix de la meilleure solution technico-économique pour les différents gisements de boues non conformes doit donc s'effectuer au cas par cas, en fonction des conditions d'admission des boues, et en prenant en compte l'ensemble des coûts d'élimination, de transport et de conditionnement.

2. La station d'épuration de Cahors

2.1. Les résultats

Les résultats de l'étude sont présentés selon le circuit de l'eau, de son captage à son traitement suivant la Figure 15.

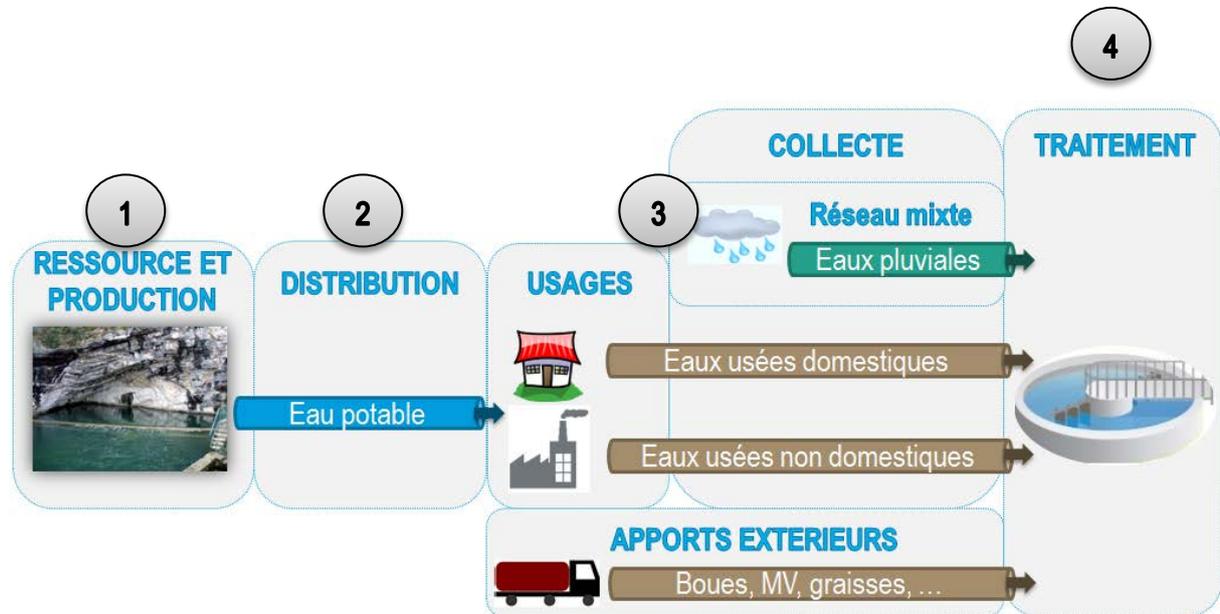


Figure 15 : L'eau à Cahors : de la ressource en eau potable au traitement de l'eau usée.

L'incertitude relative figurera sous forme de barres sur certains graphiques lorsqu'elle ne nuit pas à la lecture de celui-ci.

2.1.1. La ressource en eau potable

2.1.1.1. La caractérisation de l'eau de la fontaine des Chartreux

D'après les résultats d'analyses du contrôle sanitaire effectué par l'ARS depuis 2011, l'eau potable est majoritairement entartrante ou à l'équilibre.

Une valeur calculée de l'équilibre calco-carbonique, sur 8 au total, est égale à 3 (septembre 2013) ce qui signifie que l'eau est plutôt agressive. Même s'il s'agit d'une valeur isolée, il se pose la question d'une eau pouvant être légèrement agressive de façon ponctuelle.

Tableau 12 : Concentrations moyennes de certains paramètres de la ressource en eau de la fontaine des Chartreux.

Paramètres	Unités	Moyennes des valeurs ARS 2011 à 2014
Calcium	mg/L	101,75
Conductivité à 25°C	µS/cm	547,88
Titre alcalimétrique complet	°F	25,66
Titre hydrotimétrique	°F	26,70

Paramètres	Unités	Moyennes des valeurs ARS 2011 à 2014
CO ₂ libre calculé	mg/L	9,71
Equilibre calco-carbonique	qualit.0-4	1,63
pH d'équilibre à la t° échantillon	Unité pH	7,25
pH	Unité pH	7,11
Cuivre	µg/L	< 2

La concentration en cuivre mesurée dans la ressource est inférieure à limite de quantification.

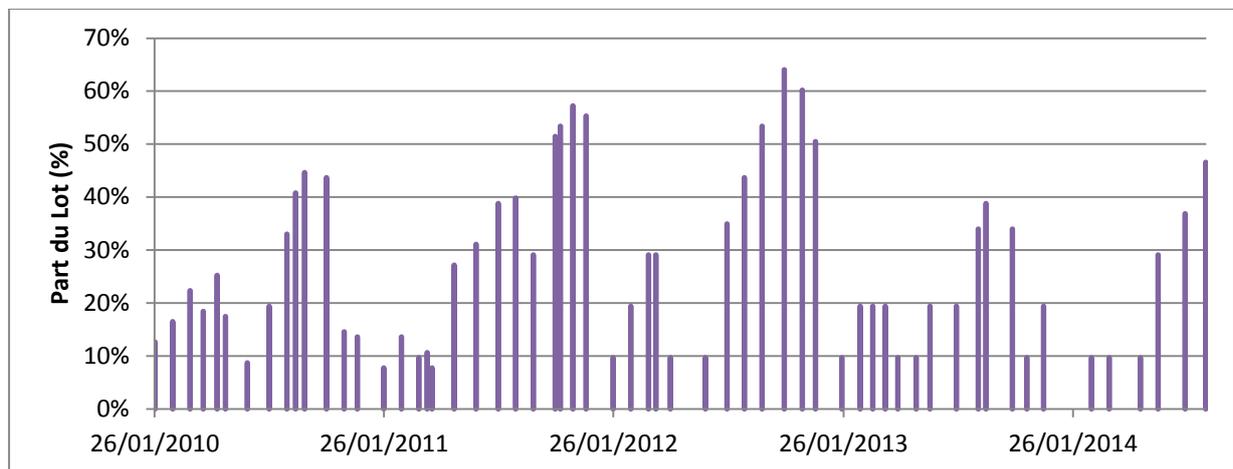
2.1.1.2. L'influence des apports d'eau du Lot

L'influence de la part d'eau du Lot sur la qualité de l'eau de la fontaine des Chartreux a été recherchée. Le but étant de déterminer s'il y a une variation saisonnière de la qualité de la ressource qui pourrait avoir une incidence sur la concentration en cuivre de l'eau distribuée et usée, notamment en accentuant la corrosion des canalisations.

Dans un premier temps, a été calculée la part d'eau de la rivière Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux. Pour rappel la part du Lot est calculée d'après les concentrations en calcium des eaux considérées (cf. PARTIE 3 : METHODE).

Les données utilisées relatives à la fontaine des Chartreux sont celles issues des résultats d'analyses d'échantillons prélevés par le SYDED du Lot dans le cadre du réseau de contrôle de surveillance (RCS) des eaux souterraines.

2.1.1.3. L'influence sur les paramètres physico-chimiques



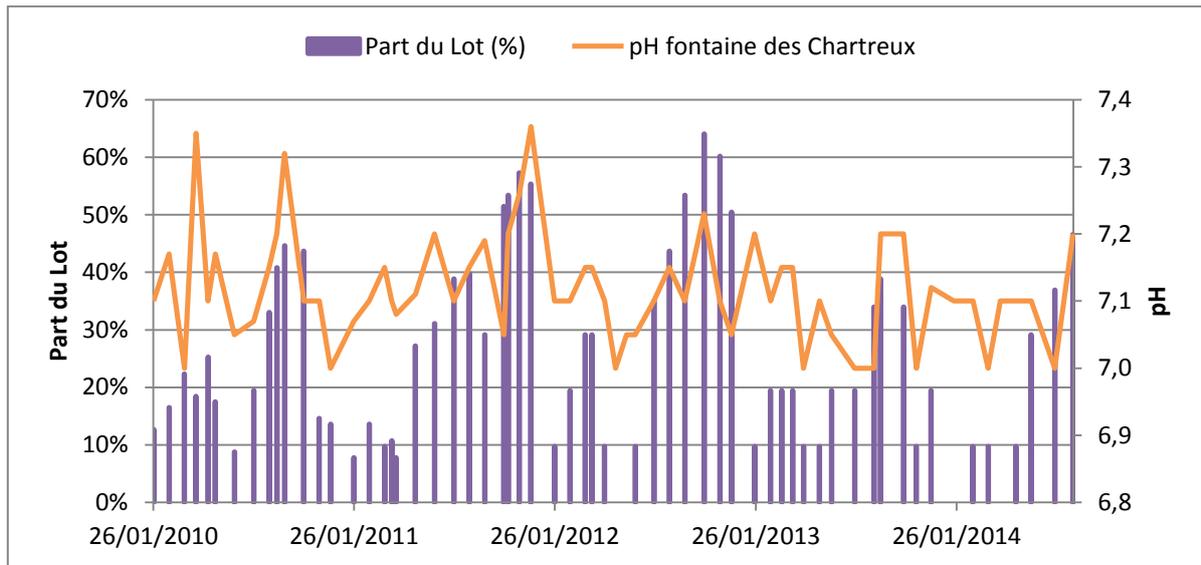


Figure 17 : Evolution du pH de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2010.

Figure 17, le pH semble augmenter lorsque la part du Lot est élevée. Or, la modification de pH, et donc éventuellement de l'équilibre calco-carbonique, peut influencer le caractère entartrant ou corrosif de l'eau de la fontaine des Chartreux. Toutefois la variation de pH est tout de même faible (~ 7 à 7,4).

A noter que les pics de pH sont corrélés aux pics de la part d'eau du Lot dans la fontaine des Chartreux.

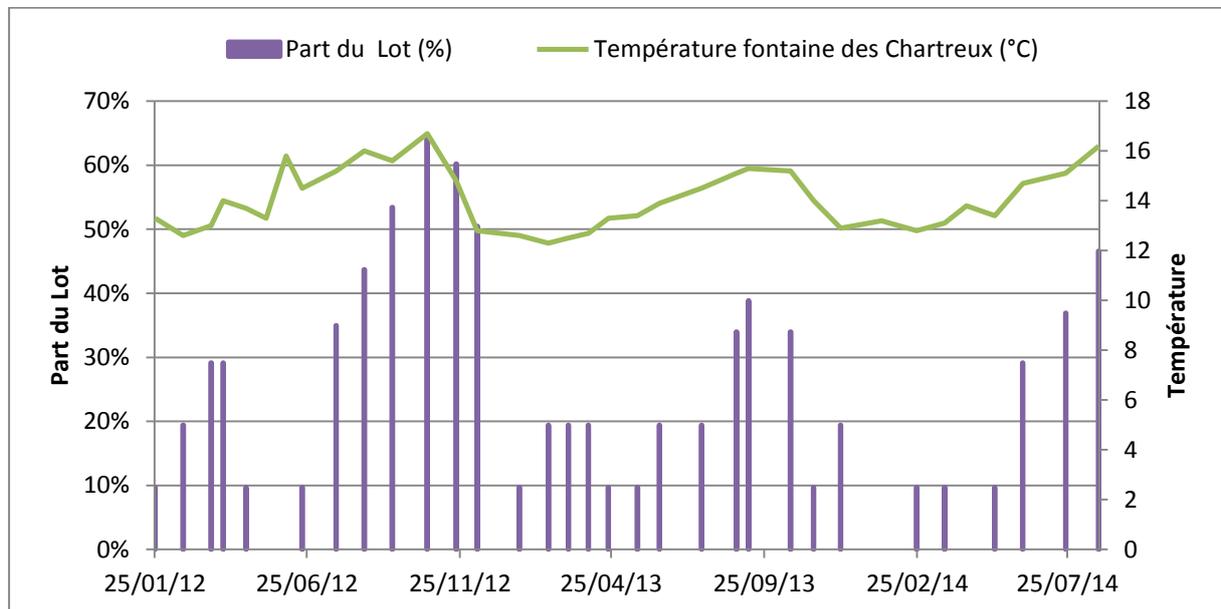


Figure 18 : Evolution de la température de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2012.

Figure 18, la température de l'eau de la fontaine des Chartreux semble augmenter sensiblement avec la part d'eau du Lot. En effet, la hausse de température de l'eau du Lot au cours de l'année fait augmenter, lors du mélange, la température de l'eau de la fontaine des Chartreux. Il y a notamment des pics estivaux de température de l'eau du Lot (cf. Figure 19) qui expliquent les légers pics de température de l'eau de la fontaine des Chartreux.

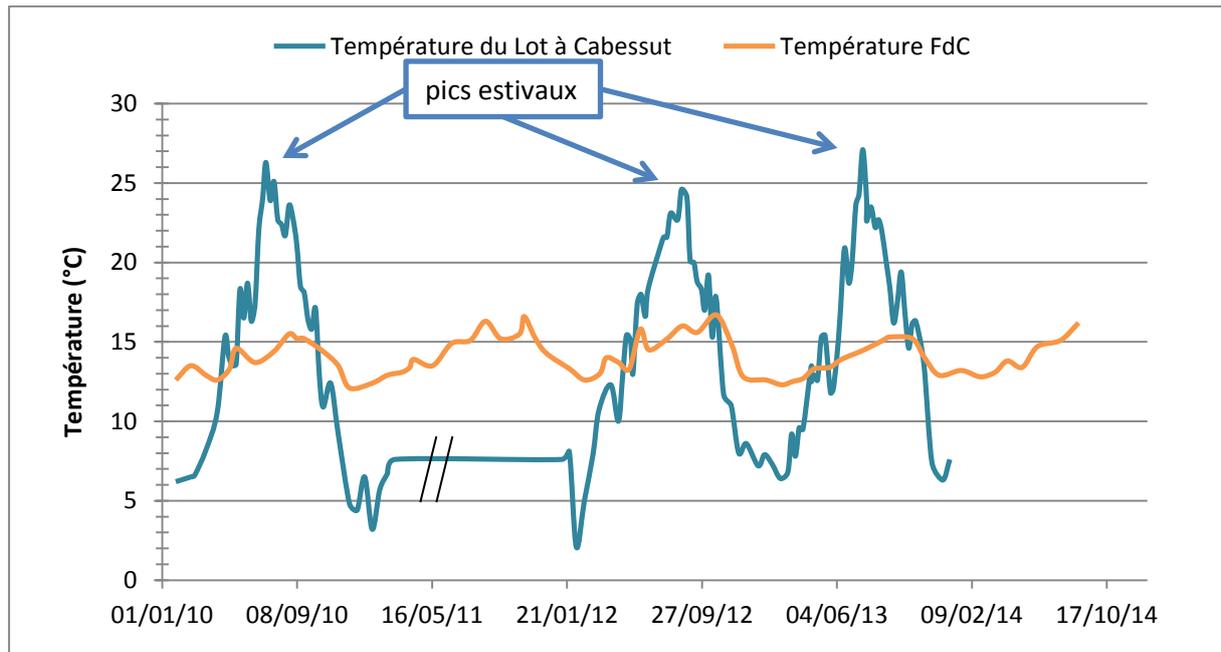


Figure 19 : Comparaison des températures des eaux du Lot et de la fontaine des Chartreux de 2010 à 2014.

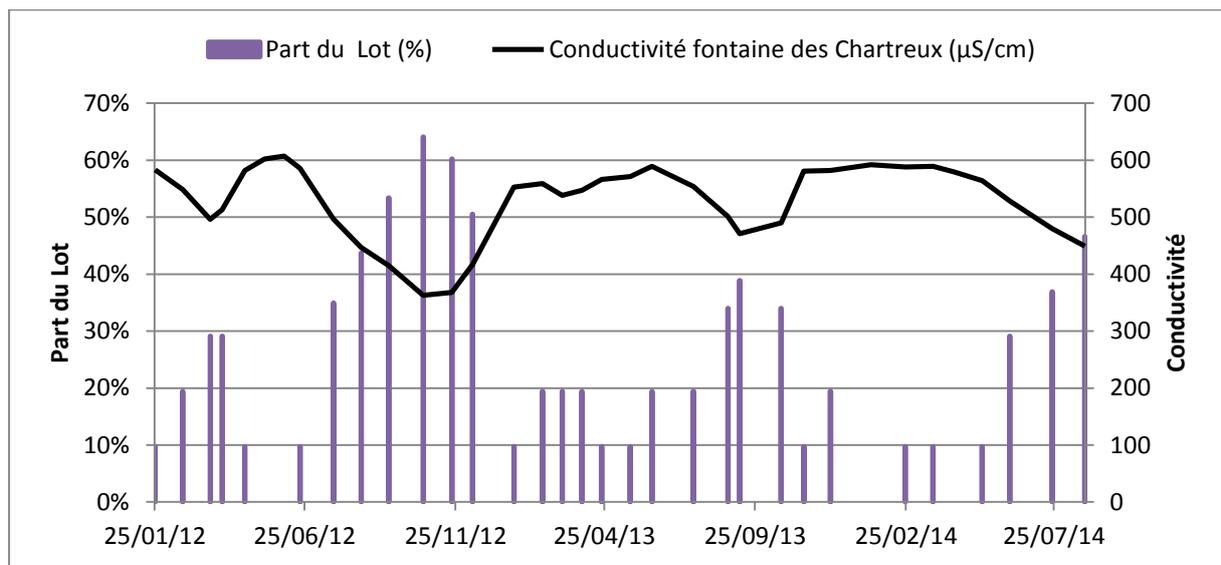


Figure 20 : Evolution de la conductivité de l'eau de la fontaine des Chartreux par rapport à la part d'eau du Lot depuis 2012.

Figure 20, il est observé que la conductivité baisse quand la part du Lot augmente, ce qui est cohérent car l'eau du Lot a une conductivité plus faible que l'eau karstique qui est très minéralisée.

A noter que le débit d'eau de la fontaine des Chartreux n'est pas connu du fait de la configuration du système karstique. Bien que les hauteurs des vasques situées à la fontaine des Chartreux soient mesurées, leurs variations ne sont pas significatives.

2.1.1.4. L'influence sur le cuivre dans l'eau usée

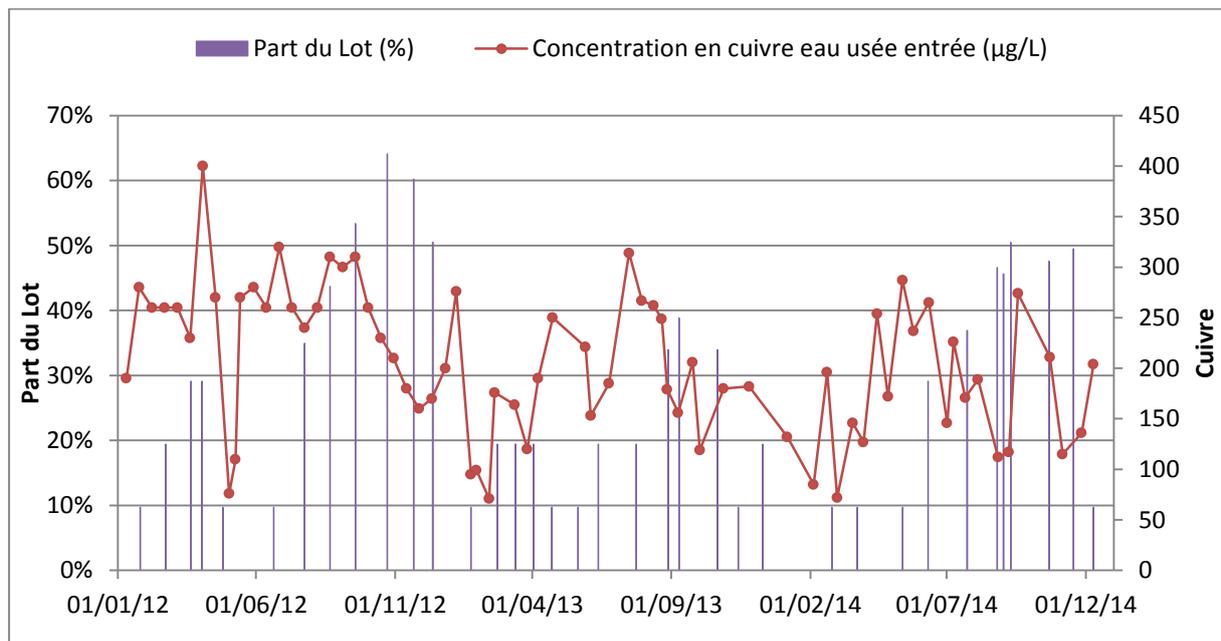


Figure 21 : Comparaison de la concentration en cuivre de l'eau usée par rapport à la part d'eau du Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux depuis 2012.

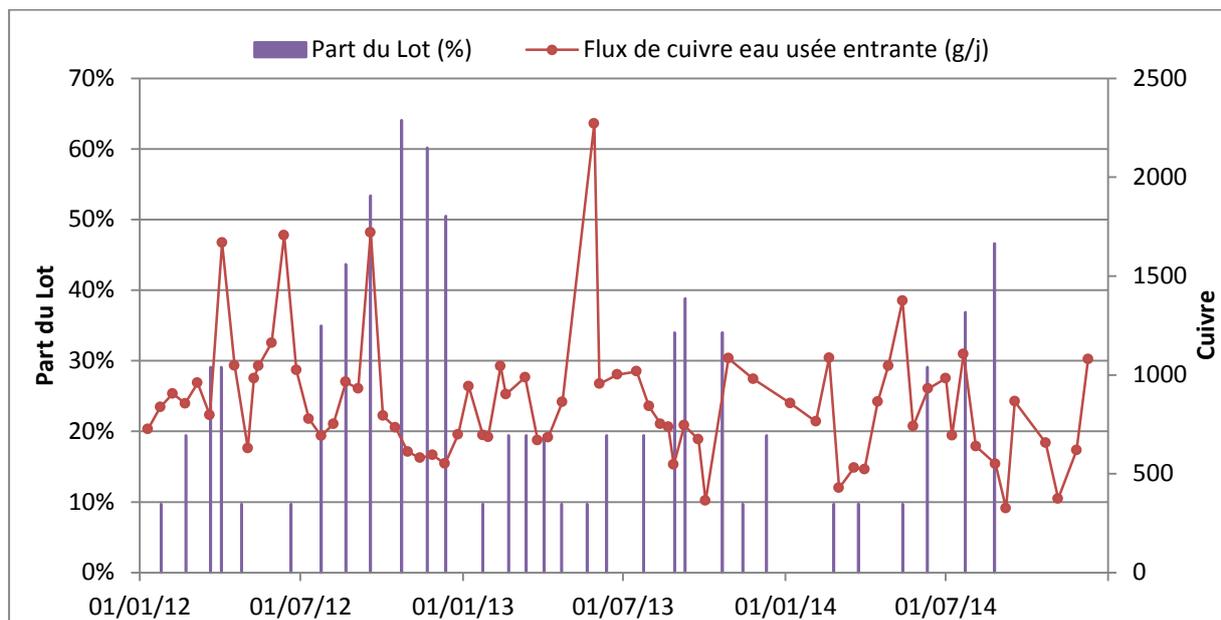


Figure 22 : Comparaison du flux de cuivre de l'eau usée par rapport à la part de l'eau du Lot dans l'eau de la fontaine des Chartreux depuis 2012.

Les Figure 21 et Figure 22 ne montrent pas de lien évident entre la part du Lot dans la ressource et, la concentration ou le flux de cuivre de l'eau usée.

Le même travail de comparaison a été effectué en intégrant dans les graphiques le temps de transit de l'eau de sa production à la STEU, ou encore en séparant les valeurs en temps sec des valeurs en temps de pluie pour ne pas prendre en compte l'influence des eaux pluviales collectées dans l'interprétation.

Il n'y a pas non plus de lien direct qui a pu être mis en évidence entre la teneur en cuivre des boues et la part d'eau du Lot.

Ceci est conforté par les résultats d'analyses de boues effectuées sur des prélèvements hebdomadaires en 2014 (cf. Figure 23). En effet, contrairement aux observations des teneurs en cuivre de 2012 et 2013, il n'y a pas eu de saisonnalité des dépassements en 2014. Les boues ne sont pas conformes à différentes dates sur toute l'année.

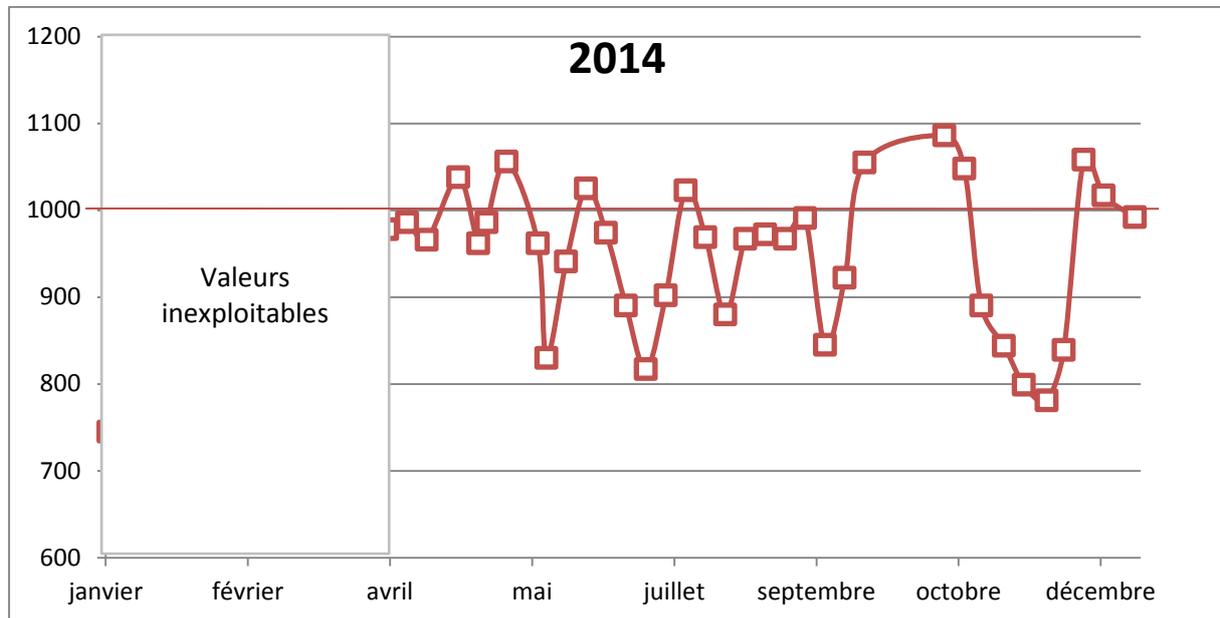


Figure 23 : Teneur en cuivre des boues déshydratées de la STEU de Cahors en 2014.

A noter que, en ce qui concerne l'influence de la pluviométrie sur l'eau de la fontaine des Chartreux, le bassin d'alimentation du système karstique est d'environ 200 km². Il est donc compliqué d'estimer la pluviométrie moyenne du bassin et son effet sur la fontaine des Chartreux, et le gain d'informations ne semble pas très important.

► Il a été démontré précédemment qu'il existe une variation saisonnière de la qualité de la ressource en lien avec la part d'eau du Lot. Cette part influe sur la température, le pH et la conductivité de l'eau de la fontaine des Chartreux. Néanmoins, aucun lien direct n'a pu être mis en évidence entre le cuivre à la STEU et la part d'eau du Lot.

2.1.2. L'eau potable

2.1.2.1. La caractérisation de l'eau distribuée

La ressource subit seulement un traitement de chloration. Ainsi, elle reste au point de mise en distribution entartrante ou à l'équilibre.

L'eau distribuée, au robinet du consommateur, est conforme vis-à-vis du cuivre, la valeur moyenne de 2011 à 2014 est de 0,221 mg/L (3 valeurs annuelles). A Cahors, un important enrichissement de l'eau en cuivre au cours de sa distribution (0,002 mg/L à la source) est observé.

En ce qui concerne la turbidité de l'eau potable, la limite de qualité réglementaire au point de distribution est de 1 NTU et la référence de qualité au robinet du consommateur de 2 NTU. Il existe également une référence de qualité au point de mise en distribution de 0,5 NTU pour les eaux douces superficielles utilisées ou destinées à être utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine et pour les eaux d'origine souterraine provenant de milieux fissurés présentant une turbidité périodique importante et supérieure à 2,0 NFU, qui s'applique à l'eau de la fontaine des Chartreux.

En effet celle-ci subit des dépassements temporaires de la limite de qualité de la turbidité. Il y a 25% de dépassements (soit 34 valeurs sur 134) de 2003 à 2012 avec des pics allant jusqu'à 30 NFU (source : réalisation du schéma directeur d'eau potable de la ville de Cahors - Étude des solutions de traitement, SAFEGE, 2013).

A noter qu'il n'y a pas de plus forte sollicitation du réseau d'eau potable à Cahors en été, qui pourrait accentuer la corrosion à cette période, car la production d'eau potable est régulière sur l'année.

2.1.2.2. Les STEU dont l'eau usée est issue de l'eau potable provenant de la fontaine des Chartreux

Pour estimer l'influence potentielle de l'eau potable provenant de la fontaine des Chartreux sur la teneur en cuivre des boues d'épuration, les communes alimentées par l'eau potable de la fontaine des Chartreux ont été identifiées ainsi que les stations d'épuration associées.

En 2014, 30 communes sont alimentées en eau potable issue de la fontaine des Chartreux. Ainsi, il existe 18 STEU dont l'eau usée est liée à l'eau de la fontaine des Chartreux (cf. Tableau 13).

Tableau 13 : Liste des STEU liées à la fontaine des Chartreux avec leur teneur en cuivre des boues. Classement dans l'ordre décroissant de la part de la fontaine des Chartreux.

Nom de la STEU	Part de la fontaine des Chartreux en 2013	Teneur moyenne en cuivre dans les boues au 6/07/15 (mg/kg MS)	Valeurs non conformes	Filière eau
Cahors Agglomération	78%	932	42/126	Boues activées
Castelnau Montratier Bourg	62%	ND	0/0	Filtre planté de roseaux
Cahors Lacapelle	62%	ND	0/0	Filtre planté de roseaux
Castelnau Montratier Boisse	62%	657	0/4	Décanteur digesteur
Flaugnac Bourg	62%	753	0/4	Lit bactérien
Labastide Marnhac Bourg	62%	781	1/7	Boue activée
Labastide Marnhac Le Cluzel	62%	1142	2/2	Filtre à sable
Lascabanes Bourg	62%	740	0/7	Disques biologiques
Le Montat Bourg	62%	776	1/5	Filtre à sable
Lhospitalet Bourg	62%	1020	2/5	Filtre à sable
Montcuq Bourg	62%	684	0/6	Boue activée
Saint Paul de Loubressac Bourg	62%	552	0/7	Disques biologiques
Sainte Alauzie Bourg	62%	ND	0/0	Filtre à sable
Caillac Reignac	57%	552	0/9	Boues activées
Saint Matré Bourg	50%	ND	0/0	Filtre planté de roseaux
Pradines Flaynac	5%	ND	0/0	Filtre à sable
Fontanes Bourg	4%	ND	0/0	Filtre planté de roseaux
Fontanes Sycala	4%	397	0/5	Boues activées

Il est observé que les STEU sont alimentées de 4 % à 78 % d'eau provenant de la fontaine des Chartreux.

Les teneurs en cuivre des boues sont globalement élevées, elles avoisinent ou dépassent la moyenne départementale de 600 mg/kg MS. De plus des non-conformités sont observées sur certaines STEU. Il n'apparaît pas de lien de proportionnalité entre la teneur en cuivre des boues et l'eau provenant de la fontaine des Chartreux.

En effet, à ces résultats, il faudrait intégrer la filière de traitement, le remplissage de la STEU, le type de réseau de collecte... dans le but d'affiner l'impact qu'ils sont susceptibles d'avoir sur la teneur en cuivre des boues.

Par ailleurs, le nouveau schéma directeur départemental d'AEP (alimentation en eau potable) prévoit un élargissement de l'utilisation de la fontaine des Chartreux. Il est alors nécessaire d'évaluer l'impact potentiel de cet élargissement sur les boues des STEU concernées.

Une augmentation de la part d'alimentation de la fontaine des Chartreux est prévue dans les communes de Caillac (passage de 0 % à 100 %) et de Mercuès et Espère (de 75 % à 100 %). Ainsi, la STEU de Caillac-Reignac passerait de 57 % d'alimentation par la fontaine des Chartreux à 83 %. Les boues ont une teneur en cuivre actuellement d'environ 550 mg/kg MS. La production concernée est de 200 t de boues brutes par an. Comme il s'agit d'une STEU à boues activées l'évolution de la qualité des boues est à surveiller.

2.1.2.3. Les traitements de la ressource en eau de Cahors

Deux études ont été mandatées par la ville de Cahors :

- Bureau d'étude Hydratec, 2011 : « Recherche de traitement contre la corrosivité de l'eau potable ».
- Bureau d'étude SAFEGE, 2013 : « Schéma directeur d'eau potable de la ville de Cahors ».

Les objectifs de ces études étaient de rechercher des traitements pour les non-conformités sur l'eau potable : turbidité et/ou la corrosivité de l'eau.

Différentes solutions de traitement de l'eau ont été proposées pour :

- Turbidité et corrosion :
 - Décarbonatation.
 - Décantation, coagulation/floculation (CF), filtre à sable (FAS) et inhibiteur de corrosion.
- Turbidité seule :
 - Coagulation/floculation et filtre à sable.
 - Ultrafiltration (UFT).

D'après la circulaire n° 2004-557 DGS/SD 7 A du 25 novembre 2004 relative aux mesures correctives à mettre en œuvre pour réduire la dissolution du plomb dans l'eau destinée à la consommation humaine, le traitement filmogène est à utiliser principalement pour atteindre la limite de qualité du plomb et sous conditions spécifiques. Ainsi, le traitement inhibiteur ne peut être mis en œuvre réglementairement pour l'eau de Cahors.

Les avis recueillis auprès de l'ARS, du Département, de la cellule Eau potable du SYDED confirment l'obligation réglementaire d'agir sur l'eau potable pour l'aspect sanitaire notamment pour la turbidité mais pas pour la corrosivité. La mise à l'équilibre de l'eau est a priori non nécessaire mais apporterait des améliorations :

- pour l'usager : diminution des dépôts calcaires, et de la corrosion des canalisations en cuivre ;
- pour le traitement des boues : diminution de leur teneur en cuivre.

Tableau 14 : Coûts et solutions possibles à mettre en œuvre sur l'eau potable de Cahors.

Traitement de l'eau	Décarbonatation	Décantation+CF+FAS	UFT
	Turbidité + corrosivité	Turbidité	Turbidité
Investissement	4 802 000 €	4 279 000 €	4 285 820 €
Amortissement / 30 ans	160 067 €	142 633 €	142 861 €
Exploitation	328 405 €	188 320 €	130 000 €
Total annuel amortissement et exploitation	488 472 €	330 953 €	272 861 €
Remarques	Réserves émises par Hydratec sur l'efficacité du traitement par rapport à la corrosivité	- Désaccord des bureaux d'études pour la CF+FAS concernant les seuils de traitement de la turbidité. - Réserves sur le bon fonctionnement de la décantation par SAFEGE justifiant de la faible turbidité de l'eau.	

Il est considéré que l'installation de traitement sera amortie en 30 ans, que les boues d'épuration sont conformes pour la décarbonatation et non conformes pour la décantation, coagulation/floculation avec filtre à sable et l'ultrafiltration.

La différence de coût annuel entre la décarbonatation qui permettrait éventuellement d'obtenir des boues d'épuration conformes et le traitement le moins cher (UFT) correspondant à des boues non conformes est de 215 611 €.

Pour rappel la production annuelle de boues brutes à Cahors est d'environ 1 700 t. Le surcoût de traitement en filière spécifique des boues non conformes est de 140 € HT/t (marché actuel), soit 238 000 € HT pour 1 700 t. Ainsi la différence de coût entre les deux procédés correspond quasiment au surcoût de l'élimination de l'ensemble de la production annuelle de boues de la STEU de Cahors. Il n'y a donc pas d'intérêt, d'un point de vue strictement financier vis-à-vis de la filière d'élimination des boues, à privilégier la décarbonatation par rapport à l'UFT. A noter néanmoins que, l'incidence sur la conformité des autres boues des STEU dont l'eau est issue de la fontaine des Chartreux n'est pas prise en compte dans ce calcul. De plus, l'incidence environnementale n'est pas abordée dans ces études. Si les boues ne sont pas conformes, la commune aurait probablement recours à une filière de type ISDND alors qu'une conformité des boues permet leur recyclage en tant que matière fertilisante via le compostage. Enfin l'action sur la corrosivité de l'eau pourrait apporter un confort pour l'utilisateur (entartement...).

Par ailleurs, afin de réduire la corrosion, il serait nécessaire de mener une étude poussée sur les caractéristiques de l'eau potable produite et leurs évolutions au cours de sa distribution jusqu'au robinet de l'utilisateur. Néanmoins, compte tenu du nombre de paramètres à considérer, de la complexité des phénomènes et de leurs interactions, nous émettons de fortes réserves sur la réalisation d'une future étude détachée de tout engagement du mandataire sur l'aspect opérationnel.

► **Aucun lien direct n'a été mis en évidence entre la variation de la qualité de la ressource en eau de la fontaine des Chartreux et la teneur en cuivre des boues déshydratées. En effet, d'autres paramètres sont à prendre en considération tels que la filière de traitement de la STEU, le réseau de collecte...**

D'un point de vue strictement financier, en tenant compte uniquement du coût d'élimination des boues non conformes, il n'y a pas une solution de traitement de l'eau potable étudiée pour la ville qui apparaît à privilégier.

L'enrichissement en cuivre de l'eau lors de sa distribution a été mis en évidence. Or, si la corrosivité de l'eau de Cahors ne provient pas de la qualité de l'eau potable à son point de production, il se peut que le réseau de distribution en soit à l'origine. En effet, il est connu que certains phénomènes dans le réseau de distribution peuvent influencer sur la corrosivité de l'eau tels que : le temps de stagnation de l'eau, la vitesse de circulation de l'eau, la pression dans les conduites, et les passages dans les réservoirs (modification du CO₂ libre).

Ainsi, il est suspecté une possible modification de la qualité de l'eau au cours de sa distribution. Il serait donc intéressant d'étudier plus en détails les caractéristiques de l'eau au cours de sa distribution pour ensuite déterminer un traitement approprié de l'eau de Cahors. Une étude pourrait être réalisée sur le réseau de distribution de l'eau potable afin de déterminer quels sont les endroits propices à la modification des caractéristiques de l'eau. Ceci étant, compte tenu du nombre de paramètres à considérer, de la complexité des phénomènes et de leurs interactions, nous émettons de fortes réserves sur la réalisation d'une future étude détachée de tout engagement du mandataire sur l'aspect opérationnel.

2.1.3. L'eau usée

2.1.3.1. La caractérisation de l'eau usée

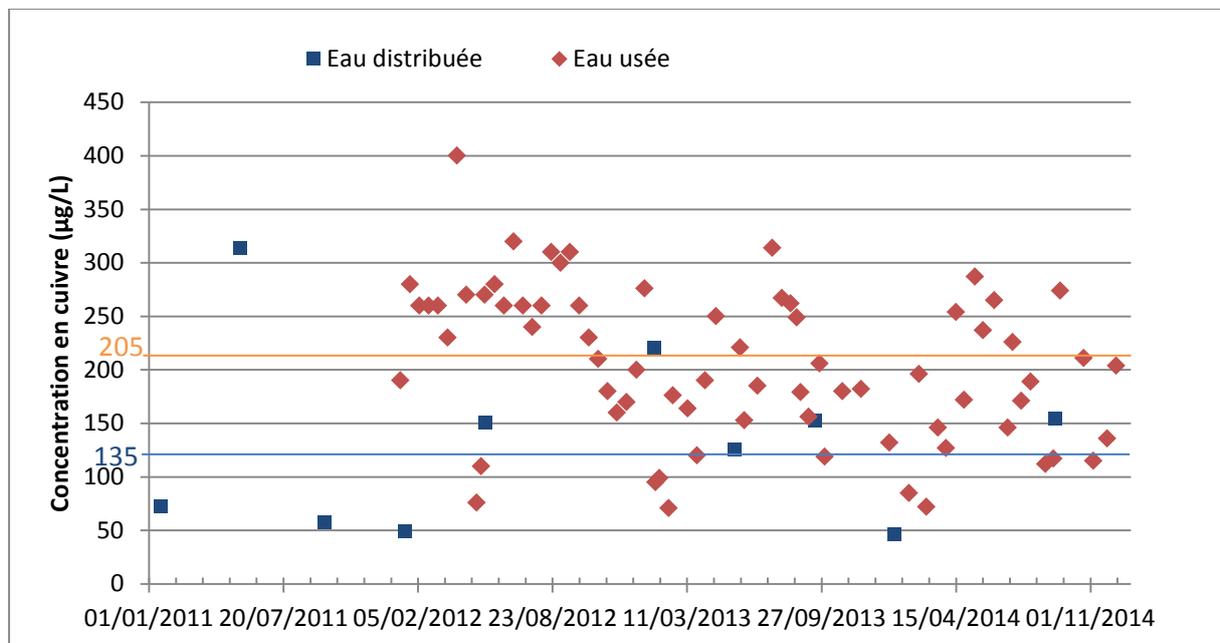


Figure 24 : Comparaison de la concentration en cuivre de l'eau distribuée avec celle de l'eau usée en entrée de la STEU de Cahors.

Les prélèvements d'eau potable réalisés par l'ARS sont effectués au premier jet du robinet, ce qui suppose une concentration ponctuelle maximale, sur des points représentatifs de l'eau distribuée et régulièrement utilisés pour la consommation humaine (non stagnante). Le résultat n'est pas représentatif de l'eau distribuée sur tout le réseau, il est fonction de la dissolution des métaux dans le réseau de canalisation du point de prélèvement (ancien, qualité du matériau...). Ainsi, les variations de concentration en cuivre de l'eau distribuée dépendent du point de prélèvement, et ne sont donc pas uniquement dues à la qualité de la ressource.

Les échantillons constitués sur l'eau usée sont quant à eux issus de prélèvements proportionnels au débit d'entrée sur 24 heures. Ils sont réalisés par les services techniques de la STEU dans le cadre de l'autosurveillance réglementaire.

Figure 24, la moyenne des concentrations en cuivre mesurées sur l'eau distribuée est de 135 µg/L sans les pics, 840 µg/L (17 septembre 2012) et 474 µg/L (20 mai 2014) que nous avons retirés, alors que celle de l'eau usée est de 205 µg/L (2012 à 2014).

La concentration en cuivre de l'eau distribuée est donc inférieure à celle de l'eau usée en entrée de station. Ceci confirme les apports de cuivre lors des usages de l'eau. Ces apports apparaissent tout de même moins importants que l'enrichissement en cuivre qui se produit lors de la distribution de l'eau potable où la concentration est multipliée par 100.

D'importantes variations de la concentration et du flux de cuivre sont observées dans l'eau usée arrivant à la STEU (cf. Figure 25). Le flux de cuivre moyen de 2012 à 2014 est de 973 g/j avec un minimum de 324 g/j et un maximum de 11 060 g/j (cf. Figure 25).

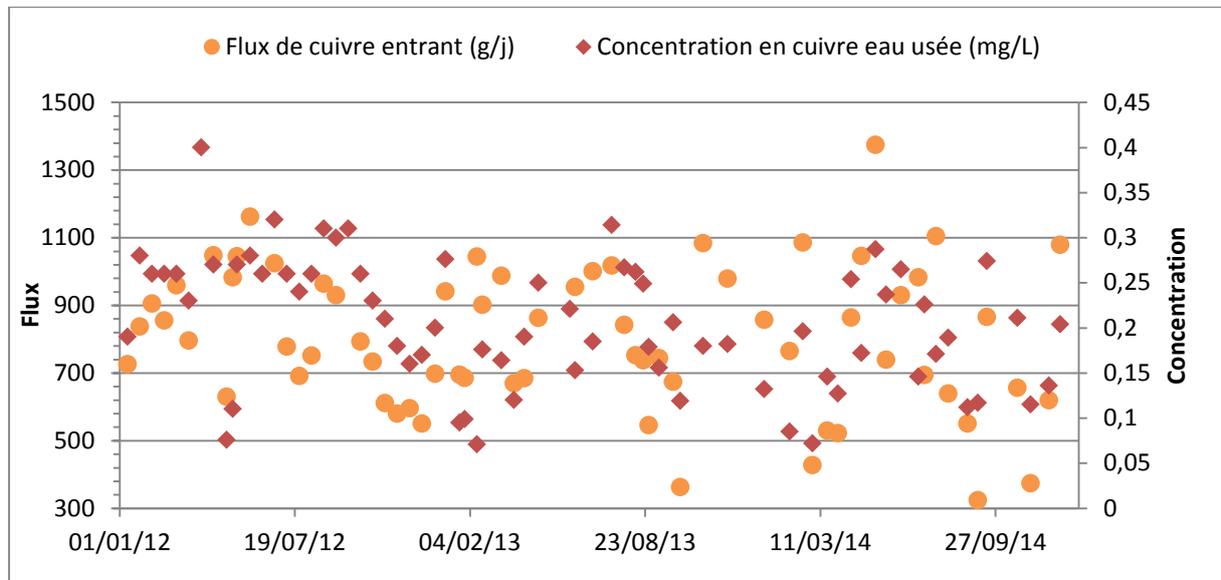


Figure 25 : Concentration et flux de cuivre en entrée de la STEU de Cahors de 2012 à 2014.

Ainsi, ont été recherchées les sources possibles d'apport de cuivre dans l'eau usée : les eaux pluviales, les eaux usées domestiques et assimilés domestiques et les eaux usées non domestiques.

2.1.3.2. Les eaux pluviales

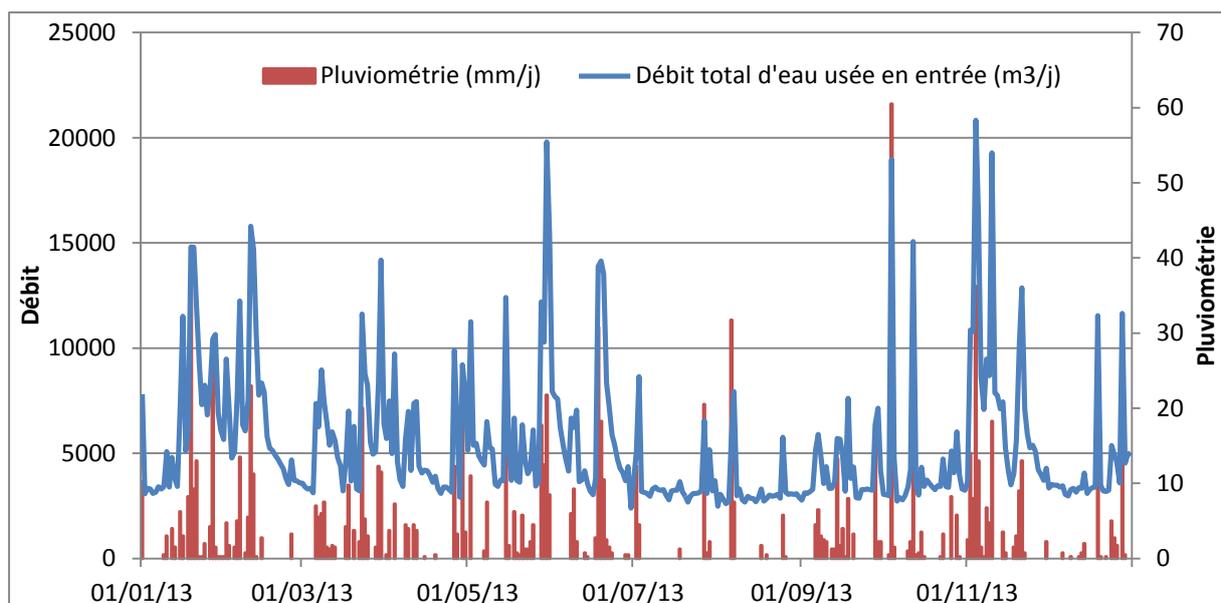


Figure 26 : Comparaison de la pluviométrie au débit journalier entrant à la STEU de Cahors en 2013.

Figure 26, les courbes de pluviométrie enregistrée sur la STEU et de débit d'eau usée entrant évoluent globalement dans le même sens, mais il n'y a pas de proportionnalité. En effet, pour une même pluviométrie, l'impact sur le débit peut être minime ou fort. Cela s'explique par la nature mixte du réseau de collecte : si le phénomène pluviométrique est localisé sur la partie du réseau unitaire l'impact sera différent de s'il est localisé sur une partie majoritairement séparative.

A noter que le réseau de collecte est équipé d'un nombre important de déversoirs d'orage qui ont pour fonction d'écrêter les débits de temps de pluie arrivant à la STEU.

De plus, les apports de cuivre seront différents selon les caractéristiques de l'eau de pluie : ruissellement sur une surface imperméabilisée ou non, urbaine/rurale, intensité de la pluie, temps sec préalable... A noter que le lessivage du réseau unitaire de collecte est connu comme un important polluant de l'eau de pluie.

Néanmoins, il est intéressant de vérifier si un lien existe entre la pluviométrie à la STEU de Cahors et le flux de cuivre de l'eau usée.

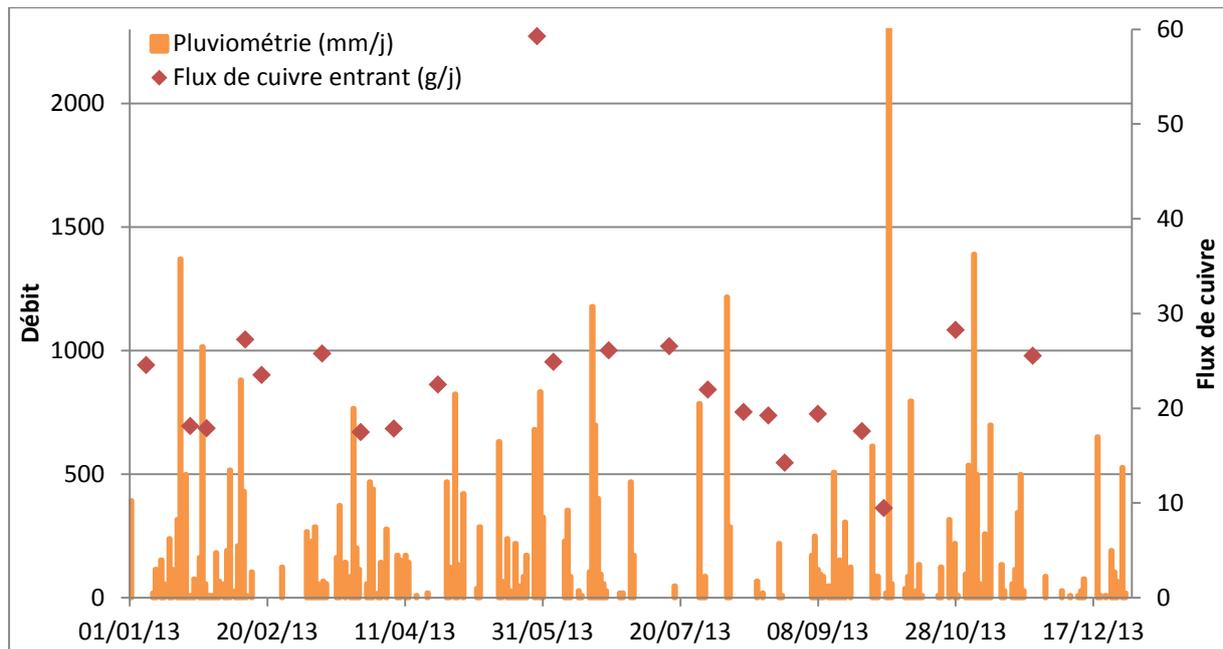


Figure 27 : Comparaison de la pluviométrie au flux de cuivre à la STEU de Cahors en 2013.

La Figure 27 ne montre pas de diminution du flux de cuivre arrivant à la STEU, ni d'augmentation nette avec la pluviométrie. En 2013, le flux de cuivre moyen est de 883 g/j avec un minimum de 363 g/j maximum de 2 272 g/j.

De même, aucun lien n'a pu être établi avec l'évolution de la teneur en cuivre des boues déshydratées.

2.1.3.3. Les eaux usées domestiques

Au début de l'étude, la recherche était axée sur les sources d'apports de cuivre dans l'eau usée notamment en été puisqu'une augmentation de la teneur en cuivre des boues déshydratées avait été observée en 2012 et en 2013 sur la période de juin à septembre.

Ainsi, une recherche a porté sur les hébergements saisonniers où l'eau stagnante peut renforcer le phénomène de corrosion des canalisations. D'après l'INSEE en 2011, 4,7 % de résidences secondaires et logements occasionnels ont été recensés à Cahors. Cette valeur étant faible, les recherches n'ont pas été poursuivies.

A savoir que les hôtels et le camping de ville de Cahors n'ont pas fait l'objet d'une recherche. En effet, il a été considéré que :

- dans les hôtels, une sollicitation régulière de l'eau est effectuée et ne serait donc pas à l'origine d'eau stagnante et ainsi d'apport de cuivre ;
- au camping la longueur des canalisations en cuivre est limitée et par ailleurs la période d'ouverture ne se limite pas à la saison estivale (ouverture 1^{er} avril au 30 septembre). De plus un seul pic de cuivre lié à l'eau ayant stagnée dans les canalisations serait décelé dans l'eau usée lors de la réouverture de la structure.

Une autre recherche a été menée sur les piscines collectives et privées à Cahors, elle est présentée dans la note en annexe 12. En effet, les piscines peuvent être à l'origine de rejets chargés en cuivre : en 2013, un cas de contamination de boues d'épuration par la piscine du centre sportif de Blocry (Belgique) a été mis en évidence. La piscine traitait son eau avec un électrolyseur cuivre-argent et rejetait alors beaucoup de cuivre dans le réseau.

L'étude de la composition des produits de traitement des piscines a montré que peu de produits comportent du cuivre. Toutefois, il y en a dans la composition des galets au chlore à hauteur de 1%.

Réglementairement, le rejet des eaux de piscines est interdit dans le réseau de collecte des eaux usées, mais une dérogation peut être accordée par la commune sous réserve de prescriptions à respecter (pré-traitements...).

Il est majoritairement observé que, le réseau de collecte séparatif accepte les eaux de lavage des filtres et le réseau unitaire les eaux de lavage et de vidange.

A Cahors, environ 30 piscines privées sont situées sur le secteur du réseau unitaire et une centaine sur le réseau séparatif. Les gestionnaires du réseau de collecte de Cahors imposent uniquement que les eaux de lavage des filtres soient raccordées. Néanmoins la plupart du temps il n'y a qu'une seule sortie eaux de lavage et eaux de vidange. Ainsi, la majorité des piscines privées raccordent également leurs eaux de vidange au réseau de collecte des eaux usées.

De plus, sont raccordés au réseau de collecte : le complexe aquatique Divonéo et la piscine d'été de l'Archipel dont les produits de traitement ne sont pas composés de sulfate de cuivre.

► L'étude menée sur les piscines des particuliers a montré que les opérations de lavage des filtres et de vidange peuvent dans certaines conditions contribuer à augmenter la concentration en cuivre en entrée de station, en apportant jusqu'à un peu moins de 10% du cuivre entrant, mais n'est pas à l'origine unique de la concentration élevée en cuivre dans les boues de Cahors.

2.1.3.4. Les eaux usées non domestiques

Une recherche sur les eaux usées non domestiques a été effectuée. Les entreprises d'activités industrielles et tertiaires raccordées au réseau de collecte et qui rejettent des effluents non domestiques ont été listées. Celle-ci ont été regroupées Tableau 15 selon leur secteur d'activité, et les utilisations possibles du cuivre ont été recensées.

Tableau 15 : Liste simplifiée des industries pouvant apporter du cuivre à la STEU de Cahors selon leur activité.

Secteur d'activité	Nombre d'entreprises	Activité	Utilisation possible du cuivre
Photographie	2	Photos, développement argentique, objets avec photos	Cuivre utilisé dans les vernis
Imprimerie	2	Imprimerie et services annexes (y compris reliure, photogravure,...)	pH très alcalin, matières en suspension (fibres textiles), températures élevées et présence possible de métaux lourds et d'hydrocarbures (ASCOMADE)

Secteur d'activité	Nombre d'entreprises	Activité	Utilisation possible du cuivre
Pressing	3		Solvants essentiellement
Automobile	34	Garages, stations-service, carrossiers	Moteurs, radiateurs, connecteurs, freins comportent du cuivre Cuivre dans traitement de surface, peintures, pot échappements
Autres	Laboratoire Pierre Fabre Naturactive (huiles+plantes)	Fabrication et conditionnement de gélules et capsules en pilulier pour des produits naturels destinés à la phytothérapie et à l'aromathérapie. Production de poudres (talc bébé, shampoing sec) pour dermo-cosmétiques	Cuivre = oligo-éléments
	MAEC groupe CAHORS	Fabrication de coffrets en matière plastique, traitement de surface de pièces métalliques, fabrication d'appareillage électrique Recherche, production et commercialisation dans l'électrotechnique et plasturgie. Assemblage et montage. Spécialisée dans le moulage à chaud des matériaux thermodurcissables et thermoplastiques (presses à compression, presses à injection, peinture)	Galvanoplastie (électrodes de galvanisation, les cellules photoélectriques et pâtes pour brasure) Catalyseurs dans les réactions chimiques (synthèse organique). Revêtement et peintures, solvants, diluants Traitement de surface des métaux et matières plastiques
	Centre hospitalier Jean Rougier	Blanchisserie-teinturerie : blanchissement et traitement des fibres textiles, chiffons	Application de mordant à base de chrome, de sels de cuivre, d'étain, de sulfate de fer et d'alun et de l'acide oxalique

L'entreprise MAEC (Manufacture d'Appareillage EleCtrique) semble être le raccordé qui rejetterait potentiellement le plus de cuivre. Elle possède des arrêtés préfectoraux au titre des ICPE et un arrêté municipal d'autorisation de déversement au réseau de collecte qui fixe le flux maximum de cuivre autorisé à 72 g/j. En considérant le flux moyen annuel de cuivre entrant à la STEU à 800 g/j, le flux de cuivre maximal autorisé pour la MAEC correspondrait à ~ 9 % du flux entrant à la station d'épuration soit 66 mg/kg MS dans les boues déshydratées, ce qui n'est pas négligeable.

Toutefois les résultats des mesures d'auto-surveillance effectuées par la MAEC en sortie de son prétraitement pour mars 2015 et juin 2015 montrent des résultats faibles mais disparates pour la concentration en cuivre qui sont respectivement 0,18 mg/L soit 1,5 g/j et 0,041 mg/L soit 0,5 g/j. Les flux correspondant sont donc largement inférieurs au seuil de l'arrêté préfectoral pour ces deux mesures.

Par ailleurs, il s'est posé la question sur l'utilisation de la bouillie bordelaise en viticulture qui est présente sur ce territoire. La période d'utilisation de la bouillie bordelaise sur la vigne est théoriquement au printemps et en été. Néanmoins, le réseau de collecte est peu concerné par des raccordements de viticulteurs donc cette hypothèse a été écartée.

► Dans l'eau usée, d'importantes variations de la concentration et du flux de cuivre sont observées. Les différentes sources possibles d'apport de cuivre ont été identifiées, néanmoins qu'il s'agisse de la ressource, de l'eau potable ou des eaux usées domestiques et non domestiques, aucune source majeure d'apport de cuivre n'a été mise en évidence.

2.1.4. La station d'épuration

2.1.4.1. Les apports extérieurs par dépotage

a. Les matières de vidange

Les matières de vidange (MV) dépotées quotidiennement en tête de la file de traitement à la STEU de Cahors n'avaient jamais été analysées vis-à-vis du cuivre. Les volumes journaliers dépotés sont irréguliers ainsi que la qualité des MV qui varie entre autres selon leur origine (lien avec l'alimentation en eau potable). Des prélèvements moyens journaliers de MV ont été analysés (cf. Tableau 16).

Tableau 16 : Caractérisation des matières de vidange sur un échantillon moyen journalier à la STEU de Cahors.

Date de prélèvement	Volume dépoté (m ³)	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (% de MS)
02/07/2014	12,1	499	3,2	72
10/07/2014	10,5	353	2,6	81,5

La teneur en cuivre des MV pour ces deux mesures n'est pas négligeable par rapport à la moyenne nationale de la teneur en cuivre des boues (330 mg/kg MS).

Les calculs présentés Tableau 17 permettent de déterminer les apports de cuivre et de MS dans les boues par les MV concernées. L'apport de MS correspond au volume dépoté (m³) multiplié par la teneur en matière sèche (g/L). La quantité de cuivre apportée correspond à l'apport de MS que multiplie la teneur en cuivre. Les pourcentages sont calculés par rapport aux moyennes 2014 de la teneur en cuivre des boues déshydratées (958 mg/kg MS) et de la production de MS journalière concernée.

Tableau 17 : Calculs des apports de cuivre et de MS dans les boues par les MV concernées à la STEU de Cahors.

Date de prélèvement	Apport de MS (kg MS)	Quantité de cuivre apportée dans les boues déshydratées (g)	MS apportée dans les boues déshydratées (%)	Cuivre apporté dans les boues déshydratées (%)
02/07/2014	387	193	25	11
10/07/2014	273	96	19	7

Les MV analysées pourraient apporter, sur 24 h, au maximum 193 g de cuivre ce qui constituerait pour ces 2 échantillons analysés 7 % à 11 % du cuivre que l'on retrouverait dans les boues déshydratées. En plus du cuivre, les MV apportent de la MS qui constituerait ici 19 % à 25 % de la MS des boues déshydratées. A noter que ces valeurs sont maximales car elles tiennent compte d'un abattement du cuivre et de MS dans les boues de 100 % lors du traitement biologique.

A noter que les dates de dépotages ont été comparées aux teneurs en cuivre des boues déshydratées : aucune tendance n'apparaît. En annexe 13 se trouve une note qui évalue le gisement potentiel de MV pour des dépotages à la STEU de Cahors selon un critère géographique, et le volume théorique nécessaire pour obtenir des boues conformes.

b. Les boues d'épuration

Certaines boues de petites stations d'épuration du département du Lot sont dépotées à la STEU de Cahors. Des analyses de boues sont réalisées avant chaque dépotage ce qui permet d'en connaître la qualité (cf. Tableau 18).

Tableau 18 : Boues d'épuration dépotées en 2014 à Cahors.

Station d'épuration	Volume dépoté (m ³)	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	Quantité de MS (kg MS)
St Géry	24	790	4,7	1128
Caniac du Causse	8	638	5,2	416
Labastide du Vert	9	500	6,5	585

Les calculs suivants sont effectués de la même façon que pour les MV sauf que la valeur de la production de MS journalière est basée sur la production moyenne annuelle de 1630 kg MS/j et non pas sur la production du jour concerné. De plus, l'hypothèse est prise que les boues dépotées sont traitées en un seul jour et que l'abattement du cuivre est total.

Tableau 19 : Calculs des apports de cuivre et de MS dans les boues par les boues d'épuration concernées.

Station d'épuration	Quantité de cuivre apportée dans les boues déshydratées (g)	MS apportée dans les boues déshydratées (%)	Cuivre apporté dans les boues déshydratées (%)
St Géry	891	69	57
Caniac du Causse	265	26	17
Labastide du Vert	293	36	19

Nous constatons que les boues d'épuration dépotées constituent une part importante de MS et de cuivre dans les boues de Cahors. En effet, ces dépotages constitueraient de 26 % à 69 % de la MS des boues déshydratées et jusqu'à 57 % du cuivre des boues déshydratées basé sur la production journalière de la STEU.

► Les MV et les boues dépotées apportent simultanément une part importante de MS et de cuivre dans les boues déshydratées de Cahors. Toutefois ces dépotages ne font pas augmenter la teneur en cuivre des boues déshydratées tant que la teneur en cuivre de l'apport lui est inférieure.

2.1.4.2. Les bilans des flux de cuivre

Les campagnes de prélèvements se sont déroulées de juillet à décembre 2014. Chaque mois, des prélèvements ont été effectués sur les différents types de boues (primaires, biologiques, mixtes et déshydratées) et l'eau usée. Les points de prélèvements sont représentés sur le synoptique général de la STEU en annexe 8 et les fiches de prélèvements figurent en annexe 10 et les résultats de la campagne sont en annexe 14.

A noter que le prélèvement daté du 22 juillet est affecté au mois d'août, il a été avancé pour des raisons techniques.

Tableau 20 : Résultats moyens 2014 des échantillons 24 h dans les boues primaires, biologiques et mixtes à la STEU de Cahors.

Boues	MS (% de MB)	MO (% de MS)	Cuivre (mg/kg MS)
Primaires	4,9	70,6	693
Biologiques	0,3	67,3	973
Mixtes	4,1	71,1	945

Nous observons Tableau 20 que la teneur en cuivre des boues primaires est d'environ 700 mg/kg MS contre plus de 900 mg/kg MS dans les biologiques. Ces résultats semblent aller dans le sens de la littérature : les ETM ont une affinité d'adsorption avec la matière organique (surfaces actives) des boues activées qui affecte le cuivre. Ces boues biologiques retiennent et accumulent plus de cuivre que les boues primaires et ont donc une teneur en cuivre plus élevée.

► La teneur en cuivre des boues biologiques est plus élevée que celle des primaires, ce qui confirme leur affinité avec le cuivre et une meilleure rétention.

Pour l'eau usée Tableau 21 :

- les flux du 29/09/15 ne sont pas présentés car les débits relevés ne sont pas exploitables ;
- les flux du 28/10/15 ne sont pas calculables car les prélèvements d'eaux usées n'ont pas été réalisés.

Tableau 21 : Flux de cuivre à la STEU de Cahors en g/j et abattement du cuivre par rapport au flux entrant.

Date de prélèvement	Pluviométrie (mm/j)	Flux de cuivre en fonctionnement (g/j)					Abattement STEU (hors by-pass)	Abattement global de la STEU (by- pass incl)
		Entrée STEU	Sortie décanteur primaire	Entrée SBR	Sortie SBR	Sortie STEU		
Temps de pluie								
01/07/2014	19	983	599	402	54	251		
Abattement			39%		35%		95%	74%
21/07/2014	6	1105	355	254	252	353		
Abattement			68%		0%		77%	68%
Temps sec								
05/11/2014	0,25	375	293	293	26	26		
Abattement			22%		71%			93%
09/12/2014	0	736	560	560	58	58		
Abattement			24%		68%			92%

Pour rappel, selon la littérature en temps sec l'abattement des flux de cuivre par rapport à l'entrée peut atteindre jusqu'à 30 % pour le traitement primaire et 60 % pour le traitement biologique. Il est observé Tableau 21 que les 5 novembre 2014 et 9 décembre 2014 les abattements calculés sont proches de la littérature.

D'après les résultats du Tableau 21 :

- En fonctionnement temps de pluie (1 et 21 juillet 2014) : un abattement du cuivre important au niveau de la décantation primaire ($\geq 39\%$) et plus faible au cours du traitement biologique est constaté. Ceci s'explique par le fait qu'en fonctionnement temps de pluie la décantation est physico-chimique avec ajout de floculant pour abattre les MES. Or, dans les eaux pluviales le cuivre est en grande partie lié aux MES donc si une quantité plus importante de MES est piégée, une quantité plus élevée de cuivre sera retenue dans les boues.
A noter que pour la mesure du 21 juillet 2014 l'abattement du cuivre de 0 % lors du traitement biologique nous pousse à nous poser la question de la représentativité de cette mesure néanmoins aucun élément lié à la réalisation de la campagne de prélèvement ne nous permet de l'écarter.
- En fonctionnement temps sec (5 novembre et 9 décembre 2014) : environ 20 % du flux de cuivre est abattu par la décantation primaire puis ~ 70 % au cours du traitement biologique ce qui correspond alors bien à la littérature. En effet, en temps sec la décantation est gravitaire, donc moins de MES et moins de cuivre sont piégés dans les boues primaires.

Figure 28 sont représentés les flux mesurés à la STEU de Cahors lors de la campagne des 1^{er} juillet 2014 et 5 novembre 2014 avec les fonctionnements en temps de pluie et en temps sec.

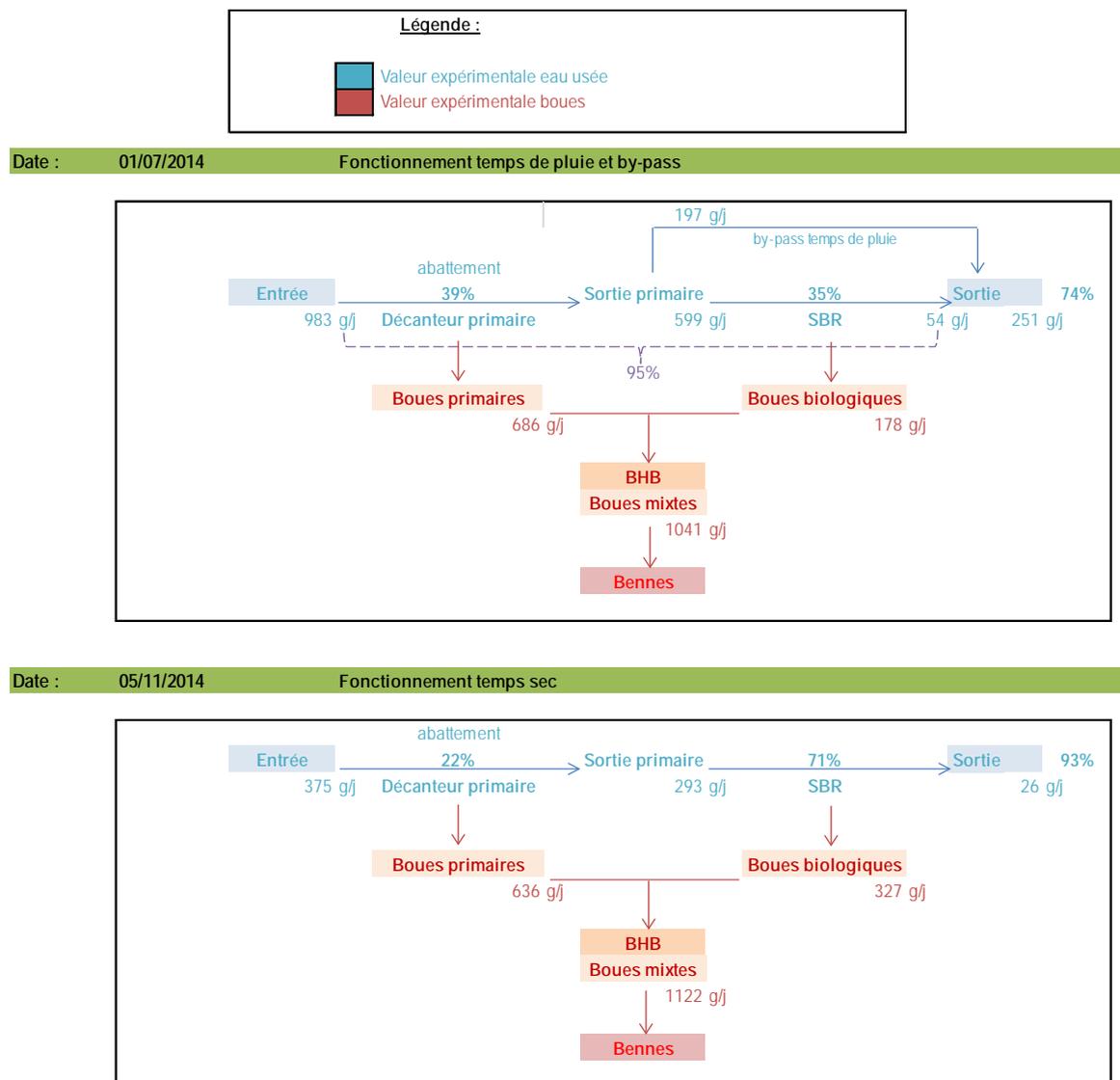


Figure 28 : Représentation schématique des résultats des flux de cuivre mesurés à la STEU de Cahors en fonctionnement temps de pluie et temps sec.

D'après les résultats de la campagne 2014 des Tableau 21 et Figure 28, le flux de cuivre entrant à la STEU est plus élevé en temps de pluie, on pourrait alors penser que les eaux pluviales apportent du cuivre. Or le flux entrant a été étudié sur plusieurs années à la STEU de Cahors (exemple Figure 27) e, la pluie n'a pas été identifiée comme étant responsable d'apport de cuivre dans la STEU.

► Les abattements des flux de cuivre par rapport à l'entrée énoncés dans la littérature en temps sec qui peuvent atteindre jusqu'à 30 % pour le traitement primaire et 60 % pour le traitement biologiques sont retrouvés lors des mesures réalisées sur la STEU de Cahors. A noter qu'en temps de pluie un abattement plus élevé est observé lors du traitement primaire alors qu'il diminue lors du traitement biologique.

2.1.4.3. L'influence de l'épaississement et de la déshydratation des boues

Les échantillons ponctuels temps sec prélevés sur la file de traitement des boues par centrifugation et épaississement sur grille d'égouttage (GDE) avec ajout de polymère ont été analysés (cf. Tableau 22). Les points de prélèvements sont repérés sur le synoptique de la file boues en annexe 8 et les fiches de ces prélèvements ponctuels figurent en annexe 10.

Tableau 22 : Résultats des échantillons ponctuels temps sec sur la file boues.

Point de prélèvement	Teneur en cuivre (mg/kg MS)	
	01/07/2014	10/07/2014
Amont centrifugeuse A	772	843
Aval centrifugeuse A	818	863
Variation de la teneur en cuivre (%)	+ 6 %	+ 2,1 %
Amont grille d'égouttage	977	933
Aval grille d'égouttage	925	947
Variation de la teneur en cuivre (%)	- 5,3 %	+ 1,5 %

La variation des teneurs en cuivre n'est pas significative, car l'incertitude sur la mesure du cuivre est de 10 % pour cette gamme. On peut donc conclure qu'il n'y a pas de différence entre la teneur en cuivre avant et après les deux traitements.

L'absence de variation des teneurs en cuivre avant et après traitements s'explique par l'adsorption du cuivre sur les surfaces actives des boues. Au cours du traitement, le cuivre reste fixé sur la phase particulaire de la boue et l'injection de polymère empêche les départs de boues dans les centrâts et donc les départs de cuivre.

► La centrifugation et le passage des boues biologiques sur une grille d'égouttage avec ajout de polymère n'influent pas sur leur teneur en cuivre.

2.1.4.4. L'âge des boues et le temps de séjour

Nous n'avons pas pu observer si la modification des paramètres du SBR tels que le temps de séjour ou l'âge des boues influent sur la teneur en cuivre des boues car chaque SBR a un temps de séjour et un âge de boues différents donc il est compliqué de les comparer à la teneur en cuivre des boues déshydratées.

La poursuite des investigations sur les réglages n'a pas été effectuée car beaucoup de paramètres qui interagissent entre eux sont à étudier et les moyens de mesures semblent disproportionnés par rapport aux objectifs fixés.

A noter qu'il s'est aussi posé la question du rôle des réactifs (polymère et chlorure ferrique), utilisés à la STEU, dans la teneur en cuivre finale des boues. Il y a notamment un traitement de déphosphatation amont SBR qui consiste à injecter du chlorure ferrique dans l'eau usée. Ce traitement fait augmenter la production totale de boues et ainsi supposer qu'il peut peut-être baisser la teneur en cuivre des boues.

► A la STEU de Cahors il est complexe d'agir sur un paramètre d'exploitation indépendamment des autres. Vu la multitude de paramètres entrant en jeu dans la teneur en cuivre il apparaît compliqué de prévoir les dépassements de façon fiable et pérenne de la teneur en cuivre des boues. Ces paramètres sont entre autres:

- la composition de l'eau usée ;
- le fonctionnement temps pluie ou sec (décantation primaire gravitaire ou physico-chimique) ;
- l'âge des boues ;
- les réglages et dysfonctionnements des équipements de déshydratation ;
- l'injection de réactifs dans la STEU (FeCl₃, polymère).

L'étude a donc été réorientée vers la recherche d'autres solutions pour obtenir des boues conformes notamment par stabilisation des boues primaires.

2.2. Les réorientations de l'étude

Il a été conclu lors de la réunion du 18 février 2015 avec l'exploitant de la STEU que le compostage des boues reste la filière à privilégier, à condition de pouvoir disposer de boues conformes de façon permanente. En effet, elle est la filière la plus intéressante financièrement et d'un point de vue environnemental la plus acceptable. De plus, le stockage en ISDND renvoie une image négative. Par ailleurs une filière double avec envoi des boues conformes en compostage et non conformes en filière spécifique est trop difficile à gérer (stockage des bennes dans l'attente de résultats d'analyses, bennes supplémentaires...).

Pour cela, deux solutions ont été proposées :

- La remise en service du chaulage des boues primaires tel que prévu initialement à la STEU qui limiterait la réduction de la MO et apporterait de la matière sèche.
- L'apport de plus de matière sèche par dépotage de graisses ou d'effluents agro-alimentaires dépourvus de cuivre.

L'apport de MS aurait nécessité une recherche de gisement pérenne permettant des dépotages réguliers afin d'assurer une teneur en cuivre des boues relativement constante. La disponibilité d'un tel gisement n'était pas connue, et la collectivité ne souhaitait pas privilégier cette solution. Il a donc été décidé de remettre en service le chaulage des boues primaires puisque les équipements permettant ce traitement existent à la STEU. Ainsi sa mise en œuvre opérationnelle pouvait être rapide. L'objectif final étant de stabiliser les boues primaires qui sont conformes par ajout de lait de chaux. Il s'agit d'empêcher la fermentation de la boue par élévation du pH afin de bloquer la perte de matière organique, favorisée par le stockage des boues dans la BHB pouvant atteindre 5 jours, et ainsi stopper l'augmentation de la teneur en cuivre résultant d'une perte de MS.

2.2.1. La mise en place d'un chaulage des boues primaires

En mars 2015, il a été procédé à un état des lieux des équipements de la préparation lait de chaux pour effectuer leur remise en service.

La préparation du lait de chaux décrite en annexe 15, dans la note à la commune, a été remise en service en mars 2015. L'injection de lait de chaux dans la BHB était asservie aux extractions de boues primaires dans les décanteurs. Ainsi, de mars à mai 2015, le taux de chaulage¹⁰ des boues primaires correspondait à environ 3 %.

¹⁰ Le taux de chaulage est le rapport de la masse de chaux en matière sèche sur la masse de boue en matière sèche.

Le chaulage à 30 % a été effectif dès le 26 mai 2015. Ce taux de chaulage a été choisi car il est considéré dans la littérature comme le meilleur compromis technico-économique. La pompe d'injection du lait de chaux a été programmée en cadence durée soit une injection fixe de lait de chaux de 300 secondes toutes les heures.

Un suivi de la préparation de lait de chaux, à partir de chaux éteinte en poudre, a été mis en place dès mars avec :

- Analyse de la teneur matière sèche des boues mixtes (cf. annexe 16) effectuée par les agents de la STEU chaque semaine.

La teneur en MS des boues mixtes était suivie pour apprécier l'impact du chaulage sur ces boues. Les résultats étaient très disparates et ce paramètre ne s'est pas avéré pertinent. En effet, la qualité des boues varie constamment car elle dépend de nombreux paramètres tels que le rapport boues biologiques/primaires, ou encore le fonctionnement de la STEU (temps pluie ou sec, injection de réactifs, stockage) et elle n'est donc pas uniquement fonction du taux de chaulage pratiqué.

Le suivi de MS des boues de la BHB a donc été arrêté dès mai 2015. Toutefois, un suivi du pH des boues mixtes a été ajouté afin de vérifier que les boues soient bien stabilisées (pH ~ 12).

- Mesures des débits de chaux éteinte et d'eau industrielle. Ces mesures ont été également arrêtées car le résultat présentait trop d'imprécisions (grands volumes mesurés pour un temps très faible).
- Analyses hebdomadaires de la concentration en CaO du lait de chaux par l'exploitant, pour prévenir toute dérive des réglages, et attester du bon fonctionnement de la préparation. La concentration moyenne du lait de chaux préparé est de 120 g CaO/L.

Par ailleurs, des réunions hebdomadaires avec l'exploitant ont été effectuées pour relever les événements particuliers pouvant influencer le fonctionnement général de la STEU (rejet conforme, dysfonctionnements des équipements...) et la qualité des boues : pannes sur la file boue, manque de réactifs (chaux, FeCl₃, polymère...).

2.2.2. Les résultats d'analyses hebdomadaires des boues déshydratées

Pour rappel, les analyses de boues hebdomadaires sont effectuées sur les paramètres MS, MO, Cu et pH. Le pH des boues chaulées déshydratées est passé de 7 à 12 et la MO a diminué de 80 % à 50 % (cf. annexe 17).

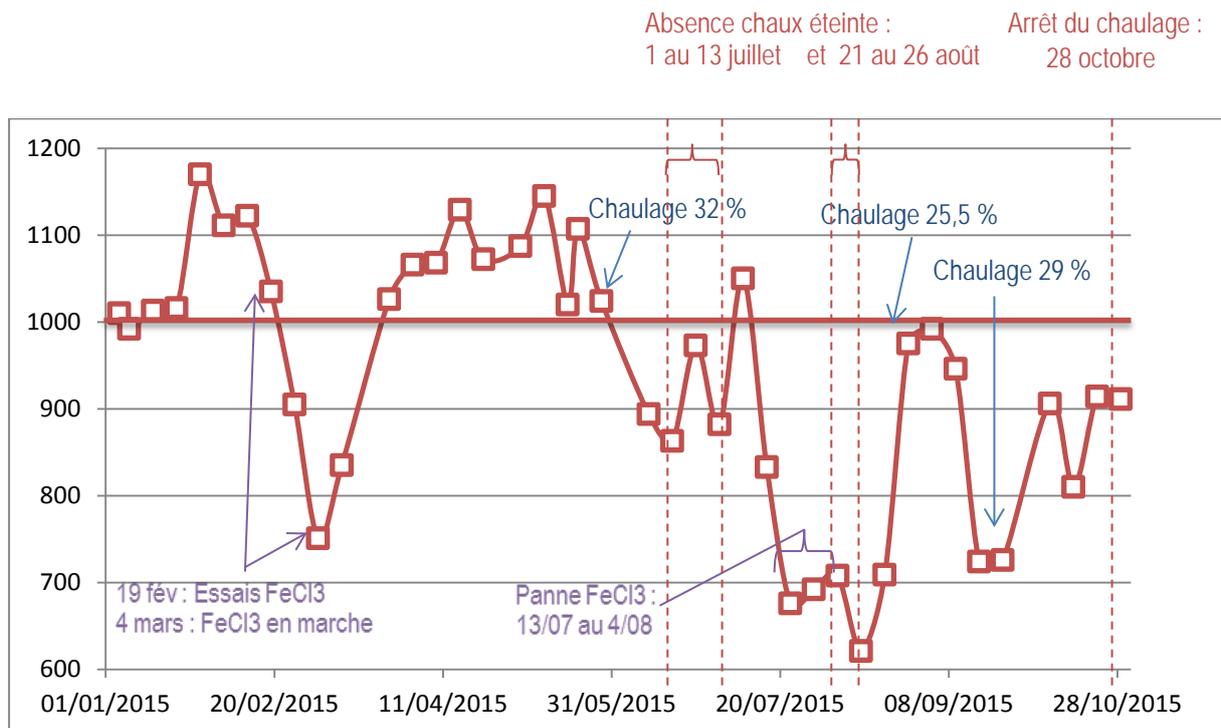


Figure 29 : Teneur en cuivre des boues en 2015 avec événements liés au chaulage.

Il est observé Figure 29 que suite à la mise en place du chaulage à un taux de l'ordre de 30 %, la teneur en cuivre des boues a diminuée. Par contre dès que celui-ci est arrêté la teneur en cuivre réaugmente rapidement (moins d'une semaine). Ainsi le traitement des boues par chaulage a permis de retrouver des boues conformes de juin 2015 à octobre 2015 par stabilisation de la MO et apport de MS.

Une variation importante de la teneur en cuivre est également observée. Le temps de fonctionnement de la pompe d'injection de lait de chaux a été fixé initialement à 300 secondes par heure pour atteindre un taux de chaulage de 30 %. Ce réglage a été calculé d'après la production moyenne annuelle de boues. Des essais de modification du taux de chaulage ont été effectués mais il a été mis en évidence que beaucoup de paramètres influent sur la teneur des boues en cuivre tels que : la teneur en MS des boues, le fonctionnement des équipements de déshydratation, la part de boues primaires/biologiques... Ainsi des ajustements en temps réel ne sont pas possibles à cause des différents paramètres jouant sur la teneur en cuivre. C'est pour cela que la teneur en cuivre varie autant au cours de l'année et que les réglages du taux de chaulage ne peuvent aboutir à une teneur en cuivre stable. Ainsi il est préconisé de garder le taux de chaulage de 30 % qui semble garantir la conformité des boues dans l'attente d'un retour d'expérience plus long.

A noter que le traitement a été principalement effectué en fonctionnement en temps sec de la STEU. Il serait intéressant d'évaluer son efficacité et d'ajuster ensuite ses réglages selon des observations en temps de pluie. Les prochains mois d'hiver 2015 auraient permis d'apprécier l'impact du chaulage en fonctionnement temps de pluie. En effet l'impact est difficilement prévisible : d'une part, la production de boues primaires, dont la teneur en cuivre est moins élevée, par rapport aux boues biologiques, sera plus importante. D'autre part, il faut rappeler que l'injection de lait de chaux est calculée sur une moyenne annuelle de production de boues primaires donc ce réglage peut s'avérer inadapté si la production de boues primaires augmente de façon conséquente lors de mois particulièrement pluvieux.

Par ailleurs, le chaulage a impacté la consommation de polymère en émulsion utilisé pour améliorer la déshydratation des boues, car celui-ci n'est pas adapté aux conditions de pH élevé, sa gamme de pH va de 5 à 7. Le pH élevé des boues inhibe le caractère cationique du polymère, et le rend donc moins efficace. Lors de tests, le fournisseur a préconisé de doubler au minimum la dose qui était actuellement appliquée. Il y aurait nécessité à rechercher un polymère plus adapté aux conditions élevées de pH.

De plus, l'usure de certains équipements a pu être constatée durant cette période, sans pouvoir en identifier précisément l'origine. Ainsi, un diagnostic des équipements en contact avec un pH élevé (préparation et centrats) serait à réaliser pour anticiper des usures prématurées et déterminer des pistes d'améliorations.

2.2.3. L'arrêt du chaulage des boues primaires

Le chaulage a été arrêté le 28 octobre 2015 suite à une décision de l'exploitant qui a estimé que la STEU était en difficulté notamment au niveau de la déshydratation des boues. Il est apparu une consommation plus importante de polymère qui a fait craindre à l'exploitant que l'installation de préparation du polymère n'atteigne ses limites de fonctionnement. De plus, le débit d'alimentation des centrifugeuses est limité par le débit de préparation du polymère, ce qui provoquait un temps de fonctionnement plus élevé de ces équipements et donc une gestion moins aisée de l'extraction des boues depuis la BHB.

Un diagnostic du fonctionnement des équipements de la STEU depuis la mise en place du chaulage est donc à réaliser pour comprendre et identifier les causes de ces dysfonctionnements. En effet il apparait primordial de connaître les éléments exacts qui ont mené à cette situation, ceci avant la mise en place de tout autre traitement. Ainsi les données suivantes ont été demandées à l'exploitant :

- Temps de fonctionnement de chaque pompe d'extraction des boues des décanteurs primaires vers la BHB.
- Temps de fonctionnement des pompes d'extraction SBR vers GDE et GDE vers BHB.
- Relevés du débitmètre amont GDE.
- Temps de fonctionnement de chaque pompe d'alimentation de la BHB vers les centrifugeuses.
- Volumes journaliers d'alimentation de chaque centrifugeuse.
- Temps de fonctionnement de chaque centrifugeuse.
- Temps de fonctionnement des pompes doseuses, et concentrations des préparations et consommations (FeCl₃, polymère, chaux) au niveau des SBR, de la GDE et des centrifugeuses.

2.3. Le récapitulatif sur la station d'épuration de Cahors

- La ressource en eau potable de la ville de Cahors est entartrante, toutefois il y a enrichissement en cuivre au cours de sa distribution dans l'habitat (0,002 à 135 mg/L).
- Il existe une variation saisonnière de la qualité de la ressource en lien avec la part d'eau du Lot qui influe sur la température, le pH et la conductivité de l'eau de la fontaine des Chartreux mais il n'a pas été mis en évidence de relation significative avec la variation du cuivre dans l'eau usée ou dans les boues.
- Il se peut que le réseau de distribution de l'eau potable soit en partie à l'origine de la corrosivité de l'eau. En effet, il est connu que certains phénomènes peuvent influencer sur la corrosivité de l'eau tels que : le temps de stagnation de l'eau, la vitesse de circulation de l'eau, la pression dans les conduites, et les passages dans les réservoirs (modification du CO₂ libre).
- Par ailleurs, afin de réduire la corrosion, il serait nécessaire de mener une étude poussée sur les caractéristiques de l'eau potable produite et leurs évolutions au cours de sa distribution jusqu'au robinet de l'utilisateur. Néanmoins, compte tenu du nombre de paramètres à considérer de fortes réserves apparaissent sur la réalisation d'une future étude détachée de tout engagement du mandataire sur l'aspect opérationnel.
- Dans l'eau usée, d'importantes variations de la concentration et du flux de cuivre sont observées au cours de l'année. Les différentes sources possibles d'apport de cuivre ont été identifiées, néanmoins qu'il s'agisse de l'eau potable ou des eaux usées domestiques et non domestiques, aucune source majeure n'a été mise en évidence.
- D'après les bilans effectués, le flux de cuivre apporté par les boues primaires est plus important en fonctionnement en temps de pluie. En temps sec, le flux de cuivre est apporté par les boues biologiques.
- Il est complexe d'agir sur un paramètre d'exploitation indépendamment des autres. Vu la multitude de paramètres entrant en jeu dans la teneur en cuivre : âge des boues, fonctionnement temps pluie ou sec, réglage des équipements de déshydratation, injection de réactifs... il apparaît compliqué d'anticiper les dépassements de teneur en cuivre des boues.
- La remise en service du chaulage des boues primaires initialement prévu à la STEU a permis d'obtenir des boues conformes en temps sec.
- Néanmoins, celui-ci a été arrêté à l'initiative de l'exploitant suite à des problèmes techniques qu'il a observé sur la file de traitement des boues. Un diagnostic du fonctionnement des équipements à partir de la mise en place du chaulage est à réaliser pour identifier les causes des dysfonctionnements avant d'envisager la mise en œuvre de tout autre traitement.
- Il pourrait être intéressant d'effectuer des dépotages à la STEU par exemple d'effluents agro-alimentaires apportant de la MS mais peu de cuivre. Réalisés régulièrement ces dépotages permettrait d'augmenter la production de boues et ainsi de diminuer leur teneur en cuivre.
- Actuellement la qualité des boues est analysée mensuellement, le seuil réglementaire a été dépassé 3 fois en 2016 et les teneurs en cuivre avoisinent généralement 1 000 mg/kg MS. En cas de non-conformité ponctuelle une élimination des boues en ISDND ou UVE sera à réaliser. Si des dépassements très réguliers sont observés une modification de la filière d'élimination des boues devra être faite, en effet le compostage ne sera plus adapté.

3. La station d'épuration de Meyronne-Creysse

3.1. Les résultats

3.1.1. La ressource en eau potable

La ressource en eau potable qui alimente les communes de Meyronne et de Creysse est souterraine et karstique. Le captage de Gourdou (puits) où l'eau est pompée se situe sur la commune de Saint-Sozy. L'eau est agressive, et d'autant plus en été, car elle est alimentée par des infiltrations de l'eau de la rivière Dordogne. Ainsi sa conductivité peut varier de 105 $\mu\text{S/cm}$ à 602 $\mu\text{S/cm}$ en été et avec une moyenne à 150 $\mu\text{S/cm}$.

L'eau est pompée puis de la soude est injectée en conduite, ensuite à son arrivée dans la bêche tampon elle est chlorée, et enfin distribuée.

3.1.2. L'eau potable

L'eau potable est agressive, elle respecte les limites de qualité mais pas les références de qualité en terme de conductivité ; celle-ci est relativement faible ($< 200 \mu\text{S/cm}$). C'est pour cela que l'injection de soude a été mise en place en juin 2014 dans le but d'augmenter le pH, et ainsi, de réduire l'agressivité de l'eau.

Le pH moyen de l'eau après traitement pour l'année 2014 est de l'ordre de 7,7. Toutefois, l'eau reste agressive car son pH d'équilibre calco-carbonique est de 8,7, mais il n'est pas souhaitable d'augmenter le pH davantage afin de ne pas baisser l'efficacité de la désinfection au chlore.

La concentration en cuivre dans l'eau au robinet semble faible (cf. Tableau 23).

Tableau 23 : Concentrations en cuivre mesurées lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet de l'UGE Moyenne Vallée de la Dordogne.

Date de prélèvement	Concentration en cuivre $\mu\text{g/L}$
17/08/2010	32
17/01/2011	$< 25^*$
18/01/2012	100
16/04/2013	11
21/07/2014	18

* limite de détection

3.1.3. L'eau usée

Les analyses de concentrations en cuivre de l'eau usée ont été effectuées en 2014 et 2015 lors des autosurveillances réglementaires dont les résultats sont répertoriés Tableau 24.

Tableau 24 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Meyronne-Creysse.

Date de prélèvement		28/10/2015		05/05/2015		12/08/2014	
Point de prélèvement		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Matières en suspension	mg/L	310	7	340	6	380	200
DBO ₅ à 20°C	mg/L O_2	270	4	300	3	390	46
DCO	mg/L O_2	566	36	797	30	794	320
Ammonium	mg/L N	53,5	2,1	83,9	1,6	84,2	5,1
Azote Kjeldahl NTK	mg/L N	71,5	4,0	106,8	3,1	108,3	23,5

Date de prélèvement	28/10/2015		05/05/2015		12/08/2014	
Point de prélèvement	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Phosphore <i>mg/L P</i>	8,01	8,86	11,80	3,75	12,00	14,20
pH	7,8	7,3	7,8	7,5	8,1	6,7
Débit moyen journalier <i>m³/j</i>	63	63	45	45	179	179
Température <i>°C</i>	6,4	8,6	16,3	3,1	19,7	9,5
Météo	temps de pluie		temps sec		temps de pluie	
Commentaires					Mauvais résultats et départs de boues car forte charge entrante	
Concentration en cuivre <i>µg/L</i>	89	29	205	17	98	23
Flux de cuivre <i>g/j</i>	6	2	9	1	18	4
Flux de cuivre retenu <i>g/j</i>	4		9		13	
Abattement en cuivre <i>%</i>	67		92		77	

La concentration et le flux de cuivre sont variables. La concentration en cuivre à la STEU est sensiblement plus élevée que dans l'eau distribuée, il y a enrichissement dû aux usages. En temps sec, l'abattement du cuivre correspond à la littérature. Par contre en temps de pluie, il semble être moins élevé.

L'analyse de la concentration en cuivre à la STEU de Saint-Sozy (lagune) qui reçoit les eaux usées de la commune issues de la même eau potable que celle de Meyronne et de Creysse présente des valeurs similaires en entrée de STEU : 240 µg/L le 5 mai 2015 soit un flux de cuivre entrant de 12 g/j et 87 µg/L le 12 août 2015 soit un flux de cuivre entrant de 11 g/j.

Cette similitude dans les concentrations et flux de cuivre entrant dans les STEU de Meyronne-Creysse et Saint-Sozy tend à écarter l'hypothèse d'une source particulière de rejet de cuivre dans le réseau de collecte de Meyronne et Creysse et confirme ainsi la responsabilité de la qualité de l'eau potable.

Le faible nombre de valeurs de la concentration en cuivre en entrée de STEU ne permet pas de conclure. Toutefois on peut se demander si une différence notable de concentration en cuivre est systématiquement observée entre l'hiver et l'été, où la ressource est plus sollicitée à cause de l'augmentation de la population liée au tourisme mais aussi à cause du mélange de la ressource avec la Dordogne.

3.1.4. Le bassin d'aération

3.1.4.1. L'âge des boues

Les boues ont été analysées de façon mensuelle. Nous nous sommes focalisés dans un premier temps sur la période de mars à décembre 2014. Le 2 avril, les extractions de boues activées vers le silo de stockage ont été arrêtées pour augmenter la quantité de boues dans le BA et ainsi le volume à extraire en vue d'un épandage de boues depuis cet ouvrage. De ce fait, les boues ont été stockées 4 mois dans le BA (cf. Figure 30).

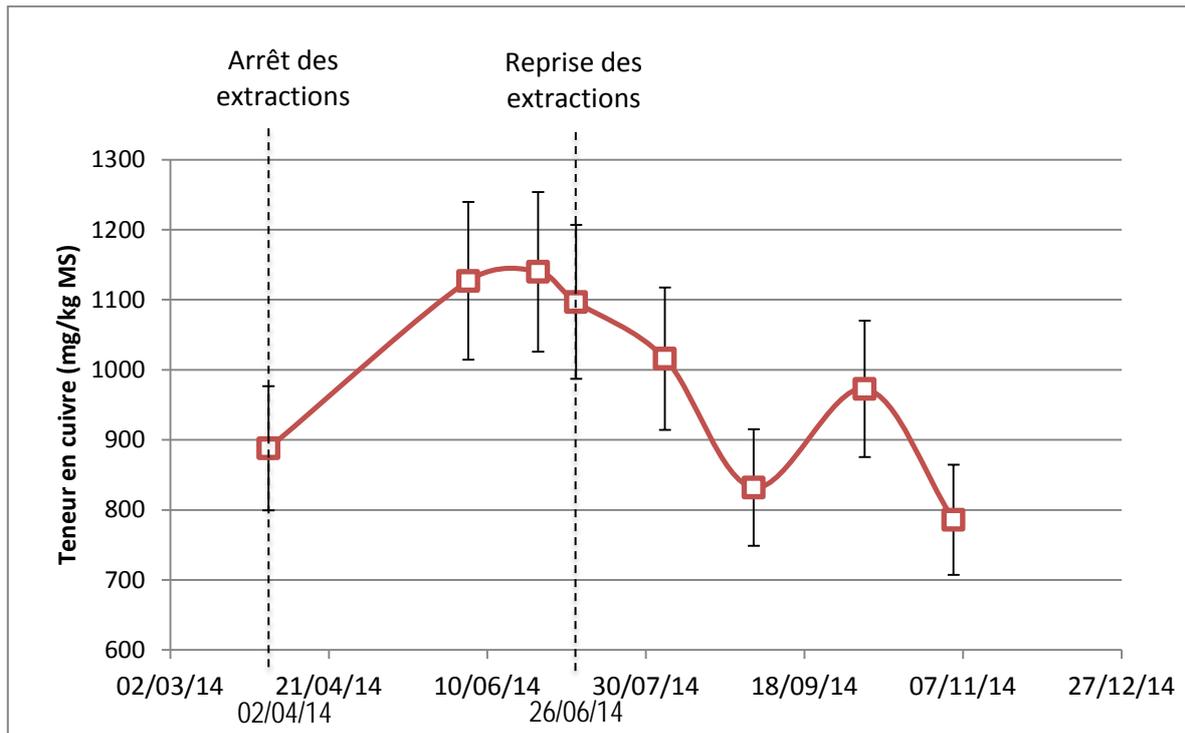


Figure 30 : Evolution de la teneur en cuivre des boues du bassin d'aération de la STEU de Meyronne-Creysse.

Il est observé que l'arrêt des extractions et donc le stockage des boues dans le BA provoque une augmentation significative de la concentration en cuivre. Il en va de même pour la teneur en MS Figure 31.

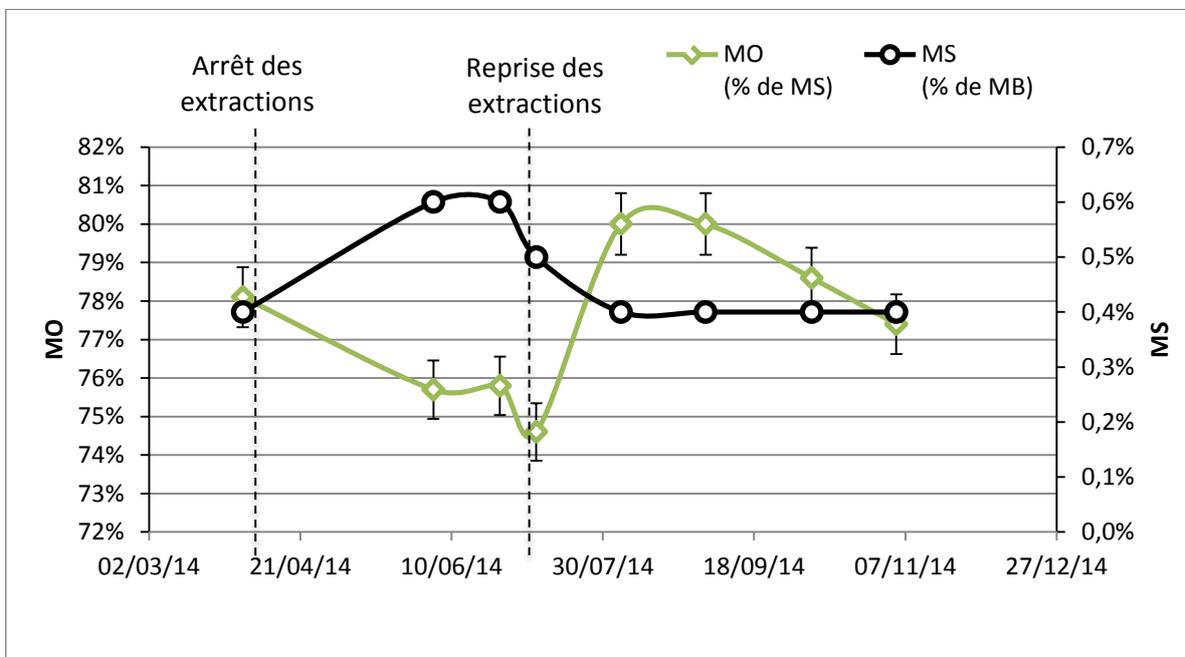


Figure 31 : Evolution des teneurs en MS et MO dans le bassin d'aération en fonction des extractions en 2014 à la STEU de Meyronne-Creysse.

La teneur en MS varie en fonction de l'exploitation de la STEU et notamment des extractions de boues réalisées. L'arrêt des extractions de boues coïncide avec une baisse de la MO qui pourrait être due à une biodégradation de celles-ci.

A noter que, les boues ont une teneur moyenne en matière organique cohérente pour des boues activées.

La teneur en MO est plus élevée en août et septembre, ceci peut probablement s'expliquer par une charge polluante reçue à la STEU plus importante liée au tourisme.

La teneur en MS dépend du temps de séjour des boues dans l'ouvrage c'est-à-dire de l'âge des boues en jours qui est calculé de la manière suivante :

$$\text{Age des boues} = \frac{\text{VBA} \times \text{MS BA}}{\text{Q extrait} \times \text{MS BR}}$$

Avec,

VBA : volume du bassin d'aération (m³).

MS BA : Teneur en matière sèche des boues biologiques (g/L).

Q extrait : Débit de boues extraites du clarificateur (m³/j).

MS BR : Teneur en matière sèche des boues recirculées (g/L).

L'arrêt des extractions de boues du bassin d'aération et donc l'augmentation de l'âge des boues a provoqué une rapide élévation de la teneur en cuivre : environ 24 % en moins de 2 mois par rapport à la teneur initiale. Deux phénomènes qui se produisent simultanément font augmenter la teneur en cuivre des boues :

- L'accumulation du cuivre apporté en continu par l'eau usée dans les boues activées qui ne sont pas extraites.
- La réduction de la matière organique des boues et donc de matière sèche qui en est constituée.

3.1.4.2. Le suivi des teneurs en MS, MO et cuivre

Les boues ont été analysées de façon mensuelle sur la période de mars 2014 à décembre 2015 (cf. résultats en annexe 18).

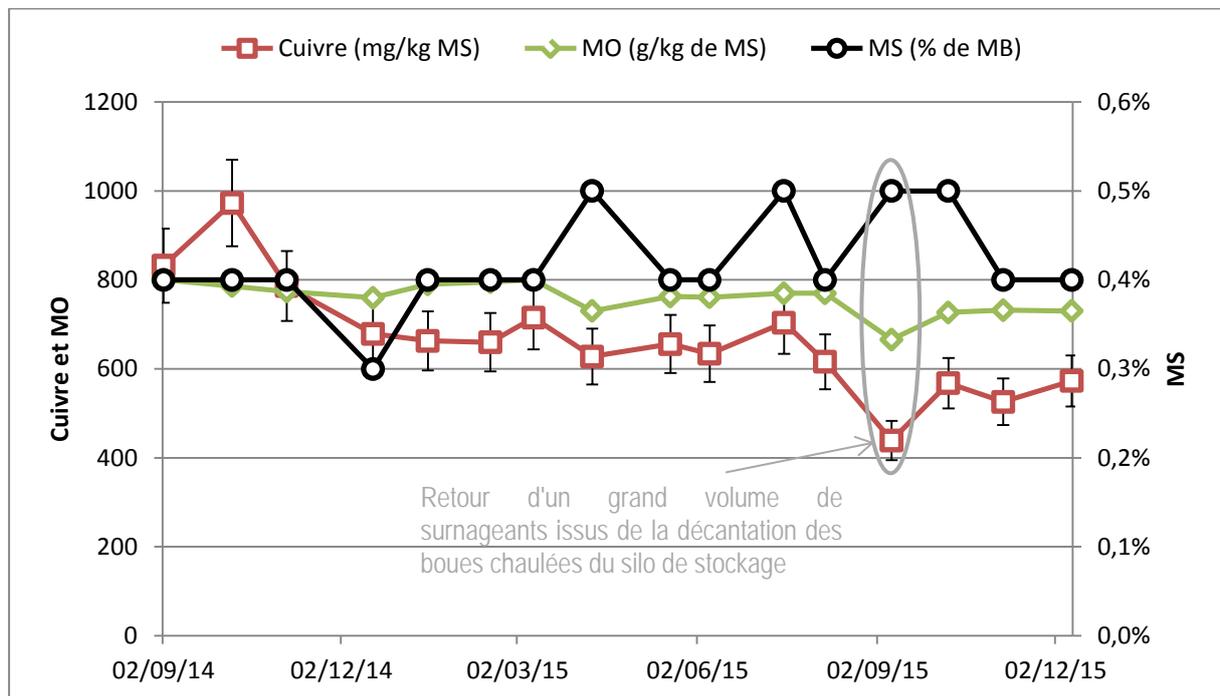


Figure 32 : Evolution des teneurs en MS, MO et cuivre des boues du bassin d'aération de la STEU de Meyronne-Creysse de 2014 à 2015.

Figure 32, la période de mars à août 2014 a été retirée du graphique puisqu'il y avait un arrêt prolongé des extractions de boues. Le but était en effet de visualiser les paramètres MS, MO et Cu en fonctionnement normal c'est-à-dire sur une année complète et pour une exploitation régulière sur la STEU.

Au vu des résultats, la teneur en cuivre des boues biologiques est plutôt stable sur l'ensemble de l'année 2015.

3.1.5. Le silo pilote

Le silo pilote a été rempli 2 fois en 2014 : le 12 mai puis le 18 décembre pour prolonger les analyses jusqu'en juin 2015 et ainsi avoir un résultat pour chaque mois de l'année. Les mesures des paramètres pH et conductivité montrent des valeurs constantes et donc n'attestent pas d'une pollution quelconque des boues du silo pilote.

3.1.5.1. Le suivi des paramètres MS, MO et cuivre

Pour son premier remplissage, le silo pilote a été alimenté le 12 mai 2014, en une seule fois, et n'a plus été alimenté par la suite. De plus, aucun surnageant n'a ensuite été retiré du silo et il a été placé à l'abri de la pluie. Il a été alimenté de boues recirculées du clarificateur dont la recirculation avait été arrêtée pendant 48 heures pour être concentrées.

Le suivi des paramètres MS, MO et cuivre de la boue en fonction du temps est reporté Figure 33 et Figure 34. Les résultats détaillés se trouvent en annexe 19.

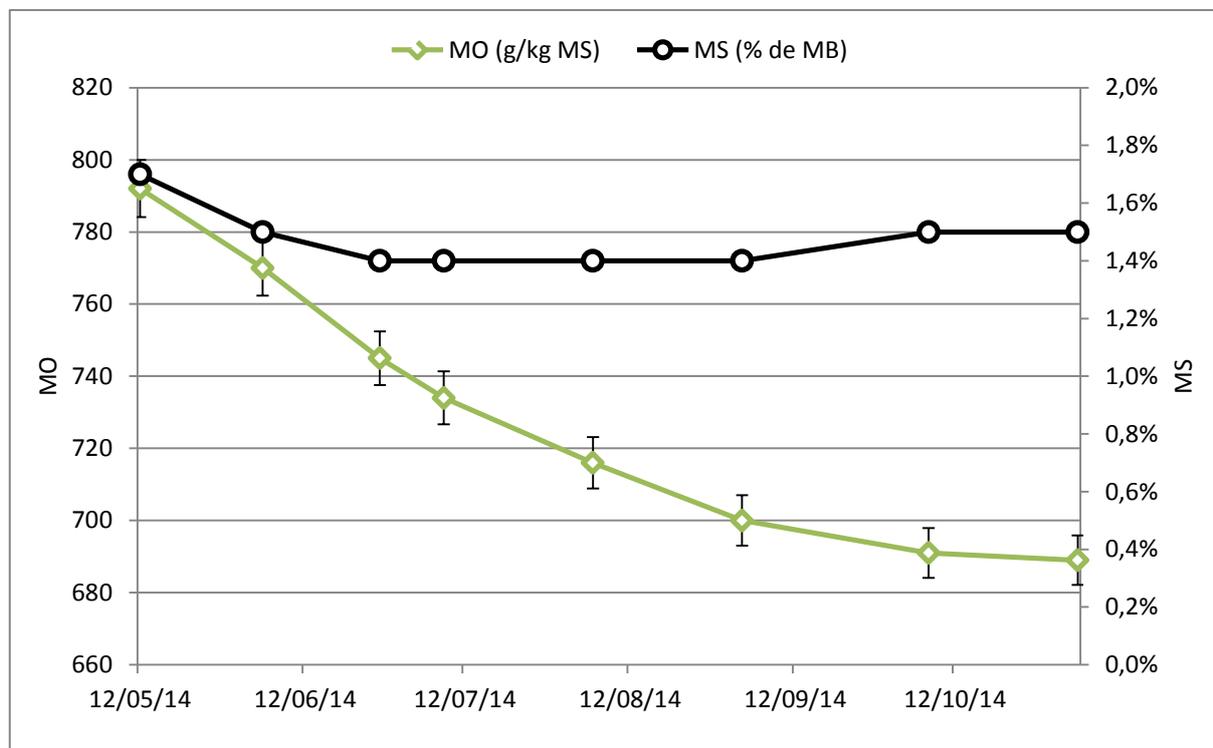


Figure 33 : Evolution des teneurs en MS et MO des boues du silo pilote de Meyronne-Creysse en 2014.

Il est observé Figure 33 que la teneur en matière organique baisse au cours du temps, ce qui s'explique par le fait qu'elle est biodégradable et donc est transformée notamment en gaz (CO_2 , CH_4). Au bout de 8 mois la teneur en MO a baissée de 13 %. Cette perte de MO se confirme par la baisse de la teneur en MS qui en est constituée. En effet, en terme de masses, la perte MO de mars à novembre est de 3 589 g soit 49 % et celle de MS est de 3 843 g soit 42 %.

A la fin du suivi, le silo pilote contient 184 L de boues de moins qu'au début de l'expérimentation dont 49 L (+/- 8 L) ont été retirés pour les prélèvements. Ainsi il manque environ 135 L de boues. Cette perte est due aux évaporations mais aussi à la biodégradation qui transforme la MO en gaz.

La perte de masse sèche observée et la masse de MO perdue correspondrait à la seule biodégradation de la boue.

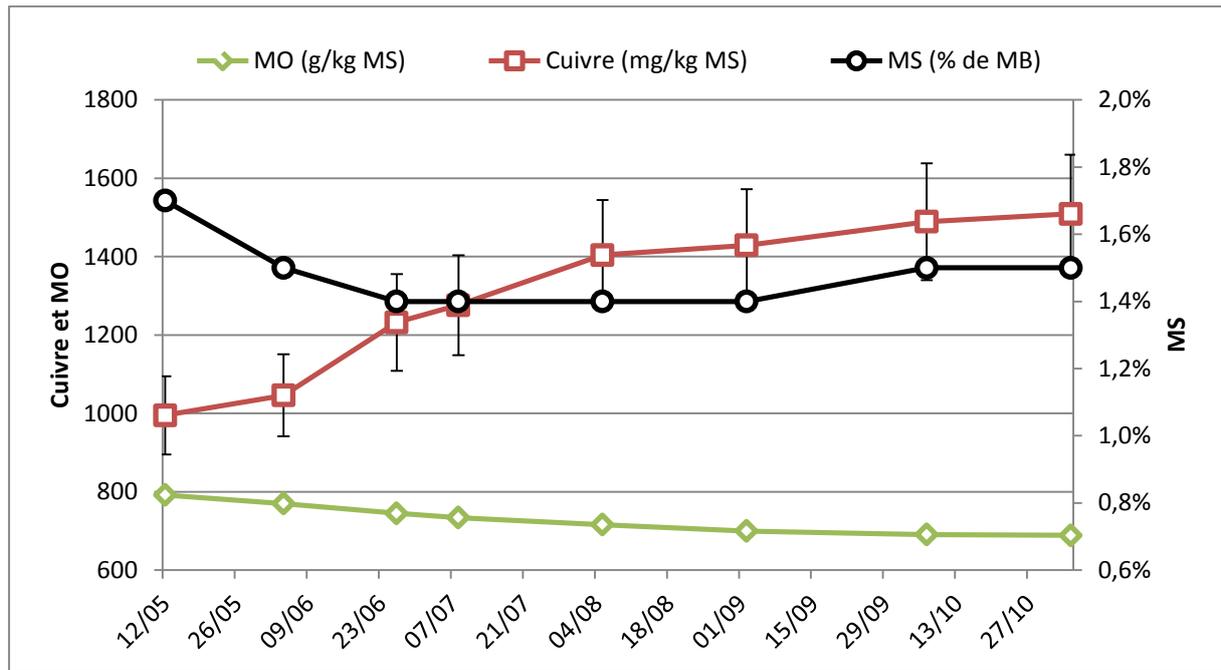


Figure 34 : Evolution des teneurs en MS, MO et cuivre des boues du silo pilote de Meyronne-Creysse en 2014.

La Figure 34 montre que la hausse de la teneur en cuivre, par rapport à la teneur initiale est de 28 % en 2 mois, puis 41 % en 3 mois et 50 % au bout de 6 mois.

Pour rappel, aucun apport de boues n'est effectué pendant le suivi, donc aucun ajout de cuivre, et pourtant sa teneur en cuivre augmente au cours du temps. Contrairement à la matière organique, le cuivre n'est pas biodégradable.

Suite à une réduction de la matière organique de 79 % à 69 %, la teneur en cuivre mesurée est de 1509 mg/kg MS. Un calcul théorique basé uniquement sur la réduction de la matière organique conduit à une teneur de 1507 mg/kg MS. Ce qui confirme que l'augmentation de la teneur en cuivre est due à la réduction de MO et perte de MS par biodégradation (cf. Figure 35).

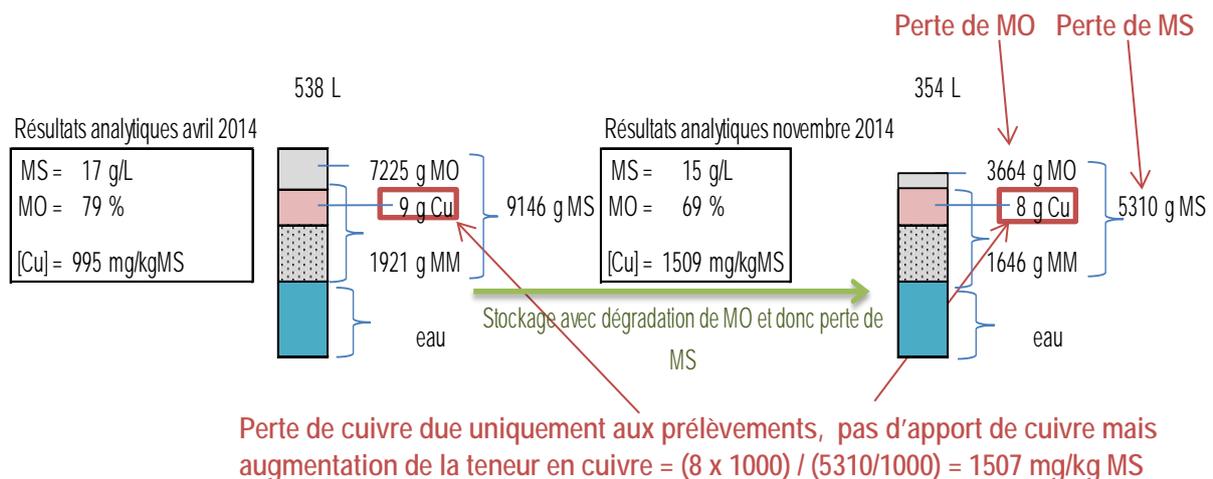


Figure 35 : Illustration des résultats d'analyses avant et après stockage des boues dans le silo pilote de la STEU de Meyronne-Creysse.

A noter qu'en ce qui concerne le silo de stockage de la STEU, il est observé que plus les boues sont stockées longtemps, plus la teneur en cuivre des boues est élevée.

Dans le silo de stockage les boues sont passées d'une teneur en cuivre de 1239 mg/kg MS en 2013 à 1320 mg/kg MS en 2014 et enfin à 1611 mg/kg MS en 2015 sans vidange intermédiaire. Dans le silo se produit une biodégradation de la MO et une accumulation du cuivre due aux extractions de boues depuis le clarificateur.

3.1.5.2. Le suivi des autres paramètres (température, pH...)

Lors de l'expérimentation, il a été observé une augmentation de 50 % de la teneur en cuivre des boues sur la période d'avril 2014 à septembre 2014 avec des températures des boues allant de 14, 2 °C à 23 °C.

Par contre, pour le second remplissage du silo pilote sur la période de janvier 2015 à avril 2015 avec des températures de 2 °C à 11 °C, l'évolution de la teneur en cuivre est très faible (< 10 %) voire nulle. Ce second pilote a été réalisé dans les mêmes conditions que le premier et les résultats sont présentés en annexe 19.

Ces observations semblent cohérentes avec le fait que l'activité biologique est ralentie lors de faibles températures qui sont éloignées de la température optimale de croissance de la biomasse allant de 20 °C à 35 °C.

Le pH et la conductivité sont restés du même ordre de grandeur qu'initialement.

► Les boues du silo pilote subissent une biodégradation qui engendre une perte de MO et donc de MS causant ainsi une augmentation de la teneur en cuivre exprimée en masse par unité de masse sèche de boue. Lorsque la quantité de MS baisse pour une quantité de cuivre constante, la teneur en cuivre augmente.

L'augmentation de la teneur en cuivre des boues stockées en silo pilote est donc, dans les conditions de l'expérimentation (remplissage unique, aucun apport) due à la biodégradation de la MO.

De plus, il a été démontré que son augmentation est directement liée à la réactivité de la biomasse qui est fonction de la température des boues. Pour rappel, d'après la littérature les principaux paramètres influençant la biodégradation sont la température, la MO, le pH.

Ce phénomène de biodégradation qui se produit de façon similaire au cours du stockage prolongé des boues extraites vers le silo de la STEU, conduit à une augmentation de leur teneur en cuivre jusqu'à dépasser le seuil réglementaire de 1 000 mg/kg MS.

3.1.6. La recherche d'une solution temporaire de conditionnement des boues

En 2014, le silo de stockage atteignait sa capacité de stockage maximale, avec des boues non conformes, d'où la nécessité de trouver une solution dans l'attente des résultats de l'étude.

Les résultats d'analyses des boues de la STEU d'Alvignac avant dépotage sont les suivantes :

Tableau 25 : Résultats des analyses de MS, MO, et cuivre réalisées sur les boues de la STEU d'Alvignac.

	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	Cuivre (mg/kg MS)
Bassin d'aération	0,5	713	280
LSPR témoin	22,2	562	453

Dans les LSPR, les percolâts sont drainés pour déshydrater les boues et donc augmenter leur teneur en matière sèche, ce qui est confirmé par les résultats. De plus, il y a une importante réduction de la matière organique qui, comme vu précédemment dans le silo pilote de la STEU de Meyronne-Creysse est à l'origine de l'augmentation de la teneur en cuivre par unité de matière sèche. La teneur en cuivre des boues du bassin d'aération est presque doublée suite à leur déshydratation dans les LSPR (multipliée par 1,6).

L'IRSTEA (P. MOLLE) interrogé à ce sujet nous a confirmé ce phénomène de concentration du cuivre dans les LSPR. Il conseille de ne pas construire de LSPR lorsque la teneur en métaux dans le bassin d'aération dépasse le tiers des seuils réglementaires pour un retour au sol, pour éviter d'obtenir des boues non conformes.

En effet, dans ces ouvrages il se produit une réduction de facteur 2 de la masse de MS à cause de la biodégradation de la MO.

Compte tenu de ces éléments et au vu des résultats obtenus à Alvignac, la teneur en cuivre des boues de la STEU de Meyronne-Creysse pourrait passer d'environ 700 mg/kg MS à 1 500 mg/kg MS. Il a donc été décidé d'abandonner cette solution car les boues ne seraient plus conformes pour une valorisation agricole.

L'équation permettant d'estimer la teneur en cuivre d'une boue après sa réduction de la MO est la suivante (détails en annexe 20) :

$$[\text{Cu}2] = \frac{\text{Cu}1}{\text{MS}2} = \frac{\text{MS}1 \times [\text{Cu}1]}{\text{MS}1 \times \frac{\text{MM}1}{\text{MM}2}} = \frac{[\text{Cu}1]}{\frac{\text{MM}1}{\text{MM}2}}$$

Avec,

Les paramètres se rapportant à la boue fraîche possèdent le chiffre 1 et ceux correspondant à la boue après réduction de la MO, le chiffre 2.

MO : Teneur en matière organique de la boue en %.

MM : Teneur en matière minérale de la boue en %.

MS : quantité de MS en kg MS.

[Cu] : la teneur en cuivre de la boue en mg/kg MS.

Cu : la quantité de cuivre dans la boue en mg.

► Le recours à une filière spécifique pour l'élimination des boues du silo de stockage a un coût estimé qui s'élèverait à 25 000 € HT contre moins de 7 000 € HT pour l'épandage habituel. Suite aux comités de pilotage, l'étude a été réorientée vers des recherches de solutions d'évacuation des boues de la STEU peu coûteuse et qui en favorisent un retour au sol.

3.2. Les réorientations de l'étude

3.2.1. L'évacuation des boues

Dans un premier temps, il a été proposé d'épandre les boues conformes du bassin d'aération sans qu'elles soient stockées préalablement.

L'épandage a été réalisé avec accord de la DDT en avril 2014 : environ 40 m³ de boues ont été épandues dans le strict respect de l'arrêté du 8 janvier 1998, s'agissant d'une situation temporaire et dans l'attente du dépôt d'un nouveau dossier de déclaration élaboré au regard des résultats de l'étude.

Cette opération a présenté de nombreux inconvénients techniques : l'arrêt de la recirculation des boues 48 heures avant pour concentrer les boues, le passage de l'aération en manuel, et l'arrêt des extractions vers le silo qui, même de courte durée (1 mois, d'avril à mai), provoque une hausse de la teneur en cuivre par accumulation et biodégradation. De plus, le volume de boues extrait est faible par rapport au temps passé (mobilisation importante de moyens humains). Il serait nécessaire d'épandre au fur et à mesure et toute l'année ce qui n'est pas compatible avec un plan d'épandage. Ainsi, cette solution non pertinente a été abandonnée compte tenu des difficultés techniques et moyens conséquents à mettre en œuvre pour la réaliser. En annexe 21 se trouve le compte-rendu de l'opération.

Les boues stockées en silo depuis plus de 2 ans devaient être évacuées mi-2015, ainsi d'autres solutions ont été étudiées, telles que :

- L'épandage des boues du silo de stockage à doses adaptées.

Il a été proposé à la DDT d'épandre les boues en respectant les critères ci-dessous :

- Suivi et respect du flux maximum cumulé apporté sur les sols par les boues sur 10 ans.
- Pas d'épandage sur des parcelles de cultures soumises à des traitements à base de cuivre.
- Diminution de la dose d'apport avec maintien de l'intérêt agronomique.
- Pas de retour au minimum avant 3 ans sur la même parcelle.
- Fréquence accrue des analyses de sols (analyses de pH et ETM avant tout épandage).

L'avis de la Chambre d'Agriculture était favorable néanmoins la DDT a refusé cette solution sous couvert de la Direction de l'Eau et de la Biodiversité qui n'admet aucune dérogation à la réglementation.

Cette solution a donc été abandonnée. En annexe 22, est présenté le courrier et la note associée à cette solution.

- Le chaulage des boues stockées en silo :

Les extractions de boues vers le silo de stockage ne sont plus possibles faute de capacité de stockage ce qui est pénalisant pour l'exploitation et le maintien de la qualité du rejet. 400 m³ de boues non conformes étaient donc stockées en silo de stockage devaient être évacuées. Il a été proposé de compenser la perte de MS qui s'est produite durant la période de stockage des boues, par ajout de chaux. L'objectif étant de revenir à la teneur en cuivre des boues du BA telle que lors de leur extraction. Il a été choisi d'utiliser du lait de chaux prêt à l'emploi pour une bonne homogénéité des boues (fiche produit en annexe 23). Pour appliquer le chaulage sur les boues liquides, le lait de chaux prêt à l'emploi est apparu être la meilleure solution

notamment pour maîtriser la concentration du réactif et assurer une bonne homogénéité avec les boues. En effet, d'autres collectivités nous ont fait part de retours d'expériences négatifs concernant l'utilisation de chaux en poudre. La DDT a autorisé exceptionnellement cette solution et l'épandage des boues chaulées a été réalisé en avril 2015. En annexe 24, sont présentés le courrier de demande d'épandage à la DDT et le compte-rendu de l'opération de chaulage.



Figure 36 : Chaulage des boues du silo de Meyronne-Creysse.

notamment pour maîtriser la concentration du réactif et assurer une bonne homogénéité avec les boues. En effet, d'autres collectivités nous ont fait part de retours d'expériences négatifs concernant l'utilisation de chaux en poudre. La DDT a autorisé exceptionnellement cette solution et l'épandage des boues chaulées a été réalisé en avril 2015. En annexe 24, sont présentés le courrier de demande d'épandage à la DDT et le compte-rendu de l'opération de chaulage.

Préalablement à l'opération des tests en laboratoire ont été effectués le 26/01/15 pour estimer l'impact du chaulage sur la siccité des boues et la décantabilité. Le compte-rendu des tests est présenté en annexe 25. En conclusion il est apparu que, la stabilisation des boues est active à partir du taux de chaulage de 26 % et le chaulage des boues améliore leur décantation. En ce qui concerne la matière sèche, il y a effectivement un apport important par le lait de chaux Neutralac SLS45, le taux de chaulage doit néanmoins être choisi en fonction du temps de stockage des boues avant évacuation et dans les meilleures conditions technico-économiques.

De plus, le chaulage des boues fait augmenter de façon importante leur pH. Ainsi, pour anticiper l'impact des boues chaulées épandues sur les sols, la valeur neutralisante du mélange a été évaluée et l'augmentation du pH du sol estimée est de 0,14 (cf. calculs annexe 26). Cette donnée sera vérifiée par des analyses de sols qui seront effectuées 1 an après l'épandage sur quelques parcelles témoins.

Le silo de stockage ayant été vidé, il est donc nécessaire de trouver une solution concrète pour assurer la conformité des boues dorénavant extraites. Ainsi, nous avons étudié la mise en place d'un traitement permanent des boues sur la STEU.

3.2.2. La mise en place d'un traitement

La mise en place d'un traitement est basée sur un nouvel objectif : bloquer la biodégradation dans les boues et ainsi la perte de MO, et donc l'augmentation de la teneur en cuivre.

Pour ce faire, un traitement de stabilisation des boues du silo par chaulage a été mis en place par injection d'un lait de chaux prêt à l'emploi en routine, à l'identique de celui utilisé pour l'opération décrite précédemment.

La stabilisation des boues consiste en un blocage de la biodégradation par augmentation du pH. Généralement dans la littérature, les boues sont stabilisées à pH 12 soit à un taux de chaulage de 30 %. Le maintien d'un pH élevé assure la continuité de la stabilisation. En effet, la durée de la stabilisation dépend du taux de chaulage appliqué et de la quantité d'eau contenue dans la boue.

Une nouvelle campagne de tests a été menée en 2015 dans le but d'évaluer l'incidence du chaulage sur la stabilisation de la MO et la teneur en cuivre. De plus, le taux de chaulage le plus adapté a été recherché.

3.2.2.1. La méthode

4 silos pilotes de 60 L de boues extraites du clarificateur ont été mis en place en décembre 2014 (cf. Figure 37), suite à un arrêt de la recirculation pendant 24 h, dans lesquelles sont ajoutées différentes quantités de lait de chaux prêt à l'emploi ; soit :

- Témoin sans chaux.
- Taux de chaulage de 30 % : préconisé dans la littérature pour une stabilisation à moyen terme.
- Taux de chaulage de 60 %.
- Taux de chaulage de 100 % : témoin de stabilisation.

Les paramètres MS, MO, Cu, pH, conductivité et température sont suivis mensuellement sur une durée de 6 mois. En annexe 27 se situent les calculs préalables relatifs à la mise en œuvre des pilotes notamment les volumes des silos pilotes et les calculs de volume de lait de chaux à ajouter.



Figure 37 : Photographie des silos pilotes de boues chaulées mis en place à la STEU de Meyronne-Creysse.

3.2.2.2. Les résultats

Les résultats détaillés sont présentés en annexe 28.

Les siccités des pilotes obtenues après chaulage sont cohérentes avec les calculs théoriques.

Le pH de 12 atteste d'une stabilisation des boues, ainsi il a été suivi sur toute la durée des essais (cf. Figure 38).

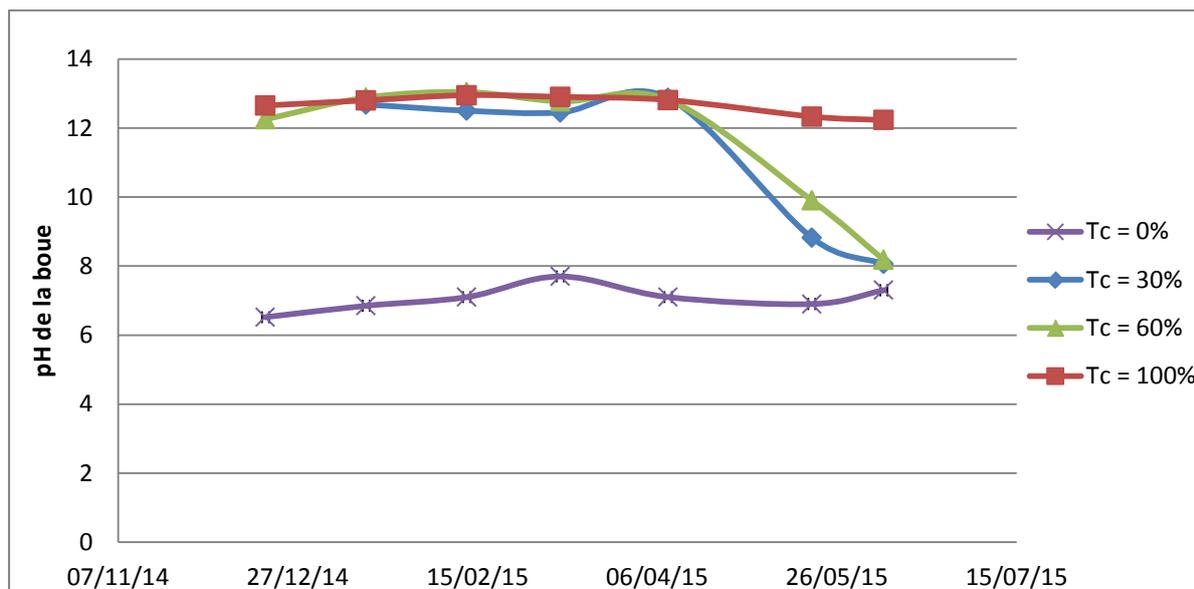


Figure 38 : Evolution du pH des boues des pilotes en fonction du taux de chaulage appliqué à la STEU de Meyronne-Creysse.

Pour un taux de chaulage des boues à 30 %, le pH passe de 12 à 8 au bout de 4 mois ce qui suppose une reprise de l'activité biologique.

Pour un taux à 60 %, le pH passe de 12 à 9 au bout de 5 mois ce qui suppose aussi une reprise de l'activité biologique mais plus lente que pour le pilote à 30 %.

Une baisse du pH est observée jusqu'à atteindre le pH initial des boues pour ces deux taux. Ceci laisse présager une augmentation prochaine de la teneur en cuivre liée à la reprise de l'activité biologique et donc à la perte de matière organique.

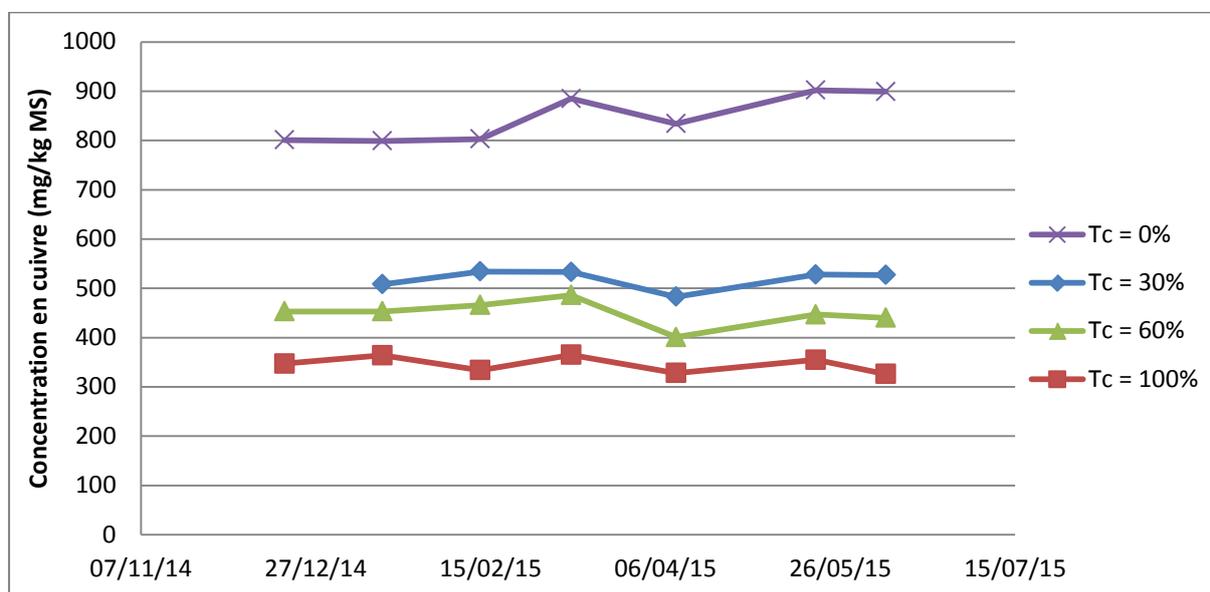


Figure 39 : Evolution des teneurs en cuivre des boues des pilotes en fonction du taux de chaulage appliqué à la STEU de Meyronne-Creysse.

L'ajout de chaux modifie la teneur en cuivre des boues chaulées par apport de MS avec alors un passage de 800 mg/kg MS (témoin) à 508 mg/kg MS pour un taux de chaulage de 30 %. La teneur en cuivre augmente dans le témoin au cours du temps, alors qu'elle est constante dans les boues chaulées ce qui montre la stabilisation des boues. A noter que l'augmentation de la teneur en cuivre du témoin est néanmoins modérée en raison des faibles températures extérieures qui ralentissent le processus de biodégradation.

D'après les résultats observés sur les pilotes, le chaulage d'un silo à 30 % et en une seule fois, permettrait de stocker les boues environ 4 mois sans reprise de l'activité biologique, et donc sans nouveau chaulage.

► Il est nécessaire de maintenir un pH élevé pour la stabilisation des boues. Le taux de chaulage de 30 % est suffisant d'un point de vue technique pour garder la teneur en cuivre constante pendant 4 mois sans ajout de boues à Meyronne.

Le temps de stockage des boues dans le silo est généralement de 2 ans. La mise en place d'un chaulage en continu des boues à 30 % au fur et à mesure de leur extraction permettra de s'affranchir d'une telle reprise d'activité biologique et de stabiliser les boues sur le long terme.

3.2.2.3. La mise en œuvre du chaulage en continu

Pour appliquer le chaulage aux boues liquides du silo, le lait de chaux prêt à l'emploi conditionné en cubitainer de 1 m³ apparaît être la meilleure solution, notamment pour maîtriser la concentration du réactif et assurer une bonne homogénéité avec les boues. La consommation de lait de chaux pour un taux de 30 % et une production annuelle moyenne est estimée à environ 4 m³ par an soit un coût livré de 1 800 € HT/an.

Différentes possibilités ont été évaluées pour l'injection de lait de chaux en continu asservie aux extractions de boues : soit, un fonctionnement manuel avec injection du lait de chaux directement des cubitainers ou par l'intermédiaire d'une pompe, soit, un fonctionnement entièrement automatisé.

Il a été conclu que, le chaulage en routine en fonctionnement automatique avec asservissement aux extractions de boues apparaît être la solution qui permet de garantir un chaulage des boues à un taux maîtrisé. Néanmoins le coût d'investissement est estimé à 7 290 € HT.

Le coût est moindre pour l'injection en manuel. Même si elle apporte moins de garanties, cette solution a été choisie en accord avec la commune, suite à une réunion dont la note figure en annexe 29. Ceci dans l'attente des résultats du suivi du chaulage qui est à mener sur une année entière et qui permettra de s'assurer que le chaulage à 30 % qui est le meilleur compromis technico-économique apporte une solution viable permettant l'épandage.

Pour permettre à l'exploitant de maîtriser le dosage, un abaque du volume de lait de chaux à ajouter en fonction du temps d'extraction des boues a été mis en place (cf. annexe 30).

L'ajout de chaux dans les boues peut avoir des effets sur la file eau tels que :

- Augmentation du pH. En sortie de station il doit être compris entre 6 et 8,5 (arrêté ministériel du 21 juillet 2015).
- Remontées de boues dans le clarificateur.
- Amplification du phénomène de moussage en période estivale.
- Inadaptation de la flore du bassin d'aération aux variations de pH.

Des essais en laboratoire ont été réalisés afin d'évaluer l'impact du retour des surnageants issus des boues chaulées, vers le BA puis du BA vers le clarificateur (cf. détails en annexe 31). Il en résulte que pour ne pas dépasser un pH de l'eau usée traitée de 8, les extractions des surnageants doivent être réparties dans la semaine (2 fois par semaine) et en quantité modérée (< 20 m³/extraction).

Pour évaluer les effets sur la STEU, le suivi mis en place consiste en des mesures de pH et de teneur en cuivre réalisées sur le silo et le clarificateur depuis juillet 2015, mois au cours duquel le chaulage a été mis en place (cf. Tableau 26). A noter que l'autosurveillance du 28 octobre 2015 n'a pas montré d'impact du chaulage et les rejets de la STEU sont satisfaisants.



Figure 40 : Dispositif de chaulage des boues en routine à la STEU de Meyronne-Creysse.

Tableau 26 : Teneurs en cuivre et pH mesurés suite à la mise en place du chaulage en routine à la STEU de Meyronne-Creysse.

Date de prélèvement	Silo de stockage					Clarificateur	
	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	pH	Température (°C)	pH	Température (°C)
09/09/2015	539	1,6	459	12,41	18,7	7,91	20,8
08/10/2015	503	1,5	483	12,40	16,6		
05/11/2015	451	1,5	504	12,56	13,1	7,11	13,7
10/12/2015	442	1,7	519	12,67	7,9		

► Le chaulage en routine permet de conserver les boues extraites du bassin d'aération à une teneur en cuivre des boues permettant leur valorisation agricole sans toutefois impacter la file eau lors des retours de surnageants qui sont maîtrisés.

3.3. Le récapitulatif sur la station d'épuration de Meyronne-Creysse

- La ressource en eau potable est agressive, et ce d'autant plus en été, car elle est alimentée par des infiltrations de l'eau de la rivière Dordogne.
- L'eau distribuée est agressive toutefois les quelques analyses de l'eau au robinet tendent à montrer une concentration en cuivre faible.
- La concentration en cuivre de l'eau usée est plus élevée que celle de l'eau distribuée, il y a un enrichissement dû aux usages.
- L'augmentation de l'âge des boues (1 mois) dans le bassin d'aération entraîne l'élévation de la teneur en cuivre des boues activées.
- Dans le silo pilote, la biodégradation des boues provoque une perte de MO et donc de MS cause une augmentation de 50 % de la teneur en cuivre exprimée en masse par unité de masse sèche, au bout de 6 mois. De plus, cette augmentation semble liée à la température des boues.
- La solution temporaire d'épaississement des boues dans les LSPR de la STEU d'Alvignac n'a pas été mise en place sachant que, compte tenu de la réduction de MO observée dans les LSPR, la teneur en cuivre des boues de la STEU de Meyronne-Creysse pourrait alors passer d'environ 700 mg/kg MS à 1500 mg/kg MS à cause de la minéralisation des boues.
- L'évacuation des boues stockées en silo depuis 2 ans s'est faite après chaulage (lait de chaux prêt à l'emploi) par épandage avec accord de la DDT. La commune a ainsi économisé environ 15 000 € par rapport à une élimination spécifique (ISDND ou incinérateur).
- Il a été vu qu'une stabilisation des boues par chaulage stoppe la dégradation de la MO, et donc l'augmentation de leur teneur en cuivre. Un taux de chaulage de 30 % apparaît être le plus adapté d'un point de vue technique.
- Une solution concrète pour assurer la conformité des boues a été mise en place en juillet 2015 : le chaulage en continu. Pour appliquer le chaulage aux boues liquides du silo, le lait de chaux prêt à l'emploi conditionné en cubitainer de 1 m³ apparaît être la meilleure solution, notamment pour maîtriser la concentration du réactif et assurer une bonne homogénéité avec les boues. L'injection de lait de chaux est effectuée manuellement par l'exploitant. Aucun impact négatif des retours de surnageants du silo n'a été observé sur la file eau et la teneur en cuivre des boues stockées est stable.
- Un épandage sera prévu tous les ans pour limiter le temps de stockage dans le silo, au lieu de 2 ans comme réalisé précédemment. Le taux de chaulage appliqué actuellement est de 30 %. Suite aux expérimentations effectuées et conformément à la littérature ce taux apparaît être le meilleur compromis d'un point de vue technico-économique.

4. La station d'épuration de Labastide-Murat

4.1. Les résultats

4.1.1. La ressource en eau potable

La commune de Labastide-Murat est alimentée en eau potable par le syndicat mixte de la Bouriane. L'eau est composée de 2 ressources traitées au chlore gazeux :

- Source de Fontbelle :

Il s'agit d'une résurgence karstique, dont l'eau est fortement minéralisée. Le pH et le TAC sont constants, avec des valeurs moyennes au 28 octobre 2015 respectivement de 7,12 et 28 °F. L'eau est entartrante, et sa concentration en cuivre est inférieure à 2 µg/L (limite de quantification, 4 valeurs de 2013 à 2014).

Des pics de concentration en sulfates SO_4^{2-} sont observés tous les étés (juin à octobre). Ils font augmenter la conductivité de l'eau de 100 µS/cm (moyenne de 550 µS/cm). Ainsi, la qualité de cette eau peut varier au cours d'une année.

- Captage de Pinsac (Treyne) :

Le captage est constitué de puits qui pompent, dans la nappe alluviale de la Dordogne, une eau à tendance agressive. Peu de valeurs sont disponibles pour cette ressource.

4.1.2. L'eau potable

Le mélange des deux eaux citées précédemment s'effectue dans le réseau de refoulement pour arriver dans le réservoir principal de Négrefeuille. In fine, l'eau distribuée est incrustante, avec un pH de 7,75 et un TH de 21 °F (résultats de l'année 2014, ARS). La concentration en cuivre de l'eau au robinet du consommateur semble faible (cf. Tableau 27). L'eau subit un très faible enrichissement en cuivre par rapport à la ressource.

Tableau 27 : Concentrations en cuivre mesurées lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet dans la commune de Labastide-Murat.

Date de prélèvement	Concentration en cuivre µg/L
09/06/2015	10
16/04/2013	5

4.1.3. L'eau usée

Des analyses des concentrations en cuivre de l'eau usée ont été effectuées en 2014 et 2015 lors des autosurveillances réglementaires de la STEU (cf. Tableau 28).

Tableau 28 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Labastide-Murat.

Date de prélèvement		03/03/2015		18/07/2014	
Point de prélèvement		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Matières en suspension	mg/L	410	3,2	680	7,6
DBO ₅ à 20°C	mg/L O ₂	340	1,9	590	2,2
DCO	mg/L O ₂	832	42	1130	46
Azote global	mg/L N	ND	ND	140,00	14,31
Azote Kjeldahl NTK	mg/L N	83,0	2,9	140	14
Phosphore	mg/L P	9,90	3,97	16,00	5,76
pH		8,3	7,0	8,3	7,6
Débit moyen journalier	m ³ /j	94	94	79	79
Météo		temps sec		temps sec	
Concentration en cuivre	µg/L	145	13	143	10
Flux de cuivre	g/j	13,6	1,2	11,3	0,8
Flux de cuivre retenu	g/j	12,4		10,5	
Abattement du cuivre	%	91		93	

L'eau subit un enrichissement relativement important en cuivre entre sa distribution au robinet et son entrée à la STEU.

La concentration moyenne en cuivre en entrée de STEU est de 144 µg/L (cf. Tableau 28), le flux de cuivre entrant est constant et similaire pour les deux mesures.

La STEU a un abattement du flux de cuivre de plus de 90 % ce qui est conforme à la littérature.

A noter que ces concentrations en cuivre sont proches de celles mesurées à la STEU de Meyronne-Creysse et légèrement inférieures à celles de la STEU de Cahors.

4.1.4. Le bassin d'aération

Les prélèvements dans le bassin d'aération ont été effectués tous les 3 mois pour l'année 2014.

Tableau 29 : Teneurs en MS, MO et cuivre des prélèvements trimestriels de boues du bassin d'aération de la STEU de Labastide-Murat en 2014.

Date de prélèvement	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	Cuivre (mg/kg MS)
04/06/2014	0,4	715	675
18/07/2014	0,5	740	712
25/09/2014	0,5	727	657
02/12/2014	0,4	740	571
19/02/2015	0,8	797	628
03/03/2015	0,8	811	694
21/04/2015	0,7	783	648
19/05/2015	0,4	724	585
08/06/2015	0,4	704	541
16/07/2015	0,3	720	574
06/08/2015	0,4	740	594
09/09/2015	0,5	758	531
08/10/2015	0,5	763	590
05/11/2015	0,5	767	493
10/12/2015	0,5	790	557

Comme il a été conclu pour la STEU de Meyronne-Creysse, la MS dépend des extractions de boues dans l'ouvrage et donc varie en fonction de l'exploitation.

Lorsque la MS augmente suite à l'exploitation, il se produit une accumulation du cuivre dans les boues du BA.

Par ailleurs, les boues ont une teneur en matière organique cohérente pour des boues activées.

Les boues du bassin d'aération sont chargées en cuivre (moyenne française ADEME 330 mg/kg MS) toutefois, elles sont largement aptes à l'épandage. A noter que ces teneurs en cuivre sont proches de celles de la STEU de Meyronne-Creysse.

La teneur en cuivre du BA semble est variable, de 571 mg/kg MS à 712 mg/kg MS. Or, il n'y a pas d'industriels raccordés et l'aire d'autoroute ne rejette à priori que des effluents assimilés domestiques. Toutefois aucune vérification de branchements n'a été réalisée.

Les causes possibles de variation du cuivre dans le bassin d'aération sont nombreuses. Elles peuvent être fonction de la nature de l'eau potable selon la saison, de l'eau usée brute (déversements ponctuels, industriels) ou encore de l'exploitation de la STEU (âge des boues...).

D'où la décision prise d'augmenter la fréquence des analyses de teneur en cuivre dans le BA : mensuelles en 2015 au lieu de trimestrielles en 2014 (cf. Figure 41).

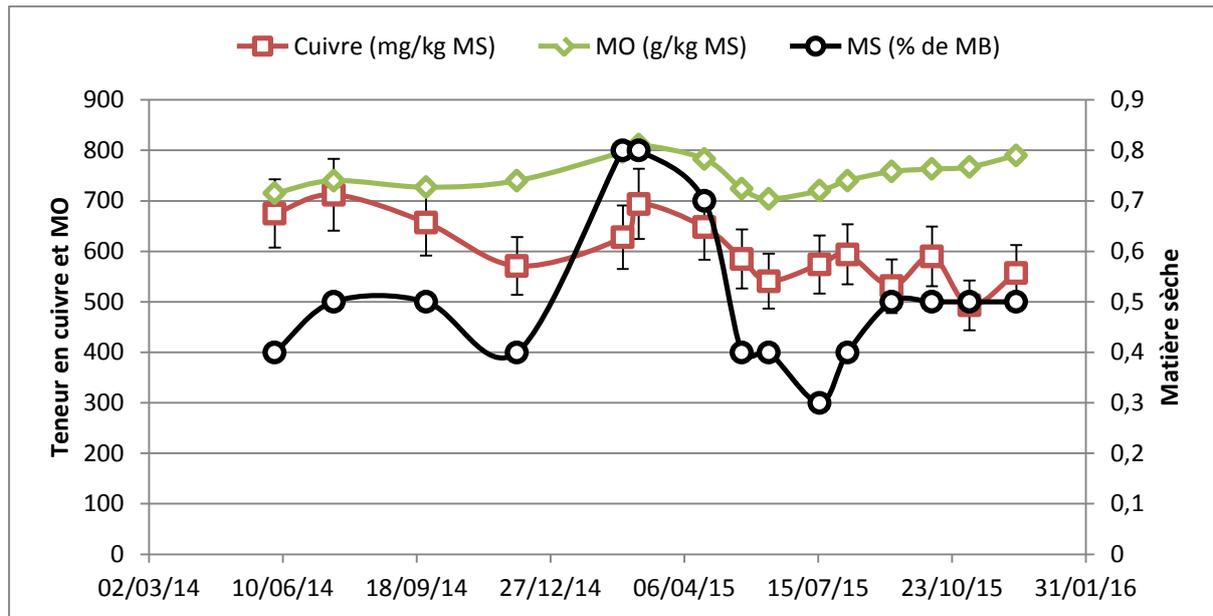


Figure 41 : Evolution des teneurs en MO, MS et cuivre des prélèvements de boues du bassin d'aération de la STEU de Labastide-Murat de 2014 à 2015.

Figure 41 sont observées d'importantes variations de la MS dans le BA, liée à l'exploitation (pas d'extractions de boues du BA au premier trimestre 2015). Les variations de la teneur en cuivre des boues sont plus modérées, comprises entre 493 et 712 mg/kg MS avec une moyenne de 603 mg/kg MS. Les courbes de la MO et du cuivre évoluent dans le même sens mais pas de façon proportionnelle. La teneur en cuivre des boues du BA et notamment l'absence de grandes variations ne permet pas d'expliquer celle des boues stockées en LSPR qui est très élevée.

4.1.5. Les lits de séchages plantés de roseaux

Les boues des LSPR ont été analysées en 2014 et 2015. Les résultats sont présentés Tableau 30.

Tableau 30 : Résultats d'analyses des boues stockées dans les LSPR de la STEU de Labastide-Murat.

Date de prélèvement	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	Cuivre (mg/kg MS)
LSPR 1			
04/06/2014	11,4	695	1273
LSPR 4			
04/06/2014	10,3	721	1167
LSPR 1-4 échantillon moyen			
04/06/2014	12,1	705	1224
11/08/2015	14,2	739	1031

Il est observé que la teneur en cuivre des boues déshydratées est supérieure au seuil réglementaire.

Remarquons que, la teneur en matière organique est élevée pour des boues de LSPR.

Figure 42 : Prélèvement dans un LSPR.



Tableau 31 : Comparaison des résultats de boues avant et après déshydratation sur LSPR de la STEU de Labastide-Murat.

04/06/2014		Boue extraite	Boue déshydratée
		Bassin aération	LSPR
Matière sèche	% de MB	0,4	10,85
Matière organique	g/kg de MS	715	708
Matière minérale	g/kg de MS	285	292
Cuivre	mg/kg de MS	675	1220

Le prélèvement réalisé sur la boue déshydratée du LSPR est représentatif de l'ensemble des boues qui y sont stockées, depuis le précédent curage à savoir 2009. Ainsi cet échantillon intègre les éventuelles variations de la qualité des boues du BA qui l'alimente. Par contre le résultat des boues du BA correspond à un prélèvement ponctuel et sa qualité moyenne peut légèrement différer. Ces 2 résultats sont néanmoins comparés pour estimer l'évolution de la boue, qui se produit dans le LSPR.

Par rapport aux boues du BA, Tableau 31, la réduction de la matière organique dans les boues des LSPR est très faible alors que la teneur en cuivre des boues double.

Les résultats obtenus ne sont pas cohérents avec :

- Le fonctionnement normal des LSPR : une réduction de matière organique plus importante est attendue dans ce type d'ouvrage.
- Les calculs théoriques¹¹ :
 - Compte tenu de la faible réduction de MO des boues après déshydratation, la valeur théorique en cuivre devrait passer de 675 mg/kg MS dans le BA à 691 mg/kg MS dans les LSPR, et non pas doubler.
 - Tenant compte d'une teneur en cuivre de 1 220 mg/kg MS, la valeur théorique de MO dans le LSPR devrait être de 485 g/kg MS.

Le suivi prévu d'une mesure tous les 6 mois sur les boues des LSPR sur 2 ans n'est pas adapté, un suivi plus régulier pourrait permettre de mieux comprendre le fonctionnement de ces LSPR.

► **Le doublement de la teneur en cuivre entre le bassin d'aération et les LSPR ne s'explique donc pas au regard des résultats d'analyses réalisés pour l'étude. En effet, une très faible diminution de la MO est observée. Pour des LSPR, il serait nécessaire de réaliser un suivi portant sur l'ensemble du temps de stockage, qui est de 4 ans, afin de connaître l'évolution de la qualité de la boue qui alimente cet ouvrage.**

Fin 2014, la commune avait 2 LSPR à leur capacité nominale de stockage et des boues non épandables avec une élimination à réaliser au plus tard en septembre 2015. Il y avait nécessité de trouver une solution rapide pour l'élimination de ces boues. Il a donc été proposé de réorienter l'étude afin de :

- Déterminer des solutions d'élimination pour les boues actuellement stockées en rattrapant la teneur en cuivre du BA par ajout de chaux ou de déchets verts.
- Trouver une solution à long terme : il peut être envisagé de modifier la file boues pour une file moins accumulatrice de cuivre.

4.2. Les réorientations de l'étude

Dans un premier temps, le SYDED a proposé à la DDT de réaliser un épandage raisonné des boues non conformes mais avec respect des flux de cuivre (cf. courrier et note en annexe 22).

¹¹ Selon calcul page 65.

Dans un second temps, différentes solutions détaillées dans la note à la commune annexe 32 ont été étudiées pour l'élimination des boues de la STEU de Labastide-Murat :

- Filières spécifiques d'élimination :
 - ISDND mais siccité nécessaire de 30 %, or les boues sont à moins de 15 %.
 - Incinération : difficultés de trouver des incinérateurs qui acceptent les boues avec présence de rhizomes.
- Epandage avec apport préalable de matière sèche (cendres, chaux ou déchets verts).

L'épandage de boues est la solution la plus intéressante financièrement (cf. Tableau 32), les coûts des autres solutions sont au minimum trois fois supérieurs.

Tableau 32 : Coûts estimés des solutions proposées pour l'élimination de boues de Labastide-Murat en 2015.

	ISDND						INCINERATION			EPANDAGE					
	Déshydratation ou apport de MS			Solution complète			qté	prix €/tonne	coût total €	Chaux			Déchets verts		
	qté	prix €/tonne	coût total €	qté	prix €/tonne	coût total €				qté	prix €/tonne	coût total €	qté	prix €/tonne	coût total €
Curage	200	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	91	6 200 €
Déshydratation	à définir		?				à définir		?	à définir			à définir		
Chaux	40	120	4 800 €							21	120	2 520 €			
Déchets verts													40	40	1 600 €
Elimination	240	160	38 400 €	200	200	40 000 €	200	300	60 000 €	221	26	5 746 €	240	26	6 240 €
TOTAL	49 400 €			46 200 €			66 200 €			14 466 €			14 040 €		

Mi-2015, les LSPR arrivaient à leur capacité maximale de remplissage, il fallait donc évacuer les boues non conformes. Ainsi, il a été proposé à la DDT de rattraper la teneur en cuivre des boues du BA, conformes pour l'épandage, par ajout de matière sèche dans les boues des LSPR.

L'épandage a donc été réalisé avec accord préalable de la DDT, en justifiant de l'aptitude à l'épandage des boues dans le bassin d'aération après chaulage.

L'objectif était de procéder à un apport de matière sèche à l'aide de chaux vive pour revenir à une teneur en cuivre proche de celle du bassin d'aération, soit ~ 650 mg/kg MS.

La chaux vive a été choisie car la déshydratation et la tenue en tas des boues est supposée être meilleure qu'avec de la chaux éteinte.



Figure 43 : Chaulage des boues de la STEU de Labastide-Murat.

Des sacs de 500 kg de chaux vive ont été déposés sur chaque parcelle à épandre. Les boues curées sur la STEU ont été dépotées sur les parcelles, puis les sacs de chaux ont été vidés sur les boues à l'aide d'un tractopelle à godet. Ensuite le mélange a été réalisé à l'aide du godet, et pour finir les boues ont été chargées dans un épandeur. Les boues épandues étaient plutôt homogènes et la teneur en cuivre était celle attendue donc la mise en œuvre du dosage a été correctement réalisée. Pour 155 m³ de boues curées, 12 t de chaux éteinte ont été utilisées.

Dans le but d'anticiper l'impact sur les sols de l'élévation de pH due à l'apport de chaux, la valeur neutralisante a été calculée annexe 33. Ainsi, l'élévation du pH du sol a été évaluée à 0,4. Or, les sols sur ce secteur géographique sont calcaires avec un pH proche de 8. Ainsi, la Chambre d'Agriculture et les agriculteurs qui recevaient ces boues ont été consultés préalablement à l'épandage pour avoir leur accord et valider la compatibilité de l'augmentation du pH des sols avec les cultures.

► Les points critiques de l'opération étaient donc l'élévation du pH des sols et l'homogénéité du mélange. Toutefois l'opération s'est bien déroulée, les boues suite à leur chaulage étaient plutôt homogènes et respectaient les seuils réglementaires.
A ce jour, il serait nécessaire pour la commune d'étudier la modification de la filière boues de la STEU pour une file boue moins accumulatrice de cuivre.

4.3. Le récapitulatif sur la station d'épuration de Labastide-Murat

- La ressource en eau potable est composée de 2 sources. L'une est entartrante, et sa concentration en cuivre est quasiment nulle et sa qualité peut varier au cours d'une année. L'autre est agressive issue de la nappe alluviale de la Dordogne. Au final, l'eau distribuée est incrustante, avec une concentration en cuivre faible.
- L'eau subit un enrichissement relativement important en cuivre entre sa distribution au robinet et son entrée à la STEU.
- Le flux de cuivre dans l'eau usée semble constant. La STEU a un très bon abattement du cuivre dans les boues (> 90 %).
- Les boues du bassin d'aération sont chargées en cuivre toutefois, elles sont largement aptes à l'épandage (moyenne de 603 mg/kg MS).
- Les causes possibles des quelques variations de teneurs en cuivre constatées dans le bassin d'aération peuvent être fonction de la qualité de l'eau potable selon la saison, de l'eau usée brute (déversements ponctuels, industriels) ou encore de l'exploitation de la STEU.
- Dans les LSPR la teneur en cuivre des boues déshydratées est supérieure au seuil réglementaire de 1 000 mg/kg MS. La réduction de la matière organique dans les boues des LSPR est très faible alors que la teneur en cuivre des boues double ce qui n'est pas cohérent avec le fonctionnement attendu d'un LSPR. En effet une minéralisation importante des boues se produit théoriquement dans ces ouvrages.
- Pour les boues déshydratées, des filières spécifiques d'élimination ont été recherchées mais elles sont coûteuses. Pour l'incinération, il y a des difficultés à trouver des installations qui acceptent les boues avec des rhizomes.
- L'évacuation des boues stockées en LSPR depuis 5 ans a été réalisée en 2015. Il a été proposé à la DDT de rattraper la teneur en cuivre des boues du BA par ajout de matière sèche dans les boues des LSPR. Ainsi, de la chaux vive a été choisie pour être mélangée aux boues. Les points critiques de l'opération étaient donc l'élévation du pH des sols et l'homogénéité du mélange. Toutefois, l'opération s'est bien déroulée.
- A ce jour, un traitement de stabilisation des boues dans les LSPR ne peut pas être mis en place (roseaux, absence d'homogénéisation...). Il serait nécessaire pour la commune d'étudier la modification de la filière boues de la STEU. Toutefois cela semble complexe car un remplacement des LSPR par un silo de stockage de boues liquides nécessiterait un traitement de stabilisation à la chaux identique à ce qui est effectué à la STEU de Meyronne-Creysse. Ainsi, pour un épandage, la compatibilité entre les boues chaulées et le parcellaire mis à disposition reste à étudier car il s'agit de sols calcaires dont le pH est supérieur à 8. Une autre solution serait de traiter les boues extraites sans passer par les LSPR par un équipement de déshydratation dont les coûts sont à estimer.

5. La station d'épuration de Leyme

5.1. Les résultats

5.1.1. La ressource en eau potable

La ressource en eau potable est issue d'eau provenant de différents puits. Elle est agressive du fait de ses faibles conductivités et pH. La concentration en cuivre de la ressource est très faible voire nulle (cf. Tableau 33).

Tableau 33 : Concentrations en cuivre mesurées en µg/L lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau aux captages de l'UGE Mairie de Leyme.

Date de prélèvement	03/05/2012	12/06/2012
Captage	Concentration en cuivre µg/L	
Bedou	2	
Courbou	< 1	
Fontgaillarde 1	8	
Vielfoie		< 1

A noter que le captage de Bedou sert principalement à alimenter l'Institut Camille Miret en été (mélange avec autres ressources).

5.1.2. L'eau potable

L'eau potable est produite par simple chloration de la ressource. L'eau de l'unité de distribution de Frescaline se compose d'un mélange des ressources de Fontgaillarde et Vielfoie.

Tableau 34 : Concentrations en cuivre mesurées en µg/L lors du contrôle sanitaire de l'ARS sur l'eau au robinet de l'UGE Mairie de Leyme.

Date de prélèvement	14/09/2010	18/10/2011	08/09/2015
Unité de distribution	Concentration en cuivre µg/L		
Leyme-Courbou	60		69
Leyme-Frescaline		82	

L'eau subit un enrichissement en cuivre de la ressource au robinet du consommateur. La qualité de l'eau varie très peu au cours du temps.

5.1.3. L'eau usée

Les analyses de concentrations en cuivre de l'eau usée ont été effectuées en 2014 et 2015 ; 2 fois par an lors des autosurveillances réglementaires. Tableau 35 sont répertoriés les résultats.

Tableau 35 : Résultats d'analyses de l'autosurveillance sur l'eau usée en entrée et sortie de la STEU de Leyme.

Date prélèvement	28/10/2015		16/06/2015		05/08/2014		31/03/2014	
Point prélèvement	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Matières en suspension <i>mg/L</i>	85	12	110	11	930	23	160	10
DBO ₅ à 20°C <i>mg/L O₂</i>	110	6	110	3	320	6	67	2,5
DCO <i>mg/L O₂</i>	172	< 30	275	31	999	45	152	< 30
Ammonium <i>mg/L N</i>	13,8	0,7	15,6	4,7	19,1	3,1	10,1	ND
Azote Kjeldahl NTK <i>mg/L N</i>	18,5	2,4	25,6	5,9	44,3	5,5	16,8	0,9
Phosphore <i>mg/L P</i>	2,33	1,52	3,58	1,01	6,23	1,43	2,07	1,40
pH	7,8	7,4	7,8	7,8	7,7	7,7	7,4	7,3
Débit <i>m³/j</i>	374	374	359	359	335	335	421	421
Météo	temps de pluie		temps sec, 3 jours depuis la dernière pluie		temps sec, 1 jour depuis la dernière pluie		temps sec ensoleillé	
Concentration en cuivre <i>µg/L</i>	87	45	148	27	245	52	126	41
Flux de cuivre <i>g/j</i>	32,5	16,8	53,1	9,7	82,1	17,4	53,1	17,3
Flux de cuivre retenu <i>g/j</i>	15,7		43,4		64,7		35,8	
Abattement en cuivre %	48		82		79		67	
Commentaires	eau diluée		eau diluée		charge organique inhabituelle => pollution ponctuelle suspectée		eau diluée	

La concentration en cuivre de l'eau usée varie de 87 µg/L à 245 µg/L. Le 16 juin 2015 et 31 mars 2015 l'eau usée entrante est très diluée. Le 5 août 2015 l'eau usée est très chargée en MES donc il est possible qu'un rejet non domestique en soit à l'origine. Le réseau de collecte est mixte et achemine énormément d'eaux parasites à la STEU ce qui provoquent des surcharges hydrauliques à la STEU. Ainsi l'eau usée est diluée et donc elle peut causer des variations importantes dans la composition des eaux usées entrant à la STEU notamment en cuivre.

La concentration en cuivre de l'eau usée mesurée est élevée mais compte tenu du faible nombre de valeurs il est impossible de conclure sur cette tendance.

Par ailleurs, l'eau semble subir un enrichissement entre sa distribution au robinet du consommateur et son entrée à la STEU mais compte tenu de la variation importante de la concentration en cuivre en entrée de STEU il est difficile de le quantifier.

Notons que, la blanchisserie rejette fréquemment des effluents troubles et bleutés. D'après GROMAIRE-MERTZ 1998, les eaux de lavage des vêtements seraient la principale source de métaux dans les eaux usées strictement domestiques avec une concentration moyenne en cuivre de 150 µg/L. Se pose alors la question de la concentration et du flux de cuivre rejetés par la blanchisserie de Leyme, malgré la présence d'un pré-traitement. Une convention de rejet a été établie mais aucune analyse de cuivre n'y est prévue. Un nouvel arrêté de déversement intégrant des mesures de cuivre devrait prochainement être établi.

5.1.4. Le bassin d'aération

Le suivi de la teneur en cuivre des boues biologiques a été effectué tous les 2 mois pour l'année 2014 (cf. Tableau 36).

Tableau 36 : Résultats des analyses de MS, MO et cuivre dans le bassin d'aération de la STEU de Leyme.

Date de prélèvement	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	Cuivre (mg/kg MS)
03/06/2014	0,6	682	1685
25/06/2014	0,5	701	1832
06/08/2014	0,6	724	2042
07/10/2014	0,6	757	2043
02/12/2014	0,4	777	1773
Moyenne	0,5	728	1875
Maximum	0,6	777	2043
Minimum	0,4	682	1685

Il a été observé que les boues du bassin d'aération ont une teneur en cuivre très élevée. Elle est quasiment deux fois plus élevée que le seuil admis pour une valorisation agricole (1 000 mg/kg MS) et trois fois supérieure aux STEU de Meyronne-Creysse et Labastide-Murat.

5.1.5. La citerne de stockage

En annexe 34 se situe le résultat d'analyse de la qualité de la boue de Leyme avant traitement pour 2014 et 2015.

Tableau 37 : Teneurs en cuivre mesurées dans la citerne de stockage des boues de la STEU de Leyme.

Date de prélèvement	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)	Cuivre (mg/kg MS)
24/09/2008	1	75,2	2480
24/04/2012			1910
04/10/2012	3,6		2500
13/12/2012			1650
18/12/2012	2,4		2180
30/10/2013			2380
03/06/2014	2,3	718	2086
		Moyenne	2169
		Maximum	2500
		Minimum	1650

La teneur en cuivre des boues de la citerne est très élevée. Les résultats sont variables certainement à cause des difficultés pour constituer un échantillon représentatif des boues du fait de l'absence d'un dispositif d'homogénéisation.

La non-conformité des boues est permanente et élevée et son origine est principalement liée à la qualité de l'eau potable. Ainsi, pour limiter la teneur en cuivre dans les boues de Leyme, la seule solution est de traiter dans un premier temps l'eau potable pour réduire son agressivité.

5.1.6. Les traitements envisagés sur l'eau potable

Le traitement filmogène des canalisations d'eau potable, qui était prévu pour septembre 2014 consiste, par ajout d'un réactif (METAQUA), à inhiber la corrosion grâce au dépôt d'une couche protectrice sur la canalisation. L'injection de ce réactif s'effectuerait au niveau du réservoir d'eau potable. Il se compose de polyphosphates (PO_4^{3-}) anti-tartes qui aident à la création d'un film par les silicates (SiO_2). Les concentrations maximales qui seront appliquées sont, pour une consommation de $300\text{ m}^3/\text{j}$ sur l'unité de Frescalines, de 9 mg/L de SiO_2 et de $0,76\text{ mg/L}$ PO_4^{3-} . Le réactif utilisé n'est en aucun cas composé d'ETM, il ne devrait donc pas avoir d'impact sur les teneurs actuelles en ETM des boues.

Une demande pour la mise en place du traitement filmogène a été effectuée courant 2014 auprès de l'ARS. Il n'a pas été autorisé car l'eau de Leyme ne remplit pas les conditions réglementaires de la circulaire DGS/SD7A/2004/557. Le traitement filmogène n'est autorisé que pour les eaux fortement et moyennement minéralisées. De plus dans le cas de Leyme il n'existe pas d'enjeu sanitaire qui justifierait la mise en place d'un tel traitement.

La forte agressivité de l'eau potable de Leyme impose réglementairement sa reminéralisation, qui devait être mise en place pour mi-2015. Toutefois la consultation des entreprises a été repoussée. L'avant-projet prévoit l'utilisation d'un matériel calcaire pour ce traitement.

Compte tenu de ces éléments, les campagnes de prélèvements sur les boues ont été stoppées en décembre 2014 jusqu'à mise en place de la reminéralisation. Les analyses de l'eau usée et traitée ont été maintenues pour mieux connaître les variations de concentrations en cuivre.

Il sera nécessaire de reprendre la campagne sur les boues pour comparer les résultats avant traitement à ceux après traitement. Néanmoins, il n'existe aucune certitude sur l'impact suffisant de la reminéralisation vis-à-vis de la conformité des boues.

En parallèle, il faudrait investiguer sur le cuivre apporté dans l'eau usée et notamment les rejets de la blanchisserie.

► Des modifications de l'exploitation telles que : la réduction du temps de stockage des boues, de la teneur en MS ou de l'âge des boues, pourraient permettre de baisser la teneur en cuivre des boues mais pas d'obtenir une teneur conforme à la réglementation pour l'épandage.

Il y a donc nécessité d'avoir recours à une filière d'élimination spécifique pour ces boues non conformes, le retour au sol étant exclu.

Il a donc été entrepris de rechercher des solutions d'évacuation des boues stockées dans la citerne.

5.2. Les réorientations de l'étude

En 2014, les boues ont été évacuées de la station d'épuration sous forme liquide pour subir une déshydratation mécanique puis un séchage solaire et enfin une incinération. Le coût de l'élimination des boues était d'environ $50\ 000\text{ € HT}$ pour 300 m^3 . Ce marché d'élimination des boues est arrivé à terme le 31 décembre 2014, de ce fait une nouvelle consultation d'entreprises a été menée en parallèle de la recherche de filières spécialisées pour les boues non conformes.

Ces solutions sont présentées dans la note réalisée pour la commune en annexe 35 et une liste des entreprises proposant des unités mobiles a été établie (cf. annexe 36).

En 2014, un projet de construction d'une nouvelle STEU de type FPR a été lancé, le procédé produit peu de boues et qui accumule moins le cuivre qu'une STEU à boues activées (rétention par biosorption moins importante et abattement du cuivre plus faible). Par ailleurs les boues produites seraient pâteuses et donc moins coûteuses à éliminer.

Tableau 38 : Filières étudiées à la STEU de Leyme pour le conditionnement et l'élimination des boues non conformes.

Filière étudiée		Avantages/Inconvénients/Coûts	Viable
Conditionnement	Apport de MO (effluent IAA) à la STEU de Leyme	Compte tenu de la production de boues de la STEU, il faudrait doubler la charge organique reçue actuellement, or la STEU est déjà à sa charge maximale.	Non
	Achat de Géotubes	10 000 € HT/an pour deux Géotubes sans compter l'élimination des boues	Pas de gain financier
	Mutualisation des équipements de déshydratation	Certains équipements de déshydratation mis en place sur les stations d'épuration de Figeac ou Souillac pourraient être mutualisés sachant qu'ils ne sont pas utilisés à capacité nominale.	Faisabilité technique difficile
	Achat d'une unité mobile de déshydratation	Les coûts ne seraient certainement pas amortis en 3 ans jusqu'à la mise en place de la nouvelle station d'épuration.	Non
	Location d'une unité mobile de déshydratation	Ex : Solairgies 108 €/m ³ = 16 200 € HT (centrifugeuse+bennes+personnel)	Coûteux
	Location de bennes fermées ou bennes filtrante	Capacité de stockage limitée ce qui demande d'évacuer les boues régulièrement.	Coûteux
Elimination	Dépotage des boues de Leyme sur une autre STEU	La teneur en cuivre élevée et l'importante quantité de boues à dépoter pourraient rendre non conformes les boues de la STEU acceptant le dépotage.	Non

Pour résumer, les solutions n'apportent pas de gain financier notable. Les Géotubes sont une solution temporaire, la location et surtout l'achat d'une unité mobile de déshydratation sont financièrement inintéressants pour une utilisation peu fréquente. L'achat d'une unité mobile est intéressant si les coûts sont mutualisés pour une déshydratation des boues de plusieurs STEU.

La consultation des entreprises pour un nouveau marché établi jusque fin 2016 a permis de réduire de moitié le coût annuel d'élimination soit 25 000 € HT en 2015 au lieu de 50 000 € HT en 2014 pour ~ 300 m³.

5.3. Le récapitulatif sur la station d'épuration de Leyme

- Réglementairement la ressource en eau potable agressive doit être reminéralisée. Il y a enrichissement de l'eau en cuivre au cours de sa distribution.
- L'étude sur cette STEU n'a pas pu être menée intégralement en raison des modifications et retards liés aux traitements envisagés sur l'eau potable. Seuls ont été maintenus les prélèvements et analyses d'eau usée en entrée et de boues dans le BA afin de pouvoir apprécier l'impact du traitement de reminéralisation de l'eau potable.
- La concentration en cuivre de l'eau usée est très variable. Notons que, la blanchisserie rejette fréquemment des effluents, la convention de rejet existante ne prévoit pas d'analyse de cuivre alors que cette entreprise est susceptible d'en rejeter. Il serait intéressant d'étudier plus précisément les eaux usées rejetées au réseau de collecte.
- Les boues du bassin d'aération ont une teneur en cuivre très élevée. Ainsi, des modifications de l'exploitation (réduction du temps de stockage des boues, de la teneur en MS ou de l'âge des boues) ne permettraient pas d'obtenir une teneur en cuivre conforme à la réglementation.
- Pour limiter la teneur en cuivre dans les boues de Leyme, la seule solution est de traiter dans un premier temps l'eau potable pour réduire son agressivité. Bien que le traitement de reminéralisation permette d'abaisser la teneur en cuivre des boues, celles-ci resteront probablement non-conformes pour une valorisation agricole.
- En 2014, un projet de construction d'une nouvelle STEU de type FPR a démarré, d'autant plus que l'installation actuelle est vieillissante. Ce procédé a une rétention et un abattement du cuivre moins importants que pour une STEU à boues activées.

6. La comparaison du cuivre dans les 4 STEU

6.1. Les concentrations en cuivre dans l'eau de la ressource à la STEU

Tableau 39 : Concentrations en cuivre de la ressource en eau potable à l'eau usée pour les 4 STEU étudiées.

	Ressource en eau potable données 2010 à 2014	Eau au robinet du consommateur données 2010 à 2014	Eau usée données bilans 24h, 2014-2015	
	$\mu\text{g/L}$	$\mu\text{g/L}$	temps sec	temps pluie
			$\mu\text{g/L}$	
Cahors	< 2	Moyenne : 135 (hors pics) Minimum : 46 Maximum : 314	Données bilans 24h, 2010 à 2014, hors pics : Moyenne : 210 Minimum : 71 Maximum : 400	
Meyronne-Creysse	ND	Moyenne : 37 Minimum : 18 Maximum : 100	205	89 et 98
Labastide Murat	< 2	Moyenne : 8 Minimum : 5 Maximum : 10	143 et 145	ND
Leyme	< 8	Moyenne : 70 Minimum : 60 Maximum : 82	126 et 148 Rq : Eau usée très diluée par eaux claires parasites	87

Il est observé Tableau 39 que pour les 4 STEU étudiées, il existe un enrichissement en cuivre plus ou moins important de l'eau potable distribuée. Pour rappel, la concentration en cuivre de l'eau au robinet n'est pas représentative de l'ensemble de l'eau distribuée sur le réseau. Elle est fonction de la dissolution des métaux dans le réseau de canalisation en amont du point de prélèvement (ancien, qualité du matériau...), mais aussi des particularités de réseau de distribution (vitesses d'écoulement, pressions, stagnation...). Ainsi, les variations de la concentration en cuivre de l'eau distribuée dépendent du point de prélèvement, et ne sont donc pas uniquement liées à la qualité de la ressource.

L'enrichissement peut ainsi être dû, à la corrosion des canalisations en cuivre des particuliers du fait de leur qualité et/ou de l'agressivité de l'eau, mais aussi au réseau de distribution.

De la même façon un enrichissement en cuivre de l'eau est observé de sa distribution au robinet du consommateur, à son arrivée à la STEU. Généralement cet enrichissement est dû aux usages de l'eau mais il peut éventuellement provenir de rejets non domestiques.

6.2. Le flux de cuivre par équivalent habitant

Afin de comparer les flux de cuivre entrant de chaque STEU étudiée, ceux-ci peuvent être rapportés à la charge entrante en DBO₅ ou en EH, d'où l'équation suivante :

$$\text{Flux de cuivre moyen calculé (mg/EH/j)} = \frac{\text{Flux de cuivre moyen apporté à la STEU par l'eau usée (mg/j)}}{\text{Nombre d'EH calculé d'après la charge organique reçue (EH)}}$$

Cette équation a été appliquée pour les STEU de Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme. Les résultats détaillés sont présentés annexe 37. Pour Cahors, le nombre de valeurs étant élevé, le flux de cuivre dans l'eau usée a été calculé sur des moyennes de 2014 soient, 200 $\mu\text{g/L}$ de concentration en cuivre et 5 000 m^3/j de débit avec 17 000 EH à 20 000 EH/an.

Le flux de cuivre entrant calculé en temps sec sur les 4 STEU étudiées est résumé Tableau 40. Il varie de 12 mg/hab./j à 90 mg/hab./j. Par rapport aux flux de cuivre domestiques en temps sec relevés dans la littérature (cf. page 10 : 3,5 mg/hab./j à 37 mg/hab./j) ces valeurs sont élevées.

Tableau 40 : Comparaison des flux de cuivre moyens calculés pour les 4 STEU étudiées.

STEU	Flux de cuivre entrant calculé en temps sec	Teneur moyenne en cuivre dans le BA
	mg/EH/j	mg/kg MS
Leyme	81 à 113	1875
Cahors	50 à 59	973
Meyronne-Creysse	41	712
Labastide-Murat	15 à 26	603

Le flux de cuivre entrant moyen calculé à la STEU de Leyme est le plus élevé ce qui est cohérent avec l'agressivité de l'eau potable. La STEU de Cahors a aussi un flux élevé, il a été observé que l'enrichissement en cuivre s'effectue principalement lors de la distribution. La STEU de Meyronne-Creysse a une eau potable légèrement agressive ce qui pourrait expliquer la valeur du flux, plus faible que les 2 STEU précédentes. Enfin, le flux entrant à la STEU de Labastide-Murat est faible et l'eau potable est incrustante et peu concentrée en cuivre.

De plus, ces flux de cuivre entrants sont cohérents avec les teneurs en cuivre des boues du bassin d'aération. Il est observé que, plus le flux de cuivre entrant est élevé, plus la teneur en cuivre des boues du BA augmente. Donc l'apport de cuivre par l'eau usée et ainsi l'eau potable et sa qualité influent considérablement sur la concentration en cuivre des boues activées.

7. Les préconisations pour limiter le cuivre dans les boues

En conclusion, 2 types d'actions peuvent avoir une influence sur la réduction de la teneur en cuivre :

- sur la **composition de l'eau usée entrante** notamment sur :
 - **l'eau potable** : une eau à l'équilibre calco-carbonique est souhaitable. Si elle est agressive la mise en place d'un traitement par reminéralisation peut permettre une diminution de la teneur en cuivre de l'eau usée et des boues.
 - **les eaux industrielles** : identifier les industries raccordées au réseau de collecte, susceptibles de rejeter du cuivre, et effectuer un suivi de la qualité du rejet. Ainsi, il est judicieux de prévoir des mesures dans les arrêtés d'autorisation de déversement au réseau de collecte sur la base d'analyses préalables des rejets et de connaissance des réactifs utilisés dans l'entreprise.
- agir sur la **conception et l'exploitation** de la STEU, avec :
 - le **choix de la filière de traitement de l'eau** : à la construction privilégier une STEU qui accumule le moins le cuivre. Chaque filière a une capacité de rétention du cuivre et un abattement propre. Le procédé à boues activées est celui qui retient le plus le cuivre.
 - le **choix de la filière de traitement des boues**. Le stockage des boues liquides, et les lits de séchage plantés de roseaux concentrent beaucoup le cuivre par minéralisation de la MO. Une déshydratation des boues liquides au fur et à mesure de leur extraction limite la biodégradation des boues.

Il est conseillé par l'IRSTEA, de ne pas construire de LSPR lorsque la teneur en métaux dans le bassin d'aération dépasse le tiers des seuils réglementaires pour un retour au sol, afin d'éviter d'obtenir des boues non conformes après réduction d'un facteur 2 de la masse de MS produite à cause de la biodégradation de la MO. De plus la cinétique de minéralisation est élevée et donc des curages fréquents ne permettent pas de s'affranchir d'une augmentation conséquente de la teneur en cuivre des boues.

- les **apports de matières extérieures** : les dépotages apportant de la MS avec une faible quantité de cuivre sont favorables à une diminution de la teneur en cuivre des boues car ils génèrent une production supplémentaire de matière sèche.
- **l'âge de boues** : plus les boues sont stockées longtemps et plus le cuivre s'y accumule donc une extraction régulière des boues est recommandée.

Il est évident que la meilleure solution pour limiter la présence de cuivre dans les boues d'épuration est d'agir sur son origine. Mais pour des petites collectivités avec un faible nombre d'abonnés, il peut être difficile d'un point de vue économique de mettre en place un traitement sur l'eau potable, d'autant plus si celle-ci répond déjà aux normes de potabilité. Les actions décrites ci-dessus peuvent alors constituer des solutions permettant une amélioration de la qualité des boues vis-à-vis de leur teneur en cuivre.

A noter qu'il a été relevé en COPIL qu'une STEU est conçue pour traiter la pollution et piéger les éléments traces métalliques, provenant de l'eau, dans les boues. Il apparaît donc contradictoire de vouloir d'une part améliorer le rendement d'élimination des STEU, tout en cherchant d'autre part à réduire le cuivre dans les boues.

CONCLUSION

Pour plusieurs stations de traitement des eaux usées (STEU) du département du Lot, la teneur en cuivre des boues dépasse régulièrement le seuil réglementaire de 1000 mg/kg de matière sèche permettant leur valorisation agricole. Il faut alors recourir à des filières d'élimination spécifiques hors département qui induisent des coûts d'élimination des boues très élevés. Ainsi l'objectif de cette étude était de trouver des solutions pour le traitement et l'élimination des boues non conformes vis-à-vis du cuivre à des coûts supportables pour les collectivités.

L'étude menée sur 2 ans a permis de caractériser les mécanismes de rétention du cuivre dans les STEU à boues activées et de les confirmer grâce aux campagnes de mesures et d'analyses effectuées sur les 4 STEU étudiées de Cahors, Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme. De plus, les différentes filières spécialisées d'élimination possibles pour les boues du département, non conformes pour une valorisation agricole ont été recensées.

D'après la réglementation, deux filières sont envisageables pour des boues non conformes pour une valorisation agricole : l'incinération et le stockage en installation de déchets non dangereux. Lors de l'étude, il a été déterminé que 5 installations peuvent accepter les boues d'épuration du département du Lot soient 4 incinérateurs et une installation de stockage de déchets non dangereux. Les incinérateurs qui n'ont pas de conditions particulières d'admission de siccité ou de granulométrie traitent principalement des déchets dangereux, ainsi leur coût de traitement est élevé (> 280 € HT/t MB). Les autres incinérateurs demandent des conditions particulières de siccité (> 20 %). A noter qu'il est difficile de trouver des installations qui acceptent les boues avec des rhizomes. Au minimum, pour l'année 2014 l'envoi des boues en filière spécifique s'élève à environ 200 € HT/t MB. Selon la filière choisie s'ajoutent des coûts de transport et éventuellement de déshydratation. Néanmoins il existe d'autres filières spécifiques proposées par des entreprises qui prennent en charge l'ensemble de la filière d'évacuation des boues. Les coûts dépendent alors des siccités initiales et des quantités de boues à prendre en charge. Il n'existe pas de solution d'élimination universelle car elle dépend de la composition de la boue et notamment de sa siccité. Le choix de la meilleure solution technico-économique pour les différents gisements de boues non conformes doit donc s'effectuer au cas par cas, en fonction des conditions d'admission des boues.

Lors de l'analyse bibliographique, il a été montré que le cuivre dans les eaux usées provient principalement des eaux usées domestiques, des eaux usées industrielles, et des eaux de ruissellement de type pluvial. Ainsi les concentrations et les flux de cuivre arrivant à la STEU sont très variables selon la nature de l'eau usée (urbaine, rurale, pluviale...).

Dans les STEU à boues activées, il se produit une répartition du flux de cuivre entre l'eau traitée et la boue qui évolue au fil du traitement. En effet, le flux de cuivre entrant est rejeté de 10 % à 30 % dans le milieu naturel et il est retenu de 70 % à 90 % dans les boues avec 25 % à 30 % lors du traitement primaire de l'eau usée et de 45 % à 60 % pour le traitement biologique. Cette répartition est due à des mécanismes de rétention des éléments traces métalliques. Dans les boues primaires le métal est principalement adsorbé sur la matière organique. Dans les boues biologiques les mécanismes dominants sont la biosorption et la bioaccumulation, la sorption sur les matières en suspension, et la complexation sur les colloïdes et la matière organique. Ainsi, pour ce dernier type de boues, les éléments traces métalliques sont principalement adsorbés sur les surfaces actives (polymères extracellulaires et paroi des bactéries).

Par ailleurs lors du stockage des boues, il se produit une minéralisation de la matière organique qui provoque une perte de matière sèche et conduit à une augmentation de la teneur en cuivre des boues exprimée en mg/kg de matière sèche. Cette minéralisation est possible aussi bien dans les silos de stockage de boues liquides que dans les lits de séchage plantés de roseaux (LSPR). Les principaux facteurs influençant la minéralisation sont la température, l'humidité, la teneur en matière organique, et le pH.

Pour les STEU étudiées, il a généralement été observé d'après les résultats d'analyses du contrôle sanitaire, un enrichissement en cuivre de l'eau potable au cours de sa distribution dans l'habitat qu'elle soit à la base entartrante ou agressive.

Ainsi, il se peut que le réseau de distribution de l'eau potable influe sur la corrosivité de l'eau notamment à cause du temps de stagnation de l'eau, de la vitesse de circulation de l'eau, de la pression dans les conduites, ou encore des passages dans les réservoirs.

Lors des campagnes menées sur les STEU il a été mis en évidence que l'augmentation de l'âge des boues dans le bassin d'aération entraîne l'élévation de la teneur en cuivre des boues activées de 24 % en deux mois.

De plus, dans le silo pilote mis en place à la STEU de Meyronne-Creysse, la minéralisation des boues a provoqué une augmentation de 50 % de la teneur en cuivre exprimée en masse par unité de masse sèche, au bout de 6 mois.

De même la réduction de la matière organique des boues de LSPR est rapide et élevée. Elle conduit à tripler la teneur en cuivre des boues initialement extraites.

Enfin il a été montré qu'une stabilisation des boues par chaulage bloque la dégradation biologique de la matière organique, et donc l'augmentation de leur teneur en cuivre. Le taux de chaulage de 30 % est apparu être le plus adapté d'un point de vue technico-économique.

Ainsi des solutions concrètes ont été mises en place pour assurer la conformité des boues des STEU étudiées.

A Cahors la remise en service du chaulage des boues primaires initialement prévu lors de la conception de la STEU a permis d'obtenir des boues déshydratées conformes en fonctionnement en temps sec.

A Meyronne-Creysse, la stabilisation en continu des boues liquides extraites vers le silo par un lait de chaux prêt à l'emploi permet de réaliser un épandage des boues conformes une fois par an.

A Labastide-Murat il serait intéressant d'envisager une modification de la filière de traitement des boues par LSPR pour une filière permettant l'épandage sachant que les boues du bassin d'aération sont conformes, comme à Meyronne-Creysse.

A Leyme, la STEU vieillissante va être reconstruite avec une filière envisagée de type FPR.

La teneur en cuivre des boues est donc fonction de la qualité de l'eau potable, de l'eau usée brute (déversements ponctuels, industriels) ou encore du type de STEU (file boues et/ou eau) et de son exploitation. Afin de limiter cette teneur il est préférable de maintenir l'eau potable à l'équilibre calco-carbonique, d'étudier précisément les eaux usées collectées et notamment les industrielles pour éliminer les sources potentielles de cuivre, d'agir sur l'exploitation (réduire le temps de stockage des boues ou de l'âge des boues, stabiliser les boues par chaulage ou les déshydrater dès extraction, apporter de la matière sèche par dépotages). Pour finir, il est judicieux de choisir une filière de traitement qui retient le moins le cuivre qu'une boue activée lorsqu'un risque de non-conformité est avéré (lors de la construction, réhabilitation ou modification de la file boue).

En terme de perspectives, dans le département plusieurs autres STEU de type décanteurs-digesteurs, fosses toutes eaux, etc. présentent des boues non conformes vis-à-vis du cuivre. Ainsi un complément d'étude sera mené en partenariat avec l'Agence de l'eau qui aura également pour but d'acquérir des données bibliographiques et analytiques sur la qualité des boues de ces filières, ainsi que des filtres plantés de roseaux dont le parc est important dans le département et dans le bassin Adour-Garonne.

BIBLIOGRAPHIE

Thèses

CAUSSE, Benjamin. Mécanismes d'adsorption des métaux lourds par les exo-polysaccharides bactériens : Le système Xanthane-Cuivre comme modèle d'étude. Géochimie de l'environnement : Th. Univ. : Ecole Doctorale Terre Univers Environnement Grenoble : 11 décembre 2009.

GROMAIRE-MERTZ, Marie-Christine. La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire caractéristiques et origines. Sciences et Techniques de l'Environnement : Th. Univ. : Ecole nationale des ponts et chaussées : 16 décembre 1998.

LAURENT, Julien. Modifications de la répartition d'espèces métalliques (Cd, Cu) induites par des prétraitements physique (ultrasons), chimique (ozone) et thermique au sein des procédés à boues activées. Chimie et Microbiologie de l'Eau : Th. Univ. : ENSIL Limoges : 2009.

ROULET, Clément. Modélisation du fonctionnement du système karstique de la Fontaine des Chartreux. Hydrogéologie : Th. Univ. : Polytech'Paris : 2007

SOLIGNAC, Emilie. Modélisation du fonctionnement du système karstique de la Fontaine des Chartreux. Hydrogéologie : Th. Univ. : Polytech'Paris : 2006.

Rapports et études

ADEME et APCA 2005. Dérogations relatives à la réglementation sur l'épandage des boues de stations d'épurations. Comment formuler une demande pour les silt à teneurs naturelles élevées en éléments traces métalliques ? Guide technique. J. Béraud et A. Bispo (Coordinateurs). D. Baize, T. Sterckeman, A. Piquet, H. Ciesielski, J. Béraud et A. Bispo (Auteurs). www.ademe.fr

ADEME et SOGREAH 2007. Bilan des flux de contaminants entrants sur les sols agricoles de France métropolitaine.

ADLER, Emmanuel (Aconsult). Le maire et les boues d'épuration Guide pratique pour les collectivités locales, édité par l'Association des Maires de France (AMF), 2006.

AEAG et SOLAGRO 2001. La digestion anaérobie des boues urbaines. Christian Couturier, Sylvaine Berge, Isabelle Meiffren (Auteurs).

Baize D., Deslais W. et Saby N., janvier 2007

Teneurs en huit éléments en traces (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) dans les sols agricoles en France. Résultats d'une collecte de données à l'échelon national. Rapport final simplifié.

ADEME. Angers, Convention 0375 C0035

<http://www.gjssol.fr/programme/bdetm/bdetm.php>

Miquel G. *La qualité de l'eau et de l'assainissement en France*. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. 2003

Extrait numérique de Techniques Sciences Méthodes n° 1/2 de 2011

Évaluer les rendements des stations d'épuration. Apports méthodologiques et résultats pour les micropolluants en filières conventionnelles et avancées.

J.-M. CHOUBERT, S. MARTIN-RUEL, H. BUDZINSKI, C. MIÈGE, M. ESPERANZA, C. SOULIER,

C. LAGARRIGUE, M. COQUERY

<http://tsm.astee.org>

Sites internet

<http://www.ademe.fr/partenaires/boues/pages/f31.htm>, 16/05/14

http://www.afes.fr/afes/docs/POITIERS_Chap1_Generalites.pdf, 17/07/14

http://www.eau-seine-normandie.fr/fileadmin/mediatheque/Expert/Etudes_et_Syntheses/etude_2008/Guide_toxique/fiche_indiv/cuivre.pdf, 18/07/14

RESUME

Pour de nombreuses stations de traitement des eaux usées (STEU) du département du Lot, la teneur en cuivre des boues d'épuration dépasse régulièrement le seuil réglementaire de 1 000 mg/kg de matière sèche permettant leur retour au sol. Ainsi, la mise en œuvre des filières d'épandage ou de compostage n'est alors plus possible.

Une précédente étude menée en 2005 par le SATESE, service technique du Département du Lot, a conclu que l'origine de ce cuivre était notamment due à la corrosion des canalisations de distribution de l'eau potable à l'intérieur des habitations.

Une nouvelle étude a été menée de 2014 à 2015 par le SATESE, qui a désormais intégré le SYDED du Lot, syndicat mixte départemental qui exerce la compétence traitement des boues pour le compte des collectivités adhérentes. Les objectifs de cette étude qui a reçu le soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et du Département du Lot sont principalement de :

- Caractériser et comprendre les mécanismes d'accumulation du cuivre dans les STEU à boues activées.
- Recenser et comparer les différentes filières spécialisées d'élimination possibles pour des boues trop riches en cuivre.

Les mécanismes physico-chimiques et biologiques de rétention du cuivre dans les STEU à boues activées ont été identifiés. Il s'agit notamment d'adsorption sur la matière organique (boues primaires) et de biosorption sur les micro-organismes (boues activées), accompagnés de phénomènes de précipitation et de complexation des éléments traces métalliques. Ainsi, le flux de cuivre apporté par l'eau usée est retenu jusqu'à 90 % dans les boues d'épuration.

En parallèle, des campagnes de mesures réalisées sur 4 STEU ont permis de mettre en évidence deux phénomènes agissant sur la teneur en cuivre des boues. Tout d'abord, la rétention et ainsi l'accumulation du cuivre dans le bassin d'aération avec l'augmentation de l'âge des boues ont été montrées. En effet, une élévation de la teneur en cuivre des boues de 100 mg/kg de matière sèche dans le bassin d'aération en moins de 1 mois a pu être remarquée. Ensuite a été mise en évidence la biodégradation de la matière organique qui engendre une augmentation de la teneur en cuivre exprimée en masse par unité de matière sèche. Ainsi, dans un silo pilote mis en place pour l'étude, la biodégradation des boues a provoqué une perte de matière organique et donc de matière sèche dont elle est constituée qui a induit une augmentation de 50 % de la teneur en cuivre au bout de 6 mois. De même, cette biodégradation est à l'origine d'un triplement de la teneur en cuivre des boues après stockage et déshydratation en lits de séchage plantés de roseaux.

Par ailleurs, il a été montré à l'aide de silos pilotes puis dans un silo de 430 m³ qu'une stabilisation des boues par chaulage stoppe la biodégradation de la matière organique, et donc l'augmentation de leur teneur en cuivre. Un taux de chaulage de 30 %, qui apparaît être le plus adapté d'un point de vue technico-économique d'après la littérature a ainsi été appliqué avec succès.

Le chaulage mis en œuvre sur plusieurs STEU a donc permis d'éviter le recours à une filière d'élimination spécifique, qui est moins vertueuse d'un point de vue environnemental et plus coûteuse. En effet, le département du Lot ne dispose pas d'incinérateur ou d'installation de stockage de déchets non dangereux sur son territoire (ISDND). Toutefois, 5 filières spécifiques ont été trouvées hors département pour l'élimination des boues non conformes du département du Lot dont 4 incinérateurs et 1 ISDND. Les conditions d'admission y sont contraignantes notamment car une siccité élevée est demandée. Ainsi des frais de transport et éventuellement de déshydratation des boues s'ajoutent aux coûts de traitement. Le coût total de l'élimination spécifique s'élève au minimum à 200 € HT/t de boues brutes contre 15,50 € HT/t de boues brutes pour l'épandage et 75 € HT/t de boues brutes pour le compostage (tarifs SYDED 2014). Ces surcoûts par rapport aux filières habituelles sont difficiles à assumer pour les petites collectivités.

Pour finir, il a été conclu qu'afin de limiter le cuivre dans les boues d'épuration, les principales actions à mener doivent porter sur la composition de l'eau usée entrante à la STEU (eau potable, eaux industrielles, eaux pluviales), sur la conception de la STEU et notamment le choix de la filière de traitement de l'eau et des boues, et sur son exploitation (âge de boues, apports de matières extérieures...).

Mots-clés : cuivre, boues activées, boues d'épuration urbaines, éléments traces métalliques, rétention, biodégradation, valorisation agricole, filières d'élimination, chaulage.

**SYDED du Lot - Satese
Les Matalines
46150 Catus**

**Tel. 05 65 21 22 16
Fax 05 65 21 54 31
www.syded-lot.fr**



ASSAINISSEMENT COLLECTIF

Etude sur les boues d'épuration trop riches en cuivre dans le département du Lot



ANNEXES



Action financée avec le concours de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et du Département du Lot.

Décembre 2016

SOMMAIRE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : Tarifs 2014 du SYDED du Lot pour l'élimination des boues de ses collectivités adhérentes
- ANNEXE 2 : Résumé de l'étude « Origine de cuivre dans les stations d'épuration du Lot » du Département du Lot, 2005
- ANNEXE 3 : Détails du montant prévisionnel de l'étude
- ANNEXE 4 : Fiche mission expertise destinée à l'AEAG
- ANNEXE 5 : Relevés de conclusions des comités de pilotages de l'étude
- ANNEXE 6 : Compléments sur l'épandage de boues d'épuration et leur qualité en France
- ANNEXE 7 : Planning 2014 pour l'organisation des campagnes de prélèvements
- ANNEXE 8 : Synoptiques des stations d'épurations étudiées
- ANNEXE 9 : Protocoles de prélèvements mis en place à la STEU de Cahors
- ANNEXE 10 : Fiches de prélèvements de la STEU de Cahors
- ANNEXE 11 : Liste des sites d'élimination spécifique dans le secteur du sud-ouest
- ANNEXE 12 : Note sur les apports en cuivre dans l'eau usée de la STEU de Cahors par les piscines
- ANNEXE 13 : Note sur les matières de vidange à Cahors
- ANNEXE 14 : Résultats des analyses de la campagne effectuée à la STEU de Cahors
- ANNEXE 15 : Note à la commune de Cahors sur la remise en service du chaulage en 2015
- ANNEXE 16 : Résultats d'analyses de matière sèche des boues mixtes de la STEU de Cahors
- ANNEXE 17 : Résultats d'analyses hebdomadaires des boues déshydratées de la STEU de Cahors de 2014 à 2015
- ANNEXE 18 : Résultats d'analyses des boues du bassin d'aération de la STEU de Meyronne-Creysse
- ANNEXE 19 : Résultats d'analyses des boues du silo pilote de la STEU de Meyronne-Creysse
- ANNEXE 20 : Note de calcul de la teneur en cuivre des boues après dégradation de la matière organique
- ANNEXE 21 : Compte-rendu de l'opération de pompage et épandage des boues de la STEU de Meyronne-Creysse à partir du bassin d'aération
- ANNEXE 22 : Courrier à la DDT sur la problématique des boues trop riches en cuivre
- ANNEXE 23 : Fiche produit du lait de chaux Neutralac SLS45
- ANNEXE 24 : Courrier à la DDT sur l'élimination des boues de la STEU de Meyronne-Creysse par chaulage et compte-rendu de l'opération
- ANNEXE 25 : Compte-rendu sur les effets du chaulage des boues du silo de stockage de la STEU de Meyronne-Creysse sur leur décantabilité et leur matière sèche
- ANNEXE 26 : Calculs de la valeur neutralisante et du redressement de pH des boues de la STEU de Meyronne-Creysse
- ANNEXE 27 : Calculs préalables à la mise en place des silos pilotes chaulés à la STEU de Meyronne-Creysse
- ANNEXE 28 : Résultats des mesures et des analyses sur les silos pilotes chaulés
- ANNEXE 29 : Note aux communes de Meyronne et de Creysse sur la problématique d'élimination des boues trop riches en cuivre pour une valorisation agricole
- ANNEXE 30 : Abaque du volume de lait de chaux à introduire dans le silo de stockage de la STEU de Meyronne-Creysse en fonction du volume de boues extrait

ANNEXE 31 : Compte-rendu des effets du chaulage des boues du silo de stockage de la STEU de Meyronne-Creysse sur le pH de l'eau et des boues

ANNEXE 32 : Note à la commune de Labastide-Murat sur les solutions d'élimination des boues de la STEU

ANNEXE 33 : Calculs de la valeur neutralisante et du redressement de pH des boues de la STEU de Labastide-Murat

ANNEXE 34 : Résultats d'analyses des boues stockées en citerne souple à la STEU de Leyme en 2014 et 2015

ANNEXE 35 : Note à la commune de Leyme sur la problématique d'élimination des boues trop riches en cuivre pour une valorisation agricole

ANNEXE 36 : Liste des entreprises fournissant des unités mobiles de déshydratation (location/vente/fabrication)

ANNEXE 37 : Flux de cuivre calculé en mg/EH/j pour les STEU de Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme

ANNEXE 1 : Tarifs 2014 du SYDED du Lot pour l'élimination des boues de ses collectivités adhérentes



Tarifs 2014

Compétence "Assainissement"

Délibération : 2013-CS5-213

Traitement des boues d'épuration		
Cas général : minimum de facturation de 600,00 € HT		
Epandage de boues liquides hors lagune et filtres plantés, y compris analyses et plan d'épandage		15,50 € HT / m ³
Epandage de boues pâteuses hors lagune et filtres plantés, y compris analyses et plan d'épandage		21,00 € HT / m ³
Epandage de boues de lagunes, y compris curage		28,50 € HT / m ³
Epandage de boues de filtres plantés ou lits de séchage, y compris curage		54,00 € HT / tonne
Compostage de boues, y compris analyse et transport		75,00 € HT / tonne
Dépotage de boues sur autre step, y compris analyse et transport		97,00 € HT / m ³
Elimination exceptionnelle de boues inaptes au retour au sol		Coût réel opération, incluant temps SYDED et analyses
Etudes particulières	Intervention technicien	500,00 € HT / jour 250,00 € HT / demi-journée
	Frais d'analyses	Tarif du laboratoire

**ANNEXE 2 : Résumé de l'étude « Origine de cuivre dans les stations d'épuration
du Lot » du Département du Lot, 2005**

RAPPORT D'ETUDE : Recherche de l'origine du cuivre dans les boues d'épuration du département du Lot. SATESE 46, juin 2005.

Résumé succinct :

L'étude menée en 2005 sur la recherche de l'origine du cuivre dans les boues d'épuration du Lot a permis de mettre en évidence le rôle prépondérant joué par l'eau potable et les réseaux de distribution des habitations. En effet, pour les trois communes du Lot qui ont été étudiées soit Cahors, Meyronne et Souillac, la ressource en eau potable au point de captage est naturellement pauvre en cuivre, elle subit donc un enrichissement au cours de sa distribution.

Ainsi, pour la commune de Meyronne, il est apparu évident que la corrosion des canalisations de distribution de l'eau potable est à l'origine du cuivre dans les boues.

En ce qui concerne Cahors, le phénomène de corrosion par l'eau potable sur un parc d'habitat ancien, où prédominent des canalisations en cuivre sous dimensionnées, est loin d'être négligeable.

En conclusion de l'étude, l'eau potable corrode les canalisations en cuivre, qui suffisent à générer une présence de cuivre dans les eaux usées susceptible de s'accumuler dans les boues et de les rendre inaptes à un retour au sol.

Résumé détaillé :

Ci-après le plan détaillé du rapport de l'étude avec son périmètre et les principaux résultats obtenus.

1. Diagnostic à partir des données existantes

1.1. Traitement des données sur les boues

Traitement des données (plus de 400 analyses) sur le cuivre, cadmium, plomb, zinc et fer, car ce sont les seuls éléments susceptibles d'être corrélés en matière de corrosion des canalisations de distribution d'eau potable.

1.1.1. Identification et analyse de 4 sites à problèmes

Selon la teneur moyenne en cuivre des boues élevée ou proche de seuil réglementaire permettant un retour au sol.

Résultat : Cahors, Meyronne, Souillac et Douelle. Douelle non retenue dans la suite de l'étude car viticulture peut apporter du cuivre.

1.1.2. Essai de corrélation de la présence de cuivre avec d'autres éléments métalliques

Evolution en fonction du temps des teneurs en cuivre, zinc, cadmium et plomb dans les boues.

Résultat :

- Possible corrélation entre le cuivre et le zinc
- Fer élevé qui expliquerait la corrosion par l'eau potable

1.2. Traitement des données sur l'eau potable

1.2.1. Détermination de l'agressivité de l'eau sur les réseaux d'alimentation en eau potable concernés

- Identification des captages alimentant chaque réseau.
- Evaluation de l'agressivité par le logiciel « équil » inspiré de la méthode Hallopeau et Dubin et de la corrosivité de l'eau grâce à la méthode de Larson d'après la concentration en chlorure et en sulfate.

Les analyses utilisées sont celles effectuées par l'ARS (anciennement DDASS) dans le cadre de la surveillance des eaux brutes, elles concernent la ressource utilisée pour la production d'eau potable à son point de captage.

Résultats :

Il s'avère que sur des sites comme Cahors, Souillac et Douelle où il y a beaucoup de cuivre dans les boues, l'eau ne paraît pas être agressive mais plutôt entartrante au niveau du captage, ce qui a priori ne va pas dans le sens de l'attaque des canalisations en cuivre.

Il est donc nécessaire d'effectuer des séries d'analyses supplémentaires, en différents points du réseau de distribution de l'eau potable afin d'évaluer sa capacité à dissoudre le cuivre des canalisations.

2. Campagnes de mesures et d'analyses sur Cahors, Meyronne, et Souillac

Afin de compléter l'exploitation des données existantes, il a été entrepris une de mesures et d'analyses à Cahors, Meyronne et Souillac.

2.1. Mesures sur les stations d'épuration

La détermination durant les 7 jours de la semaine des concentrations en cuivre dans les effluents bruts permettra d'apprécier les apports liés aux activités industrielles par comparaison entre jours fériés et jours ouvrés.

Des bilans 24h ont pu être réalisés grâce à des préleveurs automatiques installés en entrée et en sortie de station.

Résultats :

Les différentes campagnes de mesures réalisées sur les eaux usées collectées par les réseaux d'assainissement de Meyronne, Souillac et Cahors permettent d'aboutir aux enseignements suivants :

- Les concentrations en cuivre mesurées sur les effluents bruts sont comprises entre 0,15 et 0,35 mg/litre. Ces valeurs, bien que relativement faibles, sont néanmoins suffisantes pour entraîner la contamination des boues et ce, d'autant plus que la filière de traitement produit des boues fortement minéralisées, ce qui est le cas pour les trois stations étudiées.
- Mis à part Souillac où de petits apports liés à des activités industrielles ne sont pas à exclure, par contre cette origine semble peu probable pour Cahors et Meyronne (absence de variations semaine/week-end).
- Il existe une assez bonne corrélation entre la présence du cuivre et celle du zinc et du fer, qui sont eux aussi des éléments métalliques fréquemment utilisés pour les canalisations de distribution d'eau potable.

2.2. Mesures sur les réseaux d'eau potable

Afin d'évaluer l'agressivité et le pouvoir de corrosion des eaux distribuées ainsi que l'évolution de leurs caractéristiques, plusieurs points de prélèvement ont été retenus sur chaque commune :

- au captage avant traitement,
- sur les ouvrages de distribution (réservoirs,...),
- dans un établissement important (collège, conserverie,...),
- chez deux particuliers (ou assimilé).

Les analyses ont porté sur les paramètres : cuivre, fer, zinc, pH, TAC, équilibre calco-carbonique.

Résultats :

Les résultats sur Souillac montrent que l'eau circulant dans les réseaux de distribution d'eau potable de la commune ne paraît pas être agressive mais plutôt entartrante.

En effet, les résultats du pH et du TAC sont relativement élevés, et de plus, il y a diminution de ces deux paramètres après l'essai au marbre. La situation est relativement similaire pour Cahors.

Par contre, les mesures sur Meyronne indiquent que l'eau potable distribuée sur la commune présente un caractère agressif, qui bien que limité, est présent. En effet, le pH et le TAC sont relativement faibles et de plus, il y a augmentation de ces deux paramètres après l'essai au marbre. On ne peut pas pour autant déduire de ces résultats, que la présence du cuivre dans les boues d'épuration est uniquement due à l'agressivité de l'eau circulant dans les réseaux de distribution d'eau potable.

Cependant, il faut se rappeler que si une eau agressive va probablement provoquer la corrosion des canalisations, par contre ce n'est pas parce qu'une eau n'est pas agressive, qu'il n'y aura pas une corrosion des canalisations.

On remarque sur les trois communes, qu'il y a une forte concentration en cuivre lorsqu'il s'agit d'un prélèvement effectué dans un grand établissement et notamment sur les réseaux d'eau chaude.

Enfin, il convient de noter que pour ces trois communes, l'eau au point de captage est naturellement très pauvre en cuivre et qu'elle subit un enrichissement au cours de sa distribution.

Des valeurs de 0,1 à 0,2 mg de cuivre ont été retrouvées en plusieurs points, ce qui dans ces cas-là, correspond également aux concentrations présentes dans les eaux usées.

3. Solutions envisageables

Les solutions qui avaient été proposées pour éviter la corrosion des canalisations en cuivre consistaient en :

- la reminéralisation de l'eau potable :

Il s'agit de ramener l'eau potable à l'équilibre calco-carbonique. Cette solution n'a pas été retenue car le traitement nécessite d'importants investissements, notamment pour de petites collectivités et la qualité de l'eau distribuée est conforme aux normes de potabilité.

- l'apport de matière organique dans les stations d'épuration :

L'apport d'effluents fortement chargés en matière organique, tels que ceux provenant d'une industrie agro-alimentaire entraîne une production de boues plus importante et donc une moindre teneur en cuivre par kg de matière sèche. Ainsi, le dépotage sur une station d'épuration sous chargée, telle que celle de Meyronne, d'effluents de type agro-alimentaire pourrait constituer une solution.

- la réhabilitation des réseaux de distribution :

Il faudrait qu'il y ait modification des matériaux utilisés pour la distribution de l'eau potable ; choisir une meilleure qualité, changer les anciens tuyaux.

- l'épandage agricole à doses réduites (respect des flux maximum cumulés).

Conclusion

Les solutions à mettre en œuvre varient pour chaque site, selon l'importance du phénomène :

- Pour Meyronne : établissement d'un plan d'épandage avec dérogation.
- Pour Souillac : poursuite de la recherche d'apports d'origine artisanale ou industrielle.
- Pour Cahors : prise en compte de cette donnée dans la conception de la nouvelle station d'épuration et réalisation d'une campagne d'information aux usagers.

Il est par ailleurs noté que si les prochaines normes européennes venaient à s'appliquer tel que prévu, le département du Lot risquerait d'être confronté à de très nombreux problèmes quant à l'élimination de ses boues d'épuration.

En effet, les seuils réglementaires envisagés pour le cuivre sont très restrictifs alors que leur justification scientifique n'apparaît pas clairement établie et qu'il existe de nombreuses incohérences par rapport à d'autres utilisations de cet élément.

ANNEXE 3 : Détails du montant prévisionnel de l'étude

Montants estimatifs de l'étude cuivre

Désignation	2014			2015			Global 2014-2015
	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT	Prix HT unitaire	Quantité	Montant HT	
Analyses							
Boues (expédition échantillon, analyses)							
MS+MO+Cu	41,60 €	154	6 395,08 €	44,80 €	173	7 748,16 €	
ETM+VA+CTO	216,45 €	19	4 058,44 €	233,10 €	25	5 827,50 €	
Paramètre Sélénium	9,10 €	19	170,63 €	9,80 €	25	245,00 €	
Effluent							
Cuivre	9,10 €	73	667,76 €	9,80 €	86	840,32 €	
	Sous total		11 291,90 €	Sous total		14 660,98 €	25 952,87 €
Personnel							
		(jours)			(jours)		
Stagiaire 6 mois	30,00 €	120	3 600,00 €				
Chargé d'étude	500,00 €	50	25 000,00 €	500,00 €	70	35 000,00 €	
Encadrement et poursuite de l'étude	500,00 €	25	12 500,00 €	500,00 €	10	5 000,00 €	
Prélèvements	500,00 €	10	5 000,00 €	500,00 €	10	5 000,00 €	
	Sous total		46 100,00 €	Sous total		45 000,00 €	91 100,00 €
Divers et imprévus							
		7%	4 017,43 €		7%	4 176,27 €	8 193,70 €
	TOTAL		61 409,33 €	TOTAL		63 837,25 €	125 246,57 €

ANNEXE 4 : Fiche mission expertise destinée à l'AEAG

MISSION EXPERTISE SATESE 2014

(annexe 3 de l'accord cadre départemental)

DEPARTEMENT du Lot

PROJET n° 4/4

Titre	Recherche de solutions pour des boues d'épuration trop riches en cuivre Etude de 4 stations d'épuration du Lot
Thème	Priorité Agence : Traitement des sous-produits d'épuration
Contexte et objectifs	<p><i>Pour de nombreuses stations d'épuration du département du Lot, la concentration en cuivre dans les boues dépasse régulièrement le seuil réglementaire permettant leur retour au sol (arrêté du 08/01/1998). Ainsi, la mise en œuvre des filières d'épandage ou de compostage n'est plus possible dès lors que la concentration en cuivre des boues dépasse 1000 mg/kg de matière sèche. Il faut alors avoir recours à des filières spécialisées hors département induisant des coûts de transports et d'élimination très élevés et difficilement supportables pour les petites collectivités lotoises gestionnaires d'un service public de l'assainissement collectif (SPAC).</i></p> <p><i>L'origine de cette « richesse » des boues en cuivre se situe tant au niveau de la composition de l'effluent brut, que de la filière de traitement des eaux usées.</i></p> <p><i>L'étude menée actuellement s'inscrit dans la continuité des importants travaux déjà réalisés sur la problématique du cuivre et notamment l'étude « Recherche de l'origine du cuivre dans les boues d'épuration du département du Lot – Juin 2005 » à laquelle l'Agence avait déjà apporté son concours.</i></p> <p><i>Les objectifs de cette nouvelle étude sont de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Rechercher des solutions en lien avec la qualité de l'eau potable. En effet, la présence du cuivre peut avoir pour origine la corrosion des canalisations de distribution d'eau potable à l'intérieur des habitations. Il s'agira donc de répondre à la question suivante: quelles sont les solutions envisageables en agissant sur les caractéristiques de l'eau potable ? Cet aspect sera particulièrement développé sur Cahors notamment en s'appuyant sur les deux dernières études réalisées sur l'eau potable par la ville.</i> - <i>Caractériser et comprendre les mécanismes d'accumulation du cuivre en fonction de différentes filières de traitement des eaux usées. Sera étudié le rôle des filières de traitement et notamment l'influence des différents ouvrages de stockage des boues. Une comparaison entre l'accumulation du cuivre dans un silo de stockage et dans des lits de séchage plantés de roseaux sera menée.</i> - <i>Recenser les différentes filières spécialisées d'élimination possibles pour des boues trop riches en cuivre et les comparer d'un point de vu technico-économique.</i>

Cette étude dont les résultats seront utilisés sur l'ensemble du département, s'appuiera sur un programme de mesures et d'analyses concernant 4 stations de traitement des eaux usées (STEU) :

- Cahors, dont les boues sont chargées en cuivre principalement en été, le but étant d'évaluer l'impact des paramètres d'exploitation et des variations de charges de la station d'épuration sur les teneurs en cuivre dans les boues. Par ailleurs sera recherché l'origine de la variation saisonnière des apports en cuivre (qualité de l'eau potable, activités saisonnières génératrices d'eaux usées) ;

- Leyme, pour évaluer l'impact de la mise en place d'un traitement sur la production d'eau potable et d'un traitement filmogène sur les canalisations de distribution;

- Labastide-Murat dans le but d'étudier l'accumulation du cuivre dans des lits de séchage plantés de roseaux (LSPR);

- Meyronne-Creysse, dont les boues stockées en silo ont une concentration en cuivre supérieure au seuil réglementaire alors que dans le bassin d'aération ce seuil est respecté. Parallèlement, une filière d'élimination temporaire des boues de Meyronne sera étudiée sur la STEU d'Alvignac équipée de LSPR.

L'étude servira de base pour d'autres stations d'épuration du Lot qui ont des difficultés de mise en œuvre d'une filière d'élimination des boues par épandage ou compostage à cause d'une teneur en cuivre trop élevée.

Au-delà du contexte départemental, il y a un enjeu national. En effet, les premières recherches bibliographiques ont révélé que plusieurs départements ruraux comme le Lot connaissent également des problèmes de cuivre.

Equipe projet		Prénom Nom, fonction	Contact Tél et courriel
	Responsable du projet	Jean-Yves PEYTAVIT, Responsable SATESE	05 65 21 22 17 jypeytavit@syded-lot.fr
Equipe projet SYDED	Céline DEBAILLEUL, Ingénieur, Responsable secteur boues	05 65 21 59 32 cdebailleul@syded-lot.fr	
	Angélique SALVO, Chargée d'étude	05 65 21 22 16 (standard) asalvo@syded-lot.fr	
	Fabien JOLLY, Responsable Eau Potable	05 65 21 54 30 fjolly@syded-lot.fr	
	Prénom Nom, fonction	Contact Tél et courriel	
AEAG,	Jocelyne DI MARE, Coordinatrice des études et de l'expertise (Toulouse)	05 61 36 37 49 jocelyne.di-mare@eau-adour-garonne.fr	
	Olivier GUIARD, Adjoint au directeur de la délégation régionale (Rodez)	05 65 75 56 12 olivier.guiard@eau-adour-garonne.fr	
ARS,	Benoit JOSEPH, Responsable cellule Eau	05 81 62 56 26 benoit.joseph@ars.sante.fr	
Conseil général du Lot,	Willy PARNAUDEAU Coordonnateur eau, énergie, déchets	05 65 53 43 38 willy.parnaudeau@cg46.fr	

	Chambre d'agriculture, DDT du Lot, ENSIL Limoges.	Christelle LACOMBE Chef de pôle environnement et végétal Christine DEBONS, Service police de l'eau Magali CASELLAS- FRANÇAIS Maître de conférences	05 65 23 22 11 c.lacombe@lot.chambagri.fr 05 65 23 61 74 05 55 42 36 6 casellas@ensil.unilim.fr																				
Durée du projet	<table border="1"> <thead> <tr> <th>STEU</th> <th>Durée de l'étude</th> <th>Début de l'étude</th> <th>Fin de l'étude</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cahors</td> <td>2 ans</td> <td>Janvier 2014</td> <td>fin 2015</td> </tr> <tr> <td>Meyronne</td> <td>2 ans</td> <td>Avril 2014</td> <td>fin 2015</td> </tr> <tr> <td>Leyme</td> <td>2 ans</td> <td>Avril 2014</td> <td>fin 2015</td> </tr> <tr> <td>Labastide-Murat</td> <td>2 ans</td> <td>Juin 2014</td> <td>fin 2015</td> </tr> </tbody> </table>			STEU	Durée de l'étude	Début de l'étude	Fin de l'étude	Cahors	2 ans	Janvier 2014	fin 2015	Meyronne	2 ans	Avril 2014	fin 2015	Leyme	2 ans	Avril 2014	fin 2015	Labastide-Murat	2 ans	Juin 2014	fin 2015
STEU	Durée de l'étude	Début de l'étude	Fin de l'étude																				
Cahors	2 ans	Janvier 2014	fin 2015																				
Meyronne	2 ans	Avril 2014	fin 2015																				
Leyme	2 ans	Avril 2014	fin 2015																				
Labastide-Murat	2 ans	Juin 2014	fin 2015																				
Protocole prévu	<p><i>En annexe sont présentés :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Les objectifs et moyens de l'étude complémentaire sur l'origine du cuivre à Cahors.</i> - <i>Les protocoles et les campagnes d'analyses pour chacune des 4 stations d'épuration.</i> <p><i>Les prélèvements seront réalisés par le SATESE puis analysés par le laboratoire départemental d'analyses du Lot dans le cadre de l'entente interdépartementale « Public Labo ».</i></p> <p><i>Le rapport final EPNAC d'octobre 2011 sera utilisé pour réaliser les prélèvements dans les lits de séchage plantés de roseaux.</i></p>																						

Planning de réalisation	Intitulé de l'action	Jan 2014	Fév 2014	Mars 2014	Avril 2014	Mai 2014	Juin 2014	Juil 2014	Aout 2014	Sept 2014	Oct. 2014	Nov. 2014	Déc 2014
	COPIL												
	Campagnes de mesure												
	Exploitation des résultats												
	Rapport intermédiaire												
	Intitulé de l'action	Jan 2015	Fév 2015	Mars 2015	Avril 2015	Mai 2015	Juin 2015	Juil 2015	Aout 2015	Sept 2015	Oct. 2015	Nov. 2015	Déc 2015
	COPIL												
	Campagnes de mesure												
	Exploitation des résultats												
	Rapport intermédiaire												
	Rapport final												

Résultats attendus	Nature	Utilisateur cible	Echéance
Rapport intermédiaire synthèse bibliographique et résultats 2014, premières préconisations, proposition d'adaptation des protocoles	Collectivités Agence de l'eau Conseil général du Lot DDT du Lot Chambre d'agriculture SYDED du Lot	Mars 2015	
Rapport final : (synthèse des résultats), pistes d'amélioration, préconisations, suites à donner		Fin 2015	

Coût du projet	Postes de dépenses du projet	Année 1 2014	Année 2 2015	Global
	Nb de j agent /an	205	90	295
	Frais de personnel (€)	46 100,00	45 000,00	91 100,00
	Frais d'analyses(€)	11291,9	14 660,98	25 952,87
	Divers et imprévus (€)	4 017,43	4 176,27	8 193,70
	Total (€)	61 409,33	63 837,25	125 246,57

Complément d'étude sur l'origine du cuivre dans les boues de Cahors

La Fontaine des Chartreux est une résurgence de type vaclusien soutenue par un aquifère karstique. C'est la ressource en eau utilisée pour alimenter la ville de Cahors. Elle subit un traitement de type A1 consistant en une désinfection par adjonction de chlore gazeux. L'eau distribuée a un caractère entartrant et elle participe à la corrosion des canalisations entraînant ainsi un apport de cuivre dans les eaux résiduaires traitées par la STEU de Cahors et donc dans les boues d'épuration. Cette étude doit permettre d'approfondir les connaissances sur l'origine du cuivre de l'eau usée par analyse de :

Ressource en eau potable

Objectif : Compléter la caractérisation de la ressource en eau potable et étudier les variations saisonnières de l'eau brute, pouvant résulter des apports liés à des pertes de la rivière Lot.

Moyens :

- Actualiser l'historique des données de qualité mesurées sur la Fontaine des Chartreux et la rivière Lot sur 3 ans pour les interpréter.
- Vérifier s'il y a une corrélation entre les mesures de débits et de qualité du Lot et celles de la Fontaine des Chartreux.

Eau distribuée

Objectif : Comparer la qualité de l'eau distribuée avec les concentrations en cuivre en entrée de STEU.

Moyens :

- Utiliser l'historique des résultats d'analyses disponibles auprès de l'ARS notamment, pour comparer la concentration en cuivre de l'eau distribuée et celle en entrée de STEU.
- Lister les STEU dont l'effluent est issu de l'eau potable qui provient de la Fontaine des Chartreux, et faire un état des lieux de la qualité des boues selon le réseau de distribution.
- Evaluer l'impact potentiel de l'élargissement de l'utilisation de la Fontaine des Chartreux prévue par le nouveau schéma directeur départemental AEP sur les STEU concernées; notamment sur la qualité des boues et leur coût d'élimination.

Solution de traitement de l'eau potable

Objectif : Evaluer la pertinence de la mise en place d'un traitement de la ressource en eau de Cahors.

Moyens : Comparer les différentes solutions de traitement anti-corrosion proposées par l'étude de 2011 « Recherche de traitement contre la corrosivité de l'eau potable » réalisée par Hydratec et dans le schéma directeur d'eau potable de la ville de Cahors.

Comparer les coûts de traitement de l'eau potable aux coûts d'élimination des boues non conformes.

Autres apports de cuivre dans l'eau usée

Objectif : Déterminer des sources potentielles d'apport de cuivre principalement en été. Les pistes à étudier sont :

- La viticulture.
- Les traitements fongicides utilisés par les particuliers pour les piscines et jardins.
- Les activités industrielles et tertiaires.
- Part des habitations secondaires (eau stagnante renforçant le phénomène de corrosion).

Moyens :

- Etude analytique du produit utilisé, et des doses apportées dans l'effluent.
- Déterminer la branche du réseau de collecte des eaux usées pouvant être impactée.
- Rédiger un programme éventuel de mesures sur le réseau de collecte qui confirmerait les hypothèses les plus probables.

Programme de prélèvements et d'analyses de la STEU de Cahors Agglomération

Description

Code SANDRE :	0546042V004
Mise en service :	09/10/2007
Filière eau :	boues activées en aération prolongée (4 cellules SBR)
Capacité nominale :	49 000 EH
Charge organique :	2940 kg DBO5/j
Charge hydraulique :	15 600 m ³ /j
Exploitation :	régie
Type de réseau :	mixte
Filière boues :	mélange de boues primaires et biologiques déshydratées par 2 centrifugeuses puis stockées en bennes avec 2 rotations de 2 bennes par semaine évacuées en compostage.

Nature de la non-conformité des boues

Dans les boues déshydratées, il y a une fluctuation saisonnière de la teneur en cuivre. En effet, le seuil réglementaire est régulièrement dépassé notamment de juin à septembre. Les boues ne peuvent alors plus être envoyées en compostage qui est la filière actuelle d'élimination. Pour l'année 2013, la moyenne des teneurs en cuivre était de 904 mg/kg MS avec des variations de 629 mg/kg MS à 1141 mg/kg MS. Une étude antérieure a montré que la qualité de l'eau potable est responsable d'un bruit de fond élevé en ce qui concerne le cuivre.

Objectifs de l'étude

Cette non-conformité entraîne des soucis de mise en œuvre de la filière d'élimination par compostage lors des dépassements de la teneur en cuivre des boues. Il est donc nécessaire de parvenir à envoyer ces boues vers la filière adaptée à leur qualité.

Il est important dans un premier temps de déterminer l'origine de la variation de la concentration en testant différentes hypothèses. Puis, l'objectif est d'anticiper les dépassements de seuil réglementaire et de fiabiliser leur élimination sans provoquer de surcoûts importants à l'exploitant.

1-Recherche de l'origine de la variation de la teneur en cuivre :

- Influence de l'exploitation de la filière eau sur l'accumulation du cuivre dans les boues :
Comment la modification des paramètres sur lesquels il est possible d'agir (réglage du SBR, temps de séjour, âge des boues) influe sur la concentration en cuivre dans les boues ?
- Influence des eaux pluviales sur la teneur en cuivre dans les boues :
Le réseau étant pour partie unitaire, les eaux pluviales pourraient apporter du cuivre dans l'effluent par lessivage de la voirie. Cette hypothèse sera étudiée par l'exploitation fine des nombreuses données que possède la STEU notamment sur le flux de cuivre entrant comparé à la pluviométrie.
- Recherche de l'étape où l'accumulation du cuivre est maximale : décantation primaire, traitement biologique ou bache de stockage d'après la variation de la qualité des boues primaires et biologiques et du mélange des deux.

2-Recherche d'une solution d'élimination des boues non conformes par une technique adaptée et financièrement acceptable :

- Recensement de toutes les solutions possibles et des contraintes d'exploitation.
- Etude technico-économique des solutions et mise en œuvre pour la STEU de Cahors.

Campagnes de prélèvements et analyses

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Entrée de station	Eau usée brute	Cuivre	1 fois par mois pendant 24 mois
Décanteur primaire	Boues primaires	MS+MO+Cu ¹	1 fois par mois pendant 24 mois
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	
Bâche de mélange	Mélange de boues primaires et biologiques	MS+MO+Cu	
Bennes de stockage	Boues centrifugées	MS+MO+Cu	1 fois par semaine puis 2 fois par semaine du 15 juin au 15 septembre pendant 24 mois
Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	1 fois par mois pendant 24 mois

¹ MS : Matière sèche
 MO : Matière Organique
 Cu : Cuivre

Programme de prélèvements et d'analyses de la STEU de Leyme Bourg

Description

Code SANDRE :	0546170V001
Mise en service :	08/11/1974
Filière eau :	boues activées en aération prolongée
Capacité nominale :	1750 EH
Charge organique :	105 kg DBO5/j
Charge hydraulique :	300 m ³ /j
Exploitation :	régie
Type de réseau :	mixte
Filière boues :	épaississement et stockage en citerne souple non brassée de 150 m ³ . L'enlèvement des boues s'effectue deux fois par an lorsque la bâche est pleine.

Nature de la non-conformité des boues

La teneur en cuivre des boues dépasse largement le seuil réglementaire et avoisine en moyenne 2000 mg/kg MS. En effet, dans la citerne de stockage la teneur varie de 1650 mg/kg MS à 2500 mg/kg MS.

Le retour au sol des boues n'est donc pas possible, il est nécessaire de passer par une filière spécialisée pour la déshydratation et l'élimination de ces boues. Les boues étant liquides, le coût de leur élimination est d'autant plus élevé.

Actuellement, la ressource en eau potable de Leyme fait l'objet d'une simple chloration. L'eau distribuée est agressive, ce qui provoque la corrosion des canalisations en cuivre des particuliers engendrant des concentrations en cuivre élevées dans l'eau usée et par conséquent dans les boues. Pour améliorer la qualité de l'eau potable et diminuer la teneur en cuivre dans les boues, il est prévu de mettre en place un traitement inhibiteur de corrosion sur les canalisations dès septembre 2014, puis une unité de reminéralisation de l'eau potable pour mi 2015.

Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude est d'apprécier l'efficacité des traitements de l'eau potable et des canalisations sur les eaux usées ainsi que sur les boues.

De plus, il pourra être ajouté à la campagne des analyses sur d'autres éléments traces métalliques en fonction de la nature de la composition des produits chimiques utilisés pour le traitement filmogène (par exemple orthophosphates de zinc).

Campagne de prélèvements et d'analyses

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Entrée de station	Eau brute	Cuivre	2 fois par an pendant 2 ans
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	tous les 2 mois jusqu'à mise en service du traitement filmogène puis 1 fois par mois pendant 6 mois et 1 fois par mois suite à la reminéralisation, à ajuster selon les résultats
		ETM+VA+CTO+Se ²	tous les 6 mois pendant 2 ans

² ETM : Eléments Traces Métalliques
 VA : Valeur Agronomique
 CTO : Composés Traces Organiques
 Se : Sélénium

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Bâche de stockage	Boues stockées	ETM+VA+CTO+Se	tous les 6 mois pendant 2 ans
Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	2 fois par an pendant 2 ans

Programme de prélèvements et d'analyses de la STEU de Meyronne-Creysse

Description

Code SANDRE :	0546192V002
Mise en service :	27/04/2000
Filière eau :	boues activées en aération prolongée
Capacité nominale :	1530 EH
Charge organique :	91,8 kg DBO5/j
Charge hydraulique :	230 m ³ /j
Exploitation :	en régie
Type de réseau :	séparatif
Filière boues :	épaississement des boues liquides et stockage en silo brassé de 430 m ³ pendant deux ans.

Nature de la non-conformité des boues

Un plan d'épandage avait été déposé avec une dérogation pour le cuivre car la teneur était supérieure au seuil réglementaire. Historiquement, la teneur en cuivre avoisine les 1400 mg/kg MS. Dans le silo de stockage la teneur varie de 1178 mg/kg MS à 1631 mg/kg MS alors que la concentration des boues du bassin d'aération est d'environ 850 mg/kg MS. Les boues du bassin d'aération ne dépassent pas les seuils réglementaires, elles pourraient donc être épandues.

Le plan d'épandage des boues du silo a été récemment abrogé par les services de l'Etat. La commune de Meyronne ne dispose donc plus d'une filière par épandage réglementaire pour l'élimination de ses boues.

Une alternative temporaire a été mise en place : il s'agit de dépoter les boues de la STEU de Meyronne-Creysse sur un lit de séchage planté de roseaux de la STEU d'Alvignac. La station d'épuration d'Alvignac possède 6 lits de séchage de 93,5 m² qui ne sont pas utilisés à pleine capacité. C'est une solution intéressante car elle est locale, en effet, les STEU sont distantes de moins de 15 km.

Objectif de l'étude

1- Identifier les phénomènes d'accumulation des éléments traces sur la station d'épuration de Meyronne :

- Apprécier les phénomènes d'accumulation des micropolluants et des éléments traces métalliques par un suivi global en silo de stockage. Un silo pilote a été constitué ; il s'agit d'une cuve en PEHD possédant un agitateur, de diamètre et de hauteur de 1 mètre soit 785 L. L'accent sera mis sur le suivi de la teneur en cuivre dans le silo pour en déduire une cinétique d'accumulation.
- Suivi de la variation du cuivre dans le bassin d'aération.

2- Mise en place d'une filière temporaire d'élimination sur la station d'épuration d'Alvignac :

- Contrôle de la non contamination des boues d'Alvignac par :
 - Suivi de la variation du cuivre dans le bassin d'aération d'Alvignac pour vérifier que les percolats des boues de Meyronne ne contaminent pas les boues du bassin biologique.
 - Suivi du cuivre dans un lit de séchage témoin pour vérifier la non-contamination des lits de séchage d'Alvignac.

3- Suivi de l'accumulation du cuivre dans le lit de séchage d'Alvignac réservé à Meyronne

- Influence du stockage en silo sur la cinétique d'accumulation du cuivre

Campagne de prélèvements et d'analyses

	Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Meyronne	Entrée de station	Eau brute	Cuivre	1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois
	Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	1 fois par mois pendant 20 mois
			ETM+VA+CTO+Se	1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois
	Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois
	Pilote	Boues biologiques	MS+MO+Cu	1 fois par mois pendant 20 mois
ETM+VA+CTO+Se			1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois	
Alvignac	Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	1 fois par mois pendant 20 mois
			ETM+VA+CTO+Se	1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois
	Lit de séchage 6	Boues pâteuses	ETM+VA+CTO+Se	1 fois tous les 6 mois pendant 20 mois
	Lit de séchage autre	Boues pâteuses	ETM+VA+CTO+Se	1 fois par an pendant 20 mois

Rq : Pour les analyses ETM+VA+CTO+Se, il est réalisé une analyse pour la caractérisation initiale de la qualité des boues puis une analyse tous les 6 mois.

Programme de prélèvements et d'analyses de la STEU de Labastide-Murat

Description

Code SANDRE : 0546138V001
Mise en service : 09/01/2001
Filière eau : boues activées en aération prolongée
Capacité nominale : 1500 EH
Charge organique : 90 kg DBO5/j
Charge hydraulique : 225 m³/j
Exploitation : Véolia eau
Type de réseau : séparatif
Filière boues : stockage et déshydratation sur 4 LSPR³ de 75 m² chacun et de hauteur utile 1,83m.

Nature de la non-conformité des boues

La teneur en cuivre des boues dépasse le seuil réglementaire et avoisine en moyenne 1230 mg/kg MS.

Objectif de l'étude

- Influence du stockage en lit de séchage planté de roseaux sur la cinétique d'accumulation du cuivre

Campagne de prélèvements

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	tous les 3 mois pendant 18 mois
		VA+ETM+CTO+Se	1 fois par an pendant 18 mois
LSPR 1 et 4	Boues pâteuses	VA+ETM+CTO+Se	1 fois par an pendant 18 mois

³ LSPR : Lit de Séchage Planté de Roseaux

ANNEXE 5 : Relevés de conclusions des comités de pilotages de l'étude

Objet de la réunion : **Etude des boues d'épuration trop riches en cuivre
Comité de pilotage**

Date de la réunion : 6 février 2015

Lieu : Salle de réunion SATESE (Cahors)

Durée : 4 heures

Emetteur : SYDED du Lot

Pièce jointe : Diaporama

Participants :

Jocelyne DI MARE, Agence de l'eau Adour-Garonne (Toulouse)

Bruno SELAS, Agence de l'eau Adour-Garonne (Rodez)

Christine DEBONS, Service police de l'eau

Bernard LADEUIL, Service police de l'eau

Cyril DELPORTE, Département du Lot

Léonie GONZALEZ, Chambre d'Agriculture du Lot

Jean-Yves PEYTAVIT, SYDED du Lot

Céline DEBAILLEUL, SYDED du Lot

Angélique SALVO, SYDED du Lot

Excusés :

Magali CASELLAS-FRANÇAIS, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges

Benoit JOSEPH, Agence régionale de santé de Midi-Pyrénées

**Ordre du jour : Présentation de la consistance de l'étude du cuivre dans les boues d'épuration ;
discussion des premiers résultats et réorientations.**

Synthèse des discussions, actions décidées

Lors de ce premier comité de pilotage, ont été présentés à l'aide d'un diaporama : dans un premier temps le contexte et les objectifs de l'étude, puis l'analyse bibliographique, et ensuite les alternatives à la valorisation agricole. Dans un second temps, les premiers résultats expérimentaux de l'étude ont été expliqués avec les campagnes de mesures et d'analyses réalisées sur les stations d'épurations de Meyronne, Labastide-Murat, Leyme et Cahors.

L'introduction a été faite par Jean-Yves PEYTAVIT, puis un tour de table a été effectué pour que les participants se présentent. A cette occasion, Jocelyne DI MARE a demandé ce qu'il en était du volet eau potable de l'étude à Cahors. Elle rappelle que ce volet est important pour l'Agence de l'eau Adour-Garonne (AEAG) et souhaite savoir s'il sera traité et si un expert y sera associé. Jean-Yves PEYTAVIT répond que le cas des boues de Cahors fera l'objet d'un comité de pilotage spécifique, et qu'il y a un partenariat avec l'Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges (ENSIL).

1. Analyse bibliographique

L'analyse bibliographique a permis d'expliquer l'origine du cuivre, naturelle ou anthropique dans la station d'épuration, ainsi que la répartition du flux de cuivre entre l'eau traitée et la boue qui évolue au fil du traitement.

Il a été énoncé les mécanismes de rétention des éléments traces métalliques des stations d'épuration à boues activées notamment biologiques (biosorption) et physico-chimiques (adsorption, précipitation).

Il a été vu que la biodégradation de la matière organique des boues provoque une baisse de matière sèche et donc une augmentation de la concentration en cuivre par unité de matière sèche (mg/kg MS). Pour conclure cette partie, 2 types d'actions pour limiter le cuivre dans les boues : sur la composition de l'eau usée entrante, sur le process de la station d'épuration.

Jocelyne DI MARE fait remarquer qu'il est contradictoire de chercher à baisser les éléments traces métalliques dans les boues alors que ce sont des polluants que l'on cherche à éliminer des eaux. S'ils ne sont pas dans les boues, ils seront forcément dans l'eau rejetée donc la réduction à la source est la solution à privilégier. Elle demande au SYDED de hiérarchiser les différentes sources de cuivre, notamment sur Cahors, et de les comparer avec les apports par eau potable.

2. Alternatives à la valorisation agricole

En ce qui concerne les alternatives à la valorisation agricole, ont été présentés :

- 4 sites de traitement envisageables pour les boues du Lot,
- 2 solutions complètes d'évacuation des boues.

Le comité est d'accord pour dire que les coûts d'élimination spécifiques sont très élevés. Bernard LADEUIL fait remarquer qu'au vu des coûts, les solutions complètes d'évacuation des boues sont plus rentables.

3. Premiers résultats des campagnes

Les résultats des campagnes de prélèvements ont été présentés pour Meyronne, Labastide-Murat et Leyme.

Meyronne

Le graphique du suivi du cuivre dans le bassin d'aération en fonction de l'âge des boues (objectif 1) a été commenté. Il y a bien augmentation du cuivre avec l'âge de boue. Angélique SALVO souligne qu'il y a un point élevé en octobre qui n'est pas expliqué mais qui, si l'on exclut une erreur de manipulation, pourrait provenir d'une saisonnalité liée à la ressource en eau.

Cyril DELPORTE explique alors que la ressource de Saint-Sozy est très sollicitée en été, donc une consommation importante d'eau potable et les apports de la Dordogne plus importants conduisent à une eau agressive en été et plutôt karstique en hiver. Il ajoute qu'en 2009, la commune de Meyronne n'a pas voulu mettre en place une reminéralisation de l'eau car elle coûtait 400 000 €. La commune a toutefois accepté de remonter le pH à l'aide de soude pour 200 000 €. Pour le moment l'Agence régionale de santé (ARS) le tolère.

L'objectif 2 qui consistait à mettre en place une filière temporaire d'évacuation des boues conformes du bassin d'aération vers les lits de séchage d'Alvignac a été abandonnée. En effet, la réduction de matière organique et donc de matière sèche dans les lits de séchage plantés de roseaux provoque l'augmentation de la concentration en cuivre des boues.

Des réorientations ont alors été mises en place et testées mais elles n'ont pas abouti :

- Epandage des boues conformes du bassin d'aération.
- Proposition de la mise en place d'un épandage adapté.

Le comité valide le nouvel objectif pour cette station qui est de mettre en place un traitement de stabilisation des boues par chaulage en routine, ainsi que la nouvelle campagne de prélèvements pour évaluer la stabilisation de la matière organique, l'impact sur la concentration en cuivre, et le taux de chaulage à adopter.

Il accepte aussi l'application d'un traitement par chaulage des boues non conformes, stockées en silo, pour compenser la perte de matière sèche et revenir à la concentration en cuivre des boues du bassin d'aération.

Labastide-Murat Bourg

Théoriquement, il y a réduction de matière organique dans les lits de séchage plantés de roseaux, or ce n'est pas le cas ici, mais la concentration en cuivre des boues double tout de même. La variabilité de la concentration en cuivre des boues du bassin d'aération reste donc à préciser car il y a peu de valeurs.

Bernard LADEUIL et Cyril DELPORTE précisent que la ressource en eau est achetée, et provient de la Bouriane. Elle est bien équilibrée donc le cuivre ne serait théoriquement pas lié à l'eau potable.

Le comité valide les réorientations suivantes :

- Augmenter la fréquence des analyses sur le bassin d'aération (mensuelle au lieu de trimestrielle).
- Etudier un retour à la concentration en cuivre du bassin d'aération par ajout de chaux ou déchets verts.
- Etudier la modification de la filière boues de la station d'épuration.

Jocelyne DI MARE demande que soit examiné ce qu'il se passe en termes d'apports dans l'eau brute de la station d'épuration (branchements non réglementaires, industriels raccordés...).

Leyme

Le but de l'étude était d'une part d'apprécier l'efficacité du traitement filmogène des canalisations qui a été refusé par l'ARS car l'eau ne remplit pas les conditions réglementaires d'autorisation et d'autre part de déterminer l'impact du traitement de reminéralisation de l'eau potable sur les eaux usées et les boues. Les conclusions du schéma départemental d'alimentation en eau potable forcent à reporter le projet de reminéralisation à 2017. Il a donc été décidé d'arrêter la campagne de prélèvements jusqu'à mise en service de la reminéralisation.

Le comité valide les réorientations suivantes, à étudier :

- Dépotage sur une autre station d'épuration.
- Location/achat d'une unité de déshydratation mobile.
- Mise en place de géotubes.
- Apport de matière organique (effluent agro-alimentaires).
- Construction d'une nouvelle station d'épuration type filtre plantés de roseaux dans de courts délais.

Jean-Yves PEYTAVIT précise que pour la réalisation d'une nouvelle station d'épuration il est envisagé de prévoir la possibilité d'utiliser du charbon actif car elle recevrait les effluents de l'Institut Camille Miret. Jocelyne DI MARE précise qu'il y a actuellement un pilote de zone de rejet végétalisé avec charbon actif à Bordeaux testé avec le concours de l'AEAG.

Il sera aussi étudié la mise en place de 2 files séparées pour les deux types d'effluents.

4. Cas de Cahors

Le cas de Cahors a été traité à part car il y a deux volets :

- Le complément d'étude sur l'origine du cuivre dans les boues de 2005, dont la récupération des données est presque achevée, et qui fera l'objet d'un autre comité de pilotage ;
- Les campagnes de prélèvements sur la station d'épuration qui ont montré que les paramètres pouvant influencer sur la concentration en cuivre sont nombreux et peuvent interagir entre eux et que les dépassements sont complexes à prévoir.

Le comité valide la remise en service du chaulage des boues primaires dans la bache d'homogénéisation des boues de Cahors.

Jocelyne DI MARE demande si le compostage qui est la filière de valorisation des boues est compatible avec le chaulage notamment d'après la norme NFU 44-095. Ce point sera étudié.

Diffusion : Participants et excusés

Etabli par :	Visa
Angélique SALVO	

Validé par :	Date et visa
Jean-Yves PEYTAVIT	13/03/2015 

Objet de la réunion : **Etude des boues d'épuration trop riches en cuivre
Comité de pilotage n°2**

Date de la réunion : 9 juillet 2015

Lieu : Salle de réunion SATESE (Cahors)

Durée : 3 heures

Emetteur : SYDED du Lot

Pièce jointe : Diaporama

Participants :

Jocelyne DI MARE, Agence de l'eau Adour-Garonne (Toulouse)
Bruno SELAS, Agence de l'eau Adour-Garonne (Rodez)
Eric FAGE, mairie de Cahors
Alain BARRIERES, mairie de Cahors
Arnaud DEWEERDT, mairie de Cahors
Willy PARNAUDEAU, Département du Lot
Magali CASELLAS-FRANÇAIS, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges
Léonie GONZALEZ, Chambre d'Agriculture du Lot
Fabien JOLLY, SYDED du Lot
Jean-Yves PEYTAVIT, SYDED du Lot
Céline DEBAILLEUL, SYDED du Lot
Angélique SALVO, SYDED du Lot

Excusés :

Bernard LADEUIL, Direction Départementale des Territoires
Benoit JOSEPH, Agence régionale de santé de Midi-Pyrénées

Ordre du jour : **Rappels du premier comité et principaux mécanismes - Avancement de l'étude sur les stations d'épuration de Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme - Focus sur la situation de Cahors ; poursuites et réorientations.**

Synthèse des discussions, actions décidées

L'introduction a été faite par Jean-Yves PEYTAVIT, puis un tour de table a été effectué pour que les participants se présentent.

1- Rappels COPIL 1

Magali CASELLAS-FRANÇAIS précise que les mécanismes mis en évidence par l'étude sont confirmés au niveau national, et notamment par l'Association de Collectivités pour la Maîtrise des Déchets et de l'Environnement (ASCOMADE).

2- Avancement sur les autres STEU**Meyronne-Creysse :**

L'ensemble des participants s'accordent à dire que la stabilisation par ajout de lait de chaux semble être le moyen le plus adapté pour disposer de boues aptes à l'épandage sur cette station d'épuration.

Labastide-Murat :

Il a été relevé les difficultés d'échantillonnage et d'accès à certains LSPR (Lits de Séchage Plantés de Roseaux).

Dans le cadre d'un suivi des LSPR, il faudrait prendre en compte, en plus d'un suivi sur plusieurs années, la saisonnalité (moins de ressuyage en hiver → qualité différente de la boue).

Il a été fait état que, compte tenu de la concentration en cuivre dans le bassin d'aération (~600 mg/kgMS), une modification de la file boues serait nécessaire. En effet, lors d'échanges par e-mail, l'IRSTEA a préconisé de ne pas réaliser de stockage en LSPR dès lors que la concentration en cuivre dans le bassin d'aération est supérieure à 330 mg/kgMS en raison d'un risque de non-conformité des boues dans cet ouvrage. Magali CASELLAS-FRANÇAIS explique que l'ajout de chaux puis la déshydratation en filtre presse seraient certainement suffisants à la stabilisation des boues pour épandage à condition que les parcelles soient compatibles. Jean-Yves PEYTAVIT évoque la possibilité de transformer les LSPR en silo de stockage liquide. Léonie GONZALEZ explique que la disponibilité des parcelles pour ce type de boues est compliquée pour cette STEU car il n'y a qu'une période d'épandage par an. Par rapport à l'ajout de chaux, il convient de noter que les sols sont déjà plutôt calcaires.

Jocelyne DI MARE déplore le fait que le conseil de ne pas dépasser 330 mg/kg MS dans le bassin d'aération pour installer des LSPR ne soit pas connu/diffusé publiquement aux exploitants.

Leyme :

Il a été confirmé que le traitement filmogène n'est pas accepté réglementairement dans le cas de Leyme car l'eau ne remplit pas les conditions nécessaires. Il en serait de même pour Cahors.

3- Cas de Cahors**Ressource :**

Jocelyne DI MARE demande quelles sont les caractéristiques d'une eau corrosive.

Fabien JOLLY explique qu'il est très difficile de répondre à cette question. En effet, un TH élevé comme faible peut conduire à la corrosion, les facteurs sont multiples et souvent il s'agit d'une constatation sur les canalisations. Il précise qu'à Cahors, l'analyse des paramètres de l'eau tendrait à caractériser cette eau comme non corrosive. L'objectif est que l'eau soit à l'équilibre.

Angélique SALVO ajoute qu'il existe de nombreux indices calculés qui donnent des indications sur les caractéristiques de l'eau.

Magali CASELLAS-FRANÇAIS précise que les mécanismes de corrosion font l'objet d'une littérature importante et propose de monter un projet avec des élèves de troisième année de l'ENSIL sur ce sujet, en lien avec un enseignant spécialiste de la corrosion. La restitution pourrait s'effectuer en mars 2016.

Fabien JOLLY demande s'il y a un suivi du niveau des vasques pour faire le lien avec les précipitations. Willy PARNAUDEAU répond qu'il y a un suivi mais que les vasques sont toujours en trop plein donc pas de lien entre le niveau des vasques et la variation de qualité de la fontaine des Chartreux.

Il serait intéressant de comparer la proportion de l'eau du Lot dans la fontaine des Chartreux à la conductivité de l'eau de la fontaine des Chartreux.

Eau distribuée :

Fabien JOLLY demande si la consommation de l'eau potable en terme de volume est saisonnière.

Eric FAGE répond qu'elle est stable.

Fabien JOLLY suggère d'établir un graphique de la température de l'eau potable comparée à la concentration en cuivre.

Jocelyne DI MARE s'interroge sur la teneur en cuivre dans l'effluent brut de la STEU de Cahors : est-elle identique à d'autres STEU du département ? Qu'en est-il au niveau national ?

Magali CASELLAS-FRANÇAIS cite les valeurs IRSTEA de cuivre dans l'eau potable : 5,5 à 166 µg/L.

Angélique SALVO fait remarquer que dans le Lot les concentrations sont plus élevées.

Jocelyne DI MARE suggère d'essayer de caractériser ce que représente un EH en terme de flux de cuivre.

Solutions de traitement :

Fabien JOLLY précise que :

- Il apparaît nécessaire de réaliser des essais pour déterminer l'impact de la décarbonatation sur la qualité de l'eau.
- On ne sait pas concrètement caractériser une eau corrosive, le plus souvent le phénomène de corrosion est constaté sur les canalisations, il est peu prévisible au regard des caractéristiques de l'eau. Il est donc difficile d'anticiper l'impact de la décarbonatation sur la corrosivité de l'eau.
- Une simple coagulation/floculation sur filtre à sable peut traiter les pics de turbidité. Cependant, il faudrait pour ce faire sur-dimensionner les équipements, ce qui est néanmoins déconseillé pour leur bon fonctionnement au régime nominal.
- Le renouvellement des membranes d'ultrafiltration est coûteux. Souvent, au bout de 5 ans, apparaissent des problèmes de compatibilité skid/modules car l'évolution de la technologie est rapide. Bon traitement de la turbidité.
- La filtration sur sable est une technique plus robuste pour laquelle on dispose de plus de retours d'expérience pour le traitement de la turbidité.

Eric FAGE informe le comité que le schéma directeur d'eau potable a été rendu en avril 2014, il n'a pas été approuvé, son vote est repoussé. Monsieur le Maire est d'accord pour traiter la turbidité mais sans modifier le goût de l'eau. Une commission est prévue, avant octobre 2015 où le sujet devrait être représenté en conseil municipal. Suite à l'approbation du schéma, une étude de faisabilité serait menée et pourrait intégrer le traitement de la corrosion avec différents choix de scénarii de traitement.

Jean-Yves PEYTAVIT rappelle que différentes propositions de traitement ont déjà été faites dans les précédentes études. Ainsi, de fortes réserves pèsent sur la pertinence de mener à nouveau une étude détachée de tout engagement sur l'aspect opérationnel.

Assainissement :

Jocelyne DI MARE conclut qu'il est difficile d'agir sur la source du cuivre car il n'y a rien de notable mis en évidence à Cahors.

De plus, Magali CASELLAS-FRANÇAIS ajoute qu'il y a également peu de possibilités d'action sur l'exploitation de la station de traitement des eaux usées vis-à-vis du cuivre. En ce qui concerne le compostage, le pH optimal est compris entre 5,5 et 8 (AMIR, 2005). Néanmoins l'ajout de chaux peut être pratiqué pour éviter la fermentation acide. La compatibilité du chaulage des boues avec le compostage reste à confirmer.

Jocelyne DI MARE est interpellée par la méconnaissance des mécanismes de corrosion de l'eau potable et pense que ce sujet ne devrait pas être porté par une collectivité, voire un département. Ainsi elle souhaiterait que cela puisse être envisagé au niveau national, et va ainsi porter connaissance du sujet à l'ONEMA.

Prochain comité de pilotage en décembre 2015

Diffusion : Participants et excusés

Etabli par :	Visa
Angélique SALVO	

Validé par :	Date et visa
Patrick LABESCAU	10/08/15 

Objet de la réunion : **Etude des boues d'épuration trop riches en cuivre
Comité de pilotage n°3**

Date de la réunion : 26 janvier 2016

Lieu : Salle de réunion Gaston Monnerville au Département du Lot
(Cahors)

Durée : 3 heures

Emetteur : SYDED du Lot

Pièce jointe : Diaporama

Participants :

Bruno SELAS, Agence de l'eau Adour-Garonne (Rodez)

Willy PARNAUDEAU, Département du Lot

Léonie GONZALEZ, Chambre d'Agriculture du Lot

Fabien JOLLY, SYDED du Lot

Patrick LABESCAU, SYDED du Lot

Céline DEBAILLEUL, SYDED du Lot

Angélique SALVO, SYDED du Lot

Excusés :

Jocelyne DI MARE, Agence de l'eau Adour-Garonne (Toulouse)

Magali CASELLAS-FRANÇAIS, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges

Benoit JOSEPH, Agence Régionale de Santé de Midi-Pyrénées

Absents :

Guy VERGNES, Direction Départementale des Territoires du Lot

Ordre du jour : **Résumé de l'analyse bibliographique – Résultats de l'étude sur les stations d'épuration de Cahors, Meyronne-Creysse, Labastide-Murat et Leyme - Conclusions de l'étude et poursuite.**
Discussions sur le rapport provisoire de l'étude envoyé le 19/01/16.

Synthèse des discussions, actions décidées**1- Analyse bibliographique**

Aucune remarque sur cette partie.

2- Résultats de l'étude**Cahors :**

- Eau potable

Fabien JOLLY rappelle qu'un traitement par décarbonatation, n'apporte aucune garantie de résultats en ce qui concerne la corrosivité de l'eau, toutefois il améliorerait le confort aux usagers en limitant les entartements. Pour estimer les résultats du traitement il faudrait réaliser des essais et une étude plus complexe sur l'eau de Cahors. Il précise aussi que les élus ont pour priorité le traitement de la turbidité et non pas de la corrosivité. Ceci est confirmé par Willy PARNAUDEAU puisque une non-conformité réglementaire de l'eau vis-à-vis de la turbidité doit absolument être traitée.

Diapo 22 il est précisé que la valeur de 135 µg/L correspond à la concentration en cuivre dans l'eau au robinet du consommateur.

- **STEU**

Diapo 31 et 32, Fabien JOLLY s'interroge sur les valeurs de flux en temps sec et temps de pluie de l'eau usée. En temps de pluie le flux de cuivre en entrée de STEU double par rapport au temps sec, donc on peut penser qu'il y a un bruit de fond de l'eau potable et que les eaux pluviales peuvent expliquer les pics de cuivre. Patrick LABESCAU répond que le fonctionnement d'un réseau unitaire est particulier. La sédimentation des MES dans un collecteur de diamètre important entraîne un stockage du cuivre. Lors d'un lessivage du collecteur, l'eau de pluie apporte donc des MES chargées en cuivre. Il est possible alors que certains pics de cuivre en temps de pluie soient dus à un report du cuivre qui arrive en permanence dans le système d'assainissement. Néanmoins à Cahors, la pluie n'a pas été identifiée comme ayant un lien avec le cuivre dans la STEU. En effet, il n'a pas été observé de doublement, ou même de diminution, du flux de cuivre en fonctionnement temps de pluie par rapport au temps sec. Généralement les concentrations en cuivre dans l'eau de pluie dépendent de l'évènement pluvieux et des surfaces lessivées.

Concernant le chaulage des boues primaires et l'arrêt du traitement par l'exploitant, Fabien JOLLY ajoute qu'il a connaissance que le lait de chaux n'est en général pas simple d'utilisation sur une STEU et Bruno SELAS ajoute que les exploitants ont généralement des difficultés pour maîtriser les préparations de lait de chaux.

Willy PARNAUDEAU demande quel serait l'ordre de grandeur des volumes d'effluents industriels et gisements à dépoter à la STEU de Cahors pour que les boues soit conformes. Cette évaluation sera faite et ajoutée dans le rapport.

Meyronne-Creysse :

Les membres du COPIL se demandent pourquoi la concentration en cuivre au robinet du consommateur est faible alors que la teneur en cuivre dans l'eau usée est beaucoup plus élevée. Ainsi se pose la question d'une source importante d'apport de cuivre dans l'eau usée. Léonie GONZALEZ explique qu'il y a beaucoup de noyers sur ce secteur géographique et que le cuivre est utilisé pour les traiter. Il peut ainsi y avoir du cuivre rejeté au réseau de collecte lors du nettoyage du matériel utilisé. Patrick LABESCAU répond que la teneur en cuivre des boues du BA est plutôt constante alors que l'apport d'eau de nettoyage de matériel est saisonnier.

Labastide-Murat :

Willy PARNAUDEAU demande si la ressource en eau n'est pas la Pescalerie plutôt que la Bouriane. Fabien JOLLY explique que 90 % de la commune est alimentée par l'eau du syndicat de la Bouriane et qu'il s'agit d'un mélange. Fabien JOLLY essaiera de trouver des données sur le cuivre dans l'eau distribuée sur le secteur. Concernant la mise en place d'une autre filière de traitement des boues en liquide à la STEU de Labastide-Murat, Léonie GONZALEZ explique que l'épandage est réalisable une fois par an compte-tenu du plan d'épandage actuel et des cultures présentes sur cette zone, qu'il dépend des conditions climatiques, et que cela devient de plus en plus complexe à réaliser. Patrick LABESCAU s'inquiète de la disponibilité des parcelles pour des boues chaulées à cause de l'augmentation de pH qu'elles provoqueraient. Céline DEBAILLEUL explique que la commune doit être l'élément moteur pour le bon fonctionnement du plan d'épandage.

Fabien JOLLY demande si avant de modifier la filière boues (LSPR) il serait intéressant d'étudier plus en détails les usages de l'eau et les rejets qui peuvent apporter du cuivre. Il a été conclu qu'il faudrait pour obtenir des boues conformes dans les LSPR diviser par 2 la teneur en cuivre actuelle des boues du bassin d'aération, ce qui semble trop élevé comme objectif et de ce fait étudier les usages ne serait certainement pas suffisant.

Leyme :

Fabien JOLLY demande quelles sont les concentrations en cuivre de l'eau potable de Leyme. Angélique SALVO précise qu'au démarrage de l'étude le constat que l'eau est très agressive et non conforme aux exigences sanitaires avait déjà été fait. Ainsi, les concentrations en cuivre n'ont pas été étudiées mais elles seront ajoutées au rapport final de l'étude.

Fabien JOLLY trouve surprenantes les variations de teneur en cuivre des boues du BA car la qualité de l'eau potable est plutôt constante à Leyme. Fabien JOLLY et Bruno SELAS s'accordent à dire qu'il serait intéressant de réaliser des analyses sur les rejets de la blanchisserie et d'identifier les apports dans l'eau usée. Patrick LABESCAU ajoute que l'Institut Camille Miret rencontre également des gros problèmes de cuivre dans les boues de leur STEU. Il informe que l'Institut met actuellement en œuvre une campagne de renouvellement de ses canalisations internes. Le cuivre proviendrait donc plutôt de l'eau potable.

Fabien JOLLY explique que la Corrèze dispose de ressources en eau agressives qu'ils ont largement reminéralisées depuis 10 ans. Il serait peut-être intéressant de se rapprocher de ce département afin de recueillir des informations sur la qualité de leurs boues suite aux traitements mis en place. Patrick LABESCAU et Céline DEBAILLEUL déplorent l'inexistence d'une base de données nationale sur la qualité des boues d'épuration.

3- Conclusions et poursuite

- Eau potable :

Willy PARNAUDEAU explique qu'il faut nuancer la préconisation diapo 67 concernant l'eau potable car l'impact de la reminéralisation n'est pas certain vis-à-vis de la teneur en cuivre dans les boues.

Fabien JOLLY suggère de distinguer 2 points dans la phrase : l'équilibre calco-carbonique qui est réglementaire et l'agressivité qui peut augmenter la corrosivité de l'eau.

- Identifier les industries raccordées :

Selon Fabien JOLLY, il serait judicieux que les arrêtés d'autorisation commune/industriel soient établis sur la base d'analyses préalables des rejets et des fiches produits utilisés avec un suivi éventuel à réaliser.

- Choix des filières :

Willy PARNAUDEAU explique qu'il faudrait peut-être restreindre les financements pour la construction de LSPR lorsque la teneur en cuivre des boues du BA est supérieure à 300-400 mg/kg MS.

A également été soulevée la contradiction des situations des LSPR. En effet, l'objectif de ces ouvrages est de réduire les volumes de boues, et de minéraliser les boues. Or, ce phénomène conduit à doubler, voire tripler les teneurs en cuivre des boues entre leur extraction depuis le bassin d'aération et le curage après stockage dans le LSPR, et cela sans modification de la quantité de cuivre, exprimée en masse. Un assouplissement, ou une tolérance, des services de l'état autorisant dans ce cas de figure l'épandage des boues des LSPR, en justifiant de la conformité des boues dans le bassin d'aération, apparaîtrait justifiée.

Léonie GONZALEZ ajoute que les analyses de sols portant sur le pH sont à poursuivre dès lors que des boues chaulées sont épandues. De plus, il faut anticiper la filière de traitement et d'élimination des boues lors de la construction d'une nouvelle STEU.

- Poursuite :

Les actions restantes à poursuivre sur les STEU ont été présentées, ainsi que les éléments complémentaires qui pourraient être étudiés sur la problématique du cuivre. Ce point sera revu avec les financeurs.

Les membres du comité de pilotage ont été remerciés pour leur participation et leur contribution tout au long de l'étude.

Le SYDED du Lot est en attente des commentaires de Jocelyne DI MARE et Magali CASELLAS-FRANÇAIS sur le rapport afin de les prendre en compte.
Le rendu du rapport de l'étude est prévu pour fin février 2016.

Diffusion : Participants, excusés et absents

Etabli par :	Visa
Angélique SALVO	

Validé par :	Date et visa
Patrick LABESCAU	02/02/16 

ANNEXE 6 : Compléments sur l'épandage de boues d'épuration et leur qualité en France

COMPLEMENT SUR L'EPANDAGE DE BOUES D'EPURATION ET LEUR QUALITE EN FRANCE

Dans les cas des sols et des boues, les principaux contaminants sont les éléments-traces métalliques (ETM), les composés traces organiques (CTO), et les micro-organismes pathogènes.

Concernant les **éléments traces métalliques**, il y a précisément huit éléments à doser : le cadmium, le chrome, le cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le zinc, et le sélénium.

Les **composés traces organiques** constituent les produits chimiques dégradés, plus ou moins fortement, par les micro-organismes du sol. La réglementation française retient comme indicateur de CTO des composés résistants à la biodégradation :

- Les **hydrocarbures aromatiques polycycliques** (HAP), issus de la combustion des carburants ou du chauffage.
- Les **polychlorobiphényles** PCB (hydrocarbures polycycliques aromatiques chlorés) qui ont tendance à s'accumuler dans le sol.

Enfin, les **micro-organismes** jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration mais certains d'entre eux sont pathogènes. Dans la mesure où les micro-organismes pathogènes ont une durée de vie limitée dans les sols, la réglementation prescrit des délais sanitaires avant certaines cultures et des distances limites par rapport aux habitations et aux cours d'eau pour limiter les risques microbiologiques.

La réglementation fixe des seuils au-dessus desquels ces boues sont impropres à l'épandage agricole (cf. tableau 1).

Tableau 1 : Composition moyenne des boues de STEP épandues en France en agriculture et valeurs limites (ADEME)

Pamètres	Concentration	
Matière sèche (MS)	2 à 95 %	
Matière organique	50 à 70 % de la MS (30 à 45 % si boues chaulées)	
Carbone/Azote (C/N)	5 à 12	
Azote (N)	3 à 9 % de la MS	
Phosphore (P2O5)	4 à 6 % de la MS	
Potasse (K2O)	moins de 1 % de la MS	
Magnésie (MgO)	moins de 1 % de la MS	
Chaux (CaO)	4 à 8 % de la MS (jusqu'à 25 % si boues chaulées)	
Eléments-traces (ET)	Concentration (mg/kg de MS)	Valeur limite réglementaire
Cadmium (Cd)	2,5	10
Chrome (Cr)	50	1 000
Cuivre (Cu)	330	1 000
Mercure (Hg)	2,3	10
Nickel (Ni)	40	200
Plomb (Pb)	90	800
Sélénium (Se)	10	-
Zinc (Zn)	800	3 000
Composés Traces Organiques (CTO)	Concentration (mg/kg de MS)	Valeur limite réglementaire
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA)		
- Fluoranthène	0,53	5
- Benzo(a)fluoranthène	0,39	2,5
- Benzo(a)pyrène	0,31	2
Polychlorobiphényles (PCB)		
- total 7 PCB	0,19	0,8

ANNEXE 7 : Planning 2014 pour l'organisation des campagnes de prélèvements

PLANNING 2014 DES PRELEVEMENTS DE BOUES DE L'ETUDE DU CUIVRE

Date	Semaines							
	14	17	20	22	23	26	28	
Point de prélèvement	lundi 31 mars 2014	jeudi 24 avril 2014	lundi 12 mai 2014	lundi 26 mai 2014	mardi 3 juin 2014	mercredi 4 juin 2014	jeudi 26 juin 2014	mardi 8 juillet 2014
ALVIGNAC	Bassin d'aération	MS+MO+Cu			VA+ETM+CTO+Se			
	LSPR 6 (réservé Meyronne)				VA+ETM+CTO+Se			
	LSPR 5				VA+ETM+CTO+Se			
LABASTIDE MURAT	Bassin d'aération					VA+ETM+CTO+Se		
	LSPR 1					VA+ETM+CTO+Se		
	LSPR 4					VA+ETM+CTO+Se		
LEYME	Eau entrée et sortie	Cuivre *						
	Bassin d'aération	MS+MO+Cu				VA+ETM+CTO+Se		
	Bâche de stockage	MS+MO+Cu				VA+ETM+CTO+Se		
MEYRONNE	Eau entrée et sortie							
	Bassin d'aération					VA+ETM+CTO+Se	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu
	Silo Pilote			VA+ETM+CTO+Se		MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu

Date	Semaines							
	29	32	33	36	41	45	49	
Point de prélèvement	vendredi 18 juillet 2014	mardi 5 août 2014	mardi 12 août 2014	mardi 2 septembre 2014	mardi 7 octobre 2014	mardi 4 novembre 2014	mardi 2 décembre 2014	
ALVIGNAC	Bassin d'aération	MS+MO+Cu		MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	VA+ETM+CTO+Se	MS+MO+Cu	
	LSPR 6 (réservé Meyronne)					VA+ETM+CTO+Se		
	LSPR 5					VA+ETM+CTO+Se		
LABASTIDE MURAT	Bassin d'aération	MS+MO+Cu			MS+MO+Cu		MS+MO+Cu	
	Effluent entrée et sortie	Cuivre						
	LSPR 1							
LEYME	Effluent entrée et sortie		A ajouter au bilan 24h					
	Bassin d'aération		MS+MO+Cu			MS+MO+Cu	VA+ETM+CTO+Se	
	Bâche de stockage						VA+ETM+CTO+Se	
MEYRONNE	Eau entrée et sortie			Cuivre*				
	Bassin d'aération		MS+MO+Cu		MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	VA+ETM+CTO+Se	MS+MO+Cu
	Silo Pilote		MS+MO+Cu		MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	VA+ETM+CTO+Se	MS+MO+Cu

Annulé

* Analyses à ajouter au Bilan 24h

PLANNING 2014 DES PRELEVEMENTS DE BOUES DE L'ETUDE DU CUIVRE

Date de prélèvement	Point de prélèvement	Semaines						
		27	30	32	41	45	48	
Type de prélèvement		mardi 1 juillet 2014	lundi 21 juillet 2014	lundi 8 septembre 2014	lundi 6 octobre 2014	mercredi 5 novembre 2014	mercredi 26 novembre 2014	
CAHORS	Décanteur primaire	Boues primaires	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu
	SBR moyen A à D	Boues biologiques	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu
	Bâche homogénéisation	Boues de la bâche	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu	MS+MO+Cu
	Eau sortie primaire	Effluent sortie primaire	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu	Cu

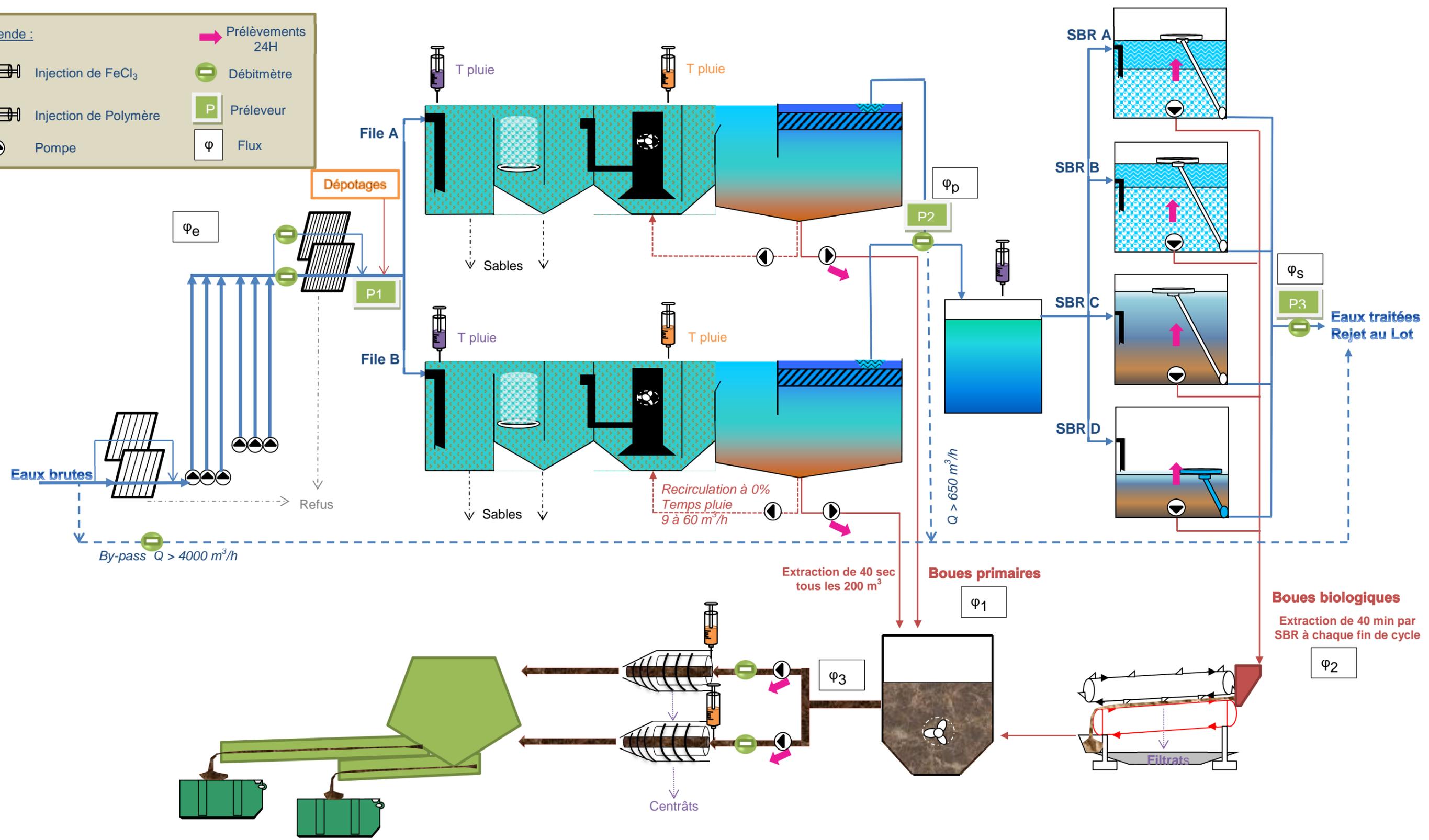
ANNEXE 8 : Synoptiques des stations d'épurations étudiées

Synoptique de la station d'épuration de Cahors



Légende :

- Prélèvements 24H
- Débitmètre
- Préleveur
- Flux
- Injection de FeCl₃
- Injection de Polymère
- Pompe



EGOUTTAGE

- Extraction des SBR de 40 minutes à chaque fin de cycles.
- Injection de polymère à 1,5 kg/ t MS active.

HOMOGENEISATION

- Possibilité d'injecter de la chaux éteinte.
- Volume = 350 m³
- Temps séjour = 5 jours

CENTRIFUGATION

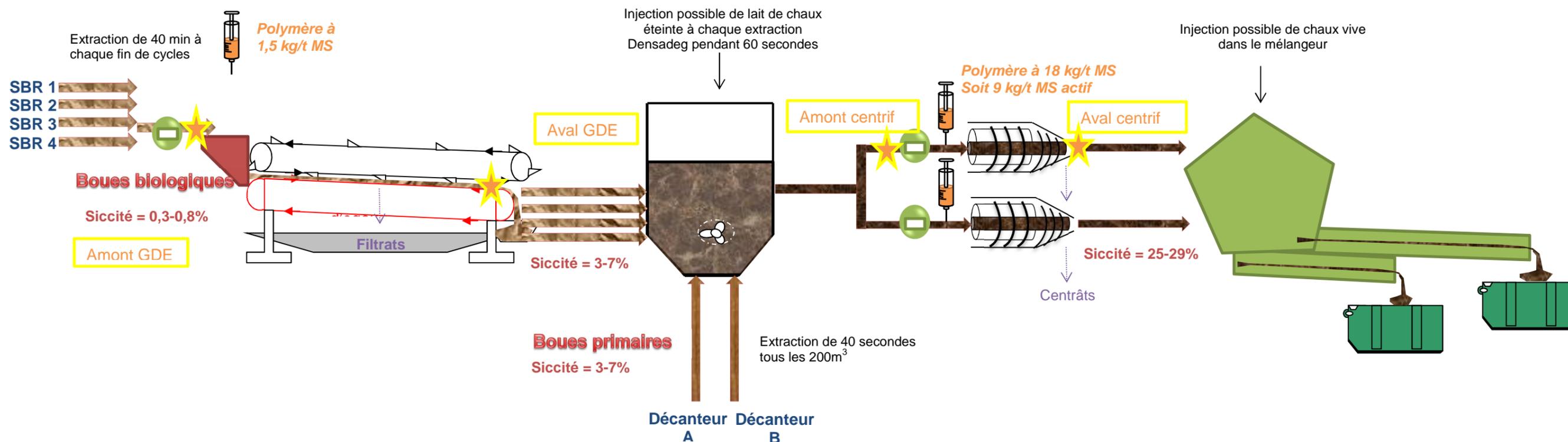
- 100 m³ centrifugés pour 2 bennes.
- Centrifugation de 9h/jours pendant 2 jours pour deux bennes.

MELANGE

- Utilisation d'un malaxeur.
- Possibilité d'injecter de la chaux vive.

STOCKAGE EN BENNES

- 2 bennes de 15 m³ chacune.



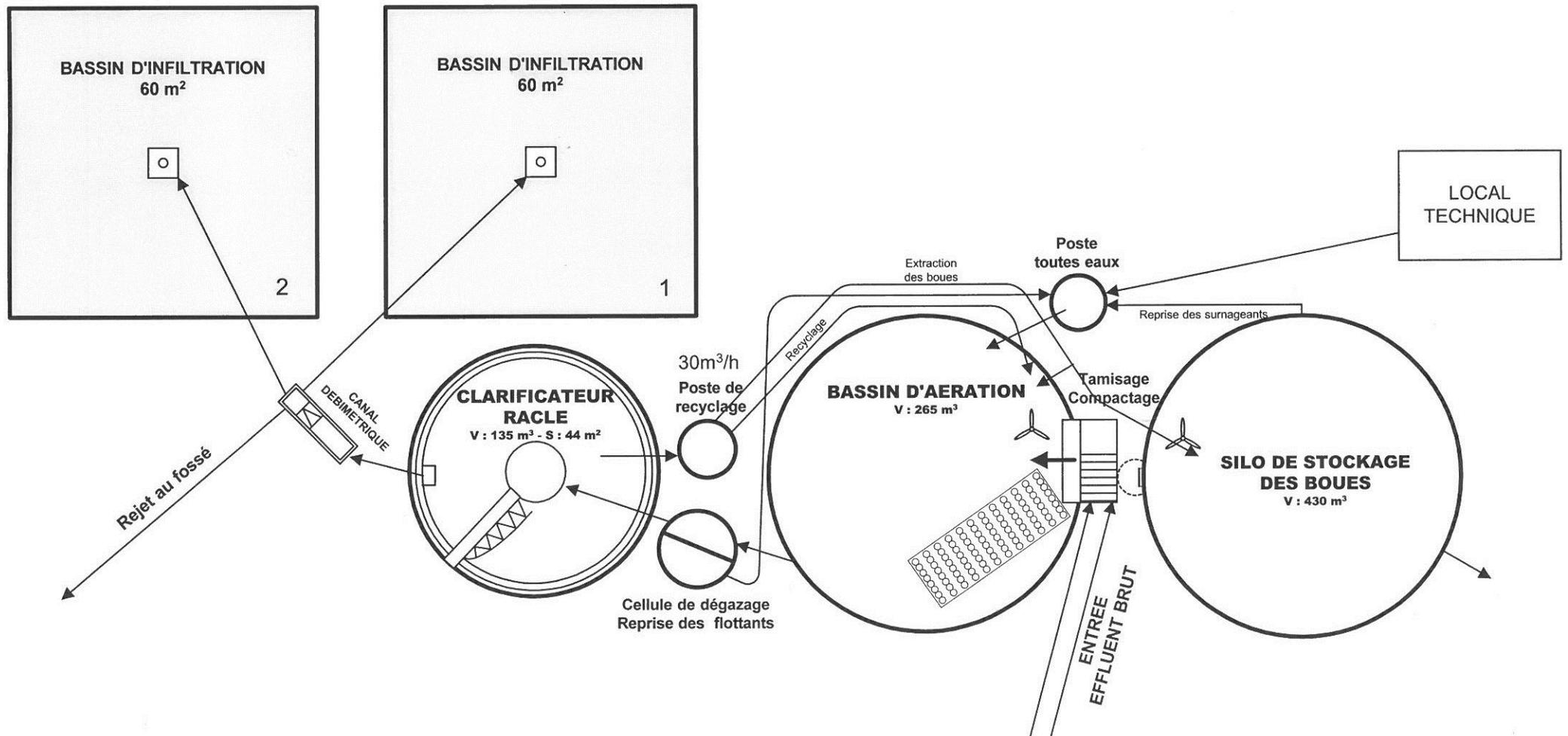
Légende :

- Injection de FeCl₃
- Injection de Polymère
- Pompe
- Débitmètre
- Points prélèvements ponctuels

Station d'épuration de MEYRONNE-CREYSSE

Boues activées aération prolongée

Capacité	: 1 530 éqh 230 m ³ /jour 91,8 kg DBO ₅ /jour	Mise en service	: Avril 2000
Réseau	: Séparatif	Maître d'oeuvre	: BET DORVAL
Exutoire	: Infiltration ou fossé	Constructeur	: WANGNER Assainissement
		Exploitant	: Commune (régie directe)
		Norme de rejet	: DBO ₅ =25mg/l, DCO=125mg/l MES=35mg/l, NTK=10mg/l



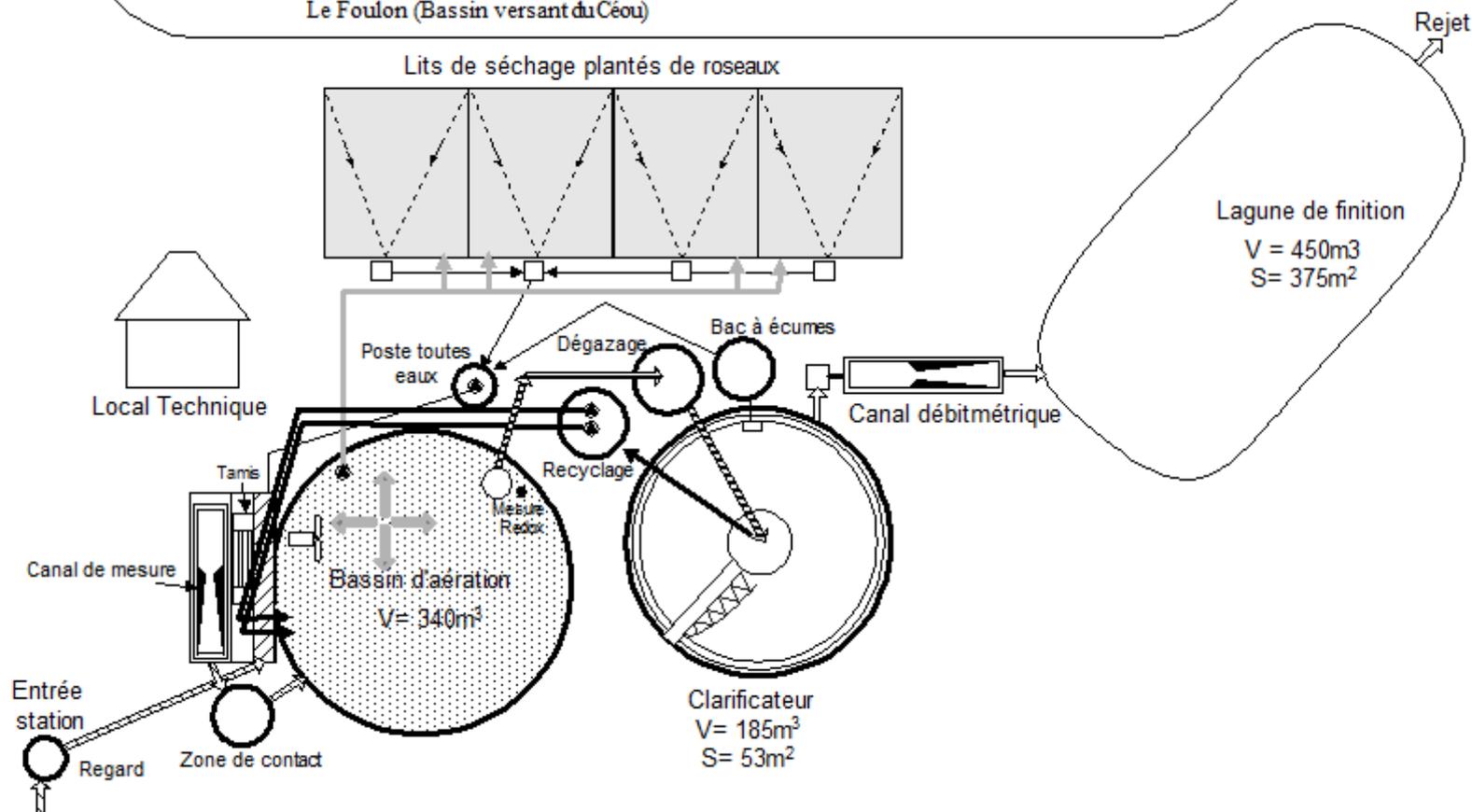
Station d'épuration de LABASTIDE- MURAT Boues activées- Aération prolongée

Capacité : 1500 éqh
225 m³/jour
90 kg DBO₅/jour

Mise en service : Mars 2001
Maître d'oeuvre : D.D.A.F.
Constructeur : WANGNER
Exploitant : CGE

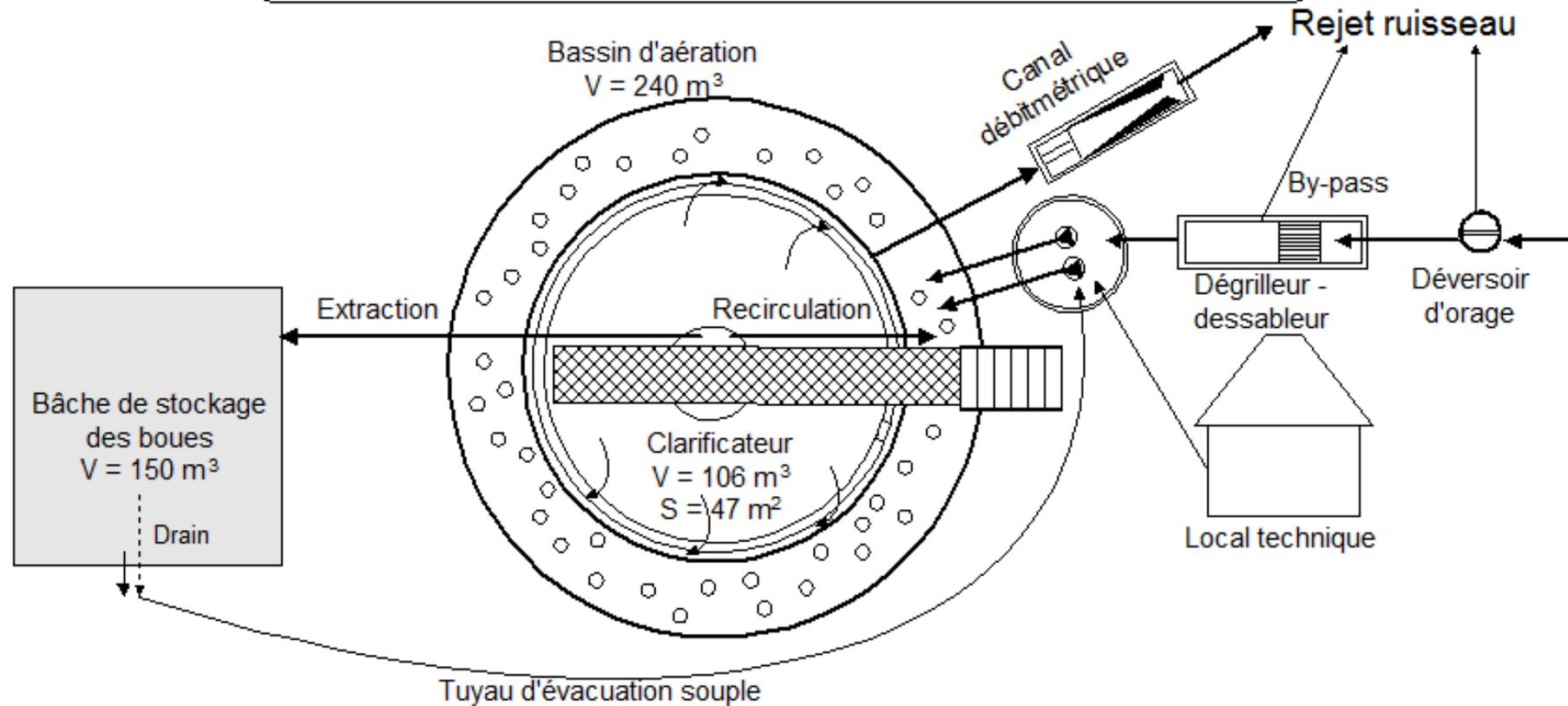
Réseau : Séparatif
Exutoire : Talweg en amont du ruisseau
Le Foulon (Bassin versant du Céou)

Norme de rejet : N.D.4



Station d'épuration de LEYME BOURG
Boues activées en aération prolongée

Capacité	: 1500 éqh 300 m ³ /jour 105 kg DBO ₅ /jour	Mise en service	: Novembre 1974
Réseau	: Mixte	Maître d'oeuvre	: D.D.E.
Exutoire	: Ruisseau de Vialgues	Constructeur	: C.G.E.E. ALSTHOM
		Exploitant	: Commune (régie directe)
		Norme de rejet	: Zone de proximité (circ. du 07/07/1970)



ANNEXE 9 : Protocoles de prélèvements mis en place à la STEU de Cahors

Dans le cadre de l'étude de l'origine du cuivre dans les boues d'épuration de Cahors, les flux en cuivre entrant (effluent brut) et sortant (effluent traité et boues) vont être calculés grâce à des prélèvements sur 24h. Ces flux permettent de raisonner, et de comparer des valeurs, à l'échelle de la STEP pendant son fonctionnement en routine. Le flux est le produit du débit journalier de la matrice analysée avec sa concentration en cuivre.

En bref, la soustraction des flux en cuivre entre effluents entrant et sortant devraient correspondre au flux totalisé dans les boues qui sera parallèlement calculé grâce aux résultats d'analyses.

La campagne de prélèvements lancée pour l'étude de l'accumulation du cuivre à la STEP de Cahors comprend deux types d'échantillons :

- les échantillons moyens représentatifs d'une journée de fonctionnement (24h), réalisés une fois par mois. Se référer aux protocoles 1 à 4.
- les échantillons ponctuels, réalisés plusieurs fois à des jours différents pour répondre à une hypothèse bien précise : il s'agit des protocoles 5 à 7.

Consignes générales :



- Ne pas alimenter en matière de vidange (MV) et graisses le jour précédent et pendant les prélèvements : arrêter l'alimentation de la fosse et vers le Carbofil.
- Condamner le tampon d'arrivée de la station d'épuration.
- Régler la pompe pré-fosse MV en mode automatique.
- Rincer la verrerie à l'eau déminéralisée avant utilisation.
- Porter des gants.

1. Objectifs

Constituer un échantillon représentatif sur la journée

- Recherche de l'étape la plus accumulatrice de cuivre dans les boues.
- Calculer les flux de cuivre journaliers dans les boues primaires :

$$\varphi B_1 = [Cu]B_1 \times QB_1$$

Avec,

φB_1 : flux de cuivre dans les boues primaires (kg/j)

QB_1 : débit de boues extraites des décanteurs primaires (m³/j)

$[Cu]B_1$: concentration moyenne en cuivre des décanteurs primaires (kg/m³)

2. Matériel

- Bidon échantillon 10L
- Eprouvette 1L
- Talkies-walkies

3. Méthode

- **Point de prélèvement** : refoulement des pompes des décanteurs.
- **Type de prélèvement** : boues primaires.
- **Quantité à prélever** : 1L par bassin.
- **Fréquence** : une fois par mois pendant la mesure d'auto-surveillance (voir planning).
- **Flaconnage** : 1 flacon plastique de 2L.

Protocole :

- Brancher un tuyau au piquage sous la pompe d'extraction du décanteur A pour prélever la boue.
- Faire fonctionner la pompe en marche manuelle pour une extraction de 50 secondes (utiliser les talkies-walkies).
- En fin d'extraction, à l'arrêt de la pompe, ouvrir à la vanne et prélever à l'éprouvette 1L de boues primaires. Le but étant de ne pas prélever de boues sèches accumulées dans les conduites. Remplir un bidon échantillon prévu pour constituer l'échantillon moyen journalier. Faire de même pour le décanteur B.
- Les prélèvements doivent être effectués sur chaque décanteur 3 fois par jour à : 10h00, 14h00 et 16h00. En fin de journée, l'échantillon moyen doit être constitué de 3 x 1L du décanteur A et 3 x 1L du décanteur B.
- Bien homogénéiser et remplir le flacon plastique adapté pour l'analyse au 2/3. Le flacon est noté *décanteur primaire*.



- L'échantillon moyen est constitué du même volume de chaque prélèvement.

1. Objectifs

Constituer un échantillon représentatif sur la journée

- Recherche de l'étape la plus accumulatrice de cuivre dans les boues.
- Calculer les flux de cuivre dans les boues biologiques :

$$\varphi B_B = [Cu]B_B \times QB_B$$

Avec,

φB_B : flux de cuivre dans les boues primaires (kg/j)

QB_B : débit de boues biologiques extraites (m³/j).

$[Cu]B_B$: concentration moyenne en cuivre dans les 4 SBR (kg/m³).

2. Matériel

- Eprouvette 500mL
- Canne de prélèvement
- Bidon 10L

3. Méthode

- **Point de prélèvement** : dans les SBR durant la phase de remplissage/aération (phase 2).
- **Type de prélèvement** : boues biologiques.
- **Quantité à prélever** : 500mL par SBR.
- **Fréquence** : une fois par mois pendant la mesure d'auto-surveillance (voir planning).
- **Flaconnage** : 1 flacon plastique de 2L

Protocole :

- Prélever à l'aide d'une canne de prélèvement les boues biologiques directement dans les SBR A, B, C et D au niveau de leur trappe. Pour chaque SBR, le prélèvement doit être effectué pendant la phase de remplissage/aération (phase 2).
- Cette manipulation est à effectuer 2 fois dans la journée par SBR selon l'espacement des cycles ; soit 1 prélèvement le matin et 1 prélèvement l'après-midi pour chaque SBR.
- A chaque prélèvement, mesurer à l'éprouvette 500mL d'échantillon par SBR et remplir un bidon pour constituer l'échantillon moyen des 4 SBR (4 x 2 x 500mL).
- Bien homogénéiser et remplir le flacon plastique adapté pour l'analyse au 2/3. Le flacon est noté *SBR moyen A à D*.



- L'échantillon moyen est constitué du même volume de chaque prélèvement.

1. Objectifs

Constituer un échantillon représentatif sur la journée

- Anticiper les lots de boues non compostables en raison d'un dépassement par l'analyse des boues dans la bache d'homogénéisation des boues (BHB).
- Calculer les flux de cuivre dans le mélange de boues primaires et biologiques. Le flux de cuivre de la BHB sera comparé aux flux de cuivre dans les boues déshydratées stockées en bennes (analyses tous les jeudis).

2. Matériel

- Eprouvette 1L
- Bidon 10L

3. Méthode

- **Point de prélèvement** : piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses.
- **Type de prélèvement** : mélange de boues primaires et biologiques.
- **Quantité à prélever** : 1L par centrifugeuse.
- **Fréquence** : une fois par mois pendant la mesure d'auto-surveillance (voir planning).
- **Flaconnage** : 1 flacon plastique de 2L.

Protocole :

- Vérifier qu'au préalable la BHB a été agitée au moins une heure et qu'elle l'est pendant le prélèvement.
- Mettre en fonctionnement les centrifugeuses A et B.
- Prélever 1L de boues avec une éprouvette, au piquage de la pompe d'alimentation des centrifugeuses, pour chaque centrifugeuse (A et B). Puis remplir un bidon qui servira à constituer l'échantillon moyen. Prélever deux fois dans la journée, au même moment, pour chaque centrifugeuse.
- et les mélanger ensemble pour constituer.
- Bien homogénéiser l'échantillon moyen (2 x 2 x 1L) et remplir le flacon plastique adapté pour l'analyse au 2/3. Le flacon est noté *Bâche homogénéisation*.



- La BHB doit être agitée pendant toute la durée des prélèvements.
- Prélever avec les centrifugeuses en fonctionnement.
- L'échantillon moyen est constitué du même volume de chaque prélèvement.

1. Objectifs

Constituer un échantillon représentatif sur la journée

- Calculer les flux de cuivre dans l'effluent issu du traitement primaire.

2. Matériel

- Préleveur automatique
- Eprouvette 1L, 500mL

3. Méthode

- **Point de prélèvement** : sortie du traitement primaire.
- **Type de prélèvement** : eau pré-traitée.
- **Fréquence** : une fois par mois pendant la mesure d'auto-surveillance (voir planning).
- **Flaconnage** : 1 flacon plastique de 250 mL.

Protocole :

- Programmer le préleveur automatique de la façon suivante :

```
Asservi. temps
Prélever toutes les 6min
1 flacon par prélèvement (1-24)
10 prélev. par flacon (0-50)
Marche continue NON

Volume du prelev.
          Volumes dépendants du débit ? NON
          Volume échantillon 80mL

Régler heure départ
          Premier échantillon 00:01
          Jour
Premier jour date
```

- Placer le tuyau dans la canalisation à surface libre en sortie des décanteurs primaires.
- Après 24h, reconstituer un échantillon moyen de l'eau brute par proportionnalité au débit entrant à la station.

Reconstitution de l'échantillon asservi au débit

- Pour cela, relever les débits moyens par heure sur la courbe « Débit eau traitée » du logiciel informatique de surveillance de la step. En tout, 3 débits horaires sont à reporter sur la feuille de calcul prévue à cet effet : débit temps sec, débit temps pluie et débit temps pluie by-pass cyclor.
- Le débit total à partir duquel l'échantillon est reconstituer correspond à :
$$\text{Débit total} = \text{débit temps sec} + \text{débit temps pluie} - \text{débit temps pluie by-pass cyclor}.$$
- Le feuille de calcul automatique applique au débit total maximum le volume d'échantillon maximum (700mL) et détermine les autres volumes à prélever en appliquant une règle de 3. Bien homogénéiser les échantillons par retournement. Prélever à l'éprouvette les volumes calculés et la rincer à l'eau distillée à chaque changement d'échantillon. Constituer l'échantillon 24H dans un grand béccher.
- Homogénéiser et remplir à ras bord le flacon plastique adapté pour l'analyse. Le flacon est noté *effluent sortie primaire*.

1. Objectifs

Réaliser un échantillon ponctuel en temps sec

Apprécier les différences de concentration en cuivre et donc de flux dans l'acheminement des boues biologiques des SBR vers la bêche d'homogénéisation des boues (BHB) en passant par la grille d'égouttage (GDE). Il s'agit de prélever à 2 points différents :

- Piquage de la pompe d'extraction amont GDE, pendant l'extraction des boues d'un SBR.
- Directement sur la GDE pendant l'égouttage des boues de ce même SBR.

2. Matériel

- Eprouvette 1L
- Bécher 500mL
- Chronomètre

3. Méthode

- **Point de prélèvement 1 :** piquage amont GDE
- **Point de prélèvement 2 :** directement sur GDE.
- **Type de prélèvement :** boues biologiques.
- **Paramètres analysés :** Matière sèche, matière organique, cuivre.
- **Flaconnage :** 1 flacon plastique de 2L.

Protocole :

Cet essai doit être réalisé en temps sec pour éviter toute perturbation.

- Lancer l'extraction des boues du SBR et programmer une durée d'extraction de 20 min.
- Avant le prélèvement ouvrir le piquage amont GDE pour rincer la canalisation et brider la vanne amont du piquage.
- L'extraction dure 20min donc prélever :
 - à 5min, 10min et 15min d'extraction en amont GDE : 3 x 1L de boues au piquage. A l'éprouvette, prélever 800mL de chaque échantillon pour constituer un échantillon moyen et bien homogénéiser avec une spatule. Remplir le flacon noté *amont grille égouttage* au 2/3.
 - puis à 7min, 12min et 17min sur la GDE. Remplir à ras bord un bécher plastique de 500mL en prélevant directement sur la fin de grille. Il faut les trois mêmes béchers plastique remplis du même volume. Mélanger directement dans un grand bécher et homogénéiser à la spatule. Remplir le flacon noté *aval grille égouttage* au 2/3.

Noter la lettre du SBR étudié et la durée de l'extraction des boues réglée si elle diffère du protocole sur la fiche de prélèvements prévue à cet effet.



- Attendre cinq minutes après le début de l'extraction pour effectuer le premier prélèvement.
- Vérifier que l'agitateur de la bêche tourne pendant toute l'extraction.
- Pour les 3 prélèvements directement sur la grille d'égouttage, garder toujours le même point de prélèvement en fin de grille.
- L'échantillon moyen est constitué du même volume de chaque prélèvement.
- Bien homogénéiser les prélèvements unitaires pour la constitution de l'échantillon final (décantation rapide).

1. Objectifs

Réaliser un échantillon ponctuel en temps sec

Apprécier la variation de concentration en cuivre des boues avant et après centrifugation et donc la part de cuivre retenue dans les centrats.

2. Matériel

- Bécher 500mL et 1 L
- Seau 10L
- Chronomètre

3. Méthode

Cet essai doit être réalisé en temps sec pour éviter toute perturbation.

- **Point de prélèvement 1** : piquage amont centrifugeuses.
- **Point de prélèvement 2** : vis en sortie de centrifugeuse.
- **Type de prélèvement** : boues déshydratées.
- **Paramètres analysés** : Matière sèche, matière organique, cuivre.
- **Flaconnage** : 1 flacon plastique de 2L.

Protocole :

- Couper l'alimentation de la bache (boues primaire et biologiques) pendant 1 heure en programmant sur le logiciel de gestion :
 - pour les boues primaires :

Dans les réglages, onglet « extraction/recirculation boues »

Durée d'extraction : **0s**

Consigne volume eau pour déclenchement cycle extraction : **30 000 m³**
(facultatif, en plus par sécurité)

- pour les boues biologiques :

Extraction de boues cyclors > Durée extraction : **0 min** sur l'extraction cyclor à venir.

- Lancer ou continuer la centrifugation pendant cette heure. Vérifier que l'agitateur de la bache est en route pendant tous les prélèvements.
- Préparer et numéroter 6 béchers de 1 L.
- Prélever au piquage amont de la centrifugeuse A, 1L de boues dans le bécher numéroté toute les 10min pendant une heure.
- A la fin de l'heure, prélever à l'aide d'une éprouvette 800mL de boues pour réaliser un échantillon moyen (6 x 800mL), homogénéiser et remplir un flacon plastique de 2L au 2/3. Le flacon est noté *amont centrifugeuse*.
- Préparer et numéroter 6 béchers de 500 mL.
- Puis, prélever la boue dans les vis en sortie de centrifugeuse A. Remplir un bécher numéroté toute les 12min pendant une heure et bien y tasser la boue. A la fin de l'heure, peser pour chaque échantillon prélevé 250g de boues pour réaliser un échantillon moyen (6 x 250g), homogénéiser en malaxant au fur et à mesure les boues dans un seau et remplir un flacon plastique de 2L au 2/3. Le flacon est noté *aval centrifugeuse*.

1. Objectifs

Réaliser un échantillon moyen sur une journée

Caractériser la qualité des matières de vidanges (MV) entrantes dans la station d'épuration, autre que les boues de station d'épuration dont l'on connaît déjà la qualité.

2. Matériel

- Bécher 1L
- Bécher 5L

3. Méthode

- **Point de prélèvement 1:** tuyau du camion de vidangeur à la fin du dépotage.
- **Type de prélèvement :** matières de vidange.
- **Quantité à prélever :** 1L par dépotage.
- **Fréquence :** 3 essais seront réalisés en dehors des autres analyses.
- **Paramètres analysés :** Matière sèche, matière organique, cuivre.
- **Flaconnage :** 1 flacon plastique de 2L

Protocole :

- Sur une journée, prélever à chaque dépotage 1L de MV au dégrilleur en fermant la vanne d'eau de lavage. *Noter sur la fiche prélèvement pour chaque camion : le volume dépoté, l'heure du dépotage et la ville de provenance des MV.*
- En fin de journée, après les dépotages, constituer un échantillon moyen de la journée en considérant les proportions de volumes dépotés. Par exemple, dans un bécher de 5L, introduire 100mL de MV pour 1m³ dépoté.
- Bien homogénéiser et remplir un flacon plastique de 2L au 2/3. Le flacon est noté *MV moyen journalier*.

ANNEXE 10 : Fiches de prélèvements de la STEU de Cahors

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **01/07/2014**
 Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSEDEG)

Point de prélèvement :	dans le décanteur B	Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	1 jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin :	Polymère AL32+FeCl3 H.S	1	-	10h21	
- Concentration :	3 g/L	2	-	14h01	
- Durée des injections :	2 h	3	-	16h31	
- Dosage :	3000 L/j	Volume de boues extrait vers la BHB:	6,15	7,4	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3	Volume de boues recirculé :	0	0	m ³ /j
Préleveur :	Eddy				
Remarque, particularité :	Densadeg B uniquement				

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)	SBR	Heure du prélèvement		Age des boues
Changement de cycles :	18-déc-13		1ere série	2ème série	jours
Volume extrait vers GDE	67 m ³ /j	C	8h25	12h05	18
Réactif injecté dans le bassin :	(dans bache de répartition)	B	10h00	13h27	15
- Concentration :	8 g/m ³	D	10h27	14h49	20
- Volume injecté :	252 L/j	A	10h40	17h10	22
Préleveur :	Eddy				
Remarque, particularité :					

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **01/07/2014**
 Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités

Heure de début des prélèvements :	00h01
Heure de fin des prélèvements :	23h59
Météo (pluie, tsec) :	le pluie de 22h à 23h59
Pluviométrie :	19 mm

Effluent brut

Débit entrée temps sec :	4480	m ³
Débit entrée temps pluie :	2250	m ³
Débit total entré :	6730	m ³

Effluent traité

Débit sortie temps sec :	3240	m ³
Débit sortie temps pluie :	2210	m ³
Débit sortie temps crue :	0	m ³
Débit total sortie :	5450	m ³

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **01/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses		Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	5	jours	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok		8h35	8h36
Préleveur :	Eddy		12h00	12h01

Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux :	m3
	Concentration :	
	Siccité :	pas d'info

extraction d'1minute à 2h44

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **01/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie cumulée (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL	
1	0	00h01	1h00	112	0	0	112	110	
2	0	1h00	2h00	91	0	0	91	89	
3	0	2h00	3h00	86	0	0	86	84	
4	0	3h00	4h00	82	0	0	82	80	
5	0	4h00	5h00	103	0	0	103	101	
6	0	5h00	6h00	85	0	0	85	83	
7	0	6h00	7h00	105	0	0	105	103	
8	0	7h00	8h00	85	0	0	85	83	
9	0	8h00	9h00	166	0	0	166	163	
10	0	9h00	10h00	197	0	0	197	193	
11	0	10h00	11h00	185	0	0	185	181	
12	0	11h00	12h00	203	0	0	203	199	
13	0	12h00	13h00	205	0	0	205	201	
14	0	13h00	14h00	172	0	0	172	169	
15	0	14h00	15h00	170	0	0	170	167	
16	0	15h00	16h00	184	0	0	184	180	
17	0	16h00	17h00	177	0	0	177	174	
18	0	17h00	18h00	192	0	0	192	188	
19	0	18h00	19h00	145	0	0	145	142	
20	0	19h00	20h00	172	0	0	172	169	
21	0	20h00	21h00	161	0	0	161	158	
22	14,85	21h00	22h00	220	0	0	220	216	
23	15,7	22h00	23h00	716	1070	1072	714	700	
24	18,15	23h00	23h59	716	992	1128	580	569	
							Maximum :	714	700

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **21/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSADeg)

Point de prélèvement :	dans le décanteur B		Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	0	jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin :	Polymère AL32+FeCl3 H.S		1	-	10h	
- Nature :			2	-	14h	
- Concentration :	3	g/L	3	-	16h30	
- Durée des injections :	2	h	Volume de boues extrait vers la BHB:	9,84	12,5	m ³ /j
- Dosage :	3000	L/j	Volume de boues recirculé :	0	0	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3				22,34	
Préleveur :	Arnaud					
Remarque, particularité :	Densadeg B uniquement					

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)		SBR	Heure du prélèvement		Age des boues
Changement de cycles :	18-déc-13			1ere série	2ème série	jours
Volume extrait vers GDE	96	m ³ /j	C	8h45	13h45	11
Réactif injecté dans le bassin :	(dans bache de répartition)		B	9h12	14h27	8
- Nature :			D	10h38	15h53	14
- Concentration :	8	g/m ³	A	8h35	11h50	25
- Volume injecté :	0	L/j				
Préleveur :	Eddy					
Remarque, particularité :						

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **21/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités

Heure de début des prélèvements :	00h01
Heure de fin des prélèvements :	23h59
Météo (t pluie, t sec) :	oui
Pluviométrie :	6 mm

Effluent brut

Débit entrée temps sec :	4560	m ³
Débit entrée temps pluie :	1900	m ³
Débit total entré :	6460	m ³

Effluent traité

Débit sortie temps sec :	5510	m ³
Débit sortie temps pluie :	1840	m ³
Débit sortie temps crue :	0	m ³
Débit total sortie :	7350	m ³

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **21/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses	Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	5 jours	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok	10h14	10h15
Préleveur :	Lucie	14h10	14h11
Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux :	m3	
	Concentration :		
	Siccité :		

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **21/07/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie cumulée (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL	
1	0	00h01	1h00	140	0		140	61	
2	0	1h00	2h00	120	0		120	53	
3	0	2h00	3h00	41	0		41	18	
4	0	3h00	4h00	67	0		67	29	
5	0	4h00	5h00	58	0		58	25	
6	0	5h00	6h00	33	0		33	14	
7	0	6h00	7h00	50	0		50	22	
8	0	7h00	8h00	45	0		45	20	
9	0	8h00	9h00	105	0		105	46	
10	0	9h00	10h00	160	0		160	70	
11	0	10h00	11h00	180	0		180	79	
12	0	11h00	12h00	190	0		190	83	
13	0	12h00	13h00	190	0		190	83	
14	0	13h00	14h00	180	0		180	79	
15	0	14h00	15h00	180	0		180	79	
16	0	15h00	16h00	180	0		180	79	
17	3,53	16h00	17h00	145	0		145	64	
18	6	17h00	18h00	716	880		1596	700	
19	6	18h00	19h00	315	916		1231	540	
20	6	19h00	20h00	225	0		225	99	
21	6	20h00	21h00	200	0		200	88	
22	6	21h00	22h00	188	0		188	82	
23	6	22h00	23h00	165	0		165	72	
24	6	23h00	23h59	140	0		140	61	
							Maximum :	1596	700
45,53									

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **29/09/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSEDEG)

Point de prélèvement :	Décanteurs A et B	Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	0 jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	Polymère AL32+FeCl3 H.S	1	9h30	9h30	
- Concentration :	3 g/L	2	14h	14h	
- Durée des injections :	0 h	3	17h	17h	
- Dosage :	0 L/j	Volume de boues extrait vers la BHB:	6,4	3,7	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3	Volume de boues recirculé :	1,5	0,9	m ³ /j
Préleveur :	Julien		10,1		
Remarque, particularité :					

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)	SBR	Heure du prélèvement		Age des boues jours
Changement de cycles :	18-déc-13		1ere série	2ème série	
Volume extrait vers GDE	116 m ³ /j	C	8h54	14h21	7
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	(dans bache de répartition)	B	9h16	13h44	6,5
- Concentration :	8 g/m ³	D	9h40	15h10	9,5
- Volume injecté :	0 L/j	A	9h08	14h40	28
Préleveur :	Julien				
Remarque, particularité :		injection FeCl3 dans BHB en panne			

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **29/09/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités

Heure de début des prélèvements :	9h00	00h
Heure de fin des prélèvements :	9h00	00h
Météo (pluie, tsec) :	tpluie	tsec
Pluviométrie :	25,5 mm	1,75

Effluent brut

Débit entrée temps sec :	4857 m ³	5840
Débit entrée temps pluie :	0 m ³	0
Débit total entré :	4857 m ³	5840

Effluent traité

Débit sortie temps sec :	5879 m ³	6090
Débit sortie temps pluie :	0 m ³	
Débit sortie temps crue :	0 m ³	
Débit total sortie :	5879 m ³	

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **29/09/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses		Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	5	jours	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok		11h	11h
Préleveur :	Julien		16h	16h
Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux :	m3		
	Concentration :			
	Siccité :			

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **29/09/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie 00h à 00h (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL
1	0,5	00h01	1h00	655	0	0	655	600
2	0,75	1h00	2h00	574	0	0	574	526
3	0,25	2h00	3h00	543	0	0	543	497
4	0	3h00	4h00	357	0	0	357	327
5	0	4h00	5h00	168	0	0	168	154
6	0	5h00	6h00	118	0	0	118	108
7	0,25	6h00	7h00	171	0	0	171	157
8	0	7h00	8h00	325	0	0	325	298
9	0	8h00	9h00	287	0	0	287	263
10	0	9h00	10h00	239	0	0	239	219
11	0	10h00	11h00	204	0	0	204	187
12	0	11h00	12h00	200	0	0	200	183
13	0	12h00	13h00	200	0	0	200	183
14	0	13h00	14h00	188	0	0	188	172
15	0	14h00	15h00	190	0	0	190	174
16	0	15h00	16h00	178	0	0	178	163
17	0	16h00	17h00	157	0	0	157	144
18	0	17h00	18h00	143	0	0	143	131
19	0	18h00	19h00	138	0	0	138	126
20	0	19h00	20h00	141	0	0	141	129
21	0	20h00	21h00	153	0	0	153	140
22	0	21h00	22h00	160	0	0	160	147
23	0	22h00	23h00	150	0	0	150	137
24	0	23h00	23h59	132	0	0	132	121
	1,75					Maximum :	655	600

Pluviométrie 9h à 9h (mm)									
1	0	09h00	10h00	240	0	0	240	220	
2	0	10h00	11h00	205	0	0	205	188	
3	0	11h00	12h00	192	0	0	192	176	
4	0	12h00	13h00	189	0	0	189	173	
5	0	13h00	14h00	183	0	0	183	168	
6	0	14h00	15h00	192	0	0	192	176	
7	0	15h00	16h00	171	0	0	171	157	
8	0	16h00	17h00	150	0	0	150	137	
9	0	17h00	18h00	137	0	0	137	125	
10	0	18h00	19h00	133	0	0	133	122	
11	0	19h00	20h00	144	0	0	144	132	
12	0	20h00	21h00	157	0	0	157	144	
13	0	21h00	22h00	170	0	0	170	156	
14	0	22h00	23h00	144	0	0	144	132	
15	0	23h00	00h00	131	0	0	131	120	
16	0	00h00	1h00	116	0	0	116	106	
17	0,25	1h00	2h00	93	0	0	93	85	
18	0	2h00	3h00	80	0	0	80	73	
19	0,75	3h00	4h00	75	0	0	75	69	
20	0,5	4h00	5h00	95	0	0	95	87	
21	0,75	5h00	6h00	270	0	0	270	247	
22	0,5	6h00	7h00	268	0	0	268	245	
23	19,25	7h00	8h00	630	0	0	630	577	
24	3,5	8h00	9h00	663	0	0	663	607	
	25,5					Maximum :	663	600	

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **28/10/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSADeg)

Point de prélèvement :	décanteurs A et B	Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	12 jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	Polymère AL32+FeCl3 H.S	1	9h29	9h27	
- Concentration :	3 g/L	2	14h00	14h02	
- Durée des injections :	0 h	3	16h48	16h46	
- Dosage :	0 L/j	Volume de boues extrait vers la BHB:	13,75	8,75	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3	Volume de boues recirculé :	0	0	m ³ /j
Préleveur :	Julien				
Remarque, particularité :	Oppe extrac Densa>BHB = 37,5m3/h				

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)	SBR	Heure du prélèvement		Age des boues
Changement de cycles :	18-déc-13		1ere série	2ème série	jours
Volume extrait vers GDE	51 m ³ /j	A	9h03	13h42	24
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	(dans bache de répartition)	B	9h55	16h35	11
- Concentration :	8 g/m ³	C	9h32	13h50	14
- Volume injecté :	0 L/j	D	11h07	16h38	6
Préleveur :	Eddy				
Remarque, particularité :		Du 7/10 au 10/10 pas d'extraction des SBR et Densadeg injection FeCl3 dans BHB en panne			

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **28/10/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités

Heure de début des prélèvements :	00h01
Heure de fin des prélèvements :	23h59
Météo (tpluie, tsec) :	tsec
Pluviométrie :	0 mm

Effluent brut

Débit entrée temps sec :	3180 m ³
Débit entrée temps pluie :	0 m ³
Débit total entré :	3180 m ³

Effluent traité

Débit sortie temps sec :	3290 m ³
Débit sortie temps pluie :	0 m ³
Débit sortie temps crue :	0 m ³
Débit total sortie :	3290 m ³

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **28/10/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses	Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	8 jours	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok	9h17	9h17
Préleveur :	Arnaud	13h57	13h57
Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux	0	m3
	Concentration :	0	
	Siccité :	0	

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **28/10/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie cumulée (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL	
1	0	00h01	1h00	104	0	0	104	293	
2	0	1h00	2h00	50	0	0	50	141	
3	0	2h00	3h00	50	0	0	50	141	
4	0	3h00	4h00	40	0	0	40	113	
5	0	4h00	5h00	45	0	0	45	127	
6	0	5h00	6h00	40	0	0	40	113	
7	0	6h00	7h00	45	0	0	45	127	
8	0	7h00	8h00	45	0	0	45	127	
9	0	8h00	9h00	145	0	0	145	408	
10	0	9h00	10h00	195	0	0	195	549	
11	0	10h00	11h00	213	0	0	213	600	
12	0	11h00	12h00	212	0	0	212	597	
13	0	12h00	13h00	209	0	0	209	589	
14	0	13h00	14h00	200	0	0	200	563	
15	0	14h00	15h00	192	0	0	192	541	
16	0	15h00	16h00	174	0	0	174	490	
17	0	16h00	17h00	146	0	0	146	411	
18	0	17h00	18h00	149	0	0	149	420	
19	0	18h00	19h00	146	0	0	146	411	
20	0	19h00	20h00	146	0	0	146	411	
21	0	20h00	21h00	155	0	0	155	437	
22	0	21h00	22h00	148	0	0	148	417	
23	0	22h00	23h00	127	0	0	127	358	
24	0	23h00	23h59	105	0	0	105	296	
							Maximum :	213	600

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **05/11/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSEDEG)

Point de prélèvement :	décanteur A et B	Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	0 jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	Polymère AL32+FeCl3 H.S	1	10h00	10h01	
- Concentration :	3 g/L	2	14h15	14h16	
- Durée des injections :	0 h	3	16h	16h	
- Dosage :	0 L/j	Volume de boues extrait vers la BHB:	8,13	8,75	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3	Volume de boues recirculé :	0	0	m ³ /j
Préleveur :	Julien/Arnaud				
Remarque, particularité :					

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)	SBR	Heure du prélèvement		Age des boues
Changement de cycles :	18-déc-13		1ere série	2ème série	jours
Volume extrait vers GDE	83 m ³ /j	A	11h56	17h20	28
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	(dans bache de répartition)	B	10h35	16h04	12
- Concentration :	8 g/m ³	C	9h00	14h31	11
- Volume injecté :	0 L/j	D	11h43	17h11	18
Préleveur :	Julien/Arnaud				
Remarque, particularité :		injection FeCl3 dans BHB en panne			

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **05/11/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités	
Heure de début des prélèvements :	00h01
Heure de fin des prélèvements :	23h59
Météo (pluie, tsec) :	tsec
Pluviométrie :	0,25 mm

Effluent brut	
Débit entrée temps sec :	3260 m ³
Débit entrée temps pluie :	m ³
Débit total entré :	3260 m ³

Effluent traité	
Débit sortie temps sec :	3280 m ³
Débit sortie temps pluie :	m ³
Débit sortie temps crue :	m ³
Débit total sortie :	3280 m ³

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **05/11/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses	Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	5 jours	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok	8h50	8h51
Préleveur :	Julien/Arnaud	14h00	14h01
Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux	0	m3
	Concentration :	0	
	Siccité :	0	

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **05/11/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie cumulée (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL	
1	0	00h01	1h00	104	0	0	104	296	
2	0	1h00	2h00	89	0	0	89	253	
3	0	2h00	3h00	89	0	0	89	253	
4	0	3h00	4h00	0	0	0	0	0	
5	0,25	4h00	5h00	86	0	0	86	245	
6	0	5h00	6h00	0	0	0	0	0	
7	0	6h00	7h00	46	0	0	46	131	
8	0	7h00	8h00	42	0	0	42	119	
9	0	8h00	9h00	178	0	0	178	506	
10	0	9h00	10h00	207	0	0	207	589	
11	0	10h00	11h00	203	0	0	203	577	
12	0	11h00	12h00	196	0	0	196	557	
13	0	12h00	13h00	171	0	0	171	486	
14	0	13h00	14h00	175	0	0	175	498	
15	0	14h00	15h00	211	0	0	211	600	
16	0	15h00	16h00	180	0	0	180	512	
17	0	16h00	17h00	135	0	0	135	384	
18	0	17h00	18h00	138	0	0	138	392	
19	0	18h00	19h00	141	0	0	141	401	
20	0	19h00	20h00	143	0	0	143	407	
21	0	20h00	21h00	190	0	0	190	540	
22	0	21h00	22h00	187	0	0	187	532	
23	0	22h00	23h00	152	0	0	152	432	
24	0	23h00	23h59	129	0	0	129	367	
							Maximum :	211	600

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **09/12/2014**
 Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues primaires : 2 décanteurs (DENSEDEG)

Point de prélèvement :	décanteurs A et B	Prélèvement	Heure		
Nombre de jours depuis la dernière pluie :	0 jours		Décanteur A	Décanteur B	
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	Polymère AL32+FeCl3 H.S	1	9h50	9h45	
- Concentration :	3 g/L	2	14h05	14h03	
- Durée des injections :	0 h	3	16h40	16h41	
- Dosage :	0 L/j	Volume de boues extrait vers la BHB :	7,5	5	m ³ /j
Nombre de files ouvertes :	3	Volume de boues recirculé :	0	0	m ³ /j
Préleveur :	Arnaud				
Remarque, particularité :					

Boues biologiques : 4 SBR (Cyclors)

Point de prélèvement :	dans les SBR (trappe)	SBR	Heure du prélèvement		Age des boues jours
Changement de cycles :	18-déc-13		1ere série	2ème série	
Volume extrait vers GDE	159 m ³ /j	A	8h43	13h58	17
Réactif injecté dans le bassin : - Nature :	(dans bache de répartition)	B	10h03	15h48	6
- Concentration :	8 g/m ³	C	9h58	14h11	27
- Volume injecté :	0 L/j	D	8h37	13h44	6
Préleveur :	Eddy				
Remarque, particularité :		injection FeCl3 dans BHB en panne			

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **09/12/2014**
 Station d'épuration de Cahors

Données sur les débits d'eau usée

Généralités	
Heure de début des prélèvements :	00h01
Heure de fin des prélèvements :	23h59
Météo (tpluie, tsec) :	tsec
Pluviométrie :	0 mm

Effluent brut	
Débit entrée temps sec :	3610 m ³
Débit entrée temps pluie :	0 m ³
Débit total entré :	3610 m ³

Effluent traité	
Débit sortie temps sec :	3840 m ³
Débit sortie temps pluie :	0 m ³
Débit sortie temps crue :	0 m ³
Débit total sortie :	3840 m ³

le débitmètre affiche 10m3 mais rien n'est passé : dérive de l'appareil

FICHE PRELEVEMENTS 24H BOUES

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **09/12/2014**

Station d'épuration de Cahors

Données Boues

Boues de la bache : BHB

Point de prélèvement :	piquage de la pompe d'alimentation en boues des centrifugeuses	Heure du prélèvement	
Durée de renouvellement des boues	5 <i>jours</i>	Centrif. A	Centrif. B
Remarque, particularité :	agit ok	9h53	9h54
Préleveur :	Julien + Eddy	13h45	13h46
Chaulage des boues de la bache :	Volume de chaux	0	m3
	Concentration :		
	Siccité :		

FICHE PRELEVEMENTS 24H EAU USEE

RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE

Prélèvements du **09/12/2014**

Station d'épuration de Cahors

Tableau pour la constitution de l'échantillon moyen EFFLUENT SORTIE PRIMAIRE

Flacon préleveur	Pluviométrie cumulée (mm)	Tranche horaire		Débit moyen entrant temps sec (2pompes) en m3/h	Débit moyen entrant temps pluie (1pompe) en m3/h	Débit by-passé en m3/h	Débit vers SBR en m3/h	Volume à prélever en mL	
1	0	00h01	1h00	155			155	375	
2	0	1h00	2h00	105			105	254	
3	0	2h00	3h00	92			92	223	
4	0	3h00	4h00	82			82	198	
5	0	4h00	5h00	0			0	0	
6	0	5h00	6h00	80			80	194	
7	0	6h00	7h00	46			46	111	
8	0	7h00	8h00	91			91	220	
9	0	8h00	9h00	145			145	351	
10	0	9h00	10h00	206			206	498	
11	0	10h00	11h00	206			206	498	
12	0	11h00	12h00	207			207	501	
13	0	12h00	13h00	202			202	489	
14	0	13h00	14h00	161			161	390	
15	0	14h00	15h00	206			206	498	
16	0	15h00	16h00	199			199	481	
17	0	16h00	17h00	248			248	600	
18	0	17h00	18h00	151			151	365	
19	0	18h00	19h00	153			153	370	
20	0	19h00	20h00	161			161	390	
21	0	20h00	21h00	157			157	380	
22	0	21h00	22h00	166			166	402	
23	0	22h00	23h00	183			183	443	
24	0	23h00	23h59	145			145	351	
							Maximum :	248	600

FICHE PRELEVEMENTS PONCTUELS BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **2/07/2014**
STEP de Cahors

Préleveur : **Lucie**

Essai 1 : avant et après grille d'égouttage

Boues biologiques amont/aval GDE

20 min d'extraction

Prélèvements à 5-10-15min d'extraction sur le SBR

C

Concentration de polymère injecté **3,2** g/L d'eau

Débits d'injectior mini **0,1** m3/h

maxi **0,35** m3/h

Le débit de la pompe est réglé à 10% du débit maximum soit 0,035 m3/h

Pompe A	
Heures de fontionnement	Temps de fonctionnement (min)
9h40-9h55	15
13h54-14h13	19
16h28-16h52	24

Pompe B	
Heures de fontionnement	Temps de fonctionnement (min)
8h20-8h30	10
12h26-12h45	19
15h09-15h22	13

Essai 2 : Avant et après centrifugation

Centrifugeuse **A**

Prélèvement pendant 1 h toutes les 10min à partir de

10h37

L'injection de polymère se fait en même temps que la centrifugation, le même volume est injecté de façon constante tout au long de la centrifugation.

Fonctionnement de la pompe A de 9h44 à 14h06 soit 262 minutes.

Centrif B n'a pas fonctionnée de la journée

Concentration du polymère : 3,89 g/L d'eau

Le débit est réglé à 20% du débit maximum soit 0,07 m3/h (même débit min et max que GDE)

Essai 3 : Matières de vidange moyen journalier

Date : **02/07/2014**

Heure de dépotage	Volume en m ³	Dépoteur	Provenance	Volume prélevé pour échantillon moyen en mL
10h00	5,0	Vidange quercynoise	St Pierre lafeuille	450
14h05	3,1	Sanicentre	Lugagnac et Le Montat	279
15h40	4,0	Vidange quercynoise	Lalbenque	360
	12,1			

FICHE PRELEVEMENTS PONCTUELS BOUES
 RECHERCHE DE SOLUTIONS POUR DES BOUES D'EPURATION TROP RICHES EN CUIVRE
 Prélèvements du **10/07/2014**
 STEP de Cahors

Préleveur : **Lucie**

Essai 1 : avant et après grille d'égouttage

Boues biologiques amont/aval GDE
 20 min d'extraction

Prélèvements à 5-10-15min d'extraction sur le SBR

B

Concentration de polymère injecté **3,2** g/L d'eau
 Débits d'injection mini **0,1** m³/h
 maxi **0,35** m³/h

Le débit de la pompe est réglé à 10% du débit maximum soit 0,035 m³/h

Pompe A	
Heures de fonctionnement	Temps de fonctionnement (min)
7h02-7h38	36
9h45-10h05	20
12h29-13h07	38

Pompe B	
Heures de fonctionnement	Temps de fonctionnement (min)
8h25-8h56	31
11h08-11h23	15

Essai 2 : Avant et après centrifugation

Centrifugeuse **A**

Prélèvement pendant 1 h toutes les 10 min à partir de **09h37**

Fonctionnement de la pompe A de 10h40 à 17h00 soit 380 minutes.

Centrif B à fonctionnée aux mêmes heures

Le débit est réglé à 20% du débit maximum soit 0,07 m³/h (même débit min et max que GDE)

Concentration du polymère : 3,89 g/L d'eau

Essai 3 : Matières de vidange moyen journalier

Date : **09/07/2014**

Heure de dépotage	Volume en m ³	Dépoteur	Provenance	Volume prélevé pour échantillon moyen en mL
8h10	4,5	Vidange quercynoise	St Pierre lafeuille et Calamane	900
13h45	3,0	Vidange quercynoise	Le Montat	600
16h15	3,0	Sanicentre	Flaugnac	600
	10,5			

ANNEXE 11 : Liste des sites d'élimination spécifique dans le secteur du sud-ouest

	Site	Exploitant	Contact	Déchets acceptés	Siccité	Granulométrie	Prix HT/t MB	Accepte les boues du Lot	Tests sur les boues ou sur les lixiviats	
Groupe Séché	Incinérateur de Salaise	TREDI SALAISE ZI Portuaire de Salaise-sur-Sanne 38 556 Saint-Maurice-l'Exil	Nicolas Teisseyre n.teisseyre@group-seche.com 05 34 27 05 80	DD et OMR	pas de conditions		380 €	oui, acceptation si conformité	échantillon représentatif de 5kg + Fiche Information Produit à envoyer délai analyse une semaine	
	Incinérateur de Lescar	BEARN Environnement rue Saint-Exupéry 64008 Lescar		OMR	four à grille, ne traite pas les déchets liquides ou pateux					
	Incinérateur de Nantes	ALCEA ZI de la Prairie de Mauves 415, rue de l'Etier 44319 Nantes Cedex 3		OMR et DIB						
	CSDND à Montech (traitement de classe 2)	DRIMM 3525 rte de Lavilledieu 82700 Montech		DU	> 30%	pas de conditions	150 €	oui, acceptation si conformité	échantillon représentatif de 5kg + Fiche Information Produit à envoyer délai analyse une semaine	
	CSDND à Changé (traitement de classe 2)	SECHE Eco-Industries Les Hêtres 53811 Changé		OMR, DIB, terres polluées	les installations distantes ne sont pas aptes à recevoir des déchets des départements voisins			non		
	CSDND à Le Vigean (traitement de classe 2)	SVO Eco-Industries La Reissière 86150 Le Vigean		DU				non		
SEMARDEL	Incinérateur de Moux	SEMARIV	Alain Duverne(DG) 01 69 14 16 00	OMR	OMR uniquement					
	ISDND en Essonne	SEMARIV	Vincent Gaget 01 64 56 75 90 vgaget@semardel.fr		> 30%		98 € + 20€ TGAP	oui	tests lixiviats	
VEOLIA	Incinérateur de Bassens	SIAP	Jérôme Vidal jevidal@sarpindustries.fr 05 61 13 86 15 06 03 35 88 67	OMR	pas de conditions rhizomes acceptés		280 € TGAP incluse mais dépend de la siccité	oui	un échantillon représentatif des boues (2 à 3 kg) à l'adresse indiquée sur la Fiche d'Information Préalable (FIP)	
	Incinérateur de Lacq	Véolia pour SMTB	Guy Bayle 06 68 04 98 50	boues de Pau et DIB	> 20%	< 5 mm x 5 mm (rhizomes non acceptés)	150 €	oui	étude d'échantillon pour validation <i>bennes à portes basculantes uniquement</i>	
SITA	UIOM Montauban	Novergie Sud ouest	Accueil 05 63 63 74 58	OMR, DIB, DASRI				82 uniquement	Ne prennent pas les déchets spéciaux avec des métaux donc les boues sont des DIS	
	UIOM Bègles Complexe ASTRIA	Novergie Sud ouest rue Louis Blériot 33 323 BEGLES	Responsable exploitation : Stephane Dessagne stephane.dessagne@sita.fr 05 57 35 16 80 06 10 20 43 57	DIB uniquement	> 25%	pas de conditions	dépend des quantités livrées	33, 16 et 17 uniquement	Camion d'essai lors d'une nouvelle prise en charge	
	UVE Bessières	ECONOTRE ZA des Turqués route de Montauban 31660 BESSIERES	Bertin Rufié - directeur ECONOTRE 05 34 26 03 00 06 11 91 68 84	OMR, boues pateuses	> 70%	rhizomes acceptés sous réserve d'essai	165 €	oui		

Région	Site	Adresse	Maitre d'ouvrage	Déchet accepté
Aquitaine	UIOM d'Agen	4 rue du Clausenhof 47 520 LE PASSAGE	SOGAD	Ne prend pas les déchets du Lot
	UIOM de Bordeaux Cenon	Z.I. La Dame Huguenotte 33 150 CENON	Communauté urbaine de Bordeaux	240 €/t
	UIOM de Benesse Marenne	Le Spernot 40 230 BENESE MAREMNE	SITCOM 40	ND
	UIOM de Messanges	Z.I. Les Petits Planchants 40 660 MESSANGES	SITCOM 40	
	UIOM de Pontenx-les-Forges	Athamor Chemin de la Carronerie 40 200 PONTENX-LES-FORGES	SIVOM des Cantons du Pays de Born	DIB uniquement, pas de boues
Auvergne	UIOM de Bayet	ZI DE LA PLAINE 3 rue du Pont Rouge 03500 BAYET	Sictom Sud Allier	OMR et DIB, pas de liquides
Limousin	UIOM de Brive (St Pantaleon)	Morne Dillon Sud 19600 SAINT-PANTALEON-DE-LARCHE	SYTTOM 19	Ne prend pas les boues de STEU
	UIOM de Limoges	Impasse des Jasons 18066 Avenue de Faugeras 87031 LIMOGES	Communauté d'Agglomération Limoges Métropole	OMR et DIB, pas de liquides
	UIOM DE Roziers d'Egletons	Le Mas - Rte de St Michel 19300 ROSIERS-D'EGLÉTONS	SYTTOM 19	OMR et DIB, pas de liquides
Midi-Pyrénées	UIOM de Toulouse	11 chemin de Perpignan 31 037 TOULOUSE	Communauté urbaine du Grand Toulouse	OMR et DIB
Poitou-Charentes	UIOM DE LA ROCHELLE	ZI Rue Chef de Baie 17000 ROCHELLE	Communauté d'Agglomération de la Rochelle	OMR uniquement

ANNEXE 12 : Note sur les apports en cuivre dans l'eau usée de la STEU de Cahors par les piscines

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS</p> <p>21/12/16</p>
---	--	---------------------------

Objectif : Déterminer les sources d'apport en cuivre provenant des piscines par une étude analytique des produits et doses. Etude de cas pour la commune de Cahors.

1. Etude de la composition des produits de traitement de l'eau des piscines

Dans un premier temps, la composition des produits de piscines vendus sur le site internet du magasin Cash piscines de Cahors a été recherchée. Les résultats sont présentés ci-dessous.

Tableau 1 : Composition des produits pour piscines vendus à Cash Piscines de Cahors (liste non exhaustive).

	Nom commercial	Composition	Concentration (% en poids)
Floculants			
BAYROL	Superklar	Chlorure de benzalkonium	0,25%
BAYROL	Superflock	Aluminiumsulfat 14-Hydrat	> 90%
BAYROL	Superflock plus	Sulfate d'aluminium Chlorure de Lanthane (III)	> 90% < 2,5%
Anti-algues			
BAYROL	Desalgine	Ethanol Chlorure de benzalkonium	< 5% 22%
BAYROL	Desalgine Jet	Polymère cationique (polyhydroxypropylène diméthyl ammoniumchloride)	22,50%
Nettoyant ligne d'eau			
BAYROL	Bordnet Gel S	Acide phosphorique Etherméthylique de monopropylène glycol	24,40% < 5%
Traitement Biguanide (PHMB)			
BAYROL	Bayroshock	Peroxyde d'hydrogène en solution	34%
Traitement au brome			
BAYROL	Aquabrome Regenerator	Bis(peroxymonosulfate)bis(sulfate) de pentapotassium	
Traitement au chlore			
BAYROL	Chloriklar	Symclosène Carbonate de sodium Acide borique	55% <20% 5,40%
BAYROL	Softswim	Peroxyde d'hydrogène (326 mg/g) Polymère de N-méthylméthanamine avec(chlorométhyl)oxirane (23mg/g)	32,6% 2,30%
CASH PISCINES	Chlore choc 5 kg	Chlore actif (20 galets pour 50 m ³) Sulfate de cuivre	50% 1%
CASH PISCINES	Chlore lent 5 kg	Chlore actif (1 galet = 250 g pour 25 m ³)	86%
Traitement complet			
MAREVA	Kit revaqua 90-120m ³	Acide nitrilotriméthylène triphosphonique Sulfate de cuivre Acide borique Lessive de soude Tétraborate de disodium pentahydraté Ammonium quaternaire polymérisé	50% 1-5% < 5,5% < 15% < 6,5% 30%

	Etude du cuivre dans les boues d'épuration COMPTE-RENDU DE RECHERCHE		AS
	APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES		21/12/16

Produits d'hivernage			
BAYROL	Super Puripool 3L	Polymères cationiques (Polyhydroxypropylenediméthylammoniumchloride)	17%
GACHES CHIMIE SPECIALITES	Irripool prenum	Acide citrique anhydre chlorure de didecyl diméthylammonium Propane-2-ol	10-25% 2,5-10% 2,50%
MAREVA	Reva-hiver	Acide nitrilotriméthylène triphosphonique Lessive de soude Ammonium quaternaire polymérisé	50% 30,50% 60%

Le fabricant BAYROL n'utilise pas de sulfate de cuivre dans ses produits, leurs raisons sont explicitées sur leur site internet¹ :

- « Le sulfate de cuivre est un métal lourd et de fait est nuisible pour la santé.
- Il provoque des taches brunes ou noires difficiles à enlever sur les liners.
- Il peut attaquer les pièces en plastique ou métalliques des équipements de la piscine (filtre, pompe, tuyaux...).
- Il provoque des colorations en vert des cheveux blonds.
- Il décolore les maillots de bain.
- L'eau contenant du sulfate de cuivre est considérée comme dangereuse pour l'environnement et ne doit donc pas être éliminée dans le réseau des eaux usées. Elle ne doit en aucun cas être déversée directement dans le sol. »

Le fabricant MAREVA, lui, utilise du sulfate de cuivre dans son kit de traitement complet Revaqua à une concentration maximale de 5%. De plus, ses produits anti-algues ne semblent pas être composés de cuivre d'après les fiches techniques, mais c'est à vérifier avec les fiches de sécurité qui ne sont pas accessibles. De même pour les autres types de traitements pour piscine (cf. tableau 1).

Dans un second temps, a été recherchée la composition d'autres produits anti-algues actuellement en vente sur internet dont l'un des composants est supposé être le sulfate de cuivre :

Tableau 2 : Etude de la composition d'anti-algues sur le marché.

Autres anti-algues			
AB7 INDUSTRIES	Superantialgues	Didécyl diméthyl ammonium chlorure Isopropanol en solution http://www.ab7-industries.fr/ab7pisc/fiches/fttech/FT-SuperAntialgues.pdf	10% 5%
	Anti-algue, floculant anti-calcaire	Sulfate d'ammonium Chlorure de N-alkyl	NC
HYDRAPRO Purissimeau	Algicide 200	Polymère Chlorure de NN diméthyl 2 hydroxypropylammonium polymere http://www.gama29.fr/wpFichiers/1/1/Produit/Securite/FS127512.PDF	NC
OASE	Algo Direct	Percarbonate de soude Carbonate de sodium http://www.irrijardin.fr/uploads/irri/files/fds/FDS%20OASE/422757_OASE%20ANTIALGUE%20UNIVERS%20500ML_2012.pdf	< 75 % > 25 %

¹ <http://www.bayrol.fr/conseils/methodes-de-traitement/#c651>

	Etude du cuivre dans les boues d'épuration	AS
	COMPTE-RENDU DE RECHERCHE APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES	21/12/16

Le sulfate de cuivre n'a pas été retrouvé dans la composition de ces produits anti-algues. Il entre d'ailleurs très peu dans la composition des produits pour piscines vendus actuellement.

Tableau 3 : Produits pour piscines vendus en grandes surfaces

GIFI	Forme	Composition	Concentration (% en poids)
Anti-algues			
GIFI	Algicide 5L	Chlorure d'ammonium quaternaire	< 9,95 %
MARINA	Anti-algues 5L	Chlorure d'ammonium quaternaire	> 7 %
Traitement complet sans chlore			
MARINA	5 L	Peroxyde d'hydrogène	17%
SOS Eau trouble			
MARINA	Floculant liquide	polychlorosulfate basique d'aluminium	
Chlore multifonction			
MARINA	Mini galets 1,2 kg 1 galet/2 m ³ /semaine	Symclosène Sulfate de cuivre	94% 1%
pH	pH plus poudre 5 kg	Carbonate de sodium	150 g / 10 m ³

Leclerc	Nom commercial	Composition	Concentration (% en poids)
Anti-algues			
PRO AZUR	Algicide 5L	Chlorure d'ammonium quaternaire	> 100 g/L
Chlore lent			
PRO AZUR	Pastilles 2,5 kg (1 galet/25 m ³)	Acide trichloroisocyanurique	> 98%
Chlore multifonction			
PRO AZUR	Galets 2,5 kg	Symclosène	> 53%
BEAUX JOURS	Galets 2,5 kg 1 galet/25 m ³ /semaine	Symclosène Sulfate de cuivre	> 94 % 1%

En grandes surfaces, le sulfate de cuivre fait partie de la composition des galets au chlore à hauteur de 1 %.

2. L'utilisation du sulfate de cuivre pur dans les piscines

2.1. Piscines recevant du public

Le guide pratique de l'autosurveillance des piscines (2008) édité par le ministère de la santé pour les gestionnaires préconise pour des piscines, avec filtres à sable uniquement, l'utilisation de sulfate de cuivre si il y a présence d'algues dans le bassin.

D'après la brochure de l'ARS Aquitaine (2010) destinée aux responsables de piscines recevant du public, le sulfate de cuivre peut-être employé de manière préventive à teneur de 0,5 à 1 g/m³ contre les algues.

2.2. Piscines privées de particuliers

D'après les forums sur internet, il est intéressant d'utiliser du sulfate de cuivre pur contre les problèmes d'eaux vertes (algues), il s'agirait donc plutôt d'une utilisation ponctuelle et curative. Or, il n'est pas vendu pour les piscines et difficilement disponible dans le commerce, notamment car il s'agit d'un produit réglementé en tant que biocide et toxique.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS</p> <p>21/12/16</p>
--	--	---------------------------

Il semblerait qu'il soit possible de s'en procurer en droguerie et sur quelques sites internet ou encore à la pharmacie. Certains particuliers achèteraient alors de la bouillie bordelaise comme alternative au sulfate de cuivre car elle est facilement accessible en jardinerie. La dose maximale² de bouillie bordelaise préconisée pour traiter une eau verte serait de 1 g/m³ à une fréquence de 1 à 3 fois dans la saison.

Le cuivre dans l'eau de piscine peut provenir de l'utilisation de sulfate de cuivre mais aussi du traitement de l'eau par électrolyseur cuivre-argent (appelé aussi ioniseur ou ionisateur). Les électrodes libèrent des ions cuivre fongicides et algicides, et des ions argent désinfectants.

En 2013, un cas de contamination de boues d'épuration par la piscine du centre sportif de Blocry (Belgique) a été mis en évidence. La piscine traitait son eau avec un électrolyseur cuivre-argent et rejetait alors une quantité importante de cuivre dans le réseau.

3. Evacuation des eaux de piscines

3.1. Réglementation : code de la santé publique

Article R. 1331-2 [Légifrance](#)

« Il est interdit d'introduire dans les systèmes de collecte des eaux usées :

- a) Directement ou par l'intermédiaire de canalisations d'immeubles, toute matière solide, liquide ou gazeuse susceptible d'être la cause, soit d'un danger pour le personnel d'exploitation ou pour les habitants des immeubles raccordés au système de collecte, soit d'une dégradation des ouvrages d'assainissement et de traitement, soit d'une gêne dans leur fonctionnement ;
- b) Des déchets solides, y compris après broyage ;
- c) Des eaux de source ou des eaux souterraines, y compris lorsqu'elles ont été utilisées dans des installations de traitement thermique ou des installations de climatisation ;

d) Des eaux de vidange des bassins de natation.

Toutefois, les communes agissant en application de l'article L. 1331-10 peuvent déroger aux c et d de l'alinéa précédent à condition que les caractéristiques des ouvrages de collecte et de traitement le permettent et que les déversements soient sans influence sur la qualité du milieu récepteur du rejet final. Les dérogations peuvent, en tant que de besoin, être accordées sous réserve de prétraitement avant déversement dans les systèmes de collecte. »

⇒ **Cet article interdit l'introduction dans le système de collecte des eaux usées des eaux de vidange des bassins de natation. Toutefois il est possible d'y déroger en application de l'article L. 1331-10.**

² <http://lecassenoix.com/questions/eliminer-les-algues-dans-une-piscine>

Article L1331-10

Modifié par LOI n°2010-1563 du 16 décembre 2010 - art. 64

« Tout déversement d'eaux usées autres que domestiques dans le réseau public de collecte doit être préalablement autorisé par le maire ou, lorsque la compétence en matière de collecte à l'endroit du déversement a été transférée à un établissement public de coopération intercommunale ou à un syndicat mixte, par le président de l'établissement public ou du syndicat mixte, après avis délivré par la personne publique en charge du transport et de l'épuration des eaux usées ainsi que du traitement des boues en aval, si cette collectivité est différente. Pour formuler un avis, celle-ci dispose d'un délai de deux mois, prorogé d'un mois si elle sollicite des informations complémentaires. A défaut d'avis rendu dans le délai imparti, celui-ci est réputé favorable.

L'absence de réponse à la demande d'autorisation plus de quatre mois après la date de réception de cette demande vaut rejet de celle-ci.

L'autorisation prévue au premier alinéa fixe notamment sa durée, les caractéristiques que doivent présenter les eaux usées pour être déversées et les conditions de surveillance du déversement.

Toute modification ultérieure dans la nature ou la quantité des eaux usées déversées dans le réseau est autorisée dans les mêmes conditions que celles prévues au premier alinéa.

L'autorisation peut être subordonnée à la participation de l'auteur du déversement aux dépenses d'investissement entraînées par la réception de ces eaux.

Cette participation s'ajoute, le cas échéant, aux redevances mentionnées à l'article L. 2224-12-2 du code général des collectivités territoriales et aux sommes pouvant être dues par les intéressés au titre des articles L. 1331-2, L. 1331-3, L. 1331-6, L. 1331-7 et L. 1331-8 du présent code. »

⇒ **Pour le rejet d'eaux de piscines dans le réseau de collecte des eaux usées, une dérogation peut être accordée par la commune sous réserve de prescriptions à respecter (pré-traitements...).**

3.2. Pratiques d'évacuation des eaux

Il y a différentes possibilités pour évacuer les eaux de piscines ; les pratiques observées sont :

- aucune vidange car pas nécessaire de vidanger le bassin tous les ans,
- vidangeur professionnel,
- récupérer l'eau pour l'arrosage du jardin,
- construire un puisard,
- vidanger le bassin directement dans le jardin, au réseau de collecte des eaux usées.

3.2.1. Raccordement au réseau de collecte

Le raccordement pour l'évacuation des eaux de piscines est différent selon la nature du réseau public de collecte (unitaire ou séparatif). On distingue les eaux de vidange de bassin et les eaux de lavage des filtres :

Tableau 4 : Raccordement en fonction du réseau de collecte³.

	Réseau séparatif	Réseau unitaire	ANC
Vidange du bassin	eaux pluviales	2 canalisations distinctes vers les eaux usées (en cas de séparation future du réseau)	vidangeur, épandage souterrain, milieu superficiel
Lavage des filtres et autres	eaux usées		possible vers l'ANC, consulter le SPANC

³ Guide de l'eau – Vidange des piscines à usage unifamilial – MISE Lorraine 2009

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS</p> <p>21/12/16</p>
---	--	---------------------------

4. Cas de Cahors

4.1. Les piscines à Cahors

4.1.1. Publiques

A Cahors se trouvent le complexe aquatique Divoneo et la piscine d'été de l'Archipel. Les produits utilisés pour le traitement de ces piscines sont les suivants:

- L'Archipel (ouvert juillet et août) :
 - chlore en galets 90 – 200 (99 % d'acide trichloroisocyanurique),
 - acide sulfurique.

- Divoneo (démarrage en mars 2014 et ouvert de septembre à juin) :
 - chlore gazeux,
 - acide chlorhydrique,
 - coagulant /floculant : polyfloc actif (AFP distribué par Ocean Aqua).

→ Aucun des produits de traitement n'est composé de sulfate de cuivre.

4.1.2. Privées

A Cahors, environ 30 piscines privées de particuliers sont situées sur le secteur du réseau unitaire et une centaine sur le réseau séparatif. L'exploitant du réseau de collecte impose seulement que les eaux de lavage soient rejetées aux eaux usées. Néanmoins, la plupart du temps, il n'y a qu'une seule sortie « eaux de lavage et eaux de vidange ». Ainsi, la majorité des piscines privées sont également raccordées aux eaux usées pour leurs eaux de vidange.

Les piscinistes de Cahors vendent principalement des produits de traitement de l'eau au chlore. Les galets « chlore lent » existent en formule avec, ou sans cuivre depuis deux ans. Les galets « chlore choc » contiennent aussi du sulfate de cuivre. A long terme, les galets avec cuivre vont disparaître car l'association cuivre et chlore provoque des tâches sur les liners.

Les piscinistes déconseillent l'utilisation du sulfate de cuivre ou de la bouillie bordelaise. Ils préconisent du « chlore choc ». Néanmoins parfois certains clients en utilisent suite à des recherches sur internet.

En ce qui concerne les traitements continus de l'eau, les électrolyseurs Cu-Ag sont vendus aux particuliers à hauteur de 25 % et les autres traitements sont réalisés au chlore.

Par ailleurs le lavage des filtres pour une piscine de taille courante (8 m x 4 m x 1,5 m) consiste à retirer 2 cm d'eau soit moins de 1 m³ pour 48 m³ d'eau au total, tous les 7 à 10 jours.

Quant à la vidange, elle n'est jamais effectuée en totalité sauf dans le cas d'un problème physico-chimique de l'eau. Lorsque la piscine n'est pas utilisée (hiver...), 2 pratiques s'observent :

- La filtration en continue toute l'année.
- Le passage en mode hivernage qui consiste à baisser le niveau d'eau jusqu'aux deux-tiers du volume de la piscine, c'est le cas de 60 % à 70 % des piscines.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS</p> <p>21/12/16</p>
---	--	---------------------------

4.2. Calcul de l'apport de cuivre par les piscines des particuliers

La partie suivante consiste à réaliser une simulation de l'utilisation de galets au chlore de 250 g pour un traitement régulier de l'eau. Un galet contient du sulfate de cuivre à hauteur de 1 % du poids total. Le dosage préconisé est de 1 galet pour 25 m³ et par semaine.

Les conditions les plus défavorables seront prises en compte pour estimer si l'apport de cuivre par ce produit pourrait avoir un rôle dans les variations de cuivre en entrée de station de traitement des eaux usées (STEU).

Les hypothèses prises sont les suivantes :

- Le volume d'une piscine courante est de 48 m³.
- Sur 130 piscines, 75 % utilisent un traitement au chlore soit au total 98 piscines parmi lesquelles 70 % passe en hivernage donc 69 piscines qui vidangent chacune 16 m³ en une seule fois à la fin de l'été.
- Le lavage des filtres permet de retirer 0,64 m³ tous les 7 jours soit 3 m³ en un mois.
- Les eaux de lavage et de vidange sont reliées au réseau de collecte.

4.2.1. Quantité de cuivre dans les galets

Le produit a été constitué à partir de sulfate de cuivre CuSO₄ en poudre, soit la réaction de dissolution suivante :



Or, d'après les masses molaires des constituants, pour 159,6 g CuSO₄ il y a 63,546 g de Cu soit environ 39,8 % de cuivre dans le CuSO₄.

Le produit contient 1 % de sulfate de cuivre, ce qui signifie qu'un kg de produit est constitué de 10 g de CuSO₄ soit 3,9 g de cuivre. Un galet de 250 g contient donc 0,975 g de cuivre.

Le dosage préconisé est de 1 galet pour 25 m³, par semaine. Ainsi pour une piscine de 48 m³, l'apport hebdomadaire de cuivre par 2 galets est de 1,95 g.

➔ **Toutes les semaines sont apportés 1,95 g de cuivre dans une piscine de 48 m³ traitée par les galets au chlore.**

4.2.2. Apport de cuivre par lavage du filtre et vidange

Le lavage du filtre d'une piscine rejette au réseau 0,64 m³ tous les 7 jours.

La vidange d'une piscine rejette 16 m³ d'eau en une seule fois. Il est estimé que 69 piscines pratiquent cet hivernage à Cahors. Cette opération d'hivernage est généralement réalisée sur le dernier trimestre de l'année, le week-end, donc répartie sur environ 12 jours, ce qui représente environ 8% des piscines qui réaliserait cette opération de vidange sur une même journée.

semaine			mois 1				mois 2				mois 3				mois 4				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
lavage des filtres	volume d'eau de la piscine	m3	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
	quantité de cuivre apportée par les galets	g	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	1,95	
	volume rejeté au réseau	m3	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	
	masse de cuivre rejetée au réseau	g	0,03	0,05	0,08	0,10	0,13	0,15	0,17	0,20	0,22	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,36	0,38	
	masse de cuivre cumulée dans la piscine	g	1,92	3,82	5,70	7,54	9,37	11,17	12,94	14,69	16,42	18,13	19,81	21,47	23,11	24,72	26,32	27,89	
vidange	masse de cuivre rejetée au réseau	g																	9,30

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS 21/12/16</p>
---	--	------------------------

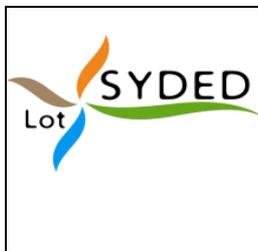
Moyennes mesurées à Cahors en 2013	Débit m ³	Concentration Cu effluent brut µg/L	Apport de cuivre dans l'effluent brut (µg/L)		
			Lavage des filtres (98 piscines)		Vidange (69 piscines vidangées sur 12 j)
			semaine 1	semaine 16	semaine 16
Conditions normales	3265	230	0,78	11,31	16,37
Conditions défavorables	2490	262	1,02	14,83	21,47

Conclusion

Les piscines des particuliers, lors de leur vidange ou lavage des filtres, ne semblent pas être à l'origine unique de la concentration en cuivre élevée dans les boues de Cahors. Dans les conditions défavorables (débit effluent brut faible), le lavage des filtres apporte au maximum 5,7% de la concentration en cuivre. La vidange apporte quant à elle 8,2%.

Néanmoins, il peut être relevé que dans certaines conditions ces opérations contribuent à augmenter la concentration en cuivre en entrée de station, en apportant jusqu'à un peu moins de 10% du cuivre entrant.

Les piscines publiques n'utilisent quant à elles pas de traitements à base de cuivre et ont été donc écartées de l'étude.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE RECHERCHE</p> <p>APPORTS EN CUIVRE DANS L'EAU USEE DE LA STEU DE CAHORS PAR LES PISCINES</p>	<p>AS</p> <p>21/12/16</p>
--	--	---------------------------

Bibliographie

Fiche toxicologique INRS : le sulfate de cuivre, 5/11/14

<http://www.lecassenoix.com/questions/eliminer-les-algues-dans-une-piscine>, 5/11/14

<http://www.senat.fr/questions/base/2004/qSEQ040913862.html>, 5/11/14

http://www.guide-piscine.fr/analyse-traitement-eau/couleur-aspect-eau/sulfate-cuivre-eau-piscine-algues-508_A, 5/11/14

http://www.contratderivieredugaron.fr/Piscine-privee-vidanger-sans-danger_a233.html, 6/11/14

http://www.aujardin.info/fiches/bouillie_bordelaise.php#YLL0wyeuOVTQlswf.99, 6/11/14

<http://www.aujardin.info/actualites/2013/04/25/bouillie-bordelaise-naturasol-fongicide-traditionnel.php#XWDC1OtpZmDI8SHD.99>, 6/11/14

<http://www.secteurvert.com/grand-public/jardin/phyto/1967-naturasol-decouvrez-la-bouillie-bordelaise-naturasol-dalgoflash-le-fongicide-traditionnel-pour-lutter-contre-les-maladies-des-fruits-et-des-legumes.html>, 7/11/14

http://www.algoflash.fr/produit_detail.php?id=179&type=4&plante=j, 7/11/14

ANNEXE 13 : Note sur les matières de vidange à Cahors

Objectif : Evaluer le gisement de MV disponible pour des dépotages à la STEU de Cahors et le volume nécessaire pour obtenir des boues conformes.

1. Gisement disponible dans le département du Lot

Dans le département les volumes de MV suivants seraient disponibles :

MV produites par les collectivités (m³/an) à partir de l'existant en 2014

ALVIGNAC	43
AQUARESO	752
C.C. CERE ET DORDOGNE	390
C.C. HAUT SEGALA	226
C.C. PAYS DE MARTEL	562
C.C. PAYS DE SOUSCEYRAC	146
C.C. PAYS DE ST CERE	255
C.C. PAYS DU HAUT-QUERCY-DORDOGNE	303
C.C. QUERCY BOURIANE	540
GRAMAT	137
P.N.R. DES CAUSSES DU QUERCY	1802
RIGNAC	16
SYMICTOM	907
SYNDICAT DU QUERCY-BLANC	995
C.C. GRAND FIGEAC	1808
C.A. DU GRAND CAHORS	1137
C.C. PAYS DE SOUILLAC-ROCAMADOUR	461
C.C DU VILLEFRANCHOIS	76
SAIGNES	8
Total général	10564

Au total le département disposerait de **10564 m³/an de MV**.

Si l'on réalise un découpage géographique du département : on retire les Communautés de Communes du nord du département, éloignées de Cahors et celles qui possèdent une STEU acceptant les MV, il reste **4841 m³/an** de MV potentiellement disponibles pour la STEU de Cahors d'après les calculs théoriques de 2014.

MV produites à partir de l'existant (m³/an) en 2014 susceptibles d'être dépotées à la STEU de Cahors

P.N.R. DES CAUSSES DU QUERCY	1802
SYMICTOM	907
SYNDICAT DU QUERCY-BLANC	995
C.A. DU GRAND CAHORS	1137
Total général	4841

	ETUDE DU CUIVRE DANS LES BOUES D'EPURATION Note sur les MV à Cahors	AS 19/05/16
--	--	----------------

Le schéma départemental sur les matières de vidange de 2008 fait quant à lui état d'un gisement pour la STEU de Cahors évalué à 5350 m³/an soit 21 m³/j pour 260 jours/an.

2. Capacité d'acceptation de la STEU de Cahors

Le mémoire technique de la STEU fait état d'un volume journalier temps sec de matières de vidange de 16 m³/j pour son dimensionnement. De plus, il est dit que l'apport annuel de MV est estimé à 5816 m³/an à raison de 16 m³/j. Néanmoins ce calcul est basé sur 365 jours/an de dépotages des MV, or il s'avère que ces MV sont traitées sur 260 jours (sans week-end). Enfin, il est écrit que les MV représentent un apport journalier à traiter de 16 m³/j soit 80 kg DBO₅/j et que cette charge est acceptable par la STEU.

Toutefois ces informations ne donnent pas concrètement la capacité de la STEU.

Les conditions techniques recommandées pour l'admission des MV dans une STEU sont décrites dans l'annexe de la circulaire du 9 août 1978 :

- La charge totale en DBO₅ due à l'apport des matières de vidange doit être inférieure à 20 % de la charge totale admissible par la station.
- L'apport en débit des matières de vidange doit être inférieur à 3 % du débit d'effluent brut admis.

En 2008, le guide technique sur les MV de l'ANC du Cemagref est paru, il détermine la quantité maximale admissible de MV d'après :

- La somme des flux entrants pour tous les paramètres retenus lors du dimensionnement de la filière de traitement (matières de vidange plus la charge collectée par le réseau) ne doit en aucun cas dépasser le domaine de traitement garanti de l'installation.
- Les flux apportés par les matières de vidange sur une station d'épuration ne devront jamais excéder 20 % de la charge en DCO sur 24 heures réellement reçue à la station.

D'après les flux reçus à la STEU en 2013 (cf. Tableau ci-dessous), considérant :

- La DBO₅, la STEU pourrait accepter 34 m³/j de MV soit 8840 m³/an pour 260 jours. A noter que 3 % du débit reçu correspond à 163 m³/j.
- La DCO, la STEU pourrait accepter 16 m³/j de MV soit 4160 m³/an pour 260 jours.

	Charge moyenne reçue à Cahors en 2013 <i>kg/j</i>	Charge maxi de MV = 20 % de la charge reçue <i>kg/j</i>	Concentration moyenne d'une MV (Cemagref, 2007) <i>kg/m³</i>	Volume de MV correspondant à la charge maxi <i>m³/j</i>
DBO₅	1009	202	6	34
DCO	2423	485	30	16

La capacité d'admission qui semble la plus limitante est celle basée sur la DCO. Ainsi cette valeur est retenue comme la capacité actuelle de la STEU à recevoir des MV.

La STEU pourrait donc accepter 16 m³/j de MV soit 4160 m³/an pour 260 jours. A noter que l'on retrouve la valeur annoncée pour le dimensionnement de la STEU.

3. Dépotages réalisés à la STEU

Les dépotages réalisés à la STEU sont les suivants :

Dépotages	MV (m ³ /an)
2012	2400
2013	2640
2014	2440

En moyenne, moins de 10 m³/j de MV sont reçues. Sur l'année, la STEU reçoit légèrement plus de la moitié du volume de MV (tenant compte de la DCO) qu'elle est capable de traiter.

Le gisement estimé de MV (4841 m³/an) pour la STEU de Cahors est supérieur au volume de MV admissible par la STEU (4160 m³/an). Par rapport à la capacité d'admission, la STEU peut recevoir encore ~ 1700 m³/an de MV de plus qu'actuellement.

4. Volume de MV nécessaire pour obtenir des boues conformes

4.1. Equation

Il a été pris comme hypothèses que les apports de MV sont journaliers et que les charges reçues à la STEU sont constantes. Aucun abattement n'a été appliqué sur le cuivre car les MV sont déjà minéralisées et donc peu dégradées par un traitement biologique. Ci-dessous, l'équation de calcul de la quantité de MS approximative à apporter pour que les boues aient une teneur en cuivre finale choisie [Cu]_{fin} :

$$[Cu]_{fin} = \frac{Cu_{fin}}{MS_{fin}} = \frac{Cu1 + Cu2}{MS1 + MS2} \text{ avec, } Cu1 = MS1 \times [Cu1] \text{ et } Cu2 = MS2 \times [Cu2]$$

$$[Cu]_{fin} = \frac{MS1 \times [Cu1] + MS2 \times [Cu2]}{MS1 + MS2}$$

$$\Leftrightarrow [Cu]_{fin} (MS1 + MS2) = MS1 \times [Cu1] + MS2 \times [Cu2]$$

$$\Leftrightarrow [Cu]_{fin} \times MS1 + [Cu]_{fin} \times MS2 = MS1 \times [Cu1] + MS2 \times [Cu2]$$

$$\Leftrightarrow [Cu]_{fin} \times MS1 - MS1 \times [Cu1] = MS2 \times [Cu2] - [Cu]_{fin} \times MS2$$

$$\Leftrightarrow MS1 \times ([Cu]_{fin} - [Cu1]) = MS2 \times ([Cu2] - [Cu]_{fin})$$

$$MS2 = MS1 \times \frac{([Cu]_{fin} - [Cu1])}{([Cu2] - [Cu]_{fin})}$$

Avec,

MS : la quantité de matière sèche de la boue en kg MS/j.

Cu : la quantité de cuivre de la boue en mg.

[Cu] : la teneur en cuivre de la boue en mg/kg MS.

1 : indice correspondant à la boue déshydratée actuellement.

2 : indice correspondant à la MV apportée.

[Cu]fin : la teneur en cuivre du mélange de boue avec la MV en mg/kg MS.

4.2. Application à la STEU de Cahors

Hypothèses :

- MV :
 - Teneur en cuivre de 500 mg/kg MS (valeur maximale de la campagne d'analyses de l'étude cuivre) → [Cu2] = 500 mg/kg MS.
 - MS2 = quantité de MS provenant des MV à ajouter par rapport à la production actuelle de boues déshydratées.
- Boues déshydratées de la STEU de Cahors :
 - [Cu1] = 950 mg/kg MS (~ moyenne 2014).
 - Quantité moyenne de boues produites à Cahors : MS1 = 1630 kg MS/j

Nous cherchons la quantité de MS à apporter pour que les boues de Cahors passent de 950 mg/kg MS à 850 mg/kg MS, qui est une concentration sécurisante vis-à-vis de l'incertitude de mesure sur le cuivre → [Cu]fin = 850 mg/kg MS.

$$MS2 = MS1 \times \frac{([Cu]fin - [Cu1])}{([Cu2] - [Cu]fin)} = 1630 \times \frac{(850 - 950)}{(500 - 850)} = 362 \text{ kg MS/j}$$

Si on apporte 362 kg MS/j de MV qui ont en moyenne une MS de 35 g/L (14 valeurs, guide sur MV, Cemagref, 2007).

Le volume de MV à apporter est de :

$$\frac{362}{35} \sim 10 \text{ m}^3/\text{j}$$

Il faudrait apporter 10 m³/j de MV de plus qu'actuellement.

Si l'on considère que les dépotages s'effectuent 5 jours par semaine dans une année il faudrait apporter :
260 j x 10 m³/j = 2600 m³/an en plus qu'actuellement.

Pour avoisiner une teneur en cuivre de boues déshydratées à Cahors de 850 mg/kg MS, il faut apporter au total 2600 m³ de plus, sachant que la STEU a la capacité d'admettre encore 1700 m³, la teneur souhaitée ne sera pas atteinte.

Toutefois pour atteindre 900 mg/kg MS, qui est une concentration moins sécurisante, il faudrait 204 kg MS soit 6 m³ de MV et donc 1600 m³/an ce qui est admissible pour la STEU et compatible avec le gisement.

Pour que les boues déshydratées aient une teneur en cuivre se rapprochant de 900 mg/kg MS, il faudrait que la STEU reçoive des MV à sa capacité maximale soit 16 m³/j.

A noter que dans l'hypothèse où on apporterait de la MS avec une teneur en cuivre [Cu2] nulle ou négligeable soit un effluent agroalimentaire, la quantité de MS à apporter est de :

$$MS2 = MS1 \times \frac{([Cu]fin - [Cu1])}{([Cu2] - [Cu]fin)} = 1630 \times \frac{(850 - 950)}{(0 - 850)} = 192 \text{ kg MS/j}$$

ANNEXE 14 : Résultats des analyses de la campagne effectuée à la STEU de Cahors

Boues - Prélèvements 24h

Point de prélèvement	LD31		
	Cu (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (% de MS)
01/07/2014			
Décanteur primaire	675	7,5	66
SBR moyen A à D	885	0,3	59,5
BHB	855	4,6	64,3
21/07/2014			
Décanteur primaire	689	8,2	68,9
SBR moyen A à D	991	0,3	63,2
BHB	959	4,6	66,7
29/09/2014			
Décanteur primaire	752	4,5	73,4
SBR moyen A à D	928	0,2	66,8
BHB	927	3,7	70,1
28/10/2014			
Décanteur primaire	732	4,7	73,9
SBR moyen A à D	972	0,3	65,9
BHB	1088	3,8	74,1
05/11/2014			
Décanteur primaire	698	5,4	71
SBR moyen A à D	986	0,4	77,3
BHB	902	4,8	71,1
09/12/2014			
Décanteur primaire	610	0,4	73
SBR moyen A à D	1073	0,3	71
BHB	938	3,2	80

Eau usée - Prélèvements 24h

Résultats des analyses de cuivre (µg/L)

Date de prélèvement	Entrée	Sortie Primaire	Sortie
01/07/2014	146	89	46
21/07/2014	171	55	48
29/09/2014	118	143	26
28/10/2014	ND	129	ND
05/11/2014	115	90	8
09/12/2014	204	155	15

**Etude du cuivre dans les boues d'épuration
STEU de Cahors**

AS
12/01/16

CALCULS - Flux de cuivre apporté par les boues

	MS <i>g/L</i>	Volume boues extrait <i>m3/j</i>	Matière sèche <i>kg MS/j</i>	Teneur en cuivre <i>mg/kg MS</i>	Flux de cuivre <i>g Cu/j</i>	MO <i>% de MS</i>
DECANTEUR PRIMAIRE						
01/07/2014	75	13,55	1016	675	686	66,0
21/07/2014	82	22,34	1832	689	1262	68,9
29/09/2014	45	10,10	455	752	342	73,4
28/10/2014	47	22,50	1058	732	774	73,9
05/11/2014	54	16,88	912	698	636	71,0
09/12/2014	4	12,50	50	610	31	73,0
SBR MOYEN A à D						
01/07/2014	3	67	201	885	178	59,5
21/07/2014	3	96	288	991	285	63,2
29/09/2014	2	116	232	928	215	66,8
28/10/2014	3	51	153	972	149	65,9
05/11/2014	4	83	332	986	327	77,3
09/12/2014	3	159	477	1073	512	71,0
BACHE D'HOMOGENEISATION						
			MS extraites biol+prim		D'après résultats BHB	D'après résultats biol+prim
01/07/2014	46		1217	855	1041	885
21/07/2014	46		2120	959	2033	1424
29/09/2014	37		687	927	636	1997
28/10/2014	38		1211	1088	1317	723
05/11/2014	48		1244	902	1122	912
09/12/2014	32		527	938	494	1685

CALCULS - Flux de cuivre apporté par l'eau usée

	Débit entrée temps sec <i>m3/j</i>	Débit entrée temps pluie <i>m3/j</i>	Débit total entré <i>m3/j</i>	Débit sortie temps sec <i>m3/j</i>	Débit sortie temps pluie <i>m3/j</i>	Débit sortie temps crue <i>m3/j</i>	Débit total sortie <i>m3/j</i>
	QE _{sec}	QE _{tp}	QE = QE _{sec} +QE _{tp}	QS _{sec}	QS _{tp}	QSc	QS = QS _{sec} + QS _{tp}
01/07/2014	4480	2250	6730	3240	2210	0	5450
21/07/2014	4560	1900	6460	5510	1840	0	7350
29/09/2014	4857	0	4857	5870	0	0	5870
28/10/2014	3180	0	3180	3290	0	0	3290
05/11/2014	3260	0	3260	3280	0	0	3280
09/12/2014	3610	0	3610	3840	0	0	3840

Incertitudes :
Eau usée : 15% et
LQ=5µg/l

Boues : 10%

	Débit total entré <i>m3/j</i>	Concentration en cuivre entrée STEU <i>µg/L</i>	Flux de cuivre entrant <i>g/j</i>	Débit sortie primaire <i>m3/j</i>	Concentration en cuivre sortie décantation primaire <i>µg/L</i>	Flux de cuivre en sortie de décantation primaire <i>g/j</i>	Flux de cuivre sortie temps pluie après décantation primaire <i>g/j</i>	Flux de cuivre théorique entrée SBR <i>g/j</i>	Flux de cuivre théorique sortie SBR <i>g/j</i>	Débit total sortie <i>m3/j</i>	Concentration en cuivre sortie STEU <i>µg/L</i>	Flux de cuivre sortie STEU <i>g/j</i>
	QE	CuE	ΦE = QE x CuE	QP = QE	CuP	ΦP = QP x CuP	ΦStp = QStp x CuP	ΦEB = ΦP - ΦStp	ΦSB = ΦS - ΦStp	QS	CuS	ΦS = QS x CuS
01/07/2014	6730	146	983	6730	89	599	197	402	54	5450	46	251
21/07/2014	6460	171	1105	6460	55	355	101	254	252	7350	48	353
29/09/2014	4857	118	573	4857	143	695	0	695	153	5879	26	153
28/10/2014	3180	ND	ND	3180	129	410	0	410	ND	3290	ND	ND
05/11/2014	3260	115	375	3260	90	293	0	293	26	3280	8	26
09/12/2014	3610	204	736	3610	155	560	0	560	58	3840	15	58

Rq : Les volumes extraits de boues ne sont pas pris en compte dans les calculs car ils sont négligeables (< 1 % du volume)

débit reconstitué d'après la courbe car enregistrement automatique du débit de 0h00 à 0h00 et l'ASR a été décalée de 9h00 à 9h00 suite à un dysfonctionnement

Eau usée - Prélèvements 24h

Abattement du flux de cuivre par rapport à l'entrée

Date de prélèvement	Pluviométrie (mm/j)	Flux de cuivre en fonctionnement (g/j)					Abattement STEU (hors by-pass)	Abattement global de la STEU (by-pass inclu)
		Entrée STEU	Sortie décanteur primaire	Entrée SBR	Sortie SBR	Sortie STEU		
Temps de pluie								
01/07/2014	19	983	599	402	54	251		
Abattement		39%		35%			95%	74%
21/07/2014	6	1105	355	254	252	353		
Abattement		68%		0%			77%	68%
Temps sec								
05/11/2014	0,25	375	293	293	26	26		
Abattement		22%		71%				93%
09/12/2014	0	736	560	560	58	58		
Abattement		24%		68%				92%

Incertitudes :

Cuivre effluent : 15%

**ANNEXE 15 : Note à la commune de Cahors sur la remise en service du chaulage
en 2015**

POINT D'AVANCEMENT- CHAULAGE DES BOUES PRIMAIRES STATION D'EPURATION DE CAHORS jeudi 16 juillet 2015

Lors de la précédente réunion du 18 février 2015, il a été validé de remettre en service le chaulage des boues primaires initialement prévu dans le fonctionnement de la STEU. Il limiterait la réduction de la MO des boues et apporterait de la matière sèche, dans l'objectif de rendre aptes à un retour au sol les boues mixtes, vis-à-vis du cuivre et ainsi de disposer de boues conformes de façon permanente.

1 Préparation du lait de chaux

1.1 Fonctionnement de la préparation

D'après le manuel constructeur, le lait de chaux préparé est réglé de telle sorte à obtenir une concentration de 50 g/L pour la stabilisation des boues primaires, avec une utilisation notamment le week-end.

L'installation se compose d'un silo de stockage de chaux éteinte, d'une vis de transfert qui amène la chaux vers un microdoseur et qui la transfère dans le bac de préparation agité auquel est ajoutée de l'eau industrielle. La préparation est injectée dans la bache d'homogénéisation des boues par l'intermédiaire d'une pompe à rotor excentrée.

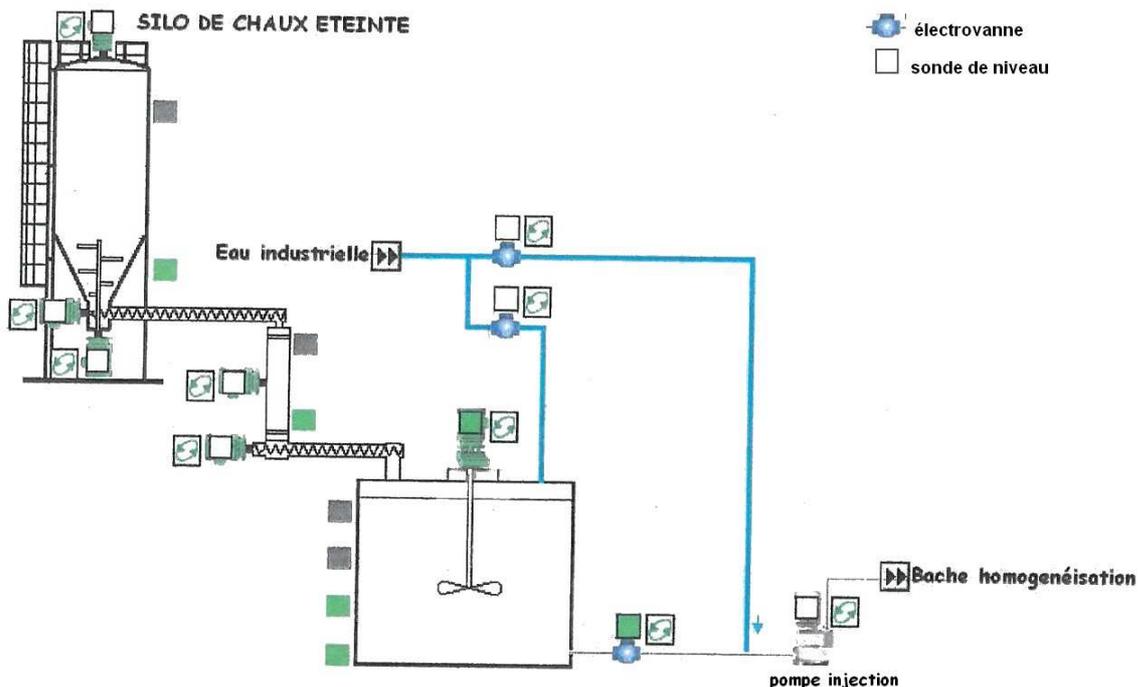


Figure 1 : Schéma de préparation et d'injection de lait de chaux. Extrait du manuel opérateur. Extrait du logiciel de supervision.

1.2 Descriptif des équipements

Silo de chaux éteinte

Le silo a un volume utile de 30 m³ soit 15 tonnes de chaux éteinte. Il possède notamment un fond vibrant et deux témoins de niveaux : haut et bas.

Vis de transfert

La vis de transfert fonctionne lorsque le microdoseur est au niveau bas et s'arrête lorsque le niveau haut est atteint.

Microdoseur

Le microdoseur est de marque WAM. Le diamètre de la vis est de 8 cm. Il possède deux sondes de niveaux (haut et bas).

Bac de préparation

Le bac de préparation possède un volume total de 1000 L, un agitateur et 4 sondes de niveau :

- très haut (alarme) : ~ 900 L
- haut : ~ 700 L
- bas : ~ 400 L
- très bas (alarme) : ~ 100 L

Sur détection du niveau bas du bac, il y a mise en route du microdoseur et de l'injection d'eau dans le bac ainsi qu'une temporisation de 1800 secondes (paramétrable).

Pompe d'injection de lait de chaux

L'injection de lait de chaux dans la bache d'homogénéisation des boues est programmée pour fonctionner dès qu'une pompe d'extraction des boues primaires se met en marche.

Après arrêt des pompes d'extraction, il y a fermeture de la vanne de soutirage de lait de chaux et ouverture de l'électrovanne de rinçage pendant une temporisation, puis l'électrovanne se referme et la pompe d'injection de lait de chaux s'arrête.

Le débit de la pompe d'injection de lait de chaux a été mesuré par les agents de la station, il est de l'ordre de 850 L/h.

2 Chaulage des boues primaires

2.1 Points hebdomadaires depuis mars 2015

Suivis de :

- Dysfonctionnements/pannes pouvant influencer la qualité des boues.
- Matière sèche des boues mixtes et de la concentration du lait de chaux,
- Débits de chaux éteinte et d'eau industrielle,

	Echéance prévue réunion 18 février 2015	Réalisé	Commentaires
Remise en service FeCl ₃ en panne depuis octobre 2014, décantation et déphosphatation	2 mars	Courant mars	Non réparé sur décantation temps de pluie Dysfonctionnement déphosphatation depuis début juillet. Absence d'injection de FeCl ₃ .
Injection lait chaux prêt à l'emploi	9 mars	Non	
Mise en service de la préparation de lait de chaux et optimisation des réglages	27 avril	26 mai	Mise en service complète du lait de chaux : 5 minutes toutes les heures $t_{\text{chaulage}} = 30\%$ 8 juin : pompe eau industrielle désamorcée : passage en eau potable 26 juin : niveau bas chaux éteinte atteint dans le silo de stockage 1 juillet : silo vide → arrêt des injections de lait de chaux 13 juillet : réception commande de chaux éteinte et remise en route de la préparation et des injections

En cours :

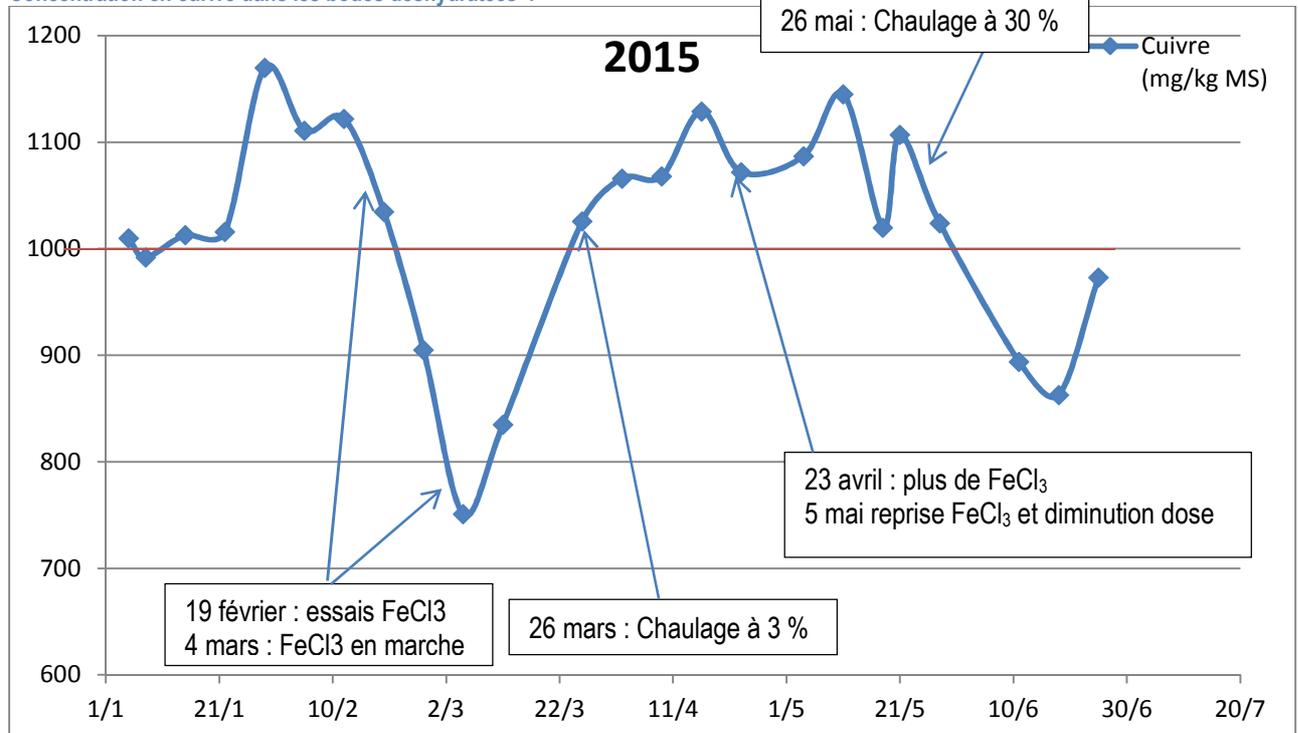
- Changement électrovanne de rinçage de la pompe lait de chaux : reçue, installation prévue en juillet.
- Installation d'un limiteur de pression pour sécuriser la concentration de la préparation de lait de chaux : reçu, installation prévue en juillet.
- Attente de réception d'une nouvelle pompe lait de chaux pour remplacement : fuite huile sur la pompe actuelle.

Au cours de ces suivis, il a été observé que la concentration du lait de chaux est d'environ 100 g/L, la siccité des boues de la BHB varie trop pour apprécier une augmentation de matière sèche due à la chaux. En ce qui concerne les débits mesurés, ils varient beaucoup alors qu'ils devraient être constants, toutefois la concentration en lait de chaux est plutôt constante. A noter qu'il est toutefois délicat de mesurer les débits car il s'agit de gros volumes pour des temps très courts.

Analyses de boues hebdomadaires :

Des analyses de boues hebdomadaires sont effectuées sur les paramètres MS, MO, Cu et pH. Le pH des boues déshydratées a augmenté : passage de 7 à 12 et la MO a diminué (80% à 60%).

Concentration en cuivre dans les boues déshydratées :



→ Toute panne peut impacter rapidement la qualité des boues, et ainsi provoquer des dépassements du seuil réglementaire en cuivre.

Poursuite des points et des mesures hebdomadaires?

2.2 Polymère

L'exploitant nous a informés d'une consommation supérieure de polymère, potentiellement lié à la mise en place du chaulage des boues primaires.

Pour rappel, compte tenu de la charge annuelle reçue et de la production de boues primaires observée, un ajout annuel de l'ordre de 100 tonnes de chaux éteinte a été préconisé : compostage de 100 tonnes de boues supplémentaires ~8 000 € HT/an. Coût estimatif de la chaux éteinte ~120 €/tonne, soit 12 000 € HT/an.

Le polymère a été changé récemment, celui utilisé actuellement est étudié pour traiter une boue à environ 70% de MO. Or, comme la concentration en MO a diminué en raison de l'injection de lait de chaux il est possible que

celui-ci ne soit plus adapté. A noter que le pH a aussi évolué. Les tests pour le choix du polymère ont été réalisés pour des boues non chaulées.

Réglage de l'injection de polymère au niveau des centrifugeuses (informations récupérées auprès de l'exploitant) :

Le débit d'injection de la préparation polymère est réglé par l'intermédiaire de la vitesse de rotation de la pompe doseuse.

Calcul de la surconsommation en polymère :

En fonctionnement normal : la vitesse de rotation peut aller de 25% à 35% et elle est souvent proche de 28% ce qui équivaut à 0,925 m³/h de préparation injectée. L'exploitant augmente la vitesse si les centrats sont bruns ou contiennent des floccs, et la baisse s'ils sont blanchâtres ou mousseux → que préconise le manuel d'exploitation ?

Suite à la mise en place du chaulage, la pompe a été réglée à 32% de la vitesse de rotation ce qui équivaut à environ 1,075 m³/h de préparation injectée, soit augmentation de 300 L/h de préparation polymère injectée.

Sachant que pour produire la préparation, 550 L de produit actif sont ajoutés dans 340 m³ d'eau, il y a 1,62 L produit actif/m³ de préparation. Ainsi une surconsommation de 300 L/h de préparation correspond à 486 mL/h de produit actif.

Soit par mois, il serait surconsommé 0,486 L/h x 16j x 8h = 62 L de produit actif

Produit actif = 1,64 €/L HT → 100 € de surcoût/mois

Propositions :

- Réaliser des jars-tests régulièrement pour optimiser les réglages du polymère
- Tenir à jour un historique des réglages et de la consommation de polymère

3 Gestion des boues déshydratées

3.1 Conformité des boues en 2015

Actuellement, 2 mois conformes (mars et juin à confirmer) sur 6 mois au total.

Résultats d'analyses mensuelles :

Mois 2015	Cuivre (mg/kg MS)	MS %
janvier	NC <i>moyenne échantillons hebdomadaires : 1040</i>	-
février	1057	23,6
mars	855	25,0
avril	1130	24,5
mai	1031	26,7

3.2 Remplissage des bennes

Pour rappel, le poids de boues maximal pouvant être transporté est de l'ordre de 18 tonnes pour 2 bennes. Le prestataire est en droit de refuser l'enlèvement si le chargement des bennes dépasse de façon évidente ce poids nominal. L'entreprise Prévost réalisant cette prestation a alerté à plusieurs reprises le SYDED et la commune de Cahors sur la surcharge de bennes, en raison du risque encouru lors de ces transports, en terme de sécurité et de respect de la réglementation.

Par ailleurs, il est nécessaire de ne pas non plus sous-charger les bennes, d'un point de vue environnemental pour permettre l'optimisation du nombre de rotations de camions polybennes, et pour des considérations financières, le transport ayant un coût forfaitaire quel que soit le tonnage transporté.

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
1764	07/01/15	8,18	
1765	07/01/15	7,56	
1784	13/01/15	7,98	
1783	13/01/15	5,98	
1805	20/01/15	8,28	
1804	20/01/15	7,6	
1821	26/01/15	1,2	
1822	26/01/15	8,3	
1843	30/01/15	11	
1844	30/01/15	12,24	
TOTAL MOIS DE JANVIER		78,32	

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
1867	04/02/15	10,64	
1868	04/02/15	9,02	
1887	06/02/15	8,48	
1888	06/02/15	7,68	
1894	10/02/15	6,52	
1895	10/02/15	7,54	
1910	13/02/15	9,82	
1911	13/02/15	8,36	
1929	18/02/15	6,5	
1930	18/02/15	5,84	
1979	25/02/15	11,62	
1980	25/02/15	9,92	
TOTAL MOIS DE FEVRIER		101,94	

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
2004	04/03/15	10,98	
2005	04/03/15	12,26	
2049	10/03/15	7,24	
2050	10/03/15	7,48	
2087	13/03/15	6,78	
2088	13/03/15	5,36	
2126	23/03/15	4,78	Enlèvement du 20/03
2127	23/03/15	3,98	Enlèvement du 20/03
2130	24/03/15	4,78	
2151	27/03/15	8,4	
2152	27/03/15	5,54	
2173	01/04/15	5,48	
2172	01/04/15	7,38	réception en avril mais comptabilisé sur mars à la demande du syded
2183	03/04/15	6,56	
2184	03/04/15	8,6	
TOTAL MOIS DE MARS		105,60	

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
2173	01/04/15	0	transfert mois de mars
2172	01/04/15	0	transfert mois de mars
2183	03/04/15	0	transfert mois de mars
2184	03/04/15	0	transfert mois de mars
2202	10/04/2015	8,52	
2203	10/04/2015	8,66	
2213	15/04/2015	9,38	
2214	15/04/2015	11,46	
2241	21/04/2015	8,46	
2242	21/04/2015	7,78	
2249	22/04/2015	0	
2250	22/04/2015	7,56	
2251	22/04/2015	12,32	
2274	28/04/2015	7,84	
2275	28/04/2015	11,52	
2289	30/04/2015	11,34	
2288	30/04/2015	12,32	
TOTAL MOIS D'AVRIL		117,16	

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
Cahors_2015_S19	05/05/2015	13,48	
Cahors_2015_S19	05/05/2015	11,92	
Cahors_2015_S19	07/05/2015	6,26	
Cahors_2015_S19	07/05/2015	10,50	
Cahors_2015_S20	12/05/2015	5,44	
Cahors_2015_S20	12/05/2015	5,90	
Cahors_2015_S20	18/05/2015	7,74	
Cahors_2015_S20	18/05/2015	9,60	
Cahors_2015_S21	20/05/2015	9,34	
Cahors_2015_S21	20/05/2015	7,48	
Cahors_2015_S22	27/05/2015	7,52	
Cahors_2015_S22	27/05/2015	12,02	
TOTAL MOIS DE MAI		107,20	

N° chrono pesée	date entrée	poids net (tonnes)	Remarques
Cahors_2015_S23	01/06/2015	13,64	
Cahors_2015_S23	01/06/2015	6,54	
Cahors_2015_S24	10/06/2015	11,44	
Cahors_2015_S24	10/06/2015	8,96	
Cahors_2015_S24	12/06/2015	6,60	
Cahors_2015_S24	12/06/2015	8,12	
Cahors_2015_S25	17/06/2015	10,90	
Cahors_2015_S25	17/06/2015	9,30	
Cahors_2015_S25	19/06/2015	11,72	
Cahors_2015_S25	19/06/2015	12,90	
Cahors_2015_S26	24/06/2015	11,80	
Cahors_2015_S26	24/06/2015	6,88	
Cahors_2015_S26	26/06/2015	12,94	
Cahors_2015_S26	26/06/2015	10,34	
Cahors_2015_S27	30/06/2015	12,88	
Cahors_2015_S27	30/06/2015	12,70	
TOTAL MOIS DE JUIN		167,66	

ANNEXE : RESULTATS D'ANALYSES DES BOUES DESHYDRATEES

2015

échantillons hebdomadaires

Date prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)	MS (%)	MO (% de MS)
05/01/2015	1010	25,9	83,7
08/01/2015	992	19,7	85,2
15/01/2015	1013	26,2	85
22/01/2015	1016	24,1	85,2
29/01/2015	1170	21,7	86,1
05/02/2015	1111	22,9	83,4
12/02/2015	1122	23,3	83,6
19/02/2015	1035	24,9	83,4
26/02/2015	905	25,4	82,8
05/03/2015	751	22,8	81
12/03/2015	835	25,4	80
19/03/2015	682*	32,3*	61,4*
26/03/2015	1026	24,5	72,4
02/04/2015	1066	25,6	73
09/04/2015	1068	26,1	73
16/04/2015	1129	21,8	72,6
23/04/2015	1072	23,5	74,5
04/05/2015	1087	24,6	74,3
11/05/2015	1145	26,1	75,5
18/05/2015	1020	27,1	71,1
21/05/2015	1107	25	71,2
28/05/2015	1024	25,7	69,1
11/06/2015	894	25,1	58
18/06/2015	863	23,2	59,7
25/06/2015	973	21,6	60,9

**ANNEXE 16 : Résultats d'analyses de matière sèche des boues mixtes de la STEU
de Cahors**

Résultats de matière sèche sur les boues de la BHB

Préleveur	Date du prélèvement	MS (g/L)	pH	Rq
	13/04/2015	20,5		
	20/04/2015	44,99		
	27/04/2015	47,9		
	04/05/2015	52,6		
AD	11/05/2015	22,5	<i>pb GDE</i>	
EB	18/05/2015	32,26		
AD	26/05/2015	33,5		mise en route chaulage à 30%
AS	28/05/2015		7,41 (18,3°C)	
	29/05/2015		8	
	01/06/2015		8	
	02/06/2015	?	7,11 (21,7 °C)	
	04/06/2015		7,45 (12,1°C)	
	05/06/2015	29,36		
	08/06/2015	porte garage bloquée		
	11/06/2015		12,24 (17,3°C)	
	16/06/2015	33,05	12,2 (24°C)	
AS	18/06/2015		12,14 (24,3°C)	
	01/07/2015 au 13/07/15			arrêt injection lait de chaux
	13/07/2015	37,4		reprise injection lait de chaux
AS	16/07/2015		9,03 (28,9°C)	BHB non renouvelée encore donc pH en encore hausse pour tendre vers 12
AS	24/09/2015		12,52 (16,4)	Centrats à 12,4 (17,1°C)

**ANNEXE 17 : Résultats d'analyses hebdomadaires des boues déshydratées de la
STEU de Cahors de 2014 à 2015**

2014			
échantillons hebdomadaires			
Date de prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (% de MS)
03/04/2014	966	24,5	72,6
10/04/2014	978	25,9	71
17/04/2014	986	26,7	73,0
24/04/2014	966	26,3	73,4
05/05/2014	1038	25	70,7
12/05/2014	962	24,9	72,4
15/05/2014	986	27,5	73
22/05/2014	1056	25,9	73,4
02/06/2014	962	27,4	71,4
05/06/2014	830	28	69,3
12/06/2014	941	26	71,2
19/06/2014	1025	24,2	71,6
26/06/2014	974	24,8	69,8
03/07/2014	890	26,6	64,6
10/07/2014	817	26,3	65,7
17/07/2014	902	26,8	66,4
24/07/2014	1023	26,7	68,7
31/07/2014	969	27,4	67,3
07/08/2014	880	28,1	65,4
14/08/2014	967	26	67,1
21/08/2014	972	25,3	69
28/08/2014	967	25,5	69,8
04/09/2014	991	28,5	70,7
11/09/2014	845	26,2	66,4
18/09/2014	922	23,7	69,7
25/09/2014	1055	25,8	71,3
23/10/2014	1086	20,8	74,6
30/10/2014	1048	23,8	74,9
05/11/2014	890	23,4	74,7
13/11/2014	844	24,1	77,8
20/11/2014	799	22,4	75,8
28/11/2014	781	26,7	75,2
04/12/2014	839	22,3	78,9
11/12/2014	1058	16,6	82
18/12/2014	1017	22	81,1
29/12/2014	992	24,4	83,3

2015			
échantillons hebdomadaires			
Date de prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (% de MS)
05/01/2015	1010	25,9	83,7
08/01/2015	992	19,7	85,2
15/01/2015	1013	26,2	85,0
22/01/2015	1016	24,1	85,2
29/01/2015	1170	21,7	86,1
05/02/2015	1111	22,9	83,4
12/02/2015	1122	23,3	83,6
19/02/2015	1035	24,9	83,4
26/02/2015	905	25,4	82,8
05/03/2015	751	22,8	81,0
12/03/2015	835	25,4	80,0
#N/A	#N/A	#N/A	#N/A
26/03/2015	1026	24,5	72,4
02/04/2015	1066	25,6	73,0
09/04/2015	1068	26,1	73,0
16/04/2015	1129	21,8	72,6
23/04/2015	1072	23,5	74,5
04/05/2015	1087	24,6	74,3
11/05/2015	1145	26,1	75,5
18/05/2015	1020	27,1	71,1
21/05/2015	1107	25,0	71,2
28/05/2015	1024	25,7	69,1
11/06/2015	894	25,1	58,0
18/06/2015	863	23,2	59,7
25/06/2015	973	21,6	60,9
02/07/2015	882	21,0	42,0
09/07/2015	1050	24,4	65,0
16/07/2015	833	24,0	58,0
23/07/2015	676	26,1	50,0
30/07/2015	692	25,5	50,5
06/08/2015	708	26,0	48,0
13/08/2015	621	25,5	45,0
20/08/2015	709	26,0	56,0
27/08/2015	975	23,7	61,0
03/09/2015	992	22,4	56,1
10/09/2015	946	23,7	55,3
17/09/2015	724	24,4	54,1
24/09/2015	726	25,1	48,2
08/10/2015	906	23,0	56,9
15/10/2015	810	23,8	51,9
22/10/2015	914	22,4	58,9
29/10/2015	911	22,0	60,9
05/11/2015	929	23,0	68,7
12/11/2015	956	19,3	71,2
19/11/2015	1055	21,9	71,6
26/11/2015	964	22,1	72,9
03/12/2015	892	20,4	74,5
10/12/2015	916	20,9	75,0
17/12/2015	974	20,4	75,0
28/12/2015	946	20,7	75,0

02-oct	09-oct	16-oct
pas de centrifugation car vis d'acheminement des boues aux bennes cassée		

**ANNEXE 18 : Résultats d'analyses des boues du bassin d'aération de la STEU de
Meyronne-Creysse**

RESULTATS DES ANALYSES ET DES MESURES TERRAIN
STATION D'EPURATION DE MEYRONNE-CREYSSE
MATRICE : BOUES

BASSIN D'AERATION

Date de prélèvement	LD31			Temp (°C)	Conductivité (µS/cm)	MES-mètre (g/L)	pH
	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (% de MS)				
21/01/2014							
17/03/2014							
arrêt extractions vers silo	02/04/2014	888	0,8%*	78,1%			
	04/06/2014	1127	0,6%	75,7%			
reprise extractions vers silo	26/06/2014	1140	0,6%	75,8%	22,5	ND	6,41
	08/07/2014	1097	0,5%	74,6%	21,7	628	5,10
	05/08/2014	1016	0,4%	80,0%	22,9	717	4,80
	02/09/2014	832	0,4%	80,0%	21,6	593	6,84
	07/10/2014	973	0,4%	78,6%	19,5	660	6,79
	04/11/2014	786	0,4%	77,4%	16,6	763	6,51
	18/12/2014	679	0,3%	76,0%	14,9	794	< 3
	15/01/2015	663	0,4%	79,0%	9,1	641	6,81
	16/02/2015	660	0,4%	79,5%	6,1	707	6,81
	10/03/2015	715	0,40%	80,0%	11,1	637	7,20
	09/04/2015	628	0,5%	73,0%	12,7	1050	7,31
	19/05/2015	656	0,4%	76,3%	18,3	646	7,50
	08/06/2015	634	0,4%	76,1%	21,9	657	7,20
	16/07/2015	704	0,5%	77,0%	24,8	607	6,94
	06/08/2015	616	0,4%	77,0%	24,2	619	6,86
	09/09/2015	439	0,5%	66,6%	21,4	1397	7,56
	08/10/2015	568	0,5%	72,7%	18,4	830	6,86
	05/11/2015	526	0,4%	73,2%	15,2	825	7,15
	10/12/2015	573	0,4%	73,0%	9	1033	7,30

Remarques :

- Mai 2014 : mise en place d'injections de soude sur l'eau potable distribuée pour obtenir un pH constant à 7,7
- Prélèvement du 02/09/14 : effectué avec un tuyau d'aération cassé dans le BA
- Prélèvement du 04/11/15 : Agitation-aération ne marche pas donc surpresseurs uniquement
- Prélèvement du 9/9/15 : retour de surnageants chaulés issu du silo de stockage

**ANNEXE 19 : Résultats d'analyses des boues du silo pilote de la STEU de
Meyronne-Creysse**

RESULTATS DES ANALYSES ET DES MESURES TERRAIN
STATION D'EPURATION DE MEYRONNE-CREYSSE
MATRICE : BOUES

SILO PILOTE

Date de prélèvement	LD31			LDA81			Temp (°C)	Conductivité (mS/cm)	pH	Hboues (cm)	Vboues (L)
	Cuivre (mg/kg MS)	MS (%/MB)	MO (g/kgde MS)	Cuivre (mg/kg MS)	MS (g/kg MB)	MO (% de MS)					
12/05/2014	995	1,7%	792	888	17	82,4			68,5	538	
04/06/2014	1046	1,5%	770	1006	15	26*					
26/06/2014	1232	1,4%	745	1115	15	73,3	23,6	2,860	7,00	50,0	393
08/07/2014	1276	1,4%	734				19,5	3,200			
05/08/2014	1404	1,4%	716				20,4	3,500			
02/09/2014	1429	1,4%	700				17,2	3,710	7,50		
07/10/2014	1489	1,5%	691				16,0	3,450	7,53		
04/11/2014	1509	1,5%	689				14,2	3,460	7,40		
VIDANGE ET NOUVEAU REMPLISSAGE DU SILO											
18/12/2014	801	0,7%	817				11,0	0,752	6,52	72,2	567
15/01/2015	799	0,7%	804				6,2	0,931	6,85	62,5	491
12/02/2015	803	0,7%	805				2,2	1,016	7,10	61,0	479
10/03/2015	885	0,7%	810				7,0	1,065	7,70	58,5	459
09/04/2015	834	0,7%	800				9,7	1,160	7,10	56,3	442
19/05/2015	902	0,7%	783				16,2	1,610	6,90	54,0	424
08/06/2015	899	0,7%	772				21,7	1,740	7,30	52,4	411

ANNEXE 20 : Note de calcul de la teneur en cuivre des boues après dégradation de la matière organique

Cette note explique l'équation de calcul de la teneur en cuivre des boues considérant une réduction de la MO par biodégradation.

Les paramètres se rapportant à la boue fraîche sont notés avec l'indice 1 et ceux correspondant à la boue après réduction de la MO avec l'indice 2.

- Teneur en matière minérale MM1 de la boue avant dégradation de la matière organique, en % :
$$MM1 = 1 - MO1$$

Avec,

MO : Teneur en matière organique de la boue en %.

MM : Teneur en matière minérale de la boue en %.

- Teneur en matière minérale MM2 de la boue après dégradation de la matière organique, en % :
$$MM2 = 1 - MO2$$

Il est considéré que la réduction de la quantité de MS en kg est due à la dégradation de la matière organique et que la quantité de matière minérale en kg MS est conservée dans sa totalité.

- Ainsi la quantité de MS dans la boue après dégradation de la matière organique MS2, en kg MS est :

$$MS1 \times MM1 = MS2 \times MM2$$

$$\Leftrightarrow MS1 \times (1 - MO1) = MS2 \times (1 - MO2)$$

$$\Leftrightarrow MS2 = \frac{MS1 \times (1 - MO1)}{(1 - MO2)} = \frac{MS1 \times MM1}{MM2}$$

Avec,

MS : Quantité de MS en kg MS.

MS = volume de boues en m³ x 1000 x teneur en MS en %.

- Teneur en cuivre après dégradation de la matière organique :

Il est considéré que la quantité initiale de cuivre de la boue en g est constante (Cu1 = Cu2).

$$[Cu2] = Cu1 / MS2 = \frac{MS1 \times [Cu1]}{MS1 \times \frac{MM1}{MM2}} = \frac{[Cu1]}{\frac{MM1}{MM2}} = \frac{[Cu1]}{\frac{(1-MO1)}{(1-MO2)}}$$

Avec,

[Cu] : Teneur en cuivre de la boue en mg/kg MS.

Cu : Quantité de cuivre dans la boue en mg.

ANNEXE 21 : Compte-rendu de l'opération de pompage et épandage des boues de la STEU de Meyronne-Creysse à partir du bassin d'aération

Objet : POMPAGE ET EPANDAGE DES BOUES DE MEYRONNE

Date : 12/05/2014 Heure : 8 h
Durée : 3 heures

Lieu : STEP Meyronne

Secteur(s) concerné(s) : Boues

Participants :

- M. BALLANDRE, adjoint au Maire de Meyronne
- Jeannot GENDRE, préposé à la STEP de Meyronne
- Christophe LANDES, CUMA Environnement de Girac
- Nicolas CAMPAN, SYDED du Lot
- Angélique SALVO, SYDED du Lot

Liste de diffusion : interne

Ordre du jour :

1. Pompage des boues liquides de Meyronne
2. Mise en place du pilote
3. Epandage des boues
4. Prélèvements réalisés

Synthèse des discussions, actions décidées

1. Pompage des boues liquides de Meyronne

La recirculation a été arrêtée et l'aération a été mise en manuelle 48 heures avant le pompage.

- ⇒ Une tonne de 14 m³ : pompage dans le BA avec deux bras de 2 mètres avec 3,64 g/L (MS-mètre).
- ⇒ Une tonne de 14 m³ : pompage dans le poste de recirculation avec 7,5 g/L (MS-mètre).
- ⇒ Une tonne de 10 m³ : pompage dans le poste de recirculation avec 7,5 g/L (MS-mètre).

Méthode de pompage dans le poste de recirculation :

- Ouverture de la vanne du clarificateur pour remplir le poste de recirculation des boues concentrées, fermeture de la vanne et pompage.
- Après un pompage, laisser le racleur du clarificateur faire un tour (20 minutes) puis rouvrir la vanne pour répéter l'étape précédente jusqu'à ce que la tonne soit remplie.

Rq : Le prochain pompage s'effectuera certainement début juillet.

2. Mise en place du pilote

Le remplissage de la cuve pilote s'est fait à partir de la recirculation soit 685 L de boues à 10 g/L.

3. Epandage des boues

38 m³ de boues liquides ont été épandues à 60 m³/ha avec 24 m³ issus du poste de recirculation (sans extraction depuis 2 mois).

Synthèse des discussions, actions décidées

D'après les résultats d'analyses :

- 1,1 g/L (320 kg MS) a été retiré du BA,
- les boues épandues étaient à **8,4 g/L**,
- il reste 873 m³ dans le BA à 3,4 g/L.

Il est possible d'épandre les boues jusqu'à une dose de 100 m³/ha avec cette tonne à lisier.

4. Prélèvements réalisés

MES		VA+ETM+CTO	
07/05/2014	BA avant arrêt de la recirculation	12/05/2014	Boues du pilote
12/05/2014	BA après épandage		
	tonne à lisier : boues BA		
	tonne à lisier : boues poste de recirculation		

Établi par : Angélique SALVO

Le : 28 mai 2014

**ANNEXE 22 : Courrier à la DDT sur la problématique des boues trop riches en
cuivre**



SATESE

Service d'Assistance Technique
à l'Épuration et au Suivi des Eaux

Avenue de l'Europe - Regourd - BP 291
46005 CAHORS Cedex 9
Tél. 05 65 21 22 16 - Fax 05 65 24 92 34
Mail : satese@syded-lot.fr

Monsieur Alain TOULLEC
Directeur

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES TERRITOIRES DU LOT
Cité Administrative
127 quai Cavaignac
46009 CAHORS

Catus, le - 7 OCT. 2014

Dossier suivi par Jean-Yves PEYTAVIT
Réf. : SATBO-14-177-SS

Objet : *Problématique d'élimination des boues d'épuration trop riche en cuivre.*

Monsieur le Directeur,

Ainsi que vous le savez, plusieurs communes du département du Lot connaissent des difficultés pour la mise en œuvre d'un retour au sol des boues de leurs stations d'épuration en raison de dépassements du seuil réglementaire portant sur la teneur en cuivre.

Ces situations sont particulièrement pénalisantes financièrement et techniquement pour ces communes, et vous trouverez ci-joint une note présentant deux cas concrets correspondants aux stations d'épuration de Labastide-Murat et de Meyronne-Creysse. Ce document propose la mise en place d'une démarche adaptée au contexte rural de ces installations, qui se traduit par de faibles quantités de boues à épandre. Ainsi, le renforcement des mesures permettant de garantir le strict respect des seuils cumulatifs réglementaires sur les parcelles recevant des boues dont la concentration en cuivre dépasse sensiblement le seuil réglementaire de 1000 mg par kilogramme de matière sèche, me paraît de nature à apporter un niveau de protection de l'environnement et des sols conforme à celui prévu par la réglementation.

Le Président de la Chambre d'Agriculture, que j'ai sollicité sur cette problématique, m'a indiqué qu'il était favorable à cette démarche, et apporterait son appui technique pour sa mise en œuvre dans le respect des conditions concrètes que je vous propose.

Etant donné l'urgence de la situation pour la commune de Labastide-Murat, je vous saurais gré de bien vouloir me faire connaître rapidement votre avis quant à cette démarche. Dans cette attente, je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes salutations distinguées.



Copie du courrier adressée à :

- Chambre d'Agriculture du Lot
- Commune de Labastide-Murat

déchets | eau | énergie

Note sur la problématique d'élimination des boues considérées comme trop riches en cuivre pour une valorisation agricole

1- Présentation du contexte

Depuis de nombreuses années, le Conseil général du Lot puis le SYDED du Lot interviennent en partenariat avec la Chambre départementale d'agriculture, afin d'aider à la mise en place de plans d'épandage réglementaires des boues d'épuration urbaines. Ainsi, 94% des boues brutes produites en 2013 par les stations d'épuration des collectivités adhérentes du SYDED ont été valorisées en agriculture par épandage direct (67%) ou après compostage (27%).

Cependant, au cours de ces dernières années, des difficultés sont apparues pour la mise en œuvre du retour au sol des boues de plusieurs stations d'épuration du département essentiellement en raison de dépassements du seuil réglementaire portant sur la teneur en cuivre. Parmi ces stations d'épuration, on note entre autres celles des communes de Cahors, Labastide-Murat, Leyme, Meyronne-Creysse, Pinsac, et des syndicats Aquareso et Quercy Blanc.

Hormis la station d'épuration de Leyme, pour laquelle la concentration en cuivre est constamment de l'ordre de 2000 mg de cuivre par kilogramme de Matière Sèche (MS), les dépassements constatés sur les autres stations d'épuration oscillent autour du seuil réglementaire, et ne sont donc pas systématiques.

Une étude a été réalisée dès 2005 par le Conseil général afin de rechercher l'origine de cette présence en cuivre particulièrement pénalisante. Il en est ressorti que la corrosion des canalisations en cuivre servant à la distribution de l'eau potable à l'intérieur des habitations, est la principale cause de cette pollution.

Il faut rappeler que le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles (type de globule blanc).

Dans le sol, le cuivre se lie fortement aux matières organiques et aux minéraux. Par conséquent, il ne voyage pas très loin et il ne pénètre presque jamais dans les eaux souterraines. Il ne se détruit pas dans l'environnement et peut à fortes doses interrompre l'activité du sol, car il influence de façon négative l'activité des micro-organismes et des vers de terre.

Excepté Cahors, l'élimination de ces boues, qui sont le plus souvent sous forme liquide, concerne des stations d'épuration de faible capacité (inférieure à 1500 Equivalent-Habitant EH), sous chargées, et pose ainsi de très sérieux problèmes financiers pour les communes et donc pour les usagers de l'assainissement.

Pour exemple, seront détaillées ci-après les situations de Labastide-Murat et Meyronne, qui reflètent bien la complexité technique de mise en place d'une filière spécifique, et notamment les surcoûts engendrés.

2- Cas concret des stations d'épuration de Labastide-Murat et Meyronne-Creysse

Une présentation détaillée des filières d'élimination des boues de ces 2 stations d'épuration figure en annexes 1 et 2.

La mise en œuvre d'une filière spécifique pour l'élimination de ces boues se traduit par les contraintes suivantes :

- Mise en œuvre fastidieuse et techniquement compliquée, notamment pour la station d'épuration de Meyronne-Creysse qui nécessite l'amenée et le repli d'un équipement mobile de déshydratation.
- Transport de boues sur des distances très importantes. Le bilan carbone n'a pas été calculé, mais l'empreinte écologique de l'élimination en filière spécialisée est considérable, en comparaison avec un

épandage pouvant être réalisé comme pour la station d'épuration de Meyronne-Creysse à moins d'un kilomètre.

- Elimination des boues en filière spécialisée, alors qu'elles pourraient être valorisées localement en agriculture, avec des apports en cuivre sur les sols très largement inférieurs à la réglementation encadrant les épandages (respect des flux), et a priori largement inférieurs à ce qui est autorisé actuellement en agriculture biologique.
- Augmentation notable du prix du m³ d'eau assainie, jusqu'à +60 %, très difficilement supportable et explicable pour les abonnés.

3- Proposition d'une démarche encadrée, permettant l'épandage « raisonné » de ces boues sur les sols

Il n'est pas question de sous-estimer l'éventuelle nocivité du cuivre sur les hommes, les animaux et les sols, mais de mettre en avant le fait que la réglementation stricte qui encadre les épandages peut être respectée en raisonnant logiquement en termes de flux cumulé, et non de concentration.

Ainsi, il est donc proposé de poursuivre la mise en œuvre de l'épandage des boues en cas de dépassements modérés de la teneur en cuivre, ayant pour origine des caractéristiques locales particulières de l'eau potable distribuée qui n'entraînent pas le non-respect des normes de potabilité. Dans ce cas, seraient appliquées les mesures suivantes :

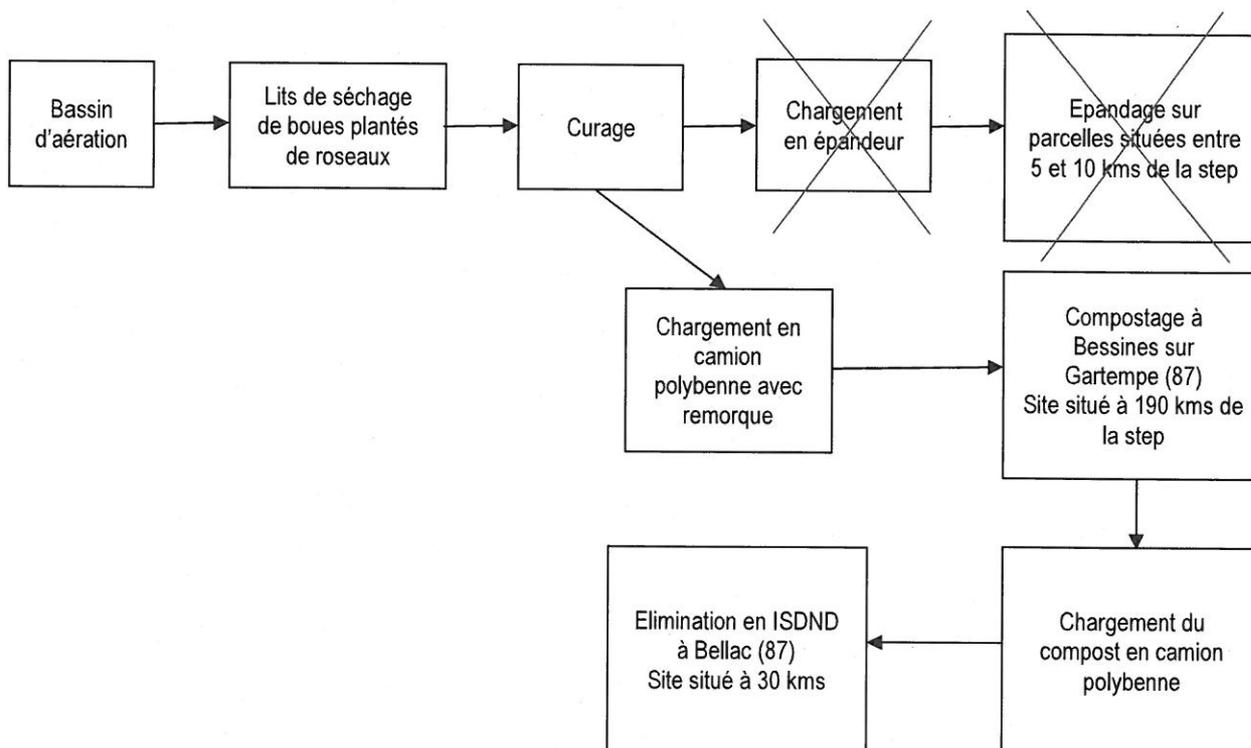
- Suivi et respect du flux maximum cumulé apporté par les boues sur 10 ans, conformément à l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles.
- Pas d'épandage sur des cultures soumises à des traitements à base de cuivre, de type noyers ou vigne par exemple.
- Diminution de la dose d'apport, dans la limite du maintien de l'intérêt agronomique pour les cultures.
- Pas de retour au minimum avant 3 ans sur la même parcelle.
- Fréquence des analyses de sols accrue : création d'une parcelle « témoin » pour chaque campagne d'épandage sur laquelle des analyses portant sur le pH et les éléments traces métalliques seront réalisées avant tout nouvel épandage.

Annexe 1 : Cas de la station d'épuration de Labastide-Murat

1- Caractéristiques de la station d'épuration :

- Capacité : 1500 EH
- Filière de traitement : boues activées, déshydratation et stockage des boues en Lits de Séchage de boues Plantés de Roseaux (LSPR)
- Redevance assainissement en 2013 : 237,10 € HT pour 120 m³
(Part variable : exploitant = 0,55 € HT/m³ - collectivité = 0,50 € HT/m³ - Part fixe : exploitant = 47,10 € HT - collectivité = 37,00 € HT)
- Nombre d'abonnés 2013 : 249
- Volume d'eau assaini facturé en 2013 : 28 446 m³

2- Schéma de la filière spécifique d'élimination des boues



3- Caractéristiques des boues

- Boues pâteuses, siccité ~ 12 %.
- Quantité à évacuer ~ 100 m³ par an soit ~ 12 tonnes de matière sèche.
- Concentration des boues en cuivre ~ 1200 mg/kg MS, soit 14,4 kg de cuivre présent dans les boues, dont 2,4 kg de cuivre au-delà du seuil réglementaire.
- Origine présumée du cuivre : eau potable + réduction de la MO par filière LSPR.

4- Mise en place d'une valorisation par épandage :

- Coût curage + épandage = 100 m³ x 54¹ €/m³ = 5 400 € HT.
- L'épandage est réalisé sur les parcelles à une dose d'apport moyenne de 2 TMS/ha, calculée à partir de la teneur en azote, phosphore et potasse des boues, et des besoins des cultures. Cela représente un apport de 2,4 kg Cu/ha (0,24 g/m²). Le cuivre excédentaire par rapport au seuil réglementaire, apporté dans les sols représente alors 0,4 kg/ha (0,04 g/m²).
- L'arrêté du 8/01/98 fixe un flux cumulé maximum sur 10 ans en éléments traces métalliques sur pâturages (à noter néanmoins que les épandages de boues de la station d'épuration de Labastide-Murat sont généralement réalisés sur chaume). Pour le cuivre, il est de 1,2 g/m², soit 5 fois supérieur au flux apporté par ces boues.
- Par ailleurs, l'agriculture biologique autorise l'utilisation de cuivre en tant que fongicide à raison d'un apport maximum de 6 kg/ha/an ou 30 kg/ha sur 5 ans. Le plan d'épandage de Labastide-Murat étant dimensionné pour une rotation de 3 ans, on peut noter que sur une période de 5 ans, l'apport maximal en cuivre par les boues serait de 4 kg/ha (1,7 apport en 5 ans), alors qu'il serait de 30 kg/ha sur des cultures conduites en agriculture biologique.

→ L'apport de cuivre dans les sols, lié aux boues, serait donc plus important uniquement si moins de 13,3 % du produit de traitement fongicide au cuivre n'est pas fixé sur la plante, mais évacué sur la parcelle.

5- Mise en place d'une élimination en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)

- Coût curage + élimination ~ 100 m³ x 200 €/m³ ² ~ 20 000 € HT, soit un surcoût par rapport à l'épandage de 14 600 € HT/an.
- Incidence sur la redevance assainissement :
 - Surcoût moyen par abonné : 58,64 € HT/an,
 - Sur le prix de l'eau : 0,51 €/m³, soit une augmentation de 49 %.

→ Augmentation très forte du prix de l'eau, +49% sur le m³ d'eau distribuée, pratiquement insupportable pour les abonnés pour une élimination de boues en filière spécialisée, et d'autant moins explicable qu'elles pourraient être valorisées localement en agriculture, avec des apports en cuivre sur les sols très largement inférieurs à ce qui est autorisé en agriculture biologique.

¹ Tarifs votés le 19/12/2013 par le comité syndical du SYDED

² Estimation réalisée à partir de devis réalisés en 2014

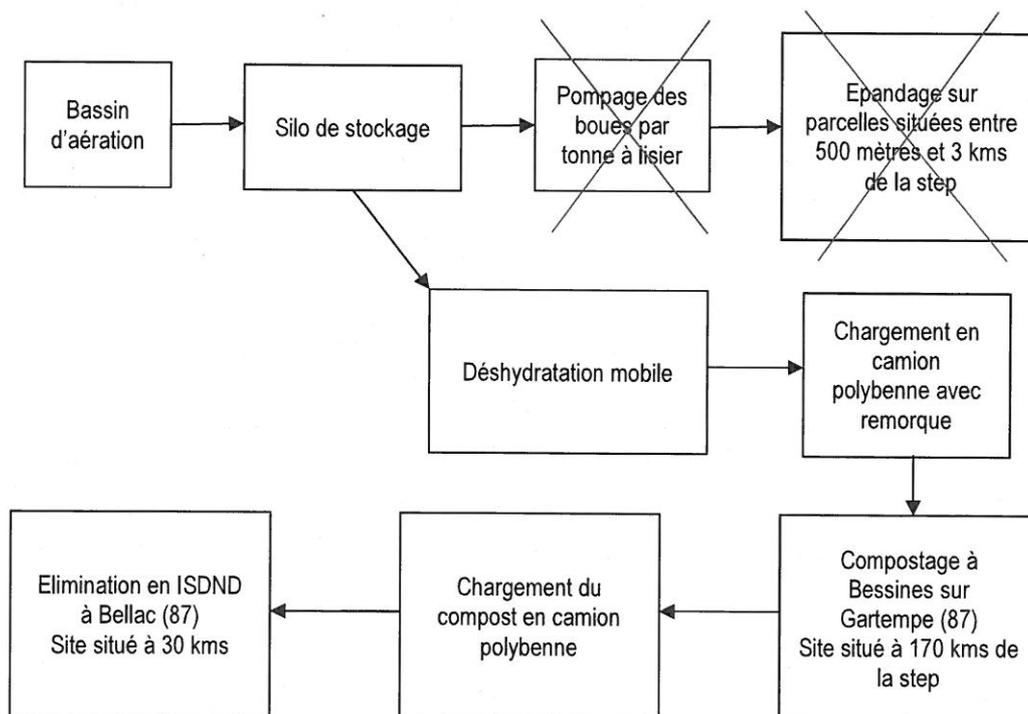
Annexe 2 : Cas de la station d'épuration de Meyronne-Creysse

1- Caractéristiques de la station d'épuration :

- Capacité : 1530 EH
- Filière de traitement : boues activées, épaissement et stockage des boues en silo
- Redevance assainissement en 2013 :
 - Meyronne 224,00 € HT pour 120 m³
(Part variable : 0,60 €/m³ - Part fixe : 125,00 €)
Nombre d'abonnés : 175
Volume d'eau assaini facturé : 13 658 m³
 - Creysse 209,00 € HT pour 120 m³
(Part variable : 0,80 €/m³ - Part fixe : 86,00 €)
Nombre d'abonnés : 110
Volume d'eau assaini facturé : 13 150 m³

La participation annuelle de chaque commune est calculée en fonction du pourcentage équivalent habitant suivant : 500 EH pour Meyronne et 1030 EH pour Creysse.

2- Schéma de la filière spécifique d'élimination des boues



3- Caractéristiques des boues

- Boues liquides, concentration ~ 25 g/l.
- Quantité à évacuer ~ 400 m³ tous les 2 ans (volume du silo) soit ~ 10 tonnes de matière sèche.
- Concentration des boues en cuivre ~ 1325 mg/kg MS (moyenne année 2014), soit 13,3 kg de cuivre présent dans les boues, dont 3,25 kg de cuivre au-delà du seuil réglementaire.
- Origine présumée du cuivre : eau potable.

4- Mise en place d'une valorisation par épandage

- Coût pompage des boues, transport et épandage = 400 m³ x 15,51 €/m³ = 6 200 € HT.
- L'épandage est réalisé sur les parcelles à une dose d'apport moyenne de 0,6 TMS/ha (épandage 2012), calculée à partir de la teneur en azote, phosphore et potasse des boues, et des besoins des cultures. Cela représente un apport de 0,8 kg Cu/ha (0,08 g/m²). Le cuivre excédentaire par rapport au seuil réglementaire, apporté dans les sols représente alors 0,2 kg/ha (0,02 g/m²).
- L'arrêté du 8/01/98 fixe un flux cumulé maximum sur 10 ans en éléments traces métalliques sur pâturages (à noter néanmoins que les épandages de la station d'épuration de Meyronne-Creysse sont généralement réalisés sur céréales, maïs ou ray-grass). Pour le cuivre, il est de 1,2 g/m², soit 15 fois supérieur au flux apporté par ces boues.
- Par ailleurs, l'agriculture biologique autorise l'utilisation de cuivre en tant que fongicide à raison d'un apport maximum de 6 kg/ha/an ou 30 kg/ha sur 5 ans. Le plan d'épandage de Meyronne-Creysse étant dimensionné pour permettre une rotation sur 5 ans, on peut noter que sur une période de 5 ans, l'apport maximal en cuivre par les boues serait de 0,8 kg/ha (1 apport en 5 ans), alors qu'il serait autorisé à 30 kg/ha sur des cultures conduites en agriculture biologique.

→ L'apport de cuivre dans les sols, lié aux boues, serait donc plus important uniquement si moins de 2,6 % du produit de traitement fongicide au cuivre n'est pas fixé sur la plante, mais évacué sur la parcelle.

5- Mise en place d'une élimination en Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND)

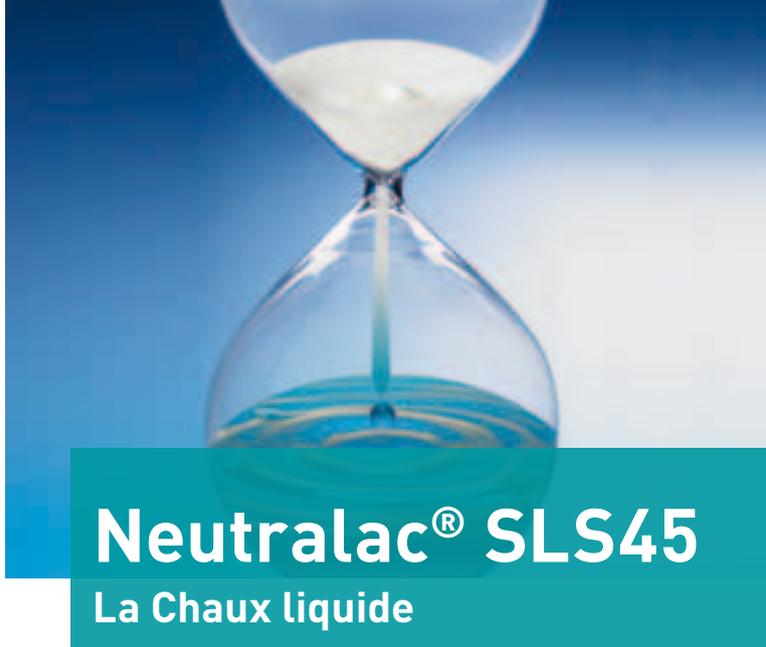
- Coût pompage, déshydratation, élimination ~ 25 000 € HT² pour 400 m³ (2 ans de production), soit un surcoût par rapport à l'épandage de 18 800 € HT pour 2 ans, ou 9 400 € HT par an.
- Incidence sur la redevance assainissement :
 - Surcoût moyen par abonné :
 - Meyronne : 17,6 € HT/an,
 - Creysse : 55,0 € HT/an.
 - Sur le prix de l'eau :
 - Meyronne : 0,22 € HT/m³, soit une augmentation de 37 %.
 - Creysse : 0,48 € HT/m³, soit une augmentation de 60 %.

→ Augmentation très forte du prix de l'eau, de 37% à 60% sur le m³ d'eau distribuée, pratiquement insupportable pour les abonnés pour une élimination de boues en filière spécialisée, et d'autant moins explicable qu'elles pourraient être valorisées localement en agriculture, avec des apports en cuivre sur les sols très largement inférieurs à ce qui est autorisé en agriculture biologique.

¹ Tarifs votés le 19/12/2014 par le comité syndical du SYDED

² Estimation réalisée à partir de devis réalisés en 2014

ANNEXE 23 : Fiche produit du lait de chaux Neutralac SLS45



Neutralac® SLS45

La Chaux liquide

Teneur en matière sèche : 45%

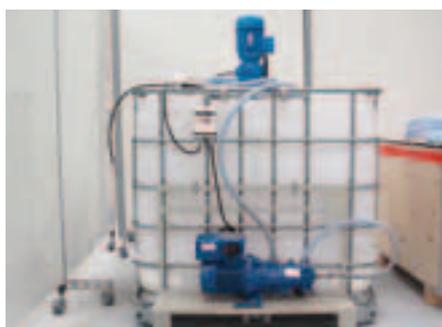
Teneur en Ca(OH)_2 : 94%
sur extrait sec

Réactivité Kiwa < 5 secondes

Viscosité : 200 à 400 cPs

Caractéristiques chimiques & physiques

Elles sont déterminées suivant les méthodes laboratoire Groupe en conformité avec les modes opératoires normalisés.



Description & Utilisation

Neutralac® SLS45 est un réactif calcique se présentant sous forme d'un liquide concentré blanc inodore.

Neutralac® SLS45 s'utilise dans les applications suivantes :

- apport d'ions Calcium
- neutralisation et/ou ajustement pH
- floculation et/ou précipitation

Vos avantages & vos gains

Neutralac® SLS45 est un nouveau réactif à réactivité et concentration élevées synonyme pour vous de :

- stabilité
- performances
- facilité de stockage et de mise en oeuvre
- élimination des émissions de poussières
- simplification des équipements
- réduction des coûts d'investissements

Dosage & mise en oeuvre

Grâce à sa faible viscosité, Neutralac® SLS45

- se dose par simple pompage et/ou de façon gravitaire
- peut-être aisément dilué
- apporte précision et souplesse au dosage

Données de sécurité

Fiche de données de sécurité : Hydroxyde de calcium Ca(OH)_2

Le producteur garantit que toutes les diligences sont mises en oeuvre pour le respect des critères définis.

Toutefois, s'agissant de produit d'origine naturelle, de légères variations par rapport aux caractéristiques physico-chimiques mentionnées peuvent être enregistrées sans incidence notable sur la qualité du produit.

**ANNEXE 24 : Courrier à la DDT sur l'élimination des boues de la STEU de
Meyronne-Creysse par chaulage et compte-rendu de l'opération**



SATESE

Service d'Assistance Technique
à l'Épuration et au Suivi des Eaux

Avenue de l'Europe – Regourd – BP 291
46005 CAHORS Cedex 9
Tél. 05 65 21 22 16 – Fax 05 65 24 92 34
Mail : satese@syded-lot.fr

Monsieur Didier RENAULT

Chef du service Eau, Forêt, Environnement

DIRECTION DEPARTEMENTAL DES TERRITOIRES DU LOT

Cité Administrative

127 quai Cavaignac

46000 CAHORS Cedex

A l'attention de Madame Catherine VANDEWALLE

Cahors, le 4 avril 2014

Dossier suivi par Céline DEBAILLEUL

Réf. : SATBO-14-075-SS

Objet : Elimination des boues de la station d'épuration de Meyronne-Creysse

Monsieur le Directeur,

Le récépissé de déclaration du 18 février 2008 délivré à la commune de Meyronne relatif à l'épandage des boues de la station d'épuration de Meyronne-Creysse a été abrogé par arrêté préfectoral n° E-2012-341 du 16 novembre 2012. Le motif de cette abrogation était une concentration en cuivre dans les boues supérieure à la valeur limite autorisée à savoir 1000 mg/kg de MS.

Depuis lors la situation a évolué, notamment suite à la mise en place d'un traitement sur l'eau potable, ce qui a permis de réduire sensiblement la teneur en cuivre des boues. Vous trouverez en pièce jointe, les résultats d'analyse concernant les prélèvements de boues réalisés le 21 janvier 2014 dans le silo de stockage et dans le bassin d'aération de la station d'épuration.

Comme vous pourrez le constater, si la teneur en cuivre dans le silo de stockage est encore supérieure au seuil réglementaire permettant leur valorisation par épandage agricole par contre, la concentration dans le bassin d'aération est de 843 mg/kg MS, ce qui serait compatible avec leur épandage. Cette différence de qualité entre les boues du bassin d'aération et celles du silo, s'explique vraisemblablement par le temps de séjour important des boues dans le silo (plus de 12 mois) qui favorise le piégeage, dans la matière sèche des boues, du cuivre contenu dans l'eau interstitielle.

Afin de ne pas continuer à utiliser le silo et donc d'augmenter la quantité de boues chargées en cuivre qui devra être éliminée en filière spécialisée, nous étudions actuellement une solution permettant de valoriser directement les boues du bassin d'aération par épandage en évitant tout stockage prolongé.

Nous souhaiterions donc pouvoir épandre les boues du bassin d'aération sur les parcelles du plan d'épandage dont certaines seraient disponibles dans les semaines à venir. Cet épandage se ferait bien entendu dans les conditions de mise en œuvre réglementaire (analyse des boues, synthèse annuelle...).

Il s'agirait là d'une situation temporaire sachant qu'un nouveau dossier de déclaration sera déposé, dès lors que le nouveau mode de stockage des boues permettant la limitation de leur temps de séjour aura été défini (stockage de 4 mois au lieu de 24 mois dans le silo, recours à l'utilisation des lits de séchage plantés de roseaux d'Alvignac ...).

Je vous saurais gré de bien vouloir me faire connaître votre avis quant à cette démarche.

Restant à votre disposition, je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes sentiments distingués.

Le responsable du service,



Jean-Yves PEYTAVIT

PJ : Résultats d'analyses

Objet : CHAULAGE DU SILO DE STOCKAGE DES BOUES DE LA STATION D'EPURATION DE MEYRONNE-CREYSSE

Date : 9/03/2015	Heure : 11h30	Lieu : STEU Meyronne	Secteur(s) concerné(s) : Boues
Durée : 2 heures			

Participants :

- M. BALLANDRE, adjoint au Maire de Meyronne
- Jeannot GENDRE, préposé à la STEU de Meyronne
- Jean-Marc, préposé de Creysse
- Nicolas DU PONTAVICE, technico-commercial LHOIST
- Jean-Marc RODRIGUEZ, technicien LHOIST
- M. BATAILLE, chauffeur de Norbert Dentressangle
- Angélique SALVO, SYDED du Lot

Liste de diffusion : interne

Ordre du jour :

1. Chaulage du silo
2. Discussions

Synthèse des discussions, actions décidées

1. Chaulage du silo

Une agitation continue des boues du silo a été mise en place 72 heures avant le chaulage. La livraison de 20 t de lait de chaux s'est effectuée par camion-citerne (20 t) le lundi 9 mars. Il était prévu d'injecter le lait de chaux à l'aide d'un « canon » sur roulotte mais il s'est avéré être trop petit pour dépasser le mur du silo. L'injection a donc été effectuée à l'aide d'un tuyau. En fonction des longueurs de raccords disponibles, deux points d'injection ont été définis : au droit du raccord de vidange du silo et en face du local technique (cf. figure 1 et 2).

Point d'injection 1



Figure 1 : Vu d'ensemble de l'injection de lait de chaux

L'injection du lait de chaux a duré une heure (de 12h à 13h). Au début du chaulage, l'agitateur du silo était en position haute pour casser la croûte qui s'était formée à cause d'une agitation préalable en position basse. Ensuite, au cours de l'opération, il a été mis en position basse pour limiter la décantation du lait de chaux et favoriser l'homogénéisation.

Synthèse des discussions, actions décidées

Pendant l'opération il a été observé des remontées de boues (cf. figure 2), et l'homogénéisation n'était pas très bonne (cf. figure 3). En fin d'opération le pH mesuré des boues du silo était de 7. Or, si l'homogénéisation avait été correcte le pH aurait dû être de 12. De plus, la couleur des boues est restée assez foncée ce qui suppose une décantation du lait de chaux et confirme le mauvais mélange.



Figure 2 : Points d'injection du lait de chaux



Figure 3 : Boues du silo de stockage pendant chaulage

Au cours de l'après-midi, les préposés ont déplacé l'agitateur sur la hauteur du silo pour homogénéiser les boues. Ils l'ont aussi sorti pour retirer une assez importante quantité de déchets (cf. figure 4) ce qui a permis un meilleur fonctionnement par la suite. Le nettoyage de cet agitateur sera effectué régulièrement jusqu'à l'épandage



Figure 4 : Déchets retirés de l'agitateur

Synthèse des discussions, actions décidées

Ainsi le mardi 10 mars, les boues du silo étaient homogènes et de couleur brun clair (cf. figure 5). Il a pu être observé en surface un mouvement des boues dû à l'agitation, et ce, même en position basse, ce qui n'était pas le cas précédemment. Enfin, un pH de 12 a été mesuré dans les boues ce qui confirme le bon mélange des boues et du lait de chaux. Un prélèvement préalable à l'épandage a donc été effectué à l'aide d'une canne.



Figure 5 : Boues après chaulage et homogénéisation de 24H

L'agitation a été réglée en attendant l'épandage à 6h par jours et sera réglée en fonction du mélange.

2. Discussions

M. BALLANDRE est passé en début d'opération. Il a discuté avec M. DU PONTAVICE de chaux et de l'entreprise LHOIST. Il a demandé si le plan d'épandage avait été réactivé, et si l'abrogation ne pouvait pas être retirée avec un nouvel arrêté. Le chaulage en routine a aussi été évoqué.

Le SYDED explique que l'opération a été autorisée ponctuellement par la DDT pour cette campagne et qu'ensuite un nouveau dossier de déclaration devra être déposé. De même, une étude technico-économiques est à réaliser en ce qui concerne le chaulage en routine.

M. DU PONTAVICE propose, s'il y a nécessité, de visiter la station de Cahors du 6 au 11 avril avec Alain CUDREY (ingénieur conseil, société LHOIST) pour trouver des solutions en lien avec la chaux.

M. DU PONTAVICE explique suite à une question sur le compostage que les clients qui chaulent ne font pas de compostage. Il sait tout de même que lorsqu'on chaulé il peut y avoir reprise de l'activité biologique lente donc le compostage serait possible mais prendrait plus de temps.

Établi par : Angélique SALVO	Visa
Le : 16 mars 2015	AS

Validé par : Jean-Yves PEYTAVIT	Date et visa	
	Le : 01/04/15	JYP

ANNEXE 25 : Compte-rendu sur les effets du chaulage des boues du silo de stockage de la STEU de Meyronne-Creysse sur leur décantabilité et leur matière sèche

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>ESSAIS DE CHAULAGE SUR LES BOUES DU SILO DE STOCKAGE DE LA STEU DE MEYRONNE-CREYSSE</p>	<p>AS</p> <p>26/01/15</p>
---	---	---------------------------

Ce compte-rendu présente les manipulations effectuées sur les boues du silo de stockage de Meyronne. Différents taux de chaulage ont été appliqués à ces boues à l'aide de lait de chaux prêt à l'emploi Neutralac SLS45. Le but est de valider l'apport théorique de matière sèche par le lait de chaux et l'action sur la décantabilité des boues chaulées.

1. Matériel et méthode

1.1. Matériel

- Bêchers de 2L
- Eprouvettes
- Agitateur
- Neutralac SLS45
- pH-mètre kit 4

1.2. Méthode

1.2.1. Préparation des échantillons

Dans un premier temps seront préparés les échantillons de bous chaulées. Les taux de chaulage visés sont de 20% ; 30% ; 40% et 50%. Le témoin sera composé des boues du silo de stockage non chaulées.

Calcul du volume de Neutralac SLS45 à apporter :

Données Neutralac SLS 45
 Lait de chaux Ca(OH)₂ Teneur en matière sèche : 450 g/kg
 Densité = 1,35

Quantité de MS à traiter

$$M_{\text{Boues}} = V \times MS_{\text{Boues}}$$

Avec,

M_{Boues} : quantité de MS à traiter en g

V : volume de boues à traiter en L

MS_{Boues} : teneur en matière sèche des boues en g/L

Quantité de Ca(OH)₂ à apporter

$$M_{\text{Ca(OH)}_2} = T_c \times 74/56 \times M_{\text{Boues}}$$

Avec,

$M_{\text{Ca(OH)}_2}$: quantité de lait de chaux à apporter en g

T_c : taux de chaulage en %

Quantité de Neutralac à apporter

$$M_{\text{Neutralac}} = M_{\text{Ca(OH)}_2} / 0,45$$

Avec,

$M_{\text{Neutralac}}$: Quantité de Neutralac à apporter en g

Volume de Neutralac à apporter

$$V_{\text{Neutralac}} = M_{\text{Neutralac}} / 1,35$$

Avec,

$V_{\text{Neutralac}}$: Volume de Neutralac à apporter en mL

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>ESSAIS DE CHAULAGE SUR LES BOUES DU SILO DE STOCKAGE DE LA STEU DE MEYRONNE-CREYSSE</p>	<p>AS</p> <p>26/01/15</p>
---	---	---------------------------

Pour un taux de chaulage donné, verser le volume de Neutralac calculé dans un bécher et compléter au volume de boues à traiter. Homogénéiser jusqu'à l'obtention d'un échantillon homogène.

1.2.2. Tests de chaulage

But : Valider l'augmentation de la MS sur les boues d'épuration de Meyronne.

Protocole : Après la préparation des échantillons, vérifier que le pH de 12 a été atteint pour la stabilisation de la boue. Remplir un flacon de 250 mL au 2/3 pour analyser la teneur en matière sèche des boues.

1.2.1. Test de décantation

But : Apprécier l'action de la chaux sur la décantation des boues d'épuration de Meyronne.

Protocole : Verser dans des éprouvettes de 1 L les échantillons. Noter l'heure. Laisser décanter et noter les volumes et le temps de décantation pour comparaison.

2. Résultats

2.1. Préparation des échantillons

Les boues testées ont été prélevées le 18/12/14 dans le silo de stockage de Meyronne et conservées une nuit au réfrigérateur avant d'être manipulées le 19/12/14.

Les boues sont supposées à 25 g/L¹ de MS (MS_{Boues}) et le taux de chaulage est calculé pour volume de boues V de 1,8L ; soit une quantité de matière sèche M_{Boues} de 45 g à traiter.

Tableau 1 : Volumes de lait de chaux calculés en fonction des taux de chaulage visés

Echantillons	Unité	1	2	3	4
Taux de chaulage Tc	%	20	30	40	50
Volume de boues	mL	1	1,8	1,8	1
Quantité de Ca(OH) ₂ $M_{\text{Ca(OH)2}}$	g	6,61	17,84	23,79	16,52
Quantité de Neutralac $M_{\text{Neutralac}}$	g	14,68	39,64	52,86	36,71
Volume de Neutralac $V_{\text{Neutralac}}$	mL	10,88	29,37	39,15	27,19

Pour exemple : pour un taux de chaulage à 30% verser dans un bécher 29,37 mL de Neutralac et compléter au volume V avec de la boue.

Notons que le mélange de la chaux avec la boue était compliqué (pas de matériel adapté) → utilisation d'un bâton en bois pour le mélange, reste tout de même un peu de lait de chaux non mélangée lorsqu'on on remue.

Aspect visuel des échantillons:

- Témoin : liquide brun foncé, une seule phase.

¹ Selon l'analyse de décembre 2014 du silo de stockage

	Etude du cuivre dans les boues d'épuration COMPTE-RENDU DE MANIPULATION	AS 26/01/15
	ESSAIS DE CHAULAGE SUR LES BOUES DU SILO DE STOCKAGE DE LA STEU DE MEYRONNE-CREYSSE	

- Echantillons 1 à 4 : brun clair, couche brillante sur le dessus.

2.2. Tests de chaulage

La mesure initiale du pH a été effectuée pour vérifier la stabilisation des boues (cf. tableau 2):

Tableau 2 : Mesures des paramètres des échantillons chaulés à t=0

Echantillons	Témoin	1	2	3	4
pH	6,96	12,57	12,63	12,63	12,66
Température (°C)	15,8	16,1	15,8	15,9	15,9

Les échantillons chaulés ont bien atteint le pH requis pour la stabilisation biologique. Après 48 heures de stockage, le pH mesuré des échantillons est toujours supérieur à 12.

Tableau 3 : Résultats d'analyses des échantillons chaulés

Essai	Témoin	1	2	3	4
Matière sèche (%)	1,9	2,5	3,1	3,6	ND

Les analyses de MS ont été effectuées par le laboratoire départemental du Lot (cf. tableau 3).

Les résultats montrent premièrement que la matière sèche de la boue du silo de stockage, c'est-à-dire du témoin, est en réalité à 19 g/L et non pas 25 g/L pris en compte dans le calcul du taux de chaulage. Il doit donc être recalculé en conséquence.

Calcul du taux de chaulage réel

Tableau 4 : Calcul du taux de chaulage réel

Echantillons		1	2	3	4
Volume de boues	L	1	1,8	1,8	1
Quantité de MS de boues	g	19	34,2	34,2	19
Volume de Neutralac SLS45	mL	10,88	29,37	39,15	27,19
Masse de Neutralac SLS45	g	14,68	39,64	52,86	36,71
Quantité de CaOH2 apportée	g	6,61	17,84	23,79	16,52
Taux de chaulage Tc	%	26	39	53	66

Interprétations

Tableau 5 : Résumé des résultats

Taux de chaulage	Témoin	26%	39%	53%	66%
pH initial	6,96	12,57	12,63	12,63	12,66
Température (°C)	15,8	16,1	15,8	15,9	15,9
Matière sèche analysée (%)	1,9	2,5	3,1	3,6	ND
Taux d'augmentation siccité	-	32%	63%	89%	ND
Matière sèche théorique (%)	-	2,6	2,9	3,2	3,6

Le chaulage a permis de passer d'un pH d'environ 7 à 13.

Avec un taux de chaulage de 26% les boues ont atteint le pH de stabilisation. Il ne faut donc pas forcément beaucoup de Neutralac pour stopper l'activité biologique, mais le taux de chaulage à appliquer dépendra surtout du temps de stockage des boues. En effet, la reprise de l'activité biologique est possible après un certain temps si le taux de chaulage initial est trop faible.

La matière sèche théorique de la boue chaulée est relativement proche de la matière sèche expérimentale.

2.3. Test de décantation

La décantation a débutée le 19 décembre 2014 à 15h25 pour les échantillons 0, 1 et 2. Après 1h aucun volume n'avait décanté.

Observations des échantillons réalisées le 22/12/2014 (cf. figure 1) :

- Témoin : les boues sont remontées à la surface, elles se situent au-dessus de 250 mL avec un pH de 7,2.
- Echantillon 2 : les boues ont décanté, test de décantation à 820 mL. Fin film de boues en surface. pH = 12,4.
- Echantillon 3 : les boues ont décanté, test de décantation à 780 mL. Fin film de boues en surface. pH = 12,5.

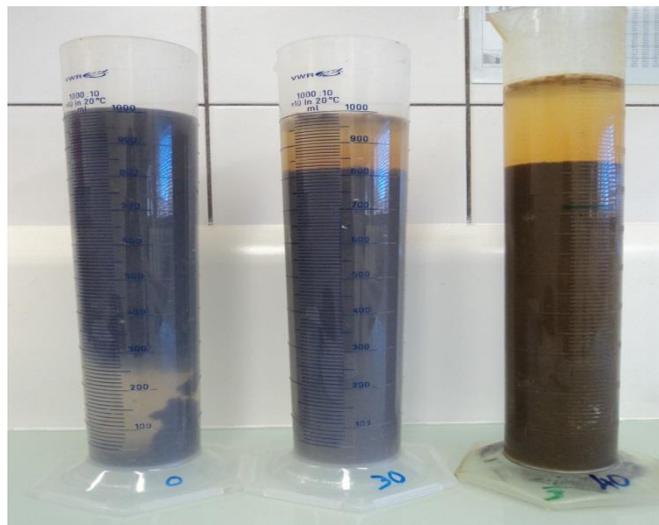


Figure 1 : Résultats des tests de décantation

Interprétations

Les résultats ainsi que la part du volume décanté sont présentés tableau 6.

Tableau 6 : Récapitulatif des résultats

Taux de chaulage (%)	0	39%	53%
pH initial	6,96	12,63	12,63
pH > 30h	7,2	12,4	12,5
Volume de boues après décantation (mL)	ND	820	780
Volume décanté (mL)	0	180	220
Part du volume de surnageant	ND	18%	22%

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>ESSAIS DE CHAULAGE SUR LES BOUES DU SILO DE STOCKAGE DE LA STEU DE MEYRONNE-CREYSSE</p>	<p>AS</p> <p>26/01/15</p>
---	---	---------------------------

Le pH est supérieur à 12 après 48h, l'activité biologique n'a pas repris. Le volume décanté est un peu plus élevé pour le taux de chaulage à 53% qu'à 39%.

Il faut savoir que si on ajoute 10% au taux de chaulage des boues de Meyronne, on augmente d'environ 2 € le prix du m³ de boues épandu. Il est donc intéressant économiquement de choisir le taux de chaulage nécessaire à la stabilisation biologique sans excès mais qui assure tout de même la non reprise de l'activité biologique si le temps de stockage est très élevé.

Par ailleurs, dans le cas du silo de stockage actuellement rempli, il serait intéressant après chaulage de laisser décanter car il y a épaissement des boues. Le but est de retirer le surnageant et ainsi diminuer le volume de boues et donc le coût de leur épandage.

En conclusion, la stabilisation des boues est active à partir du taux de chaulage de 26%. Il semblerait que le chaulage des boues améliore leur décantation. De ce fait, dans le cas du chaulage du silo de stockage, il est possible de retirer une partie du surnageant pour augmenter la siccité des boues mais surtout transporter moins de volume de boues lors de leur évacuation. En ce qui concerne la matière sèche, il y a effectivement un apport important par le réactif Neutralac, le taux de chaulage doit néanmoins être choisi en fonction du temps de stockage des boues avant évacuation et dans les meilleures conditions technico-économiques. Des tests sont actuellement effectués dans des silos pilotes situés à la STEU de Meyronne-Creysse pour choisir le bon taux de chaulage à appliquer et déterminer le temps de stockage maximum sans nouveau chaulage.

**ANNEXE 26 : Calculs de la valeur neutralisante et du redressement de pH des
boues de la STEU de Meyronne-Creysse**

Valeurs à saisir

Données

Volume de boues à traiter	<i>m³</i>	400
Teneur en matière sèche des boues	<i>g/L</i>	20
Concentration en cuivre des boues	<i>mg/kgMS</i>	1400
Concentration en cuivre souhaitée	<i>mg/kgMS</i>	800

Calcul de la quantité de MS à apporter pour atteindre la concentration en cuivre souhaitée

Quantité de MS des boues	<i>kg MS</i>	8000
Quantité de cuivre des boues	<i>mg</i>	11200000
Quantité de MS CaO à apporter	<i>kg</i>	6000
Quantité de lait de chaux à injecter	<i>t</i>	56

$$MS_{\text{Chaux}} (\text{kg}) = [\text{Cu boues}(\text{mg/kg MS}) - \text{Cu souhaitée}(\text{mg/kg MS}) * \text{MS boues} (\text{kg})] / \text{Cusouhaitée} (\text{mg/kg MS})$$

Caractéristiques de la chaux utilisée

Teneur en matière sèche (CaO)	<i>%CaO/matière sèche</i>	94%
Total équivalent CaO	<i>1 kg CaO = 1 Eq CaO</i>	6000 U VN

1 UVN = 1 Eq CaO
1 Eq CaO = 1 kg CaO = 1,4 kg MgO

VN Chaux <i>kg CaO/100 kg MB</i> = 32

Boues

Concentration en CaO de la boue	<i>g CaO/kg MS</i>	28
Concentration en MgO de la boue	<i>g MgO/kg MS</i>	5,9
Equivalent CaO de la boue	<i>kg CaO = Eq CaO</i>	224
Equivalent MgO de la boue	<i>kg MgO = 1,4Eq CaO</i>	66
Total équivalent CaO de la boue	<i>Eq CaO</i>	290 U VN

VN Boues <i>kg CaO/100 kg MB</i> = 0,07

Mélange

Volume du mélange	<i>m³</i>	456
Masse du mélange	<i>kg MS</i>	406000
Total équivalent CaO	<i>Eq CaO</i>	6290 U VN

VN mélange <i>kg CaO/100 kg MB</i> = 1,4
--

Redressement du pH du sol

Dose apport sur sol	<i>m³/ha</i>	31
Equivalent CaO apporté par ha	<i>U VN/ha</i>	487
Redressement de pH	<i>U pH</i>	0,14

$$\text{Redressement pH} = \text{Equivalent CaO apporté par ha (U VN/ha)} / 3500$$

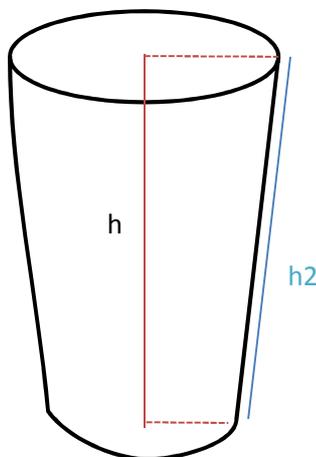
**ANNEXE 27 : Calculs préalables à la mise en place des silos pilotes chaulés à la
STEU de Meyronne-Creysse**

Calculs des volumes des pilotes pour les essais de chaulage

Volume du tronc conique :

$$V = (h * \frac{\pi}{3})(R^2 + r^2 + Rr)$$

$$h = (3V) / \pi(R^2 + r^2 + Rr)$$



Rq : h = h2-1 cm

Dimensions

		Pilotes 1 et 2		Pilote 3	
		cm	m	cm	m
Rayon du grand cercle	R	25,5	0,255	25	0,25
Rayon du petit cercle	r	21,25	0,2125	20	0,2
Hauteur du silo pilote	h	46,5	0,465	45	0,45
Hauteur des parois	h2	47,5	0,475	46	0,46
Volume total de la poubelle	V (L)		80		72

Hauteurs de remplissage

	Pilotes 1 et 2
Pour V =	60 L
h =	35 cm

	Pilote 3
Pour V =	60 L
h =	38 cm

Pour obtenir un volume final de 60 L de boues chaulées, il faut remplir les pilotes :

- 1 et 2 jusqu'à 35 cm de hauteur de boues
- 3 jusqu'à 38 cm de hauteur de boues

Calculs des volumes de lait de chaux à ajouter dans les silos pilotes en prenant en compte les résultats de MS du premier silo pilote.

Pilote 1

Taux de chaulage voulu	30%
Equivalent CaOH ₂	40%
MS boue premier silo pilote	14 g/L
Densité réactif SLS45	1,35
Teneur en MS SLS45	450 g/kg

Volume de boues	60 L
Quantité de MS de boues	840 g
Quantité de CaOH ₂ à apporter	333 g
Quantité de Neutralac SLS45	0,74 kg SLS45
Volume de Neutralac SLS45	0,55 L de SLS45

Pilote 2

Taux de chaulage voulu	50%
Equivalent CaOH ₂	66%
MS boue	14 g/L
Densité réactif SLS45	1,35
Teneur en MS SLS45	450 g/kg

Volume de boues	60 L
Quantité de MS de boues	840 g
Quantité de CaOH ₂ à apporter	555 g
Quantité de Neutralac SLS45	1,23 kg SLS45
Volume de Neutralac SLS45	0,91 L de SLS45

Calculs des taux de chaulage réels compte tenu des résultats d'analyse de MS des boues extraites

MS boue mesurée	7 g/L
Densité réactif SLS45	1,35
Teneur en MS SLS45	450 g/kg

		Pilote 1	Pilote 2
Volume de Neutralac SLS45	<i>L de SLS46</i>	0,55	0,91
Volume de boues	<i>L</i>	60	60
Quantité de MS de boues	<i>g</i>	420	420
Quantité de CaOH ₂ apportée	<i>g</i>	334,13	552,83
Quantité de Neutralac SLS45	<i>g SLS46</i>	0,74250	1,23
Taux de chaulage		60%	100%
Equivalent CaOH ₂		80%	132%

Calcul de la quantité de lait de chaux à ajouter pour le pilote 3 - taux de chaulage à 30%

Taux de chaulage voulu	30%
Equivalent CaOH ₂	40%
Volume de boues	60 L
Quantité de MS de boues	420 g
Quantité de CaOH ₂ à apporter	167 g
Quantité de Neutralac SLS45	0,37 kg SLS45
Volume de Neutralac SLS45	0,27 L de SLS45

Calculs des concentrations en cuivre théoriques

Mesure

Volume de boues silo pilote 567 L

Résultat d'analyses

Matière sèche du silo pilote 7 g/L

Concentration en cuivre 801 mg/kg MS

Calculs

		Pilote 1	Pilote 2	Pilote 3
Volume de chaux apporté	<i>L</i>	0,55	0,91	0,27
Apport de MS par chaulage	<i>g Ca(OH)₂</i>	334,13	552,83	167
Volume de boues des pilotes	<i>L</i>	60	60	60
MS des boues	<i>g MS</i>	420	420	420
Volume total du pilote	<i>L</i>	60,55	60,91	60,27
MS totales du pilote	<i>g</i>	754,13	972,83	587,00
MS pilote théorique	<i>g/L</i>	12	16	10
Concentration théorique en cuivre	<i>mg/kgMS</i>	446	346	573

ANNEXE 28 : Résultats des mesures et des analyses sur les silos pilotes chaulés

Témoïn		Tc = 0%							
Date de prélèvement	pH	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	Température (°C)		Volume de boues (L)	MS (g/L)	MO (g/MS)	Cuivre (mg/kgMS)	Quantité de cuivre calculée (mg)
18/12/2014	6,52	752	11,0		567	7	817	801	3178
15/01/2015	6,85	631	6,2		491	7	804	799	2744
12/02/2015	7,10	1016	2,2		479	7	805	803	2692
10/03/2015	7,70	1065	7,0		459	7	810	885	2845
09/04/2015	7,10	1160	9,7		442	7	800	834	2580
19/05/2015	6,90	1610	16,2		424	7	783	902	2677
08/06/2015	7,30	1740	21,7		411	7	772	899	2589

Pilote 1		Tc = 60%							
Date	pH	Conductivité (mS/cm)	Température (°C)	Hauteur sans boues (cm)	Volume de boues (L)	MS (g/L)	MO (%)	Cu (mg/kgMS)	Quantité de cuivre calculée (mg)
18/12/2014	12,25	7,92	11,0	0,0	60	11	39,9	453	299
15/01/2015	12,88	7,44	5,6	14,0	56	11	39,0	453	279
12/02/2015	13,04	7,09	1,6	15,5	53	12	41,7	466	298
10/03/2015	12,77	6,45	7,2	17,3	50	12	43,0	486	293
09/04/2015	12,82	6,20	8,7	20,2	45	13	44,0	401	236
19/05/2015	9,90	1,87	15,2	27,0	34	16	45,8	447	240
08/06/2015	8,18	2,82	19,3	31,0	27	19	42,7	440	223

Pilote 2		Tc = 100%							
Date	pH	Conductivité (mS/cm)	Température (°C)	Hauteur sans boues (cm)	Volume de boues (L)	MS (g/L)	MO (%)	Cu (mg/kgMS)	Quantité de cuivre calculée (mg)
18/12/2014	12,65	8,00	11,0	0	60	14	25,5	347	291
15/01/2015	12,80	8,20	5,7	13,6	57	14	25,0	364	289
12/02/2015	12,95	8,80	1,5	15,7	53	15	26,9	334	266
10/03/2015	12,90	7,16	7,1	17,2	50	15	29,0	365	276
09/04/2015	12,81	5,15	9,5	20,5	45	17	29,0	328	250
19/05/2015	12,33	6,80	15,4	27,3	33	21	30,5	355	246
08/06/2015	12,23	6,81	19,4	31,5	26	26	30,9	326	219

08-juin cristallisation en surface et moussage

Pilote 3		Tc = 30%							
Date	pH	Conductivité (mS/cm)	Température (°C)	Hauteur sans boues (cm)	Volume de boues (L)	MS (g/L)	MO (%)	Cu (mg/kgMS)	Quantité de cuivre calculée (mg)
15/01/2015	12,68	7,12	5,9	9,5	58	10	46,0	508	296
12/02/2015	12,50	7,40	1,9	11,6	53	10	48,0	534	285
10/03/2015	12,45	5,86	8,0	13,8	50	10	50,0	533	266
09/04/2015	12,87	3,20	8,5	17,8	43	12	51,0	483	252
19/05/2015	8,82	1,91	15,2	25,8	31	15	48,2	528	243
08/06/2015	8,06	2,79	19,1	30,5	23	18	45,9	527	220

Remarque :

Après 1 mois, il y a décantation des boues au fond du pilote ainsi que de la chaux

Lorsqu'on homogénéise il y a une couche d'écume/mousse blanche due à la chaux, le mélange semble homogène.

A noter que, pour chaque pilote de chaulage, il n'y a pas de perte de cuivre sauf celui retiré lors des prélèvements.

Dans le témoin, la quantité du cuivre biodégradable s'élèverait à 275 mg.

**ANNEXE 29 : Note aux communes de Meyronne et de Creysse sur la
problématique d'élimination des boues trop riches en cuivre pour une valorisation
agricole**

NOTE SUR LA PROBLEMATIQUE D'ELIMINATION DES BOUES TROP RICHES EN CUIVRE POUR UNE VALORISATION AGRICOLE STATION D'EPURATION DE MEYRONNE-CREYSSE

Lors de la précédente réunion du 19 décembre 2014 à Meyronne, le SYDED proposait de traiter à la chaux le lot de boues stockées dans le silo, pour compenser la perte de matière sèche due au stockage, et valoriser ces boues en agriculture. En effet, ces boues n'étaient pas épandables du fait de leur teneur en cuivre non conforme à l'arrêté du 8 janvier 1998 relatif à l'épandage des boues. Une demande a alors été émise auprès de la DDT le 24 décembre 2014 en vue de chauler ces boues. Ainsi, par courrier du 2 février 2015 la DDT a accordé à titre exceptionnel l'autorisation de chauler le silo, dans l'attente de la mise en place d'un traitement des boues en continu qui vise à stabiliser l'activité biologique des boues. Le plan d'épandage ayant été abrogé, il faudra aussi effectuer le dépôt d'un nouveau dossier de déclaration préalablement aux futurs épandages à la DDT.

1. Traitement des boues stockées dans le silo

1.1. Chaulage préalable à l'épandage

La livraison de 20 tonnes de lait de chaux s'est effectuée par camion-citerne le lundi 9 mars. L'injection a duré une heure et a été effectuée à l'aide de tuyaux en deux points d'injection : au droit du raccord de vidange du silo et en face du local technique.



Figure 1 : Vue d'ensemble de l'injection de lait de chaux

Pendant l'opération il a été observé des remontées de boues, et l'homogénéisation n'était pas très bonne. En fin d'opération le pH mesuré des boues du silo était de 7, et la couleur des boues était brun foncé ce qui attestait d'un mauvais mélange.

Un nettoyage de l'agitateur a été effectué dans la journée, ainsi le mardi 10 mars, les boues du silo étaient homogènes, de couleur brun clair (cf figure 2) et le pH de 12 attendu a été mesuré ce qui a confirmé l'homogénéité des boues et le chaulage de l'ensemble du silo.



Figure 2 : Boues chaulées

1.2. Epandage des boues chaulées



Les boues après chaulage étant conformes, elles ont pu être épandues du 7 au 8 avril 2015, soit 448 m³ de boues.

Le cône du silo n'a pas pu être pompé car les boues étaient trop épaisses.

1.3. Coût des opérations

Opération	Prix unitaire	Quantité	Coût HT
Chaulage	178,00 € /t	20 tonnes	3 556,44 €
Epandage des boues (CUMA Environnement de Girac)	21,00 € /m ³	448 m ³	9 408,00 €
<i>TOTAL</i>			12 964,44 €

Pour rappel, l'élimination des boues en filière spécifique avait été estimé à 30 000 € HT.

→ Le chaulage en routine doit être mis en place rapidement pour éviter l'évolution des boues qui seront extraites dorénavant.

2. Traitement des boues en continu

L'ajout de chaux en quantité importante afin de compenser la perte en matière sèche a exceptionnellement été autorisé par la DDT. Il est désormais nécessaire de stabiliser les boues dès leur extraction vers le silo par mise en place d'un chaulage en continu des boues.

2.1. Silos pilotes

Pour bloquer l'évolution de la boue et donc la perte de matière organique (MO) et par conséquent celle de matière sèche (MS), il est possible de la stabiliser par chaulage. Ainsi, 3 silos pilotes ont été mis en place pour évaluer la stabilisation de la MO et son impact sur la concentration en cuivre (Cu). Les paramètres suivis sont MS, MO, Cu et pH qui est à 12 lorsque les boues sont stabilisées.

Les taux de chaulage de 30%, 60% et 100% ont été appliqués aux boues des pilotes et un témoin a été réalisé. 30% est le taux de chaulage préconisé dans la littérature comme meilleur compromis technico-économique pour un stockage temporaire.

Témoïn

Date	pH	MS (g/L)	Cuivre (mg/kg MS)	MO (%)
18/12/2014	6,5	7	801	81,7
15/01/2015	6,9	7	799	80,4
12/02/2015	7,1	7	803	80,5
10/03/2015	7,7	7	885	81,0
09/04/2015	7,1	7	834	80,0
19/05/2015	6,9	7	902	78,3

Taux de chaulage 30%

Date	pH	MS (g/L)	Cu (mg/kgMS)	MO (%)
15/01/2015	12,7	10	508	46
12/02/2015	12,5	10	534	48
10/03/2015	12,5	10	533	50
09/04/2015	12,9	12	483	51
19/05/2015	8,8	15	528	48

Le pH passe de 12 à 8 au bout de 4 mois ce qui atteste d'une reprise de l'activité biologique au sein des boues chaulées à 30%.

Taux de chaulage 60%

Date	pH	MS (g/L)	Cu (mg/kgMS)	MO (%)
18/12/2014	12,3	11	453	39,9
15/01/2015	12,9	11	453	39,0
12/02/2015	13,0	12	466	41,7
10/03/2015	12,8	12	486	43,0
09/04/2015	12,8	13	401	44,0
19/05/2015	9,9	16	447	45,8

Le pH passe de 12 à 9 au bout de 5 mois ce qui atteste d'une reprise de l'activité biologique au sein des boues chaulées à 60%. Même si l'impact sur la concentration en cuivre n'est pas encore totalement confirmé, la baisse du pH laisse présager son augmentation prochaine.

Taux de chaulage 100%

Date	pH	MS (g/L)	Cu (mg/kgMS)	MO (%)
18/12/2014	12,7	14	347	25,5
15/01/2015	12,8	14	364	25,0
12/02/2015	13,0	15	334	26,9
10/03/2015	12,9	15	365	29,0
09/04/2015	12,8	17	328	29,0
19/05/2015	12,3	21	355	30,5

D'après les résultats des pilotes, le chaulage à 30% et en une seule fois du silo permettrait de stocker les boues environ 4 mois sans reprise de l'activité biologique, et donc sans nouveau chaulage.

Le temps de stockage des boues dans le silo est de 2 ans. La mise en place d'un chaulage en continu des boues au fur et à mesure de leur extraction pourrait permettre de s'affranchir d'une telle reprise d'activité biologique. Il s'agira d'un élément à surveiller.

A noter que, le reste des boues stockées dans le silo après épandage et les nouvelles boues extraites stockées dans le silo sont passées d'un pH de 12,41 le 19/05/15 à 11,91 le 8/06/15 ce qui laisse penser à une reprise de l'activité biologique.

Ayant constaté une reprise de l'activité biologique sur les pilotes et comme il ne reste plus de volume de boue assez importante pour analyses, leur suivi va être arrêté en juin. Dès la mise en place du chaulage à 30 % des boues du silo de stockage en routine, un suivi de pH et de la concentration en cuivre serait souhaitable dans le silo.

2.2. Mise en œuvre technique du chaulage en routine des boues

Le lait de chaux prêt à l'emploi conditionné en IBC¹ (conteneur de 1 m³) apparaît être la meilleure solution pour maîtriser la concentration du réactif et assurer une bonne homogénéité avec les boues. L'utilisation de chaux est estimée à environ 4 m³ par an soit un coût de 1 800 € HT/an.

Différentes possibilités ont été évaluées pour la mise en place d'un chaulage en continu : soit, un fonctionnement manuel avec injection du lait de chaux directement des IBC ou par l'intermédiaire d'une pompe, soit, un fonctionnement automatisé.

2.2.1. Injection en manuel

Dans tous les cas, la pompe d'extraction des boues devra être utilisée uniquement pour l'opération d'extraction, et non pas pour la recirculation.

Injection par l'exploitant via l'IBC

Principe :

Construction d'une plateforme pour soutenir un IBC à hauteur du génie civil du silo de stockage et injection du lait de chaux par le préposé en ouvrant le robinet.

¹ Intermediate Bulk Container

Manutention des IBC sur la STEU avec un transpalette.

Agitation des IBC 48h avant utilisation du lait de chaux.

Détermination de la dose à injecter en fonction d'un abaque : dose de Neutralac = f(temps de marche pompe extraction).

Noter dans le carnet d'exploitation le volume injecté.

Inconvénients :

Dosage imprécis :

- oubli de chaulage → absence de stabilisation des boues → nécessité de chauler après coup donc il ne s'agirait plus d'une stabilisation réglementaire mais d'une dilution non conforme à la réglementation.

- surdosage : risque d'oubli de fermer le robinet → trop de réactif injecté → surcoût dans consommation réactifs

Coût d'investissement estimé : 3 000 € HT

2.2.2. Injection en automatique

Principe :

Agitation de l'IBC à mettre sur horloge.

Asservissement de la pompe doseuse aux extractions de boues : fonctionnement simultané avec la pompe d'extraction et pour la même durée.

Le débit d'injection est calculé en fonction des saisons (la variation de la concentration des boues recirculées est à mesurer) et du taux de chaulage de 30%.

Qppe extraction = 35 m³/h

Concentration des boues (g/L)	Production de MS (kg MS/h)	Quantité de CaO (kg MS/h)	Volume de Neutralac approximatif (L/h)
7	245	73,5	160
10	350	105	228

Avantages :

Dosage précis et respect du taux de chaulage

Stabilisation immédiate

Pas de manipulation par l'exploitant → gain de temps par rapport à la solution manuelle

Inconvénients :

Vidange et rinçage pompe après chaque opération voire automatisation

Coût d'investissement estimé : 7 290 € HT

Le détail des coûts est donné en annexe.

En conclusion, le chaulage en routine en fonctionnement automatique avec asservissement aux extractions de boues apparaît être la solution qui permet le mieux de garantir un chaulage maîtrisé des boues. Néanmoins le coût d'investissement est estimé à 7 290 € HT. Le coût est moindre pour l'injection en manuel. Même si elle apporte moins de garanties, cette solution à minima peut être envisagée dans l'attente des résultats du suivi qui est à mener sur une année entière et qui permettra de s'assurer que le chaulage à 30 % apporte une solution viable permettant l'épandage.

2.3. Suivi et optimisation du fonctionnement

L'ajout de chaux dans les boues peut avoir des effets sur la file eau tels que :

- Augmentation du pH. En sortie il doit être compris entre 6 et 8,5 d'après l'arrêté du 22 juin 2007.
- Remontées boues dans clarificateur.
- Amplification des mousses en période estivale.
- Inadaptation de la flore bactérienne aux variations de pH.

Pour évaluer ces effets des mesures et des essais seront effectués sur l'eau brute et le bassin d'aération, ainsi qu'une optimisation du traitement et des doses à appliquer avec un suivi sur la station d'épuration du cuivre, pH, de la turbidité...

Essais en laboratoire

Des essais ont été réalisés pour reproduire en laboratoire un retour de surnageant du silo ayant subi un chaulage à 30%, vers le BA puis du BA vers le clarificateur.

Résultats du retour des surnageants dans le BA pour une extraction moyenne et une extraction maximale :

Extraction moyenne				Moyenne
pH initial bassin aération	6,81	6,77	6,78	6,79
pH après retour surnageant	7,92	8,06	8,1	8,03
<i>Augmentation</i>	16%	19%	19%	18%

Extraction maximale				
pH initial bassin aération	6,77	6,86	6,86	6,83
pH après retour surnageant	8,96	9,11	9,08	9,05
<i>Augmentation</i>	32%	33%	32%	33%

Résultats de pH dans le clarificateur pour une extraction maximale :

pH boues recirculées	8,31	8,45	8,44	8,40
pH eau clarifiée	8,37	8,52	8,45	8,45

Ces tests ont été menés à titre d'essais dans des conditions à priori plus défavorable que dans le fonctionnement réel de la station : il n'y a pas de prise en compte de l'aération et donc de l'activité biologique, d'apport d'effluent brut, du temps de séjour...

Ces essais montrent que le pH maximum fixé par la réglementation serait quasiment atteint dans le cas des extractions maximales réalisées actuellement dans le cadre de l'exploitation.

Ainsi, dans l'exploitation il faudrait s'efforcer de limiter le volume extrait de surnageant et l'évacuer régulièrement (~ 40 minutes par jour 2 fois par semaine en période estivale).

Proposition de suivi sur la STEU nécessaire la première année, une fois par mois:

- **File boues : Silo de stockage**
 - pH
 - concentration en cuivre
 - réajustement si besoin du taux de chaulage.

- **File eau :**
 - Bassin d'aération : suivi de la concentration en cuivre, pH
 - pH sur l'effluent traité
 - observation sur les ouvrages (remontées de boues, etc.)
 - consignation des évènements sur le carnet de bord

Coût d'analyses et de traitement des données évalué à environ 2 000 € sur une année.

DOCUMENT DE TRAVAIL

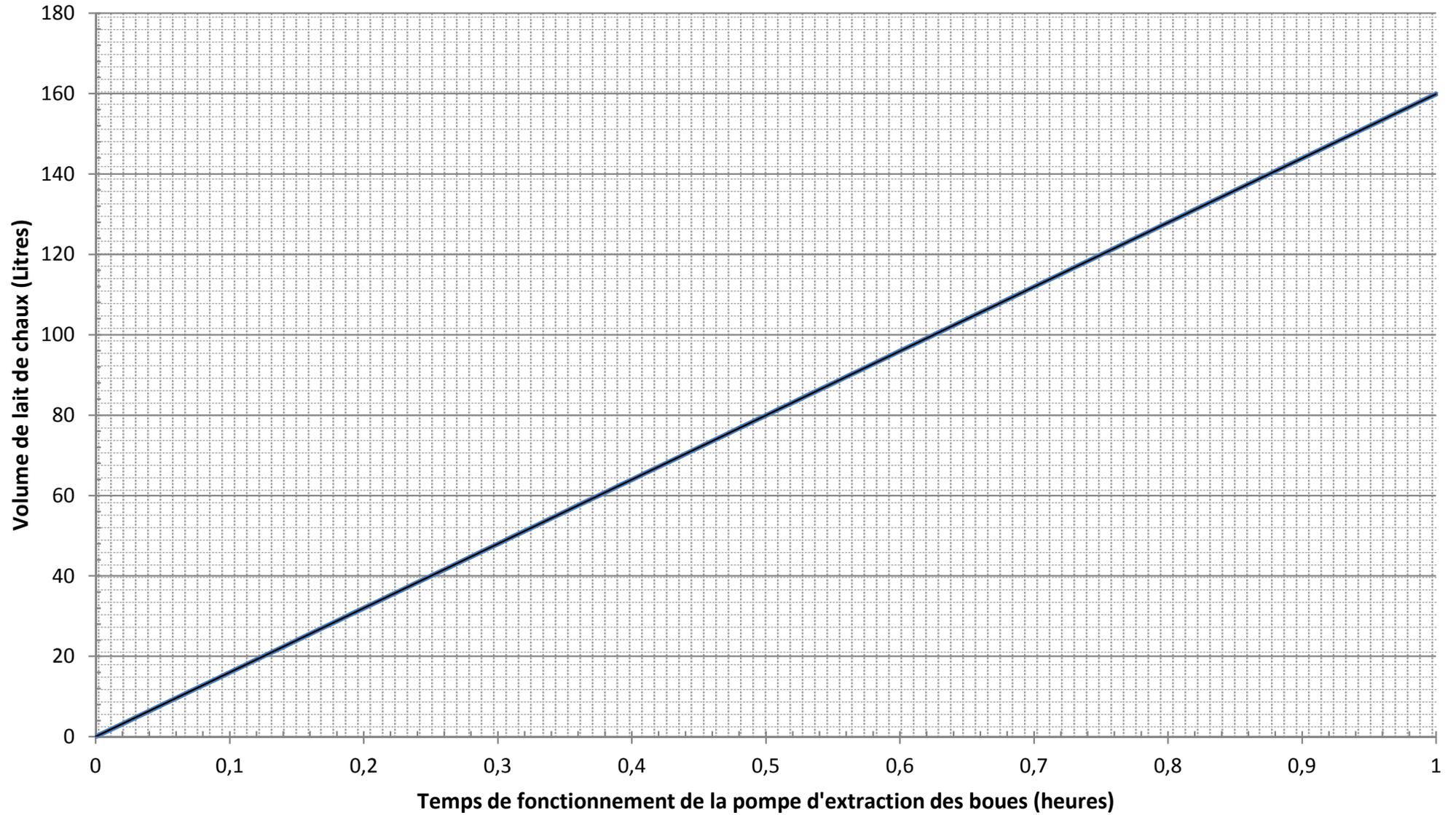
	Désignation	Détail	Cout Unitaire HT	Quantité	Cout HT
Injection manuelle					
<i>Investissement</i>	Agitateur IBC		1 300,0 €	1	1 500 €
	Plateforme support IBC		1 000,0 €	1	1 500 €
<i>Exploitation</i>	Manutention	par le préposé des IBC avec transpalette			- €
					3 000 €
Injection automatique via pompe doseuse					
<i>Investissement</i>	Agitateur IBC	Achat	1 300 €	1	1 500 €
		Installation sur horloge			250 €
	Pompe doseuse	Achat	4 740 €	1	4 740 €
		Installation	700 €	1	700 €
	Injection dans conduite	Vanne quart de tour inox 2" pour fermer la conduite	100 €	1	100 €
<i>Exploitation</i>	Manutention	par le préposé des IBC avec transpalette			- €
					7 290 €
<i>Consommables</i>	Livraison de lait de chau 4 m3 pour 1 an		450 € /IBC	4	1 800 €

DOCUMENT

ANNEXE 30 : Abaque du volume de lait de chaux à introduire dans le silo de stockage de la STEU de Meyronne-Creysse en fonction du volume de boues extrait

Abaque du volume de lait de chaux à injecter dans les boues du silo de stockage.

hypothèse : boues extraites vers le silo à 7 g MS/L - Taux chaulage : 30%



**ANNEXE 31 : Compte-rendu des effets du chaulage des boues du silo de stockage
de la STEU de Meyronne-Creysse sur le pH de l'eau et des boues**

Ce compte-rendu présente les manipulations effectuées sur les boues du bassin d'aération et l'eau clarifiée de la station d'épuration de Meyronne-Creysse. Le retour des surnageants issus de la décantation des boues du silo de stockage, après chaulage, pourrait impacter la file eau. Notamment, la biomasse du bassin d'aération par élévation brusque du pH, ainsi que le pH de l'eau traitée qui selon l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux eaux usées doit être compris entre 6 et 8,5.

Le but des essais est d'estimer l'impact du chaulage des boues du silo de stockage sur le pH de la file eau pour anticiper et/ou éviter d'éventuels dysfonctionnements.

1. Matériel et méthode

1.1. Matériel

- Bêchers
- Eprouvettes
- Agitateur
- Neutralac SLS45 (Lait de chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - Teneur en matière sèche : 450g/kg - Densité = 1,35)
- pH-mètre

1.2. Méthode

1.2.1. Principe

Les essais sont basés sur une reproduction du fonctionnement de la station d'épuration. Dans un premier temps, les surnageants des boues chaulées et décantées sont extraits du silo de stockage vers le bassin d'aération (points 1 à 2 du schéma ci-dessous). Le surnageant est donc mélangé aux boues du bassin d'aération. Ensuite, la liqueur mixte (boues biologiques non décantées) est pompée du bassin d'aération vers le clarificateur (points 2 à 3 du schéma).

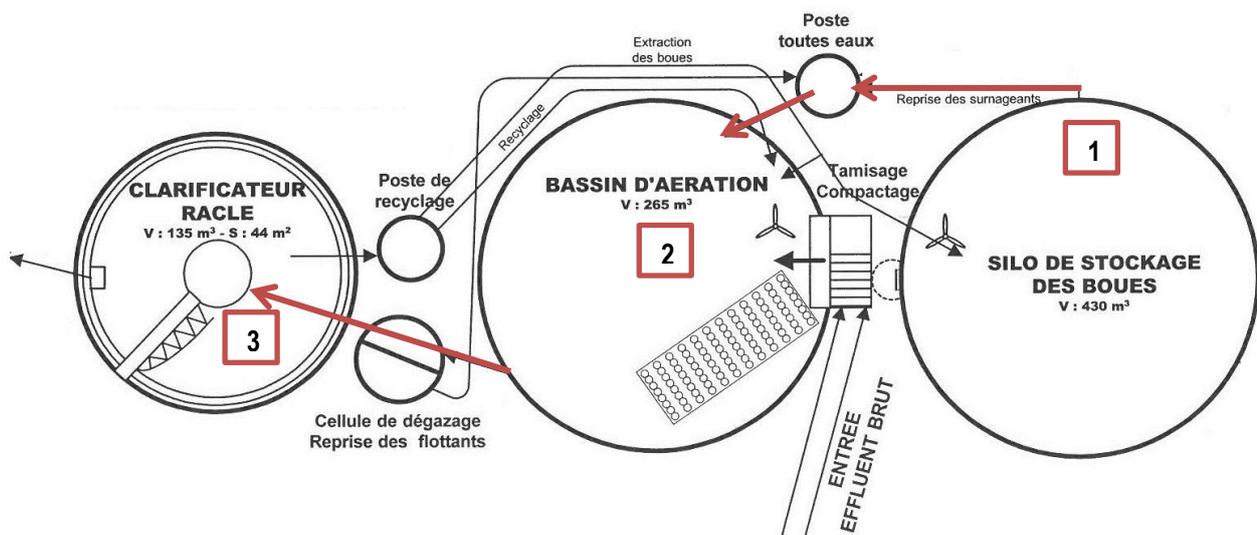


Figure 1 : Schéma du retour des surnageants dans la STEU de Meyronne-Creysse.

Les présents essais ont pour but d'apprécier l'évolution de pH dans le bassin d'aération suite à un retour de surnageant. Ils ne prennent pas en compte le renouvellement de l'eau brute, le temps de séjour et la recirculation des boues.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>IMPACT DU CHAULAGE DES BOUES STOCKEES SUR LE PH DE LA FILE EAU DE MEYRONNE</p>	<p>AS</p> <p>12/04/16</p>
---	--	---------------------------

1.2.2. Calculs préalables

1.2.2.1. Volume du surnageant par rapport aux boues extraites

Dans un premier temps, est calculée la part de volume de surnageant retourné vers le bassin d'aération lors d'une extraction. Il est considéré que les boues épaissies passent de 7 à 30 g de matière sèche/L dans le silo.

Les données dont nous disposons sont les temps de fonctionnement des pompes d'extraction des boues avec un débit de 35 m³/h. 2 types d'extractions ont été définis en fonction des valeurs consignées du temps de fonctionnement de la pompe d'extraction (clarificateur vers silo de stockage) : maximum et moyenne qui varient en fonction de la charge entrante. Il a été choisi de tester l'impact du pH pour les extractions de boues moyenne et maximale relevées ainsi que la moitié de leur valeur. Les équations et calculs pour chaque type d'extraction sont détaillées tableau 1.

Tableau 1 : Calculs de détermination du volume de surnageant journalier

Extractions	Temps de fonctionnement pompe extraction en 2014	Volume de boues extraites à 7 g/L	Volume de boues décantées à 30 g/L	Volume de surnageant
	Tf h/j	$V_{ex} = Q_{ppe} \times T_f$ m ³ /j	$V_b = V_{ex} \times 7/30$ m ³ /j	$V_s = V_{ex} - V_b$ m ³ /j
moyenne	0,4	14	3,27	11
max	1,5	52,5	12,25	40

1.2.2.2. Ratio surnageant/boues biologiques

Dans un second temps, le rapport du volume de surnageant en fonction du volume total de boues biologiques (265 m³) a été déterminé tableau 2.

Tableau 2 : Rapport du volume de surnageant sur les boues biologiques.

Extractions	Ratio Surnageant/BA
	$R = V_s / 265$
moyenne	0,0405
max	0,1518

1.2.3. Protocole

1.2.3.1. Retour des surnageants dans le BA

Mesurer le pH des échantillons de boues biologiques homogénéisées.

Chauler les boues à 30 %. Noter les volumes de lait de chaux ajoutés.

Vérifier le pH après chaulage, il doit être de 12.

Laisser décanter et récupérer le surnageant.

Préparer des triplicats de boues biologiques (100 mL) dans des erlenmeyer. Noter les pH initiaux.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>IMPACT DU CHAULAGE DES BOUES STOCKEES SUR LE PH DE LA FILE EAU DE MEYRONNE</p>	<p>AS</p> <p>12/04/16</p>
---	--	---------------------------

Ajouter le volume de surnageant qui permet d'obtenir le ratio R précédemment cité pour chaque type d'extraction. Le volume de surnageant à ajouter pour un échantillon correspond au volume de boues biologiques (ici 100 mL) que multiplie le ratio.

Tableau 3 : Volumes de surnageants à ajouter.

Extractions	Volume de boues extraites <i>m³</i>	Volume de surnageant <i>mL</i>
moyenne/2	7	2
moyenne	14	4
max/2	26,25	7,6
max	52,5	15

1.2.3.2. Estimation du pH de l'effluent rejeté

La liqueur mixte est ensuite envoyée du bassin d'aération vers le clarificateur ainsi les boues activées décantent et l'eau clarifiée est rejetée au milieu naturel.

Pour recréer cette étape :

Laisser décanter les triplicats réalisés.

Transvaser le surnageant dans un bécher.

Mesurer le pH des boues qui sont assimilées aux boues recirculées ainsi que le pH du surnageant qui est assimilé à l'eau clarifiée.

A noter que dans ce premier essai ; ne sont pas pris en compte la recirculation et le temps de séjour.

2. Résultats

2.1. Retour des surnageants dans le BA

2 échantillons de boues biologiques ont été prélevés à la station d'épuration et stockés au réfrigérateur 10 jours avant manipulations.

Le pH des boues du bassin d'aération sur le terrain le 19 mai 2015 était de 7,5.

Le pH des prélèvements à la sortie du réfrigérateur étaient de 6,79 (5,8°C) et 6,85 (5,2°C). Une légère acidification de l'échantillon est donc observée.

Chaulage des boues à 30% :

Dans un volume de boues de 1 L, a été introduit 2,6 mL de Neutralac SLS45. Le pH mesuré après homogénéisation est de 12,72 (6,6 °C).

Après décantation, environ 650 mL de surnageant a été récupéré, son pH est de 12,44 et celui des boues est de 12,49.

Résultats des triplicats réalisés :

Tableau 4 : Résultats de l'estimation du pH du bassin d'aération après retour des triplicats.

	Triplicats			Moyenne
pH initial \ pH final	6,81	6,77	6,78	6,79
moyenne/2	7,06	7,09	7,11	7,09
Augmentation du pH	4%	5%	5%	4%
moyenne	7,41	7,4	7,45	7,42
Augmentation du pH	9%	9%	10%	9%
max/2	7,92	8,06	8,1	8,03
Augmentation du pH	16%	19%	19%	18%
Extraction maximale*				
pH initial	6,77	6,86	6,86	6,83
pH final	8,96	9,11	9,08	9,05
Augmentation du pH	32%	33%	32%	33%

* Le pH initial est différent pour cette extraction car il s'agit à la base d'un autre échantillon prélevé.

D'après les résultats, dans le cas où l'extraction est maximale, le pH final est très élevé (~ 9).

Le retour des surnageants issus d'une extraction de 52,5 m³ en une fois pourrait donc provoquer une non-conformité du rejet (pH limite = 8,5) et impacter le bon fonctionnement du traitement de la file eau par augmentation du pH.

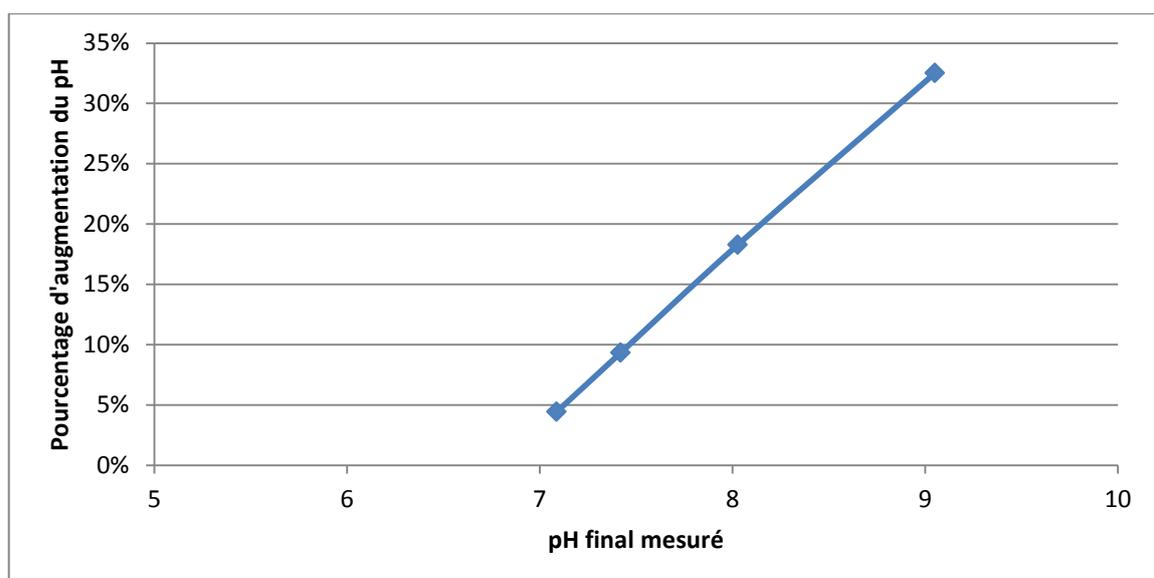


Figure 2 : Pourcentage d'augmentation du pH.

Le graphique illustre que, plus le volume de surnageant retourné au BA est important et plus le pH augmente. Par ailleurs cette augmentation apparaît être proportionnelle au volume de surnageant.

	<p>Etude du cuivre dans les boues d'épuration</p> <p>COMPTE-RENDU DE MANIPULATION</p> <p>IMPACT DU CHAULAGE DES BOUES STOCKEES SUR LE PH DE LA FILE EAU DE MEYRONNE</p>	<p>AS</p> <p>12/04/16</p>
---	--	---------------------------

2.2. Estimation du pH de l'effluent rejeté

Le surnageant issu du précédent test a été séparé de la boue et le pH a été mesuré :

Tableau 5 : Résultats de l'estimation du pH de l'eau traitée de l'extraction maximale.

	Tripliqués			Moyenne
pH boue	8,31	8,45	8,44	8,40
pH surnageant	8,37	8,52	8,45	8,45

Rappelons que le pH de l'eau traitée doit être inférieur à 8,5. Or, le pH de l'eau traitée est proche de ce seuil limite pour un retour de surnageant d'une extraction de « type maximale ».

En conclusion, le retour des surnageants, issus d'une extraction de 52,5 m³, en une fois provoquerait une augmentation du pH du bassin d'aération jusqu'à atteindre 9,11. Quant au pH de l'eau rejetée il pourrait atteindre 8,52. Ce type d'extraction et le retour du surnageant en une seule fois pourraient donc provoquer une non-conformité du rejet (pH limite = 8,5) et impacter le bon fonctionnement du traitement de la file eau par augmentation brusque du pH. Pour éviter cela, les retours de surnageants doivent être limités en quantité et mieux répartis dans le temps (2 fois par semaine...).

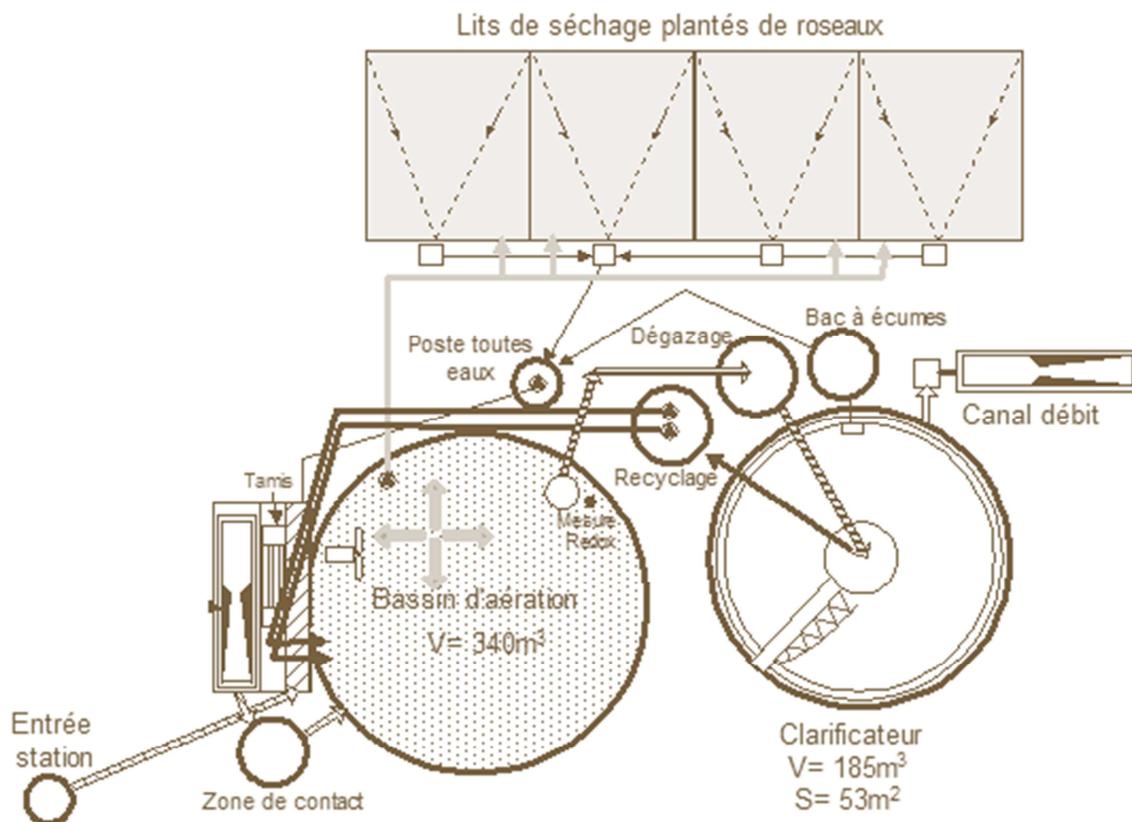
**ANNEXE 32 : Note à la commune de Labastide-Murat sur les solutions
d'élimination des boues de la STEU**

NOTE SUR LA PROBLEMATIQUE D'ELIMINATION DES BOUES TROP RICHES EN CUIVRE POUR UNE VALORISATION AGRICOLE STATION D'EPURATION DE LABASTIDE-MURAT

1 Contexte général

1.1 Station d'épuration de Labastide-Murat

La station d'épuration de Labastide-Murat, mise en service en 2001, a une capacité nominale de 1500 EH. La file eau se compose d'un prétraitement (tamisage compactage) puis d'un traitement biologique par boues activées en aération prolongée suivi d'un clarificateur et d'une lagune de finition. Les boues liquides sont extraites automatiquement du bassin d'aération vers 4 lits de séchage plantés de roseaux (LSPR), de 75 m² chacun et de hauteur utile 1,83 m, pour leur stockage et leur déshydratation. 2 LSPR sont curés alternativement tous les 2 à 3 ans.



La teneur en cuivre des boues stockées dans les LSPR dépasse le seuil réglementaire, et avoisine les 1 200 mg/kg de matière sèche, ce qui empêche leur valorisation agricole, que ce soit par épandage direct ou après compostage.

1.2 Situation actuelle des boues

Les résultats d'analyses suite aux prélèvements réalisés en juin 2014 sur les lits 1 et 4 n'ont pas permis de mettre en œuvre leur épandage. Ils sont à curer cette année, au plus tard en septembre 2015, avec un volume de boues stockées d'environ 100 m³ par lit.

Une étude sur le cuivre dans les boues d'épuration a été lancée par le SYDED avec le concours de l'Agence de l'Eau Adour Garonne. L'objectif à la station d'épuration de Labastide-Murat est d'identifier les mécanismes d'accumulation du cuivre sur la filière de traitement de la station d'épuration et notamment l'influence du stockage en lit de séchage planté de roseaux sur la cinétique d'accumulation du cuivre.

2 Etude du cuivre dans les boues

2.1 Méthode

Des analyses ont été effectuées depuis 2014 pour suivre la matière sèche (MS), matière organique (MO) et le cuivre dans les boues biologiques et ressuyées, ainsi que dans l'effluent brut.

Tableau 1 : Prélèvements et analyses

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	tous les 3 mois pendant 18 mois
		VA+ETM+CTO+Se	1 fois par an pendant 18 mois
LSPR 1 et 4	Boues pâteuses	VA+ETM+CTO+Se	1 fois par an pendant 18 mois
Effluent	Eau entrée et sortie	Cu	1 à 2 fois par an

2.2 Résultats

2.2.1 Effluent brut

Tableau 2 : Résultats d'analyses sur l'effluent brut

Date prélèvement		03/03/2015		18/07/2014	
Point prélèvement		Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
MES	mg/L	410	3,2	680	7,6
DBO5 à 20°C	mg/L O2	340	1,9	590	2,2
DCO	mg/L O2	832	42	1130	46
Nglobal	mg/L N	nd	nd	140	14,31
NTK	mg/L N	83	2,9	140	14
Pt	mg/L P	9,9	3,97	16	5,76
Cu	µg/L	145	13	143	10
pH		nd	nd	8,25	7,6
Volume	m3	94	94	79	79
Météo		temps sec		temps sec	

La moyenne de la concentration en cuivre dans l'eau distribuée à Labastide-Murat est de 45 µg/L (données ARS 2011 à 2014, 5 valeurs).

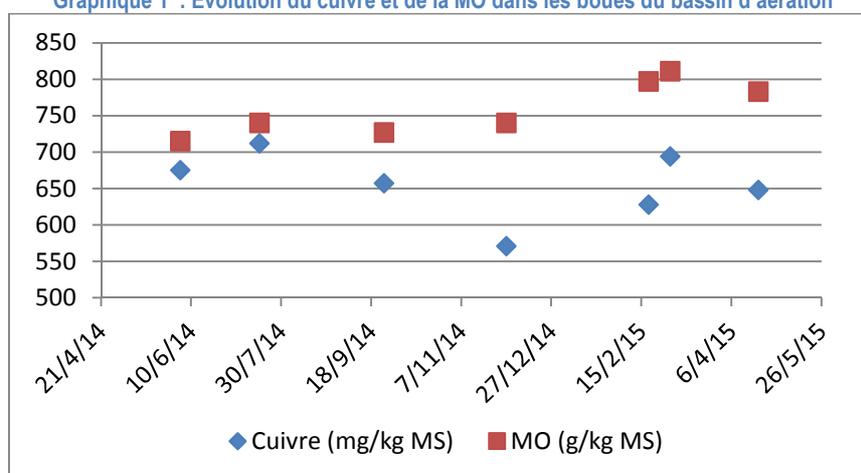
➔ La concentration en cuivre en entrée de station semble être triplée par rapport à celle de l'eau potable au vu des 2 mesures effectuées.

2.2.2 Boues du bassin d'aération

Tableau 3 : Résultats d'analyses sur les boues du bassin d'aération

Date prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)	MS (%/MB)	MO (g/kg MS)
04/06/2014	675	0,4	715
18/07/2014	712	0,5	740
25/09/2014	657	0,5	727
02/12/2014	571	0,4	740
19/02/2015	628	0,8	797
03/03/2015	694	0,8	811

Graphique 1 : Evolution du cuivre et de la MO dans les boues du bassin d'aération



Les boues du bassin d'aération sont chargées en cuivre (moyenne française ADEME 330 mg/kg MS) toutefois, elles sont largement aptes à l'épandage.

On note une variation de la concentration en cuivre du bassin d'aération de 571 à 712 mg/kg MS.

Les boues ont une concentration en matière organique cohérente, la MS dépend du temps de stockage des boues dans l'ouvrage et donc varie en fonction de l'exploitation.

➔ Les causes possibles de variation du cuivre dans le bassin d'aération sont nombreuses. Elles peuvent être fonction de la nature de l'eau potable, l'eau usée brute (déversements ponctuels, industriels) ou encore de l'exploitation.

2.2.3 Boues stockées en lits de séchage plantés de roseaux

La déshydratation des boues en LSPR est basée sur la filtration et la minéralisation de la matière organique. Ainsi, outre la réduction du volume de boues par ressuyage, il se produit une dégradation biologique de la matière organique en éléments dissous et en gaz (CO₂, CH₄).

Cette dégradation de matière organique induit une perte de matière sèche dont elle est constituée. Ainsi, la concentration en cuivre augmente artificiellement car elle est exprimée par unité de matière sèche, bien que la quantité de cuivre en poids reste constante dans les LSPR (pas d'apports).

Tableau 4 : Comparaison des résultats sur les boues du bassin d'aération et des LSPR

04/06/2015		BA	LSPR	
		Qualité initiale	Qualité finale	
Matière sèche	%	0,4	11	
Matière organique	g/kg MS	715	708	} Très faible réduction de MO
Matière minérale	g/kg MS	285	292	
Cuivre	mg/kg MS	675	1220	



→ Les résultats obtenus ne sont pas cohérents avec :

- le fonctionnement normal des LSPR : une réduction de matière organique plus importante est attendue dans ce type d'ouvrage
- les calculs théoriques : compte tenu de la faible réduction de MO des boues observée du bassin d'aération vers le LSPR, la valeur théorique en cuivre devrait passer de 675 mg/kg MS à 691 mg/kg MS dans les LSPR, et non pas doubler.

2.3 Pistes de réorientations de l'étude

Le doublement de la concentration en cuivre entre le bassin d'aération et les LSPR ne s'explique donc pas au regard des mesures qui ont été réalisées. Sur ce type d'ouvrage, un suivi complet nécessiterait une étude portant sur l'ensemble du temps de stockage, qui est de 4 ans, pour suivre l'évolution de la boue, maîtriser la connaissance de la qualité de l'alimentation des lits, etc.

Dans l'immédiat, il est proposé de réorienter l'étude afin de :

- identifier si des variations importantes en cuivre ont lieu dans les apports à la station d'épuration :
 - Augmentation de la fréquence des analyses des boues activées (mensuelle au lieu de trimestrielle)
 - Qualité de l'eau potable : y a-t-il des variations saisonnières ?
 - Raccordés autres que domestiques : influence de l'aire d'autoroute
- trouver des solutions d'élimination pour les boues actuellement stockées :
Exemple : rattraper la concentration en cuivre du BA par ajout de chaux ou déchets verts.
- trouver une solution à long terme : il peut être envisagé de modifier la file boues pour une file moins accumulatrice de cuivre.

3 Solutions pour les boues actuellement stockées

3.1 Filières spécifiques d'élimination

3.1.1 Installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND)

- ISDND de Montech

L'admission de boues en ISDND se fait à conditions qu'elles aient une siccité minimum de 30% et que le test de lixiviation soit conforme. Les boues actuelles sont à environ 12% de siccité ce qui implique une augmentation de leur siccité préalable à leur enfouissement. Par exemple par ajout de chaux ou de déchets verts. La chaux est préférable aux déchets verts pour une admission en ISDND avec un test de lixiviation.

Coûts estimés :

ISDND Montech (traitement et transport): $160 \text{ €/t} \times 240 \text{ m}^3$ (boues+chaux) = 38 400 € hors curage et prestation de chaulage des boues.

- Prestation complète par SEDE Environnement

L'entreprise SEDE propose une filière qui est adaptée aux boues de LSPR qui consiste en un curage des boues puis un compostage pour en augmenter la siccité à 30% dans le but d'une élimination en ISDND.

Coûts estimés :

Transport et traitement ~ $200 \text{ €/t MB} \times 200 \text{ m}^3$ = 40 000 € hors curage

3.1.2 Incinération

Incinérateur Véolia de Bassens : admission sous réserve de test mais sans condition de siccité.

Coûts estimés :

Traitement et transport : $300 \text{ €/t} \times 200 \text{ m}^3$ ~ 60 000 € hors curage.

3.2 Epandage avec augmentation préalable de la siccité

Un épandage pourrait potentiellement être réalisable avec accord préalable de :

- la DDT : si la concentration en cuivre des boues est abaissée en dessous du seuil réglementaire, en justifiant de l'aptitude à l'épandage des boues dans le bassin d'aération.
- la Chambre d'Agriculture et des agriculteurs qui recevraient ces boues.

L'objectif serait de procéder à un apport de matière sèche, afin de se rapprocher de la concentration en cuivre des boues lors de leur extraction du bassin d'aération vers les lits de séchage.

3.2.1 Cendres

Il peut être envisagé de mélanger des cendres de bois aux boues. La concentration en phosphore des cendres est élevée, de même que celle des boues pâteuses. Ainsi, cet apport limiterait notablement la dose de boues pouvant être apportée sur les sols lors d'un épandage.

➔ Cette solution ne paraît donc pas adaptée.

3.2.2 Chaux

Dans le cas présent, la concentration en cuivre initiale des boues étant de 1200 mg/kg MS, l'ajout de 21 tonnes de chaux éteinte est nécessaire pour revenir à une concentration en cuivre proche de celle du bassin d'aération, soit 650 mg/kg MS.

Deux difficultés principales :

- L'ajout de chaux provoquerait une élévation du pH du sol de l'ordre de 0,4. Or, les sols sur ce secteur géographique sont calcaires avec un pH proche de 8. Certains éléments (fertilisants et oligo-éléments) du sol peuvent être bloqués par une teneur en calcium trop élevée des sols, et plus celle-ci est élevée, moins ces éléments sont disponibles pour la plante, notamment en ce qui concerne le phosphore. Les agriculteurs devront donc être préalablement contactés pour recueillir leur avis pour un tel épandage. Des analyses de sols complémentaires pourront être réalisées.

- Le mélange : l'obtention d'un mélange homogène s'avère difficile. Les opérations devraient probablement être réalisées en 3 temps : curage, stockage sur une aire et mélange avec la MS, et épandage. La mise en œuvre technique de l'opération de mélange reste à approfondir. Des bennes de chaulage sont vendues par le constructeur Simon Moos. Elles paraissent intéressantes pour homogénéiser le mélange mais le coût d'achat d'une benne est d'environ 90 000 € HT. A noter que la surface disponible sur le site de la station d'épuration pour effectuer une telle opération est limitée.

A titre indicatif, le coût de la chaux est d'environ :
120 €/t x 21 t = 2 520 €

3.2.3 Déchets verts

Des déchets verts peuvent être ajoutés, sous réserve d'une analyse préalable. Pour obtenir une concentration en cuivre de l'ordre de 650 mg/kg MS il faudrait ajouter environ 50 t de déchets verts (siccité ~ 50 %). Les difficultés d'obtention d'un mélange homogène sont identiques à celles citées précédemment pour la chaux.

A titre indicatif, le coût du déchet vert est d'environ 40 €/t x 50 t = 2 000 €

3.3 Conclusion

Récapitulatif des coûts :

	ISDND						INCINERATION			EPANDAGE						
	Déshydratation ou apport de MS			Solution complète			qté	prix €/tonne	coût total €	Chaux			Déchets verts			
	qté	prix €/tonne	coût total €	qté	prix €/tonne	coût total €				qté	prix €/tonne	coût total €	qté	prix €/tonne	coût total €	qté
Curage	200	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	31	6 200 €	1	91	6 200 €	
Déshydratation	à définir		?				à définir		?	à définir		?	à définir			?
Chaux	40	120	4 800 €							21	120	2 520 €				
Déchets verts													40	40	1 600 €	
Elimination	240	160	38 400 €	200	200	40 000 €	200	300	60 000 €	221	26	5 746 €	240	26	6 240 €	
TOTAL	49 400 €			46 200 €			66 200 €			14 466 €			14 040 €			

Solution à approfondir :

Epandage, pour lequel un apport de chaux ou déchet vert doit être réalisé préalablement. Le coût global de cette opération et sa mise en œuvre technique restent à approfondir. De plus, l'épandage constituerait une solution dérogatoire.

Il est donc proposé de :

- 1- **demander à la DDT une procédure dérogatoire pour permettre l'épandage** de ces boues, en argumentant sur le fait que celles-ci sont initialement aptes à l'épandage dans le bassin d'aération. Seul leur stockage, et non l'apport de cuivre par une source externe, est à l'origine de la teneur en cuivre excessive. La chambre d'agriculture sera étroitement associée à cette démarche.

- 2- **faire des demandes de devis pour l'opération de mélange.** En effet, dans ce cas de figure, le mélange d'un support apportant la MS, et son homogénéité, sont les points critiques de l'opération. Afin de mener au mieux cette opération, qui serait suivie de près par les services de l'Etat, il apparaît nécessaire de recruter un prestataire pour la réalisation du mélange.

Enfin, la poursuite des campagnes de mesure et de l'interprétation des résultats pourrait permettre de mieux comprendre les phénomènes d'accumulation du cuivre sur la STEU. En fonction des résultats des mesures, une étude de la réhabilitation de la station d'épuration peut s'avérer nécessaire, pour modifier la file boues pour une file moins accumulatrice de cuivre. En effet, au-delà d'une concentration en cuivre de l'ordre de 500 mg/kg MS dans le bassin d'aération, les boues des LSPR ont théoriquement une concentration en cuivre de l'ordre de 1000 mg/kg MS, et ne sont donc pas aptes à un retour au sol. Pour rappel, les mesures de concentration en cuivre dans le bassin d'aération varient entre 571 et 712 mg/kg MS.

- 3- **Contactez les agriculteurs** pour évaluer les surfaces disponibles (nécessaire 15 m³/ha ~ 15 ha). Et recueillir leur avis par rapport à cette démarche.
 - a. Voir les possibilités pour trouver une aire de mélange. Le stockage en bout de champ des boues chaulées est autorisé. A noter que les délais d'analyse des boues sont de 3 semaines.
 - b. Possibilité d'un chaulage en direct

**ANNEXE 33 : Calculs de la valeur neutralisante et du redressement de pH des
boues de la STEU de Labastide-Murat**

Valeurs à saisir

Données

Volume de boues à traiter	<i>m³</i>	200
Teneur en matière sèche des boues	<i>g/L</i>	121
Concentration en cuivre des boues	<i>mg/kgMS</i>	1224
Concentration en cuivre souhaitée	<i>mg/kgMS</i>	656

Calcul de la quantité de MS à apporter pour atteindre la concentration en cuivre souhaitée

Quantité de MS des boues	<i>kg MS</i>	24200
Quantité de cuivre des boues	<i>mg</i>	29620800
Quantité de MS (chaux éteinte) à apporter	<i>kg</i>	20954
Taux de chaulage		80%

$$MS_{\text{Chaux}} (\text{kg}) = [\text{Cu boues}(\text{mg/kg MS}) - \text{Cu souhaitée}(\text{mg/kg MS}) * \text{MS boues} (\text{kg})] / \text{Cusouhaitée} (\text{mg/kg MS})$$

Caractéristiques de la chaux utilisée

Teneur en matière sèche (CaO)	<i>%CaO/chaux éteinte</i>	92%
Total équivalent CaO	<i>1 kg CaO = 1 Eq CaO</i>	19277 U VN

1 UVN = 1 Eq CaO
1 Eq CaO = 1 kg CaO = 1,4 kg MgO

$$VN \text{ Chaux } \text{kg CaO}/100 \text{ kg MB} = 92$$

Boues

Concentration en CaO de la boue	<i>g CaO/kg MS</i>	73,2
Concentration en MgO de la boue	<i>g MgO/kg MS</i>	5,3

Equivalent CaO de la boue	<i>kg CaO = Eq CaO</i>	1771
Equivalent MgO de la boue	<i>kg MgO = 1,4Eq CaO</i>	180

Total équivalent CaO de la boue	<i>Eq CaO</i>	1951 U VN
---------------------------------	---------------	-----------

$$VN \text{ Boues } \text{kg CaO}/100 \text{ kg MB} = 8,1$$

Mélange

Masse du mélange	<i>kg MS</i>	220954
Total équivalent CaO	<i>Eq CaO</i>	21228 U VN

$$VN \text{ mélange } \text{kg CaO}/100 \text{ kg MB} = 9,6$$

Redressement du pH du sol

Dose apport sur sol	<i>m³/ha</i>	15
Equivalent CaO apporté par ha	<i>U VN/ha</i>	1441
Redressement de pH	<i>U pH</i>	0,4

$$\text{Redressement pH} = \text{Equivalent CaO apporté par ha (U VN/ha)} / 3500$$

**ANNEXE 34 : Résultats d'analyses des boues stockées en citerne souple à la
STEU de Leyme en 2014 et 2015**

RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 140604 009651 02
Echantillon n°	: 300478
Motif	: Boues
Bulletin N°	: 14060400965102-2 266-0
Ref. de commande	: devis 555-14

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LABO. DEP D ANALYSES DU LOT
LD31 - Archive
LABO. DEP D ANALYSE DU TARN

Prélèvement	
<i>Point prélèvement</i>	: SOUS TRAITANCE POUR LDA81
<i>Localisation</i>	: 46170V001 - Leyme Bourg - Bâche stockage
<i>Méthode prélèv.</i>	: Méthode client
<i>Remarque</i>	: Demande d'analyse N°12SAT037-01836
<i>Date et heure de prélèvement</i>	: 03/06/14
<i>Prélevé par</i>	: Client - Préleveur (AUTRES)
<i>Date et heure de réception</i>	: 03/06/2014 18:45:00
<i>Reçu au LDE31 par</i>	: POINSOT JACQUES

Autres Informations	
<i>Nature de la boue</i>	: Urbaines
<i>Etat physique</i>	: Liquide épaissi

Date de début d'analyse : 05/06/14 *Date de validation* : 23/06/2014

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
Traitement de l'échantillon						
<input checked="" type="checkbox"/> Mineralisation acide	NF EN 13346	Eau régale bloc chauffant				
Traitement pour pH et azote ammoniacal		pH sur brut et NH4 après centrifugation				
Type de séchage (pour Hg et/ou composés traces organiques)	NFU 44110 et NF EN ISO 11464	Etuve à T° < 40°C				
Paramètres physico-chimiques						
Carbone organique	Calcul	359	g/kg MS			
<input checked="" type="checkbox"/> Matière Sèche Organique	NF U 44-160	718	g/kg MS			
<input checked="" type="checkbox"/> Matière sèche totale à 105°C	NF EN 12880	2.3	%/MB			
Ammonium	NF EN ISO 11732	10.5	g N/kg MS			
<input checked="" type="checkbox"/> PH matrices solides	NF EN 12176	6.9	unité pH			
<input checked="" type="checkbox"/> Azote kjeldhal	NF EN 13342	81.3	g N/kg MS			
<input checked="" type="checkbox"/> Calcium total en Ca	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	19.8	g/kg MS			
Calcium total en CaO	Calcul	27.7	g/kg MS			
Rapport carbone sur azote C/N	Calcul	4.4				
Température de mesure du pH	Méthode Interne	22.2	° C			
<input checked="" type="checkbox"/> Magnesium total en Mg	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	5.3	g/kg MS			
Magnésium total en MgO	Calcul	8.8	g/kg MS			
Potassium total en K	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	5.9	g/kg MS			
Potassium total en K2O	Calcul	7.1	g/kg MS			

= paramètre accrédité - NC = Non Communiqué - (e.c.) = en cours d'analyse - La reproduction du rapport n'est autorisée que sous la forme de fac-similé intégral.

RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 140604 009651 02
Echantillon n°	: 300478
Motif	: Boues
Bulletin N°	: 14060400965102-2 266-0
Ref. de commande	: devis 555-14

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LABO. DEP D ANALYSES DU LOT
LD31 - Archive
LABO. DEP D ANALYSE DU TARN

Date de début d'analyse : 05/06/14

Date de validation : 23/06/2014

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
Éléments métalliques						
☒ Cadmium total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	1	mg/kg MS	<10		
☒ Chrome total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	30	mg/kg MS	<1000		
Cobalt total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	<5	mg/kg MS			
☒ Cuivre total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	2086	mg/kg MS	<1000		
Fer total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	11312	mg/kg MS			
Manganèse total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	171	mg/kg MS			
☒ Mercure total	NF EN 13346 et NF EN 1483	0.6	mg/kg MS	<10		
☒ Molybdène total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	<10	mg/kg MS			
☒ Nickel total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	24	mg/kg MS	<200		
☒ Phosphore total en P	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	16.9	g/kg MS			
Phosphore total en P2O5	Calcul	38.7	g/kg MS			
☒ Plomb total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	36	mg/kg MS	<800		
☒ Sélénium total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	<5	mg/kg MS			
☒ Zinc total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	765	mg/kg MS	<3000		
Micropolluants organiques - HAP						
☒ Benzo(a)pyrène *	X33-12 (US-Fluo)	<0.1	mg/kg MS	<1.5	1.5(2 en épand	
☒ Benzo(b)fluoranthène **	X33-12 (US-Fluo)	<0.1	mg/kg MS	<2.5		
☒ Fluoranthène *	X33-12 (US-Fluo)	0.24	mg/kg MS	<4	4 (5 en épand)	
Micropolluants organiques - PolyChloroBiphényles						
PCB (somme des congénères 28,52,101,118,138,153,180)	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS	<0.8		
☒ PCB 101	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			
☒ PCB 118	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			
☒ PCB 138	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			

☒ = paramètre accrédité - NC = Non Communiqué - (e.c.) = en cours d'analyse - La reproduction du rapport n'est autorisée que sous la forme de fac-similé intégral.

Page 2/3



RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 140604 009651 02
Echantillon n°	: 300478
Motif	: Boues
Bulletin N°	: 14060400965102-2 266-0
Ref. de commande	: devis 555-14

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LABO. DEP D ANALYSES DU LOT
LD31 - Archive
LABO. DEP D ANALYSE DU TARN

Date de début d'analyse : 05/06/14

Date de validation : 23/06/2014

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
☒ PCB 153	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			
☒ PCB 180	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			
☒ PCB 28	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			
☒ PCB 52	MOA12 GCECD	<0.2	mg/kg MS			

Avis de conformité :

■ = paramètre ne respectant pas une limite ou une référence de qualité.

Conclusion :

On note une teneur en Cuivre dépassant les limites fixées par l'arrêté du 8 janvier 1998 (en application du décret 97-1133 du 8 décembre 1997)

ST signifie que le ou les paramètres sont sous traités dans un autre laboratoire.

Incertitudes associées aux résultats fournies sur demande.

Dans le cas de prélèvements non réalisés par le LD31, les résultats sont transmis sous réserve des conditions de prélèvement et d'acheminement de l'échantillon au laboratoire.

Seules les prestations identifiées par le symbole ☒ sont couvertes par l'accréditation.

Date de validation des résultats : 23/06/14

Directrice Adjointe Chimie - Environnement

Agnès Deltort

RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 151211 026946 01
Echantillon n°	: 302916
Motif	: Boues
Rapport N°	: 15121102694601-2 266-1
Ref. de commande	: 12SAT 037-03316

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LD31 - Archive

Prélèvement	
<i>Point prélèvement</i> : 0546170V001 - LEYME - Bourg	<i>Date et heure de prélèvement</i> : 10/12/15
<i>Localisation</i> : Bennes de stockage [PT02]	<i>Prélevé par</i> : Client - Préleveur (AUTRES)
<i>Méthode prélèv.</i> : Méthode client	<i>Date et heure de réception</i> : 11/12/2015 10:01:00
	<i>Reçu au LD31 par</i> : MONFLIER LAURENCE

Date de début d'analyse : 14/12/15

Date de validation : 08/01/2016

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
Traitement de l'échantillon						
☒ Mineralisation acide	NF EN 13346	Eau régale bloc chauffant				
Traitement pour pH et azote ammoniacal		pH sur brut et NH4 après centrifugation				
Type de séchage (pour Hg et/ou composés traces organiques)	NFU 44110 et NF EN ISO 11464	Etuve à T° < 40°C				
Paramètres physico-chimiques						
Carbone organique	Calcul	362	g/kg MS			
☒ Matière Sèche Organique	NF U 44-160	724	g/kg MS			
☒ Matière sèche totale à 105°C	NF EN 12880	3.8	%/MB			
☒ PH matrices solides	NF EN 12176	6.9	unité pH			
Ammonium	NF EN ISO 11732	5.2	g N/kg MS			
☒ Calcium total en Ca	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	25.1	g/kg MS			
Calcium total en CaO	Calcul	35.1	g/kg MS			
☒ Azote kjeldahl	NF EN 13342	75.8	g N/kg MS			
Rapport carbone sur azote C/N	Calcul	4.8				
Température de mesure du pH	Méthode Interne	21.4	° C			
☒ Magnesium total en Mg	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	5.1	g/kg MS			
Magnésium total en MgO	Calcul	8.5	g/kg MS			
☒ Potassium total en K	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	5.1	g/kg MS			
Potassium total en K2O	Calcul	6.2	g/kg MS			
Eléments métalliques						
☒ Cadmium total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	1	mg/kg MS	<10		
☒ Chrome total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	19	mg/kg MS	<1000		

☒ = paramètre accrédité - NC = Non Communiqué - (e.c.) = en cours d'analyse - La reproduction du rapport n'est autorisée que sous la forme de fac-similé intégral.

RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 151211 026946 01
Echantillon n°	: 302916
Motif	: Boues
Rapport N°	: 15121102694601-2 266-1
Ref. de commande	: 12SAT 037-03316

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LD31 - Archive

Date de début d'analyse : 14/12/15

Date de validation : 08/01/2016

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
☒ Cuivre total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	1824	mg/kg MS	<1000		
☒ Mercure total	NF EN 13346 et MMA09	<0.5	mg/kg MS	<10		
☒ Nickel total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	20	mg/kg MS	<200		
☒ Phosphore total en P	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	16.9	g/kg MS			
Phosphore total en P2O5	Calcul	38.6	g/kg MS			
☒ Plomb total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	29	mg/kg MS	<800		
☒ Sélénium total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	<5	mg/kg MS			
☒ Zinc total	NF EN 13346 et NF EN ISO 11885	793	mg/kg MS	<3000		
Micropolluants organiques - HAP						
☒ Benzo(a)pyrène *	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS	<1.5	1.5(2 en épand	
☒ Benzo(b)fluoranthène **	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS	<2.5		
☒ Fluoranthène *	MOSA01 ASE GCMSMS	0.12	mg/kg MS	<4	4 (5 en épand)	
Micropolluants organiques - PolyChloroBiphényls						
PCB (somme des congénères 28,52,101,118,138,153,180)	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS	<0.8		
☒ PCB 101	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 118	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 138	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 153	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 180	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 28	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			
☒ PCB 52	MOSA01 ASE GCMSMS	<0.1	mg/kg MS			

Avis de conformité :

■ = paramètre ne respectant pas une limite ou une référence de qualité.



RAPPORT D'ANALYSES

BOUES

Dossier n°	: 151211 026946 01
Echantillon n°	: 302916
Motif	: Boues
Rapport N°	: 15121102694601-2 266-1
Ref. de commande	: 12SAT 037-03316

SYDED DU LOT
REGOURD SUD
AVENUE DE L EUROPE
BP 291
46005 CAHORS CEDEX 9

<i>Copie à :</i>
LD31 - Archive

Date de début d'analyse : 14/12/15

Date de validation : 08/01/2016

ANALYSES	METHODE	RESULTAT	Unité	Limite Epandage	Limite Paturages	ST
-----------------	----------------	-----------------	--------------	-----------------	------------------	-----------

ST signifie que le ou les paramètres sont sous traités dans un autre laboratoire.
Incertitudes associées aux résultats fournies sur demande. Il n'a pas été tenu compte des incertitudes analytiques pour la déclaration de conformité aux seuils réglementaires. Ce rapport d'analyses et les conclusions ne concernent que les échantillons soumis à analyses. Dans le cas de prélèvements non réalisés par le LD31EVA, les résultats sont transmis sous réserve des conditions de prélèvement et d'acheminement de l'échantillon au laboratoire.

Seules les prestations identifiées par le symbole  sont couvertes par l'accréditation. Si au moins un paramètre ou le prélèvement n'est pas accrédité, les commentaires et conclusions ne sont pas couverts par l'accréditation.

Date de validation des résultats : 08/01/16
Directrice Adjointe Chimie - Environnement

Agnès Deltort

ANNEXE 35 : Note à la commune de Leyme sur la problématique d'élimination des boues trop riches en cuivre pour une valorisation agricole

NOTE SUR LA PROBLEMATIQUE D'ELIMINATION DES BOUES TROP RICHES EN CUIVRE POUR UNE VALORISATION AGRICOLE STATION D'EPURATION DE LEYME

1. Contexte général

1.1. La station d'épuration de Leyme

La station d'épuration de Leyme, mise en service en 1974, a une capacité nominale de 1750 EH. La file eau est composée d'un prétraitement (dégrillage, dessablage) puis d'un bassin d'aération couplé à un clarificateur. Les boues sont extraites du bassin d'aération vers une citerne souple de 150 m³ non brassée et drainée pour l'épaississement et le stockage des boues. L'enlèvement de ces boues s'effectue deux fois par an lorsque la citerne est pleine (cf. figure 1).



Figure 1 : Citerne souple de Leyme

La concentration en cuivre des boues dépasse largement le seuil réglementaire de 1000mg/kgMS. En effet, la teneur varie de 1650 mg/kg MS à 2500 mg/kg MS dans la citerne. Le retour au sol des boues n'est donc pas possible, il est nécessaire de recourir à une filière spécialisée pour leur élimination.

La filière d'élimination spécifique actuelle coûte environ 50 000€ HT/an à la commune.

1.2. La ressource en eau potable de Leyme

Actuellement, la ressource en eau potable de Leyme fait l'objet d'une simple chloration. L'eau distribuée présente un caractère agressif très supérieur aux normes de potabilité (eau souterraine du massif cristallin). Ceci provoque la détérioration rapide des équipements (canalisations, chauffe-eau...), et son pH est fréquemment inférieur au minimum réglementaire de 6,5. Cette eau induit ainsi une corrosion des canalisations en cuivre des particuliers, ce cuivre est accumulé dans les boues d'épuration et empêche alors leur valorisation agricole.

Pour améliorer la qualité de l'eau potable, une unité de reminéralisation de l'eau potable devait être mise en place pour mi 2015.

En attendant cette installation de traitement de l'eau potable, pour diminuer la teneur en cuivre dans les boues, la commune a souhaité mettre en place un traitement filmogène par ajout d'inhibiteur de corrosion dans le réseau (formation d'un film sur la canalisation) dès septembre 2014.

L'objectif de l'étude est d'apprécier l'efficacité de ces traitements sur la qualité des boues d'épuration.

2. Etude cuivre

2.1. Méthode

Des analyses d'eaux usées et de boues avant les traitements seront effectuées et serviront d'état initial. Suite à la mise en place des traitements, seront réalisées des analyses plus rapprochées pour suivre l'évolution des teneurs en cuivre.

De plus, une analyse complète (VA+ETM+CTO) des boues sera effectuée avant et après mise en œuvre des traitements portant notamment sur les éléments traces et les composés traces organiques pour s'assurer de l'absence d'impact sur d'autres paramètres.

Les prélèvements sont détaillés tableau suivant :

Point de prélèvement	Matrice à prélever	Analyse à réaliser	Fréquence
Entrée de station	Eau brute	Cuivre	pendant les autosurveillances
Bassin d'aération	Boues biologiques	MS+MO+Cu	tous les 2 mois jusqu'à mise en service du traitement filmogène puis 1 fois par mois pendant 6 mois et 1 fois par mois suite à la reminéralisation, à ajuster selon les résultats
		VA+ETM+CTO+Se	tous les 6 mois pendant 2 ans
Citerne souple	Boues stockées	VA+ETM+CTO+Se	tous les 6 mois pendant 2 ans
Sortie de station	Eau traitée	Cuivre	pendant les autosurveillances

Le suivi du cuivre s'effectuera via des prélèvements dans le bassin d'aération (BA) et non pas dans la citerne de stockage pour avoir une meilleure représentativité. En effet, le BA est brassé alors que ce n'est pas le cas de la citerne de stockage dans laquelle le mélange est effectué à l'aide d'une tonne à lisier par aspiration refoulement. La qualité des boues de la citerne sera tout de même suivie, notamment à chaque évacuation des boues, par des analyses complètes.

2.2. Résultats

2.2.1. Effluent

Il a été observé une concentration en cuivre dans l'eau usée de 126 µg/L en entrée de station. A noter que la charge hydraulique lors de cette mesure était de 140% alors que la charge organique était de 30%. L'effluent brut était donc très dilué.

Tableau 1 : Analyses de l'effluent de la station d'épuration de Leyme

Date prélèvement	31/03/2014		
Point prélèvement	Entrée	Sortie	
MES	mg/L	160	10
DBO5 à 20°C	mg/L O2	67	2,5
DCO	mg/L O2	152	< 30
NH4	mg/L N	10,1	ND
NTK	mg/L N	16,8	0,9
Pt	mg/L P	2,07	1,4
Cu	µg/L	126	41
pH		7,4	7,3
Volume	m3	421,26	421,26
Météo		temps sec ensoleillé	

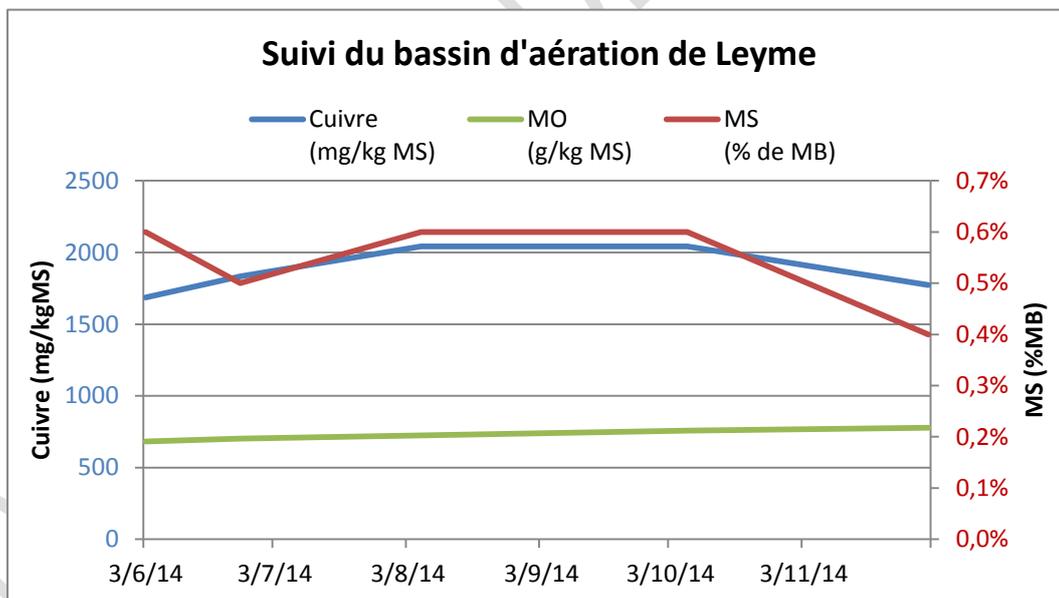
2.2.2. Boues du bassin d'aération

Une caractérisation de la qualité globale des boues avec un suivi du cuivre a été effectuée dans le bassin d'aération. Ces prélèvements constituent les points de référence pour l'appréciation de l'impact des traitements sur la qualité des boues, qui seront mis en place sur l'eau potable.

Tableau 2 : Analyses des boues du bassin d'aération de Leyme

Date de prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)	MS (% de MB)	MO (g/kg MS)
03/06/2014	1685	0,6%	682
25/06/2014	1832	0,5%	701
06/08/2014	2042	0,6%	724
07/10/2014	2043	0,6%	757
02/12/2014	1773	0,4%	777
Moyenne :	1875	0,5%	728
Maxi :	2043	0,6%	777
Mini :	1685	0,4%	682

Il a été observé que les boues du bassin d'aération sont très chargées en cuivre. Des modifications de l'exploitation ne permettraient pas d'obtenir une concentration en cuivre conforme à la réglementation.

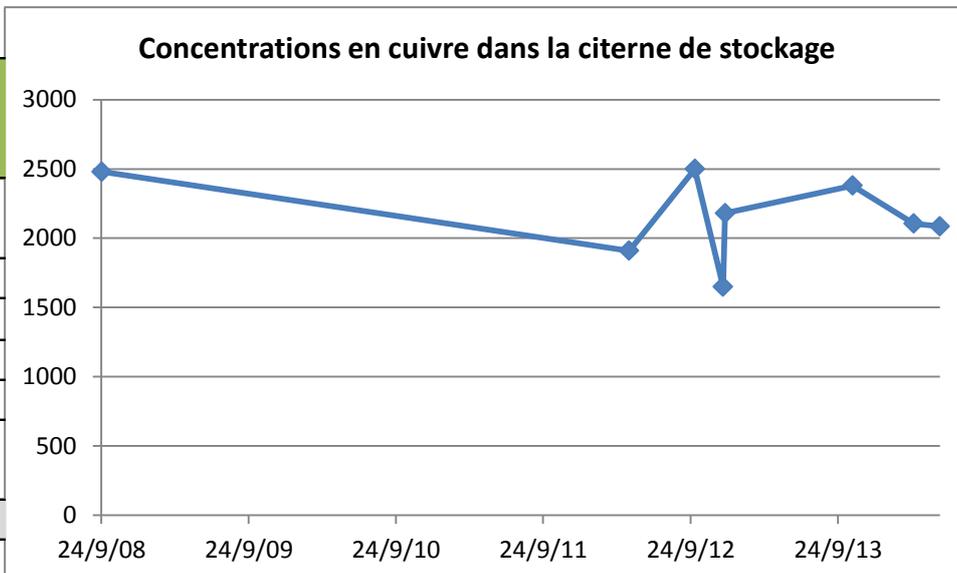


La concentration en cuivre varie de façon importante au cours du temps. Ici, elle semble être liée à la matière sèche (MS) et s'explique donc par une variation de l'âge des boues : plus la MS est élevée, plus l'âge de boues l'est, et il y a ainsi accumulation du cuivre dans les boues. De plus, il faut tenir compte de la variation de la concentration en cuivre dans l'effluent brut.

2.2.3. Boues stockées en citerne souple

Tableau 3 : Analyses de cuivre dans les boues stockées en citerne souple

Date prélèvement	Cuivre (mg/kg MS)
24/09/2008	2480
24/04/2012	1910
04/10/2012	2500
13/12/2012	1650
18/12/2012	2180
30/10/2013	2380
31/03/2014	
03/06/2014	2086
Moyenne :	2169
Maxi :	2500
Mini :	1650



La concentration en cuivre des boues de la citerne est très élevée.

2.2.4. Traitement filmogène des canalisations

Les informations concernant les produits utilisés et les dosages, ont été fournies par le service Eau potable du SYDED qui assure une mission de maîtrise d'œuvre pour le traitement de l'eau potable de Leyme.

Le traitement filmogène des canalisations d'eau potable prévu pour septembre 2014 consiste, par ajout d'un réactif (METAQUA), à inhiber la corrosion grâce au dépôt d'une couche protectrice sur la canalisation. L'injection de ce réactif était prévue au niveau du réservoir d'eau potable. Il se compose de polyphosphates (PO_4^{3-}) anti-tartres qui aident à la création d'un film par les silicates (SiO_2). Les concentrations maximales pour une consommation de 300 m³/j sont de 9 mg/L de SiO_2 et de 0,76 mg/L PO_4^{3-} . Le réactif utilisé n'est en aucun cas composé d'ETM, il ne devrait donc pas en apporter dans les boues.

La mise en place du traitement a été refusée par l'ARS car l'eau ne remplissait pas les conditions réglementaires d'autorisation à savoir une eau fortement et moyennement minéralisée (cf courrier du 22 octobre 2014 de l'ARS).

2.2.5. Reminéralisation de l'eau

La forte agressivité de l'eau potable de Leyme a réglementairement imposé sa reminéralisation, qui devait être mise en place pour mi-2015.

Les conclusions du schéma départemental d'alimentation en eau potable forcent à revoir le projet de l'usine de traitement. Au mieux la consultation des entreprises se fera en 2016 et les travaux en 2017.

→ Arrêt des campagnes de prélèvements sur les boues jusqu'à mise en place de la reminéralisation, et maintien des analyses de l'effluent brut et traité pour mieux connaître les variations de la concentration en cuivre.

3. Recherche de solutions pour les boues non conformes

3.1. Rappel sur la filière d'élimination actuelle

Les boues sont évacuées de la station d'épuration et subissent une déshydratation mécanique puis un séchage solaire et sont enfin incinérées. En 2014, le cout de l'élimination des boues a été de 44 765 € HT. Le marché s'est terminé le 31 décembre 2014, des solutions rapides sont à déterminer.

3.2. Dépotages

3.2.1. Sur une autre STEU

Il a été envisagé de dépoter les boues de Leyme sur une autre station d'épuration, mais au vu de leur concentration en cuivre qui est très élevée et de la quantité importante de boues à évacuer, cela rendrait non conformes les boues de la station où l'on dépose.

3.2.2. A la STEU de Leyme

Une manière de réduire la concentration en cuivre des boues serait d'apporter de la matière organique en entrée de station (effluent agro-alimentaire...). En prenant en compte la production de boues de la station, pour obtenir des boues conformes il faudrait doubler la charge organique reçue, or la capacité actuelle de la station est déjà limitée ce qui empêche d'utiliser cette solution.

3.3. Achat ou location d'équipements

3.3.1. Changement de l'ouvrage de stockage

Différentes possibilités peuvent être étudiées pour le changement du mode de stockage en citerne souple : location de citernes/bennes fermées/bennes filtrante. Quels couts ? Quelle siccité possible ?

3.3.2. Unité mobile de déshydratation

Pour la location d'une unité mobile de déshydratation :

- prix demandé à Solairgies,
- location de centrifugeuses sans personnel à partir de 1800 € HT la semaine (société LCMI).

En ce qui concerne l'achat d'une unité mobile de déshydratation pour les boues de Leyme, les coûts ne seraient certainement pas amortis en 3 ans jusqu'à la mise en place de la nouvelle station d'épuration.

L'expérience de déshydratation mobile menée il y a quelques années avec un filtre à bande a mis en évidence des difficultés techniques : boues hétérogènes, puissance électrique disponible sur la station insuffisante, dégradation de la qualité du rejet de la STEU...

3.3.3. Géotubes

La mise en place de Géotubes a été étudiée pour une opération d'élimination de 150 m³ de boues.

Désignation	Détail	Quantité	Prix HT
Géotube 10x10m pour traiter 150m ³	Prix minimum usine TENCATE	1	1 500,00 €
	Transport TENCATE	1	360,00 €
Surface étanche pour pose du géotube	Membrane ou film PE 10x10m	1	300,00 €
Couche drainante entre le tube et la membrane pour accélérer le drainage	Gravier ou sable (quelques cm)		
Travaux, terrassement	Pente 1% nécessaire pour récup effluent		?
Main d'œuvre			?
Injection de polymère	Pompe doseuse	1	1 000,00 €
	Réactif 1,8€/m ³	500 m ³	900,00 €
			4 060,00 €
SEDE Environnement (base : devis 2014)			
Transport vers centre de compostage	1 240,00 € par rotation de 2 bennes	3 rotations	3 720,00 €
Traitement et enfouissement	150,00 € la tonne de boues brutes	42 t	6 300,00 €
		TOTAL	10 020,00 € HT
		TVA 20%	12 024,00 € TTC

Les travaux de terrassement et la main d'œuvre n'ont pas été chiffrés. A titre indicatif, le coût de construction d'un lit de séchage d'une surface de 100 m² est de l'ordre de 10 000 € HT.

Les coûts de la déshydratation mobile ont été estimés dans les devis à environ 10 000 € HT (devis SEDE).

Les géotubes sont une solution temporaire qui ne montre donc pas de gain financier important.

3.4. Traitement complet

- SEDE Environnement : devis ci-joint pour une déshydratation mobile (filtre à bande) sur la station, puis transport, compostage et enfin enfouissement.
- Consultation pour nouveau marché : prochaine évacuation de boues à programmer en mai-juin 2015.

3.5. Mutualisation des équipements

Certains équipements de déshydratation mis en place sur les stations d'épuration de Figeac ou Souillac pourraient être mutualisés sachant qu'ils ne sont pas utilisés à capacité nominale. Les coûts d'exploitation et la faisabilité technique restent à étudier.

3.6. Nouvelle STEU

Projet de construction d'une nouvelle STEU type FPR : délais ?

**ANNEXE 36 : Liste des entreprises fournissant des unités mobiles de
déshydratation (location/vente/fabrication)**

Location d'unités mobiles

Entreprise	Contact	Détail	Source
AQUA TRAITEMENTS	<p>Chemin des Reganats 13170 LES PENNES MIRABEAU 04 42 02 68 04 06 83 64 75 06 Fax : 04 42 02 69 21 contact@aqua-traitements.com</p>	<p>Des prestations globales ou à la carte : transport, installation, réglage, formation</p>	<p>http://aqua-traitements.com/location-unites-traitement</p>
CTP Environnement	<p>Sud-Ouest 8 rue des Forgerons ZAC des Hauts de Couëron 44220 COUERON 02 40 13 04 01 Fax : 02 40 13 04 29</p>	<p>Déshydratation de boues (filtre presse, centrifugeuse)</p>	<p>http://www.ctp-environnement.com/fr/page/metiers/unites-mobiles-de-traitement.html</p>
DEGREMONT	<p>Degrémont France SO 26 bis, avenue Léonard de Vinci 33600 PESSAC 05 57 22 23 00</p>	<p>Mise à disposition d'unités mobiles de déshydratation et de l'opérateur effectuant la campagne</p>	<p>http://www.degremont.fr/fr/activites/metiers/exploitation-et-maintenance/services-et-prestations/location-d-unites-mobiles/</p>
E2SE SAS	<p>645 avenue Dué ZI de l'Oison II 76320 Saint Pierre les Elbeuf 02 35 37 21 71 Fax : 01 72 70 37 48 info@e2se.com</p>	<p>Conçoit et fabrique : centrifugeuses, filtres Réalise la maintenance</p>	<p>http://www.e2se.com/</p>

Entreprise	Contact	Détail	Source
EMO France	Sud-ouest José Luis ENRIQUE 05 40 00 06 33 Fax : 05 24 84 54 74 jose Luisenrique@gmail.com	Conçoit et fabrique des systèmes de traitement d'eau potable, des eaux usées et de traitement des boues dont unités mobiles	http://www.emo-france.com/produits/realisation-dunites-mobiles-facon/
LCMI SARL	245, route de Robion 84300 LES TAILLADES 04 90 06 07 76 Claude DESCHAMPS claude.deschamps@lcmi.eu 06 99 14 19 80	Centrifugeuses + groupe électrogène dès 1800 € HT sans personnel	http://www.lcmi.eu/
LE FLOCH DEPOLLUTION LFP Group	02 41 70 41 70 contact@ultimat-loc.fr	Centrifugeuses, filtre presse ou à bande	http://www.leflochdepollution.com/images/docs/location.pdf
SEDE Environnement		Mise à disposition d'unités mobiles	http://www.sede-environnement.com/fr/metiers/filieres/deshydratation/

Vente d'unités mobiles

Entreprise	Contact	Détail	Source
ATR Créations SARL	Z.I Sardenas 465 Allée des Sardenas 13 680 Lançon-de-Provence 04 90 42 82 85	Unité mobile avec filtre presse ou à bandes	http://atrcrations.fr/materiels-et-unites-mobiles/unite-mobile-filtre-presse-bandes-atr/
E2SE	645 avenue Dué ZI de l'Oison II 76320 Saint Pierre les Elbeuf 02 35 37 21 71 Fax : 01 72 70 37 48 info@e2se.com	Conçoit et fabrique : centrifugeuses, filtres Réalise la maintenance	http://www.e2se.com/
EMO France	Sud-ouest José Luis ENRIQUE 05 40 00 06 33 Fax : 05 24 84 54 74 joseluisenrique@gmail.com	Conçoit et fabrique des systèmes de traitement d'eau potable, des eaux usées et de traitement des boues dont unités mobiles <i>Possible location</i>	http://www.emo-france.com/produits/realisation-dunites-mobiles-facon/
FAURE EQUIPEMENT	21, rue Santos Dumont BP52 87002 Limoges 05 55 30 12 60	Fabricant de filtres presse	http://www.faureequip.com/FILTRES_PRESSE/default.htm
		Déshydratation des boues par filtre-presse full automatique clé en main	http://limousin-environnement.fr/actualites/faure-equipements.html
LCMI SARL	245,route de Robion 84300 LES TAILLADES 04 90 06 07 76 Claude DESCHAMPS claude.deschamps@lcmi.eu 06 99 14 19 80	Vente d'unités mobiles clé en main	http://www.lcmi.eu/

Entreprise	Contact	Détail	Source
LE FLOCH DEPOLLUTION LFP group	BP 97371 29673 Morlaix - France 02 98 15 11 13 Fax : 02 98 15 11 14 contact@leflochdepollution.com	Centrifugeuse sur skid ampliroll carrossé ou non avec ou sans groupe électrogène	http://www.leflochdepollution.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=29&lang=fr
OREGE	Aix en Provence	Procédé SLG breveté, séparation triphasique solide/liquide/gaz	http://www.orege.com/valorisation-et-traitement-des-boues-slg/presentation/
RIVARD	Sud-Ouest 92, avenue Austin Conte 33560 CARBON BLANC 05 56 38 48 33 contact@rivard.fr	Unités mobiles de déshydratation : sur véhicule équipé ou transportable	http://www.rivard.fr/fr/nos-produits/deshydratation
SIMON MOOS	France Simon Moos Maskinfabrik A/S Michel Galard Novaxis 1 75, Bd. Marie et Alexandre Oyon 72100 LE MANS Tél: 06 48 72 18 43 mg.simonmoos@gmail.com	Système KSA : Déshydratation mobile et recyclage eau	http://www.simonmoos.com/brochure-967.html http://www.simonmoos.com/tl_files/simonmoos/maskinfabrik/PDF-brochurer/Fransk/KSA_brochure_FR.pdf
		Bennes Moos de chaulage	http://www.simonmoos.com/tl_files/simonmoos/maskinfabrik/PDF-brochurer/Lime-sludge-mixer-UK.pdf

Prestations : fourniture du matériel et mise à disposition du personnel

Entreprise	Contact	Détail	Source
ACP-INDUSTRIES	Jacques Parravano, commercial : contact@thp-i.com 09 75 32 02 49	Prestation complète en matière de déshydratation comprenant le pompage des boues, la déshydratation, le transport et l'élimination	http://www.thp-i.com/deshydratation-des-boues
AQUA TRAITEMENTS	Chemin des Reganats 13170 LES PENNES MIRABEAU 04 42 02 68 04 06 83 64 75 06 Fax : 04 42 02 69 21 contact@aqua-traitements.com	Déshydratation des boues (presse, bande, centrif)	http://aqua-traitements.com/deshydratation-boues
ARNAUD CLAUDE	Les Echirons 26110 Venterol 04 75 27 90 40 Fax : 04 75 27 90 40	Déshydratation des boues STEP <i>Unité en vente sur le bon coin à 25 000 €</i>	http://www.arnaudassainissement.com/assainissement-venterol
ASTRADEC	95 rue Charles Auguste Coulomb ZAC de la PMA 62 510 ARQUES 03 21 93 60 60 Fax : 03 21 93 72 00	Prend en charge les boues déshydratées et gère la filière depuis le transport jusqu'au traitement	http://www.astradec.com/secteurs/deshydratation-boues.aspx
CTP ENVIRONNEMENT	Sud-Ouest 8 rue des Forgerons ZAC des Hauts de Couëron 44220 COUËRON 02 40 13 04 01 Fax : 02 40 13 04 29	Déshydratation de boues (filtre presse, centrifugeuse)	http://www.ctp-environnement.com/fr/page/metiers/unites-mobiles-de-traitement.html
LE FLOCH DEPOLLUTION LFP group	ZI de Kériver 5 rue E. Branly 29 600 St Martin des champs 02 98 15 11 13 Fax : 02 98 15 11 14 contact@leflochdepollution.com	- Déshydratation adaptée -de 5 à 60 m3/h par machine- par filtre presse à plateaux, centrifugeuse bi-phasique et tri-phasique, filtre presse à bandes, tables d'égouttage épaississement - Chaulage par mixage - Transport vers CET	http://www.leflochdepollution.com/index.php?option=com_content&view=article&id=50&Itemid=29&lang=fr
SEDE Environnement	Patrick Foussats	Déshydratation mobile + compostage + ISDND	http://www.sede-environnement.com/fr/metiers/filieres/deshydratation/
SOLAIRGIE LFP group	Julien Nahon	Déshydratation + séchage solaire + incinération	
UMID		Conditionnement et traitement des boues liquides	http://www.umid.fr/Accueil/tabid/39/language/fr-FR/Default.aspx

**ANNEXE 37 : Flux de cuivre calculé en mg/EH/j pour les STEU de Meyronne-
Creysse, Labastide-Murat et Leyme**

STEU	Meyronne-Creysse			Leyme				Labastide Murat	
Date de prélèvement	28/10/2015	05/05/2015	12/08/2014	28/10/2015	16/06/2015	05/08/2014	31/03/2014	03/03/2015	18/07/2014
DBO5 à 20°C <i>mg/L O2</i>	270	300	390	110	110	320	67	340	590
Débit moyen journalier <i>m3/j</i>	63	45	179	374	359	335	421	94	79
Météo	pluie	temps sec	pluie	pluie	temps sec	temps sec	temps sec	temps sec	temps sec
Commentaire			Mauvais résultats et départs de boues car forte charge entrante	effluent dilué	effluent dilué	résultats inhabituels, non représentatif	effluent dilué		
Concentration en cuivre <i>µg/L</i>	89	205	98	87	148	245	126	145	143
Flux de cuivre <i>g/j</i>	6	9	18	33	53	82	53	13,6	11,3
Nombre de EH (1EH = 60 g DBO5/j)	284	227	1163	686	658	1787	470	533	777
Apport de cuivre (mg/EH/j)	20	41	15	47	81	46	113	26	15
Apport de cuivre* (mg/habitant/j)	16	33	12	38	65	37	90	20	12

* 1 habitant = 0,8 EH

**SYDED du Lot - Satese
Les Matalines
46150 Catus**

**Tel. 05 65 21 22 16
Fax 05 65 21 54 31
www.syded-lot.fr**