



HAL
open science

Préparation de la vidange du digesteur de la station d'épuration de Chevigny (Côte d'Or)

Carla Sucameli

► **To cite this version:**

Carla Sucameli. Préparation de la vidange du digesteur de la station d'épuration de Chevigny (Côte d'Or). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2020. dumas-03575402

HAL Id: dumas-03575402

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03575402>

Submitted on 15 Feb 2022

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

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

« Préparation de la vidange du digesteur de la station d'épuration de Chevigny (Côte d'Or) »

SOGEDO – Agence de Dijon (Côte d'Or)

Par SUCAMELI Carla,
Elève ingénieure 3^{ème} année par alternance - Spécialité traitement
Promotion Bretagne 2017-2020

Rendu : 1^{er} octobre 2020
Soutenance : 15 octobre 2020

Tuteur à l'école : Monsieur Jean-Bernard BARDIAUX
Tuteur de stage : Monsieur Paul BOIS

Maître d'apprentissage : Monsieur Olivier VALENTIN
Supervision du stage : Madame Chloé MARTINEZ

Ecole – CFA correspondant

Entreprise



Page volontairement laissée blanche

REMERCIEMENTS

« Je ne m'inquiète jamais à propos de l'avenir, il arrive bien assez tôt » - Albert Einstein

Le présent mémoire est l'aboutissement de mes dix mois de travail en tant que chargée de projet sur la vidange du digesteur de la station de Chevigny. Plus encore, il représente le clap de fin de mes trois années d'alternance au sein de l'entreprise SOGEDO.

Tout d'abord, je tiens à remercier Madame Chloé MARTINEZ, responsable assainissement sur la station de Chevigny, pour le temps qu'elle a pu me consacrer dans la supervision de mon stage. Je souhaite la remercier pour la confiance qu'elle m'a accordée dans la bonne tenue de mes missions, pour l'autonomie qu'elle m'a laissée acquérir tout au long de ces dix mois et pour la bienveillance qu'elle a pu avoir à mon égard.

Je tiens aussi à remercier Monsieur Olivier VALENTIN, chef d'agence à Dijon et responsable du Pôle Expert SOGEDO à Lyon, qui a assuré le rôle de maître d'apprentissage pendant mes trois années passées entre l'école et l'entreprise. En effet, je souhaite le remercier pour son implication dans ma formation, sa disponibilité et la volonté qu'il a toujours eu de me voir évoluer et prendre confiance dans les différentes missions assurées tout au long de mon apprentissage.

Je remercie également toute l'équipe en place sur la station d'épuration de Chevigny pour m'avoir transmis leurs connaissances, pour m'avoir accompagnée sur le terrain quand cela était nécessaire et pour m'avoir fait confiance lors des différents tests réalisés.

Enfin, j'aimerais remercier toute l'équipe pédagogique de l'ENGEES pour avoir assuré la partie théorique de ma formation tout en m'accompagnant dans le développement de mes projets professionnels. Ces remerciements se tournent plus particulièrement vers Monsieur Paul BOIS, pour m'avoir suivi lors de ma période de stage de fin d'étude et Monsieur Jean-Bernard BARDIAUX pour m'avoir suivi tout au long de mon alternance en tant que tuteur à l'école.

Ces trois années m'ont permis d'évoluer, d'apprendre, de prendre de l'assurance et d'aborder « l'après école » dans les meilleures dispositions.

Page volontairement laissée blanche

RESUME

« Préparation de la vidange du digesteur de la station d'épuration de Chevigny »

Dans le cadre de son nouveau contrat de délégation de service public, SOGEDO s'est engagé à réaliser la vidange du digesteur de la station de Chevigny (Côte d'Or). Cette opération permettra de réaliser la maintenance décennale de l'ouvrage, d'investiguer l'état de sa structure interne et de rechercher de potentiels facteurs aggravant aux problèmes de moussage et de production de biogaz dans l'ouvrage.

La vidange du digesteur consistera à vider complètement le réacteur afin de pouvoir l'ouvrir et en permettre l'accès. L'opération peut se résumer en trois grandes étapes qui sont : le curage de l'ouvrage, la prise en charge des boues continuant à être produites sur site et la remise en route du digesteur.

La préparation de la vidange du digesteur aura duré environ 6 mois, de janvier à juin 2020. Ce temps aura permis de dimensionner les besoins, de définir le type de traitement à mettre en place, de proposer un planning de l'opération, de la chiffrer et de rédiger les différents documents et procédures nécessaires au bon déroulé de l'opération.

Ainsi, la vidange du digesteur sera réalisée par une entreprise sous-traitante spécialisée dans l'exploitation de filières de déshydratation mobiles des boues. SOGEDO traitera sur ses installations les boues fraîches qui continueront d'être produites sur la station et se chargera de la remise en route de l'ouvrage. L'opération devrait s'étaler sur une durée d'environ deux à trois mois.

Le digesteur se trouvant en zone à atmosphère explosive et le chantier étant d'envergure importante à l'échelle de la station, une vigilance particulière a été placée sur l'identification des risques et des mesures de sécurité à considérer pour le bon déroulement de l'opération.

La vidange étant un engagement contractuel, la procédure prévue sera présentée à Dijon Métropole et devra être validée par ces derniers avant le lancement de l'opération en septembre 2021.

Page volontairement laissée blanche

ABSTRACT

« Groundwork for the emptying of the Chevigny's Waste Water Treatment Plant digester »

As part of its new public service delegation contract, SOGEDO has undertaken to empty the digester of the Chevigny's Waste Water Treatment Plant (Côte d'Or). This operation will make possible to carry out the 10-year maintenance of the structure, to investigate the state of its internal structure and to investigate potential factors aggravating the problems of foaming and biogas' production.

The digester drain will involve emptying the reactor completely so that it can be opened and accessed. The operation can be summarised in three main steps, which are the cleaning of the structure, the management of the sludge that will keep on being produced on the plant and the restart of the digester.

The preparation of the digester drain have taken approximately 6 months from January to June 2020. This time enabled to dimension the needs, to define the type of processing to be set up, to plan the operation and to write some procedures.

The draining of the digester will be handled by a subcontractor company specialized in the operation of mobile sludge dehydration lines. SOGEDO will treat the fresh sludge that will continue to be produced on its facilities and will be responsible for restarting the digester. The operation is expected to last approximately from two to three months.

Since the digester is located within potentially explosive atmosphere zones and that the operation is large at the station level, special care has been placed on the identification of both risks and security measures to be considered for the smooth running of the operation.

The digester's emptying is a contractual obligation so the planned procedure will be presented to Dijon Métropole and will be approved before the launch of the operation in September 2021.

Page volontairement laissée blanche

TABLE DES MATIERES

LISTES DIVERSES	11
LISTE DES FIGURES	11
LISTE DES TABLEAUX	12
LISTE DES EQUATIONS	12
LISTE DES ABREVIATIONS	13
I. INTRODUCTION	15
II. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION DE CHEVIGNY	17
II.1 DESCRIPTION DE LA FILE EAU	17
II.2 DESCRIPTION DE LA FILE BOUE	17
II.2.1 LES DIFFERENTS TYPES DE BOUES TRANSITANT SUR LA STATION	18
III. LA DIGESTION MESOPHILE ANAEROBIE DES BOUES DE STATION D'EPURATION	25
III.1 QU'EST-CE QUE LA DIGESTION ANAEROBIE ?	25
III.1.1 PRINCIPE DE LA DIGESTION ANAEROBIE DES BOUES DE STATION D'EPURATION	25
III.1.2 LES DIFFERENTES REACTIONS DE LA DIGESTION ANAEROBIE MESOPHILE	25
III.2 L'EXPLOITATION DES DIGESTEURS MESOPHILES ANAEROBIES	26
III.2.1 LES MAUX D'UN DIGESTEUR	26
III.2.2 SUIVI BIOLOGIQUE DES DIGESTEURS ANAEROBIES	29
IV. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR DE LA STATION	31
IV.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	31
IV.2 PERFORMANCES DU DIGESTEUR POUR L'ANNEE 2019	34
IV.3 PROBLEMATIQUES RECURRENTES IMPACTANT LE FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR	35
V. LES DIFFERENTES ETAPES DE LA VIDANGE DU DIGESTEUR	37
V.1 DESCRIPTION GENERALE DE LA VIDANGE	37
V.2 ORGANISATION DE LA VIDANGE	37
V.3 INERTAGE	39
V.3.1 ESTIMATION DES BESOINS EN AZOTE POUR L'INERTAGE	39
V.3.2 INSTALLATION DU CHANTIER D'INERTAGE	40
V.4 VIDANGE ET CURAGE DU DIGESTEUR PAR UNE ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE	41
V.4.1 DIMENSIONNEMENT DE LA CENTRIFUGEUSE A METTRE EN PLACE	42
V.4.2 BESOIN EN ELECTRICITE DES INSTALLATIONS DE LOCATION	43
V.4.3 BESOIN EN EAU DES INSTALLATIONS DE LOCATION	43
V.4.4 CURAGE DU DIGESTEUR	46
V.4.5 IMPLANTATION DU CHANTIER DE VIDANGE	46
V.5 PRISE EN CHARGE DES BOUES FRAICHES PAR LES INSTALLATIONS DE LA STATION	47
V.6 MAINTENANCE ET EVENTUELS TRAVAUX A PREVOIR	49
V.7 VIDANGE ET CURAGE DU GROS STOCKEUR	50
V.8 EVACUATION DES DECHETS DE LA VIDANGE	51
V.8.1 EVACUATION DES BOUES	51
V.8.2 EVACUATION DES SABLES	53

V.9	REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR	53
VI.	SUIVI DE L'OPERATION DE VIDANGE ET DE LA REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR	57
VI.1	SUIVI DU CHANTIER	57
VI.2	SUIVI DE LA REMISE EN ROUTE	58
VI.2.1	LES PARAMETRES A SUIVRE AU REDEMARRAGE DU DIGESTEUR	58
VI.2.2	ANALYSES A REALISER AU REDEMARRAGE DU DIGESTEUR	59
VI.2.3	VALEURS CIBLES	60
VI.2.4	ACTIONS POSSIBLES A METTRE EN PLACE EN CAS DE DERIVE DES PARAMETRES	60
VII.	ANALYSE DES RISQUES LIES A L'OPERATION	61
VII.1	ANALYSE DES RISQUES A CHAQUE ETAPE	61
VII.1.1	METHODOLOGIE MISE EN PLACE	61
VII.1.2	ANALYSE DES RISQUES	62
VII.2	ANALYSE DES RISQUES SPECIFIQUES A LA ZONE ATEX	62
VII.2.1	RISQUE D'EXPLOSION	62
VII.2.2	RISQUE D'INTOXICATION	63
VIII.	GESTION MANAGERIALE DU PROJET	67
VIII.1	PLANIFICATION DU PROJET	67
VIII.2	CHOIX DES SOUS-TRAITANT	67
VIII.3	ORGANISATION SUR LE TERRAIN	69
VIII.4	COMMUNICATIONS ET LIVRABLES	69
VIII.5	CHIFFRAGE DE L'OPERATION	70
IX.	CONCLUSION	71
X.	BIBLIOGRAPHIE	73
XI.	ANNEXES	74
XI.1	TABLE DES ANNEXES	75
ANNEXE 1	: IMPLANTATION DE LA STATION D'EPURATION DE CHEVIGNY	76
ANNEXE 2	: SYNOPTIQUE DES FILES EAU ET BOUE DE LA STATION D'EPURATION DE CHEVIGNY	77
ANNEXE 3	: SIGNALIETIQUE DES VANNES POUR LA VIDANGE	78
ANNEXE 4	: PROCEDURE DETAILLEE DE L'OPERATION DE VIDANGE	86
ANNEXE 5	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE D'INERTAGE ET DE PREPARATION DU CHANTIER	96
ANNEXE 6	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE VIDANGE DU DIGESTEUR	99
ANNEXE 7	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE PRISE EN CHARGE DES BOUES FRAICHES	102
ANNEXE 8	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE VIDANGE ET DE CURAGE DU GROS STOCKEUR	105
ANNEXE 9	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE LEVEE DU CHANTIER	109
ANNEXE 10	: ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE FERMETURE ET DE REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR	110
ANNEXE 11	: DIAGRAMME DE GANTT RELATIF A L'OPERATION DE VIDANGE DU DIGESTEUR	113
ANNEXE 12	: CHIFFRAGE DU TRAITEMENT DES BOUES FRAICHES SUR FILTRE PRESSE ET ADEQUAPRESS	114
ANNEXE 13	: CHIFFRAGE DE L'EVACUATION DES BOUES ET DES SABLES	115
ANNEXE 14	: CHIFFRAGE DE LA DESHYDRATATION DES BOUES EN SITUATION NORMALE D'EXPLOITATION	116
ANNEXE 15	: CHIFFRAGE DE LA REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR	117

LISTES DIVERSES

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Vue d'ensemble de la file boue depuis le filtre presse	18
Figure 2 : Boues biologiques	19
Figure 3 : Bassins biologiques	19
Figure 4 : Boues recirculées	19
Figure 5 : Clarificateur	19
Figure 6 : Boues à flotter	20
Figure 7 : Bâche à boues à flotter (gauche) et flottateur (droite)	20
Figure 8 : Boues flottées	20
Figure 9 : Boues primaires	21
Figure 10 : Décanteur primaire	21
Figure 11 : Epaisseur	21
Figure 12 : Boues fraîches	21
Figure 13 : Boues digérées	22
Figure 14 : Digesteur (droite) et gazomètre (gauche)	22
Figure 15 : Boues déshydratées	22
Figure 16 : Filtre presse	22
Figure 17 : Boues Adéquapress	23
Figure 18 : Presse à vis - Adéquapress	23
Figure 19 : Schéma réactionnel de la digestion anaérobie (1)	25
Figure 20 : Moussage du digesteur (2015)	27
Figure 21 : Observation microscopique des boues de la station de Chevigny - Peu de foisonnement	28
Figure 22 : Observation microscopique des boues de la station de Chevigny - Très fort foisonnement	28
Figure 23 : Digesteur de la station de Chevigny	31
Figure 24 : Représentation schématique du digesteur de la station de Chevigny	32
Figure 25 : Représentation schématique des diverses conduites boues du digesteur	33
Figure 26 : Configuration de la file boue en situation normale d'exploitation	34
Figure 27 : Performances du digesteur de la STEP de Chevigny pour l'année 2019	35
Figure 28 : Disposition de la file boue lors de l'inertage	39
Figure 29 : Plan d'installation pour l'inertage	40
Figure 30 : Zone d'installation pour l'inertage	40
Figure 31 : Possibilité de piquage n°1	41
Figure 32 : Possibilité de piquage n°2	41
Figure 33 : Synoptique de la file de déshydratation de location	41
Figure 34 : Système de réutilisation des eaux de sortie de la STEP de Chevigny pour la durée de la vidange	44
Figure 35 : Emplacement du chantier de vidange du digesteur	46
Figure 36 : Zone d'installation des UMD de location	47
Figure 37 : Disposition de la file boue lors de la vidange	48
Figure 38 : Extrait des résultats de la thermographie du digesteur	49
Figure 39 : Accumulation des sables dans le gros stockeur	50
Figure 40 : Disposition de la file boue lors de la vidange du gros stockeur	51
Figure 41 : Périodes d'interdiction d'épandage en région Bourgogne Franche-Comté (14)	53
Figure 42 : Remise en eau du digesteur	54
Figure 43 : Disposition de la file boue lors de la remise en route du digesteur	55
Figure 45 : Cotation du risque (source de l'image : Analyses des risques de défaillance de la STEP par Gedeau Conseil)	62
Figure 45 : Hexagone de l'explosion – Source : INERIS	62
Figure 46 : Domaine d'explosivité – Source : INERIS	62
Figure 47 : Substances présentant un risque d'explosion – Source : DRPCE de la STEP de Chevigny	63
Figure 48 : Illustration des zones ATEX concernées par la vidange – Source : DRPCE de la STEP de Chevigny	63

Figure 49 : Valeurs toxicologique des trois principaux gaz composant le biogaz – Source : INERIS	64
Figure 50 : Pictogrammes relatifs aux dangers du sulfure d'hydrogène – Source : INRS	64
Figure 51 : Effets du sulfure d'hydrogène sur l'Homme en fonction de sa concentration – Source : INERIS	64
Figure 52 : Pictogrammes relatifs aux dangers du monoxyde de carbone – Source : INRS	65
Figure 53 : Effet du monoxyde de carbone sur l'Homme pour différentes concentration – Source : GazDetect	65
Figure 54 : Pictogrammes pouvant être associés aux dangers du dioxyde de carbone	65
Figure 55 : Effet du dioxyde de carbone sur l'Homme pour différentes concentration – Source : GazDetect	66
Figure 56 : Organigramme de l'équipe assainissement de la station de Chevigny	69

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Description des boues de la station de Chevigny 1/5	19
Tableau 2 : Description des boues de la station de Chevigny 2/5	20
Tableau 3 : Description des boues de la station de Chevigny 3/5	21
Tableau 4 : Description des boues de la station de Chevigny 4/5	22
Tableau 5 : Description des boues de la station de Chevigny 5/5	23
Tableau 6 : Les différentes réactions au sein d'un méthaniseur	26
Tableau 7 : Les différents "maux" des digesteurs mésophiles	26
Tableau 8 : Valeurs cibles, boues digérées produites par un digesteur	29
Tableau 9 : Valeurs cibles, biogaz produit par un digesteur	29
Tableau 10 : Comparaison des deux scénarios pour le choix de la configuration de la file boue pour la vidange	38
Tableau 11 : Dimensionnement de la centrifugeuse de location	42
Tableau 12 : Besoins en électricité des installations de location	43
Tableau 13 : Ecart Entrée/Sortie sur les volumes de l'année 2019 à la période de la vidange en cas de retour des eaux dans la bache d'entrée	45
Tableau 14 : Estimation de la production hebdomadaire de boues fraîches sur la station de Chevigny	47
Tableau 15 : Estimation du tonnage hebdomadaire de boues déshydratées par filtre presse à évacuer	51
Tableau 16 : Estimation du tonnage hebdomadaire de boues déshydratées par Adéquapress à évacuer	52
Tableau 17 : Estimation du tonnage de boues déshydratées par centrifugeuse à évacuer	52
Tableau 18 : Réensemencement du digesteur après la vidange	55
Tableau 19 : Paramètres suivis durant le chantier	57
Tableau 20 : Paramètres à suivre durant la remise en route du digesteur	59
Tableau 21 : Quotation des différents critères étudiés pour l'analyse des risques	61
Tableau 22 : Grille de comparaison des sous-traitants	68
Tableau 24 : Chiffrage total de l'opération de vidange	70

LISTE DES EQUATIONS

Équation 1 : Calcul du débit de fonctionnement de la centrifugeuse	42
Équation 2 : Equation à résoudre pour le calcul du débit de fonctionnement de la centrifugeuse	43
Équation 3 : Calcul de l'écart Entrée/Sortie pour l'autosurveillance du système de comptage de la station	44
Équation 4 : Calcul du volume à mettre en eau pour le redémarrage du digesteur	53
Équation 5 : Calcul de la criticité d'un risque	61

LISTE DES ABREVIATIONS

DSP : Délégation de Service Public

EH : Equivalent Habitants

STEP : Station d'épuration

DBO₅ : Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours

O₂ : Dioxygène

NGL : Azote Totale Kjeldahl

N : Azote

Pt : Phosphore total

P : Phosphore

MS : Matières Sèches

MES : Matières En Suspension

pH : Potentiel Hydrogène

CH₄ : Méthane

CO₂ : Dioxyde de Carbone

H₂S : Hydrogène Sulfuré ou Sulfure d'Hydrogène

H₂O : Monoxyde de dihydrogène ou molécule d'eau

AGV : Acides Gras Volatils

H₂ : Dihydrogène

NH₃ : Ammoniac

O : Oxygène

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

CaCO₃ : Carbonate de Calcium

HCO₃ : Bicarbonate

Rédox : Oxydo-Réduction

NGF : Nivellement Général de la France

AILE : Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement

Ppm : Parties par million

ADEME : Agence de la transition écologique, anciennement Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

MVS : Matières Sèches Volatiles

STEU : Station de Traitement des Eaux Usées

Q : Débit

REUT : Réutilisation des eaux usées traitées

T : Tonne(s)

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

EPI : Equipements de protection Individuels

ATEX : Atmosphère Explosive

LIE : Limite Inférieure d'Explosivité

LSE : Limite Supérieure d'Explosivité

DRPCE : Document Relatif à la Protection Contre les Explosions

IIAT1 et IIAT3 : Groupe de gaz de référence pour le marquage du matériel ATEX (IIA = Propane), T donne un renseignement sur la température maximale de surface (T1 = 450°C, T3 = 200°C)

DDT : Direction Départementale des Territoires

CO : Monoxyde de Carbone

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

SEI-1 min : seuils des effets irréversibles à une minute

IDLH : Immediately Dangerous to Life or Health, en français, Danger immédiat pour la vie ou la santé (IDVS)

Page volontairement laissée blanche

I. INTRODUCTION

La station d'épuration des eaux usées de Chevigny (commune de Chevigny-Saint-Sauveur en Côte d'Or) est exploitée par la société SOGEDO au travers d'un contrat de Délégation de Service Public (DSP) renouvelé pour une durée de 10 ans à compter du 1^{er} janvier 2019. Le système d'assainissement de Chevigny reçoit et traite les eaux usées de huit communes de l'Est-Dijonnais. Sur sa filière boues, la station d'épuration est équipée d'un digesteur permettant la minéralisation des boues reçues et par conséquent la réduction du volume de boues à évacuer. Les processus chimiques mis en jeu au sein de l'ouvrage dégagent du biogaz qui est valorisé en électricité via une unité de cogénération puis revendu à Enedis, aussi, la chaleur dégagée est utilisée pour maintenir la température du digesteur à 37°C. Il a été prévu dans le cadre du nouveau contrat de DSP d'effectuer une vidange complète et une inspection interne du digesteur de la station.

Le digesteur de la station de Chevigny peut être aussi bien vu comme un ouvrage de traitement des boues que comme un ouvrage de production de biogaz. Cette deuxième fonction est d'autant plus importante puisque le nouveau contrat liant SOGEDO et Dijon Métropole inclut des objectifs ambitieux en termes de production d'électricité. Il est donc nécessaire que le digesteur réponde correctement à ces deux missions.

SOGEDO a décidé de réaliser la vidange du digesteur de la station de Chevigny la deuxième année du contrat à la suite des problèmes de moussage à répétition dans l'ouvrage rencontrés depuis de nombreuses années, à la diminution de la production de biogaz par la cogénération de la station ainsi que dans le cadre de la maintenance décennale de l'ouvrage. L'opération a finalement été repoussée à l'année 2021 (troisième année du contrat) à cause de la crise sanitaire en cours.

La vidange consiste à vider complètement l'ouvrage, ce qui permettra de procéder à son nettoyage et à son curage, de vérifier son état interne et d'opérer des maintenances qui ne peuvent être faites ou difficilement être faites en fonctionnement normal. Cela est d'autant plus important dans le cas d'ouvrages totalement fermés et isolés comme les digesteurs. Concernant la vidange du digesteur de la station, la complexité de l'opération réside dans sa dangerosité (gaz toxiques, risques d'explosion), sa compatibilité avec la continuité de services de l'exploitation de la station et la gestion du surplus de boues dû à l'inutilisation du digesteur durant toute la durée de l'opération.

Le présent mémoire, après avoir défini ce qu'est la digestion anaérobie mésophile et avoir présenté la station d'épuration de Chevigny, portera sur les différentes phases de préparation de la vidange. Cela inclut, le choix de la filière de traitement à mettre en place, les études préliminaires effectuées en amont de la vidange, le dimensionnement des besoins aux différentes étapes, l'étude des risques, la planification, le chiffrage et le suivi de l'opération de la mise à l'arrêt du digesteur à sa remise en route.

Page volontairement laissée blanche

II. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'ÉPURATION DE CHEVIGNY

La station d'épuration de Chevigny traite les effluents des communes de l'Est-Dijonnais selon un système de traitement par **boues activées faible charge** sur la file eau et de **digestion anaérobie mésophile** sur la file boue. La station est dimensionnée pour traiter 80 700 EH pour la filière eau et 70 000 EH pour la filière boue. La station fonctionne, en moyenne, à environ 60% de sa charge en DBO₅ en entrée.

La mise en service de la station date de l'année 1969. Une première extension de la station a été réalisée en 1979 portant sa capacité à 35 000 EH, puis une seconde extension a été faite en 1991 portant sa capacité à 60 000 EH. Depuis, le secteur de l'Est Dijonnais s'est beaucoup étendu accueillant de nombreuses habitations et des industriels d'importante dimension comme l'usine AMORA qui apporte, à elle seule, 30% de la charge organique reçue en tête de station. La station a donc été redimensionnée une dernière fois en 2004 afin de pouvoir traiter 80 700 EH de pollution sur sa file eau et ainsi répondre aux exigences européennes en matière d'élimination de pollution carbonée, nitrates et phosphates. Lors de cette dernière extension, les capacités de la file boue n'ont pas été augmentées.

Une vue en plan schématisée de la station dans sa disposition actuelle ainsi qu'un synoptique de son fonctionnement sont visibles respectivement en annexe 1 et 2 du présent rapport.

II.1 DESCRIPTION DE LA FILE EAU

Les effluents à traiter passent tout d'abord sur les ouvrages de **prétraitement** (dégrilleur, déssableur et déshuileur/dégraisseur) qui permettent de séparer les eaux usées des déchets grossiers, des sables et des graisses. Ces déchets sont stockés dans des bennes avant évacuation tandis que l'eau prétraitée est évacuée sur la file par surverse.

Les effluents prétraités sont envoyés au **décanteur primaire** qui permet un premier traitement de la matière organique. Ensuite, les eaux sont envoyées dans des **bassins biologiques** de type boues activées en fonctionnement faible charge (deux files en parallèle) permettant la dégradation des matières organiques (traitement biologique DBO₅ ≤ 15 mg(O₂)/l), l'élimination de l'azote (dénitrification NGL ≤ 15 mg(N)/l) et l'assimilation des phosphates (déphosphatation Pt ≤ 1 mg(P)/l). La séparation des phases eau et boue s'effectue dans des **clarificateurs** (deux files en parallèle). Enfin, les eaux épurées sont rejetées via un canal de sortie dans le ruisseau de la « Goulotte » qui rejoint directement un cours d'eau plus conséquent, la « Norges ».

La capacité nominale de la station permet de traiter une charge en entrée de 4 842 kg/jour de DBO₅ et un volume de 9 496 m³/jour. En moyenne, le volume journalier en entrée de station pour l'année 2019 était de 7 262 m³ (environ 6 000 m³ d'eaux usées en temps sec à 9 000 m³ en temps de pluie) pour une charge moyenne de 2 908 kg/jour de DBO₅.

II.2 DESCRIPTION DE LA FILE BOUE

Le traitement des boues sur la station de Chevigny se fait par **digestion anaérobie**.

Les boues sont extraites de la file eau vers la file boue via deux ouvrages : le décanteur primaire et les bassins biologiques. Les boues extraites du décanteur primaire sont envoyées dans un **épaisseur statique à herses** après avoir été débarrassées en amont de leurs fillasses via un **trommel**. Les boues extraites des bassins biologiques sont épaissies par un **flottateur** brassé mécaniquement.

Les boues provenant des deux voies d'épaississement sont mélangées avant d'être envoyées au **digesteur** pour traitement. Une fois traitées, les boues sont stockées dans un ouvrage de stockage brassé et à ciel ouvert avant déshydratation. Après chaulage et coagulation (injection de chlorure ferrique) les boues digérées sont déshydratées via un **filtre presse** puis sont évacuées en **valorisation**

agricole. En moyenne, 80 à 100 m³ de boues fraîches sont produites et traitées quotidiennement sur la station.

Une **unité mobile de déshydratation**, installée depuis 2012, permet d'augmenter la capacité de traitement des boues de la station de Chevigny ou d'assister le filtre presse en cas de nécessité (niveau trop haut dans le gros stockeur, dysfonctionnement du filtre presse...). Il s'agit d'un procédé de floculation des boues permettant leur séparation avec l'eau interstitielle. Les boues floculées sont par la suite filtrées puis pressées par les vis de l'unité. En sortie de l'unité mobile de déshydratation les boues sont envoyées vers une benne de stockage puis évacuées pour mise en compostage. La sollicitation de cette unité reste rare et permet de traiter un volume de boues quotidien de 20 m³. Cette unité est aussi appelée **Adéquapress**.

Depuis 2015, une unité de cogénération permet la valorisation du méthane produit par le digesteur de la station. Le but de la cogénération est de produire de l'électricité qui est par la suite réinjectée dans le réseau d'Enedis mais aussi de produire de l'eau chaude via l'énergie thermique générée par son moteur. Cette eau chaude est utilisée pour le chauffage du digesteur.

Les ouvrages de la file boue de la station de Chevigny sont présentés sur la photo ci-après.

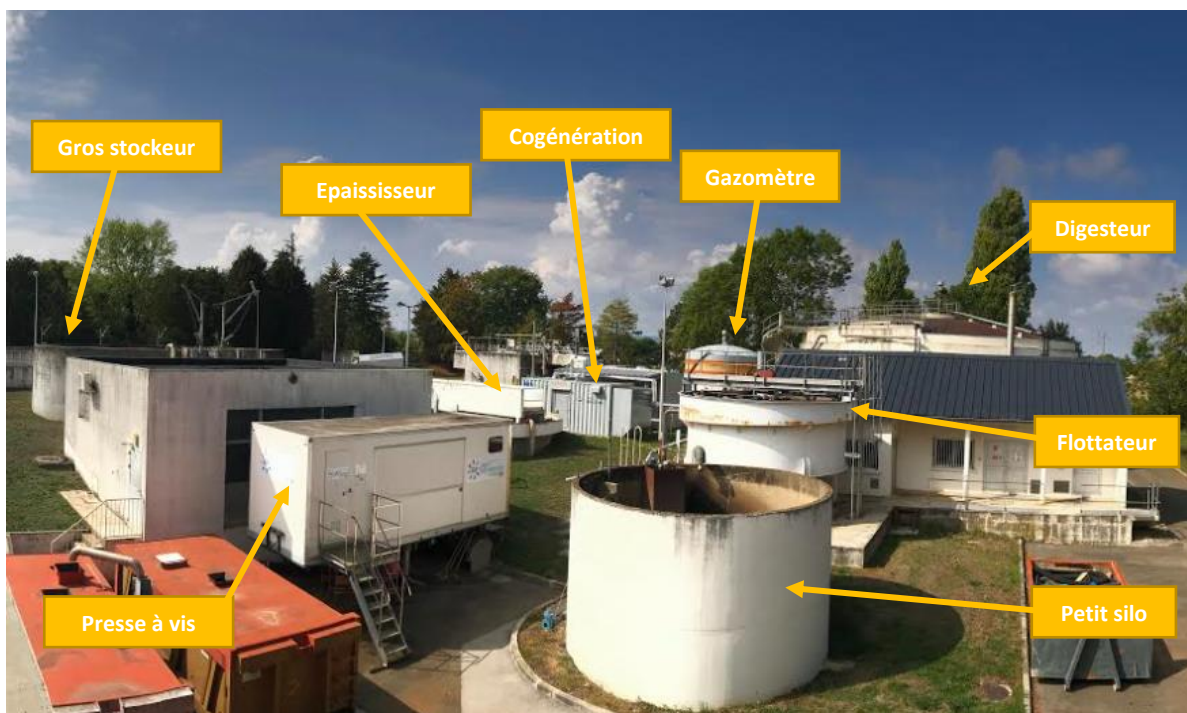


Figure 1 : Vue d'ensemble de la file boue depuis le filtre presse

II.2.1 LES DIFFERENTS TYPES DE BOUES TRANSITANT SUR LA STATION

Sur la station d'épuration de Chevigny, plusieurs types de boues sont recensés tout au long de la filière de traitement. Ces boues diffèrent les unes des autres par leurs caractéristiques (concentration en matières sèches (MS), taux de matières en suspension (MES), siccité...). Les boues alimentant le digesteur sont le résultat de différents mélanges de boues de la filière. Afin de mieux appréhender le fonctionnement et les réglages du digesteur et des ouvrages de déshydratation, il est donc nécessaire de connaître les caractéristiques des boues à chaque étape.

Tableau 1 : Description des boues de la station de Chevigny 1/5





Type et description	Caractéristiques	Aspect	Ouvrage
<p>Boues biologiques</p> <p><i>Résidus épurés de la filière eau. Après traitement anoxie et aérobic, ces dernières sont extraites des bassins biologiques pour être envoyées au flottateur.</i></p>	<p>MES : 3 g/l</p> <p>Indice de boue : < 130 ml/g</p>	 <p><i>Figure 2 : Boues biologiques</i></p>	 <p><i>Figure 3 : Bassins biologiques</i></p>
<p>Boues recirculées</p> <p><i>Boues extraites du fond des clarificateurs puis renvoyées aux bassins biologiques.</i></p>	<p>MES pour 100% de recirculation : 6 g/l</p> <p>MES pour 120% de recirculation : 4.5 g/l</p>	 <p><i>Figure 4 : Boues recirculées</i></p>	 <p><i>Figure 5 : Clarificateur</i></p>

Tableau 2 : Description des boues de la station de Chevigny 2/5




Type et description	Caractéristiques	Aspect	Ouvrage
<p>Boues à flotter</p> <p><i>Mélange des boues biologiques et des flottants des clarificateurs avant épaissement.</i></p>	<p>MS : < 5 g/kg</p>	 <p><i>Figure 6 : Boues à flotter</i></p>	 <p><i>Figure 7 : Bâche à boues à flotter (gauche) et flottateur (droite)</i></p>
<p>Boues flottées</p> <p><i>Boues à flotter après épaissement par flottation.</i></p>	<p>MS : 30 à 35 g/kg</p>	 <p><i>Figure 8 : Boues flottées</i></p>	

Tableau 3 : Description des boues de la station de Chevigny 3/5





Type et description	Caractéristiques	Aspect	Ouvrage
<p>Boues primaires</p> <p><i>Boues extraites du décanteur primaire et épaissies via un épaississeur à hereses.</i></p>	<p>MS : 50 g/kg</p> <p>Qualité très variable</p>	 <p><i>Figure 9 : Boues primaires</i></p>	 <p><i>Figure 10 : Décanteur primaire</i></p>
<p>Boues fraîches</p> <p><i>Mélange des boues primaires (40%) et des boues flottées (60%). Ces boues sont injectées dans le digesteur pour traitement.</i></p>	<p>MS : 40 à 50 g/kg</p> <p>Qualité très variable</p>	 <p><i>Figure 12 : Boues fraîches</i></p>	 <p><i>Figure 11 : Epaisseur</i></p>

Tableau 4 : Description des boues de la station de Chevigny 4/5





Type et description	Caractéristiques	Aspect	Ouvrage
<p>Boues digérées</p> <p><i>Après un temps de séjour d'une vingtaine de jours, les boues digérées sont envoyées dans le gros stockeur pour être stockées avant déshydratation sur filtre presse.</i></p>	<p>MS : 20 g/kg</p>	 <p><i>Figure 13 : Boues digérées</i></p>	 <p><i>Figure 14 : Digesteur (droite) et gazomètre (gauche)</i></p>
<p>Boues déshydratées</p> <p><i>Conditionnement des boues à déshydrater par injection de lait de chaux et de chlorure ferrique. Déshydratation par filtre presse. Ces boues sont évacuées en épandage ou en compostage pour les mois où l'épandage est interdit.</i></p>	<p>Siccité : 38%</p> <p>Analyses agronomiques</p> <p>pH = 12</p> <p>Analyses des bactéries de type coliformes thermorésistants</p>	 <p><i>Figure 15 : Boues déshydratées</i></p>	 <p><i>Figure 16 : Filtre presse</i></p>

Tableau 5 : Description des boues de la station de Chevigny 5/5

Type et description	Caractéristiques	Aspect	Ouvrage
<p>Boues Adéquapress</p> <p><i>Déshydratation des boues flottées via un système de presse à vis. Ces boues sont évacuées par voie de compostage.</i></p>	<p>Siccité : 12%</p>	 <p><i>Figure 17 : Boues Adéquapress</i></p>	 <p><i>Figure 18 : Presse à vis - Adéquapress</i></p>

La connaissance des valeurs optimales de fonctionnement de la filière boue est très importante pour le pilotage de la station et la préparation de la vidange. En effet, connaître les caractéristiques des boues permet de piloter les différents ouvrages, d'ajuster les doses de réactifs et de s'assurer du bon fonctionnement des installations de la station d'épuration. Dans le cadre de la vidange, ces informations sont d'autant plus importantes puisqu'elles permettent de définir les différentes filières de traitement à mettre en place et d'en ajuster les réglages.

Pour gérer correctement un digesteur, connaître les caractéristiques des intrants est important mais non suffisant. Pour maîtriser son fonctionnement de manière optimale, il est essentiel d'avoir connaissance des différents paramètres physiques et chimiques du milieu, des réactions s'opérant dans l'ouvrage et des sensibilités des populations bactériennes se développant en son sein. C'est pourquoi la partie suivante s'attardera à décrire le fonctionnement des digesteurs mésophiles anaérobie, les paramètres à suivre et les différents maux auxquels ils peuvent être sujets.

Page volontairement laissée blanche

III. LA DIGESTION MESOPHILE ANAEROBIE DES BOUES DE STATION D'EPURATION

III.1 QU'EST-CE QUE LA DIGESTION ANAEROBIE ?

III.1.1 PRINCIPE DE LA DIGESTION ANAEROBIE DES BOUES DE STATION D'EPURATION

La **digestion anaérobie** (aussi appelée méthanisation) est un procédé biologique permettant le traitement des déchets organiques (réduction du volume de boues, hygiénisation (dans le cas d'une digestion thermophile), réduction des nuisances olfactives) tout en produisant du biogaz. La dégradation des déchets se fait à l'aide de **micro-organismes en l'absence d'oxygène**.

La digestion peut se faire de manière **thermophile** (le réacteur est maintenu à des températures comprises entre 53°C et 57°C), **mésophile** (le réacteur est maintenu à des températures comprises entre 33°C et 37°C) ou **psychrophile** (le réacteur est maintenu à des températures entre 6°C et 15°C). Le temps de séjour des boues au sein d'un digesteur est d'environ trois à quatre semaines.

En parallèle du traitement des déchets organiques, la digestion anaérobie produit du **biogaz** par méthanisation. Ce dernier se compose d'environ 60% de méthane (CH₄), 30% de dioxyde de carbone (CO₂) et 10% de gaz résiduels (sulfure d'hydrogène (H₂S), vapeur d'eau (H₂O) ...). Ce mélange peut être utilisé pour la production d'électricité et de chaleur. Une fois épuré (décarbonaté pour retirer le dioxyde de carbone, désulfuré pour retirer le sulfure d'hydrogène et déshydraté) le biogaz peut être qualifié de **biométhane**.

Le digesteur de la station d'épuration de Chevigny ayant un fonctionnement **mésophile**, les prochains propos porteront uniquement sur les méthaniseurs fonctionnant aux mêmes températures.

III.1.2 LES DIFFERENTES REACTIONS DE LA DIGESTION ANAEROBIE MESOPHILE

La digestion anaérobie est réalisée par la succession de **quatre réactions en série ou en parallèle** permettant de passer de matières organiques complexes à la formation de gaz et de boues digérées par l'action de différentes bactéries. La chaîne réactionnelle décrivant le procédé de méthanisation est visible sur le schéma ci-dessous.

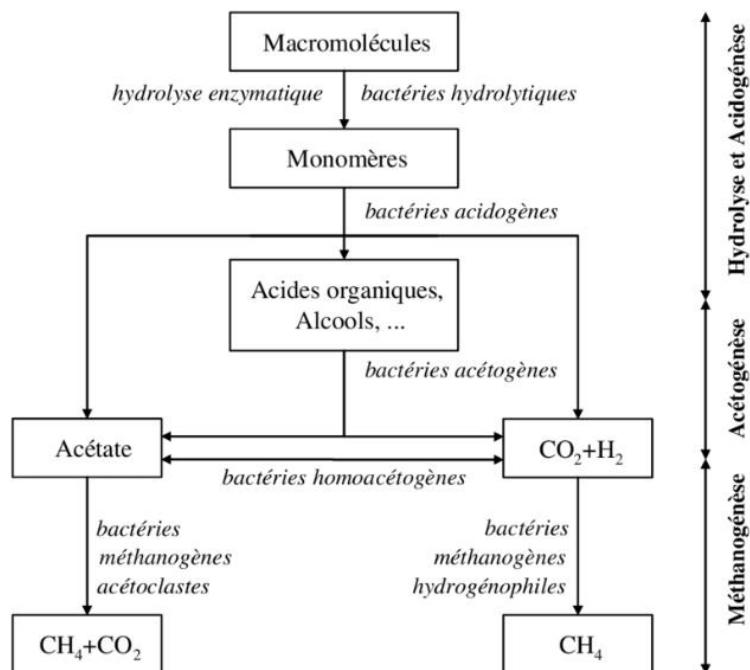


Figure 19 : Schéma réactionnel de la digestion anaérobie (1)

Ces quatre réactions mobilisent **différents types de bactéries** et fonctionnent dans des conditions optimales particulières. De manière générale, le **pH optimal au sein d'un digesteur se situe entre 6,5 et 7,3** bien que chacune des réactions fonctionne à un pH optimal différent. Aussi, certaines réactions sont plus ou moins rapides. Les caractéristiques et les sensibilités de ces différentes réactions sont résumées dans le tableau 6 ci-après (2).

Tableau 6 : Les différentes réactions au sein d'un méthaniseur

Réactions	Hydrolyse	Acidogénèse	Acétogénèse	Méthanogénèse
Actions	Dégradation des polymères en monomères	Dégradation des monomères en Acides Gras Volatils (AGV) et alcools	Transformation des AGV en acétates, dihydrogène (H ₂) et CO ₂	Réduction du substrat en méthane
Types de bactéries	Bactéries hydrolytiques	Bactéries acidogènes	Bactéries acétogènes	Bactéries méthanogènes de deux sortes : Hydrogénotrophes (utilisent le H ₂ et le CO ₂) et acétoclastes (utilisent l'acide acétique)
pH optimaux	Compris entre 4,5 et 6,3	Compris entre 4,5 et 6,3	Compris entre 6,8 et 7,5	Compris entre 6,8 et 7,5
Temps de division	Rapide (quelques heures en fonction du substrat)	Rapide (quelques heures)	Lent (de un à quatre jours)	Lent (de cinq à quinze jours)
Sensibilités	Lignine	H ₂ S, ammonium (NH ₃), sels et antibiotiques	Excès de H ₂ , brassage rapide, H ₂ S, NH ₃ , sels, antibiotiques, variations de température	Intolérance au dioxygène, variations de température et de pH, cuivre, sels, nécessite du nickel pour leur croissance

III.2 L'EXPLOITATION DES DIGESTEURS MESOPHILES ANAEROBIES

III.2.1 LES MAUX D'UN DIGESTEUR

Du fait de la variété des bactéries sollicitées pour les réactions de méthanisation, les digesteurs sont des ouvrages plutôt sensibles. Ces derniers peuvent être victimes de nombreux dysfonctionnements aux origines très variées, pouvant impacter directement leur fonctionnement et donc l'exploitation de la station dans sa globalité.

Tableau 7 : Les différents "maux" des digesteurs mésophiles

Maux	Etape(s) concernée(s)	Cause(s)	Conséquence(s)
Intoxication à l'oxygène (O)	Toutes	Excès d'oxygène pouvant être lié à une mauvaise manipulation ou à l'ajout d'un substrat poreux dans le réacteur	Arrêt de la production de méthane et accumulation des produits de l'hydrolyse
Alcalose	Acidogénèse et Acétogénèse	Intoxication à l'ammoniac	Accumulation des produits de l'hydrolyse et baisse de la production de biogaz
Intoxication au dihydrogène sulfuré (H ₂ S)	Acidogénèse et Acétogénèse	Intoxication au dihydrogène sulfuré (H ₂ S), peut être liée à une forte concentration en protéine dans le substrat	Accumulation des produits de l'hydrolyse et baisse de la production de biogaz
Acidose	Méthanogénèse	Accumulation d'AGV, forte variation de température, présence d'antibiotique, de H ₂ S, de métaux lourds inhibant les bactéries acétogènes ou méthanogènes	Chute du pH, dysfonctionnement des bactéries méthanogènes, baisse de production et de qualité du biogaz

Le **moussage** est un problème récurrent dans l'exploitation des digesteurs, environ un digesteur sur deux est touché par ce phénomène de façon continue ou par intermittence (3). Il se manifeste par un **foisonnement de bactéries filamenteuses** dans les boues leur donnant un aspect mousseux. Cela a pour conséquence de les faire « gonfler », ainsi, le volume de boues augmente et ces dernières tendent à déborder de l'ouvrage.

Ce phénomène peut s'avérer d'une **grande dangerosité**, notamment lorsque les boues remontent par les soupapes en prenant le risque de les boucher. Aussi, le moussage entraîne un encrassement des conduites de biogaz, une perturbation du brassage du réacteur, une mauvaise réduction des matières organiques, une augmentation du volume de boues à déshydrater et l'arrêt de la production de biogaz alimentant la cogénération.

Le digesteur de la station de Chevigny est sujet, de manière saisonnière, à ces problèmes de moussage. La photo ci-après montre les conséquences d'un épisode de moussage ayant eu lieu en 2015. Les boues ont débordé du digesteur via les soupapes et ont coulé sur tout son pourtour entraînant un retour en tête de station des boues digérées et un encrassement de l'ouvrage, de ses organes de sécurité et des conduites biogaz.



Figure 20 : Moussage du digesteur (2015)

Le moussage peut être provoqué par différents phénomènes. A titre d'exemple, une étude menée en 1997 (4), démontre que le **mode de brassage** d'un digesteur peut être un facteur aggravant du moussage. En effet, les digesteurs brassés au gaz sont plus sujets au moussage que les digesteurs brassés mécaniquement.

Cette même étude avance la responsabilité des **bactéries filamenteuses type Nocardia** dans le moussage et la baisse d'efficacité de la performance des digesteurs lorsqu'elles sont présentes dans les boues alimentant l'ouvrage.

Le digesteur de la station de Chevigny est lui-même perturbé par ce type de bactéries. En effet, la présence de ces dernières dans les boues a été mise en avant grâce aux observations microscopiques effectuées depuis 2018 sur les effluents des bassins d'aération de la station.

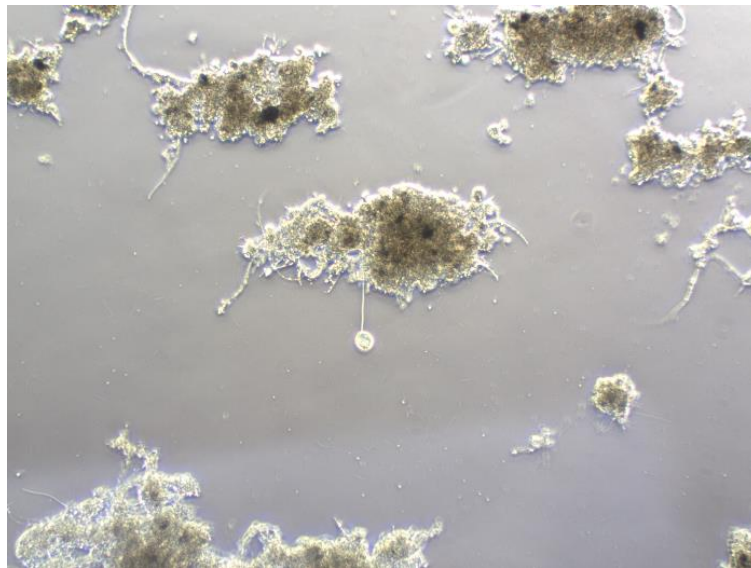


Figure 21 : Observation microscopique des boues de la station de Chevigny - Peu de foisonnement

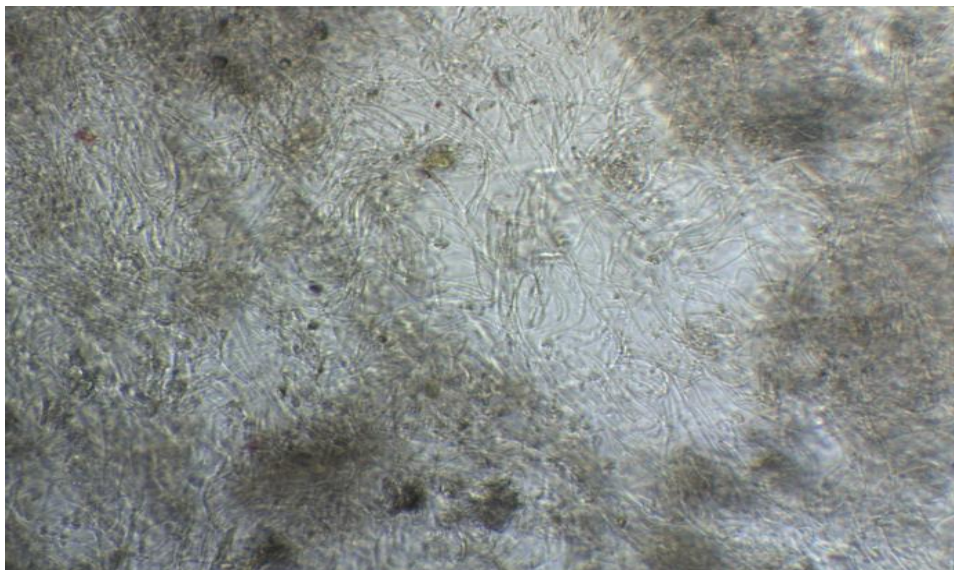


Figure 22 : Observation microscopique des boues de la station de Chevigny - Très fort foisonnement

Une autre étude, menée par R. Moletta en 1989 (5), suggère que le **moussage** et les **autres dysfonctionnements du digesteur** peuvent aussi être liés à des **variations de charge** dans l'alimentation de l'ouvrage (nature, concentration et débit de l'effluent ou intrusion d'éléments toxiques) ou à des **variations d'un ou des paramètres physico-chimique** (pH, température...). Ainsi, le bon fonctionnement de l'ouvrage de méthanisation est directement lié aux procédés de traitement en amont et aux types d'abonnés présents sur le système de collecte des eaux usées (rejets non domestiques...).

Les facteurs ayant la plus forte influence sur le fonctionnement d'un ouvrage de digestion anaérobie seraient donc la **température**, le taux d'**ammoniac** dans les intrants et le **temps de séjour** dans l'ouvrage (6).

III.2.2 SUIVI BIOLOGIQUE DES DIGESTEURS ANAEROBIES

Il existe des valeurs guides à viser afin de s'assurer d'un fonctionnement correct du digesteur. Ces dernières sont rapportées dans les tableaux 8 et 9 ci-après. Il est cependant à noter que ces valeurs sont des indicateurs puisque chaque digesteur fonctionne différemment.

Tableau 8 : Valeurs cibles, boues digérées produites par un digesteur

BOUES			
Paramètres	Valeurs attendues	Unités	Sources
AGV	< 500	mg/l	SUEZ Water Handbook (7)
AGV/TAC	< 0,3	mg/l d'acide acétique par mg/l de CaCO ₃	
pH	7 ± 0,3	Unité pH	
Potentiel d'oxydo-réduction	-300	mV	Guide de l'AILE (8)
TAC	> 8	g HCO ₃ ⁻ /l	

Tableau 9 : Valeurs cibles, biogaz produit par un digesteur

BIOGAZ			
Paramètres	Valeurs attendues	Unités	Sources
Taux de CH ₄ dans le biogaz	Au moins 50	%	Guide de l'ADEME (9)
Taux de CO ₂ dans le biogaz	30-50	%	
Taux de H ₂ S dans le biogaz	< 1000	ppm	
Taux des autres gaz (O ₂ , H ₂ O...)	< 3	%	

Le bon fonctionnement des digesteurs anaérobies dépend donc de nombreux paramètres aussi bien physico-chimiques qu'environnementaux, de plus, ce type d'ouvrage peut être sujet à de nombreux maux. Tout cela fait de l'exploitation de ces réacteurs une activité délicate. Ces paramètres seront donc à suivre attentivement pendant la vidange et surtout lors de la remise en service du digesteur.

Les propos précédents, tout en apportant des recommandations et des valeurs guides, restent plutôt généralistes. En effet, il est de la responsabilité de l'exploitant de bien connaître son ouvrage et d'en assurer le suivi afin de préciser son pilotage ainsi que celui de la file en amont. Ainsi, la prochaine partie s'attachera à décrire plus précisément les caractéristiques du digesteur de la station de Chevigny. Cette étude centrée sur l'ouvrage permettra de réunir les données nécessaires pour la préparation de la vidange.

Page volontairement laissée blanche

IV. DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR DE LA STATION

IV.1 DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

Le digesteur de la station a un **volume total de 1 800 m³**, dont **130 m³ de ciel gazeux**, et est de **type continental**. Cette appellation fait référence à la géométrie de l'ouvrage et plus précisément à la **forme conique de son fond**. En France, environ 30% des digesteurs sont de type continental, le reste des ouvrages étant de type cylindrique. Cela s'explique par le fait que les deux plus gros constructeurs français de digesteur ne proposent que ces deux modèles (10).

Le digesteur de la station est **brassé au gaz** via des cannes d'injection situées au fond de l'ouvrage. Les autres méthodes de brassage sont l'agitation mécanique ou la recirculation des boues. Le plus souvent, le brassage par recirculation des boues est couplé avec un des deux autres types de brassage précédemment évoqué. En France, 80% des digesteurs sont brassés au biogaz (10).

Le digesteur est alimenté en boues fraîches via une canalisation injectant les boues directement au fond de l'ouvrage.

L'ouvrage est équipé de deux trous d'Homme, un latéral situé au niveau du terrain naturel et un second situé sur le toit de l'ouvrage. Le contenu du digesteur devant être isolé de l'atmosphère, les deux trous d'Homme sont scellés.

Le digesteur est équipé de deux soupapes afin d'assurer le bon état de l'ouvrage et la sécurité sur site. Ces dernières permettent l'évacuation du biogaz en cas de nécessité afin d'éviter une surpression ou une dépression dans l'ouvrage (risque d'explosion de la coupole du digesteur, risque d'endommagement du béton...). L'une des deux soupapes est une soupape surpression équipée d'un arrête flamme tandis que l'autre est une soupape surpression/dépression.



Figure 23 : Digesteur de la station de Chevigny

Une représentation schématique de l'ouvrage, permettant de rendre compte des différentes caractéristiques précédemment évoquées, est présentée en figure 24.

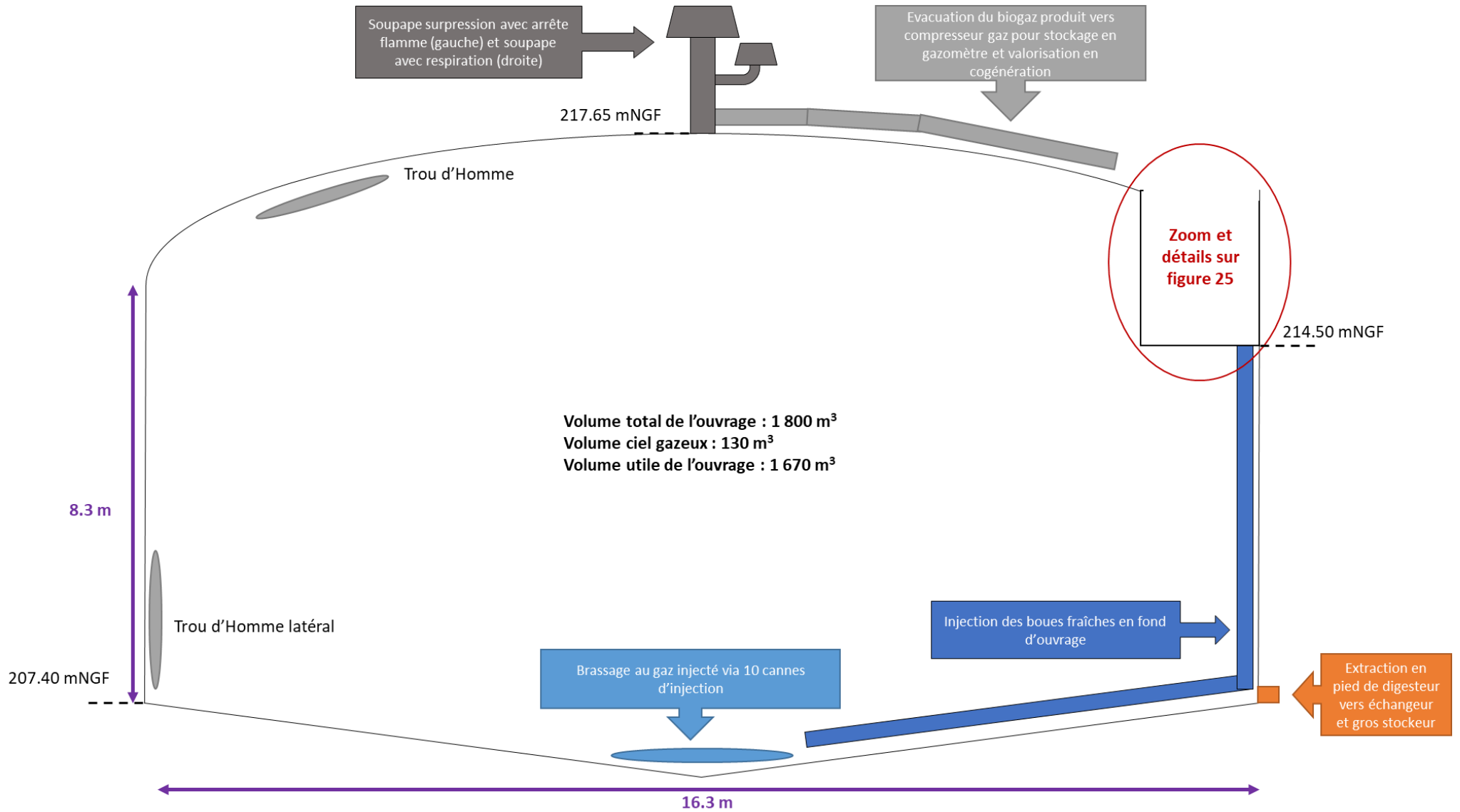


Figure 24 : Représentation schématique du digesteur de la station de Chevigny

Les arrivées et départs des boues au travers du digesteur se font via un **système de vasques** situées sur le toit de l'ouvrage. La vasque principale est découpée en trois vasques : l'une pour l'arrivées des boues alimentant le digesteur, l'une pour le départ des boues digérées et une dernière pour le système de trop-plein. Ce système de vasque est représenté, de manière schématique, sur la figure 25 ci-après.

La vasque d'arrivée des boues d'alimentation du digesteur se compose d'une arrivée des boues fraîches par surverse et du retour des boues réchauffées par une conduite aérienne. Les boues arrivant dans la vasque sont envoyées vers le fond du digesteur via une conduite en fond de vasque. Dans ce compartiment sont encore présentes deux anciennes arrivées de boues qui ne sont plus sollicitées à ce jour ainsi qu'un trop plein. Le système décrit est représenté sur le compartiment de gauche de la figure 25.

La vasque de départ des boues digérées est équipée de 3 éjecteurs puisant les boues stockées dans l'ouvrage à différentes profondeurs. Ces boues, une fois remontées dans la vasque de départ des boues, sont renvoyées vers le gros stockeur via une conduite en fond de vasque. Le système décrit est représenté sur le compartiment de droite de la figure 25.

Enfin, les vasques d'arrivée et de départ des boues sont séparées par un trop plein permettant le retour des boues en tête de station.

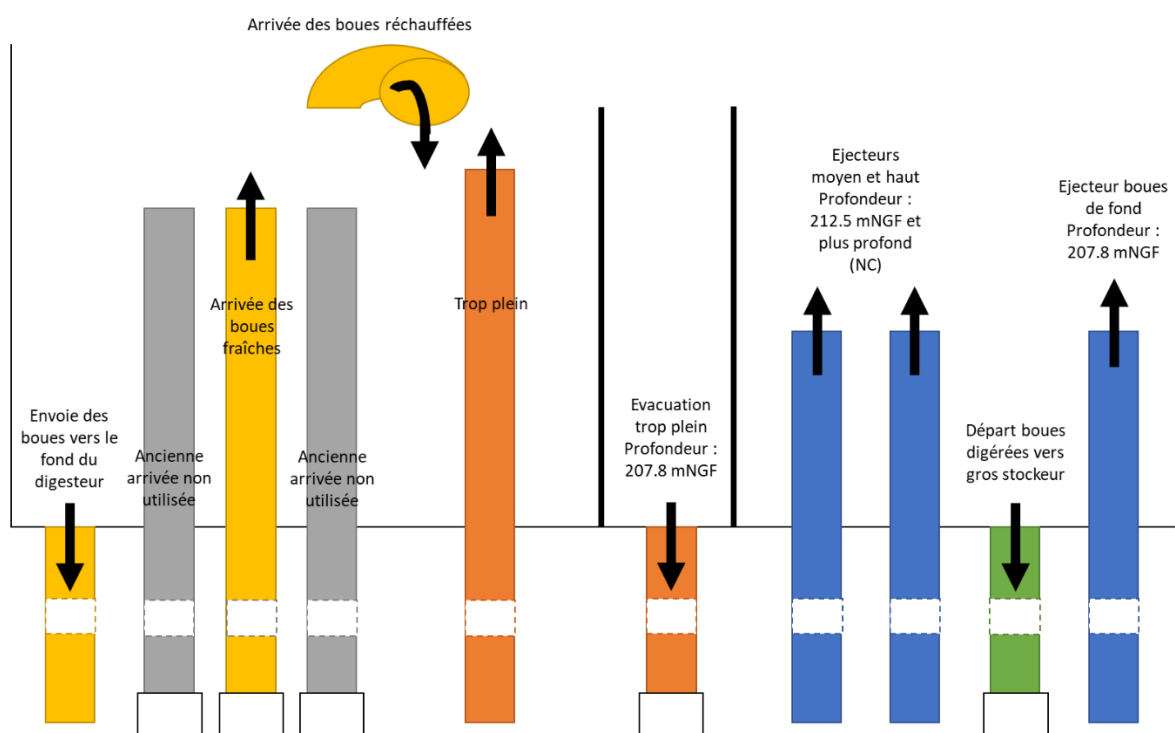


Figure 25 : Représentation schématique des diverses conduites boues du digesteur

Pour une bonne compréhension de la file boues fraîches/boues digérées, essentielle à la bonne exécution de la vidange, un repérage puis une signalétique des vannes et conduites du circuit boues fraîches/boues digérées ont été réalisés sur le terrain et sont présentés en annexe 3 du présent rapport. La configuration de la file boue en situation normale d'exploitation est donnée sur la figure 26 ci-après.

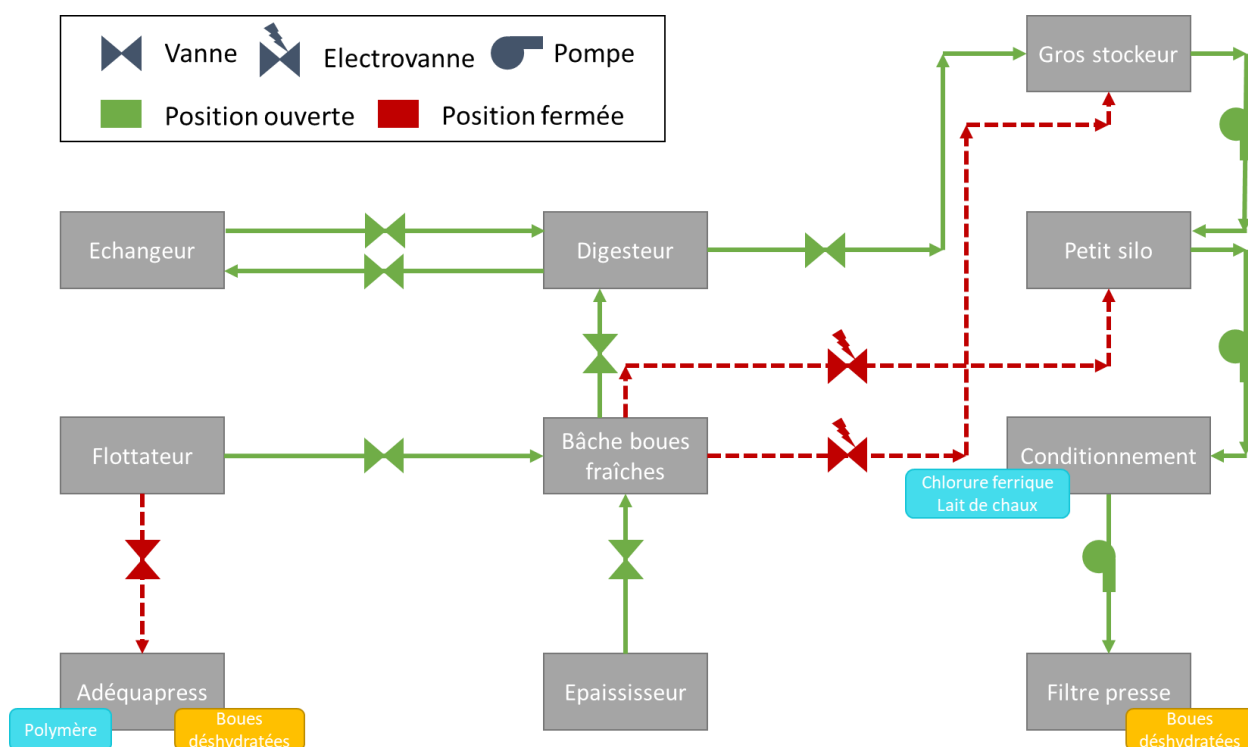


Figure 26 : Configuration de la file boue en situation normale d'exploitation

IV.2 PERFORMANCES DU DIGESTEUR POUR L'ANNEE 2019

Les charges en MS et en MVS entrantes au digesteur varient en fonction de la période de l'année. Ces variations sont saisonnières, les charges plus fortes en période froide sont surtout liées à l'activité des industriels avec notamment une plus forte production en période de fêtes pour certaines entreprises agroalimentaires.

Dans ce cas d'étude, la variation des charges en entrée de station est principalement liée aux rejets de l'industriel Amora qui représente environ 30% de la charge de DBO₅ entrant à la station.

La grande variabilité des charges en entrée de digesteur n'a pas empêché un bon abattement de la pollution en MVS par l'ouvrage. En effet, d'après une étude menée par Solagro en 2001 sur un échantillon de 20 STEU françaises (11), l'abattement moyen des digesteur anaérobie en MVS est d'environ 56%. L'abattement moyen en MVS du digesteur de la station de Chevigny pour l'année 2019 était de 54,5% ce qui correspond à la norme précédemment annoncée.

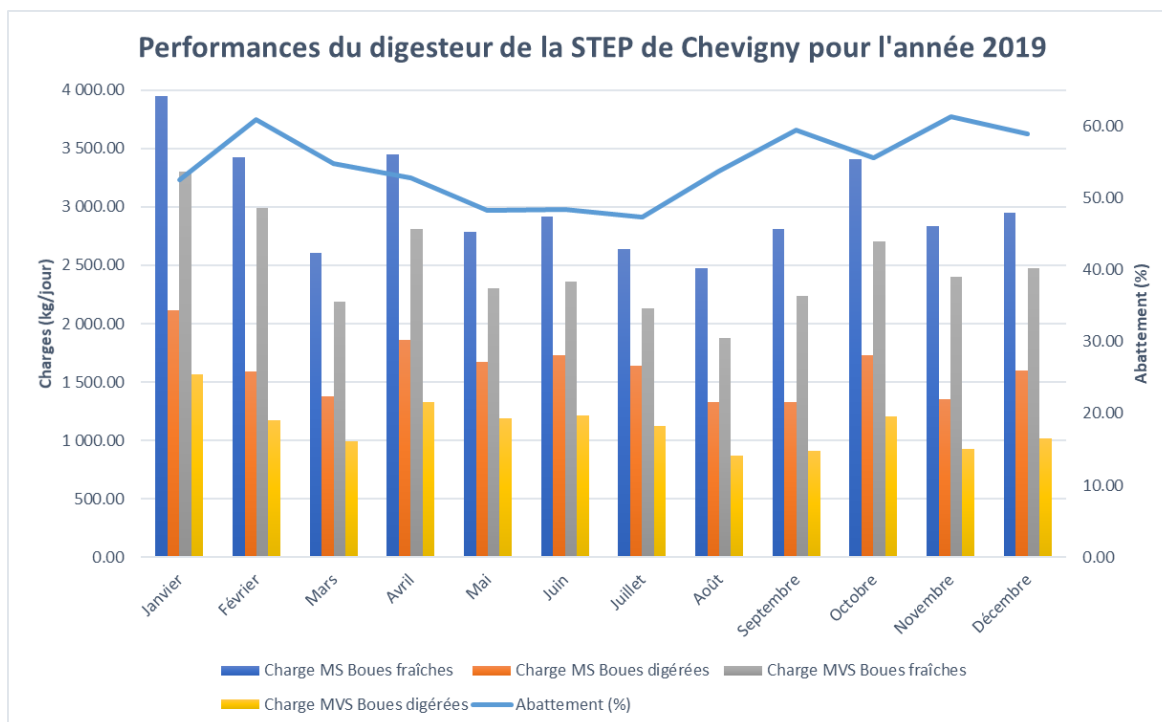


Figure 27 : Performances du digesteur de la STEP de Chevigny pour l'année 2019

Les charges reçues au digesteur entre janvier et septembre 2020 sont cohérentes avec les charges reçues à la même période pour l'année 2019 avec des taux d'abattement plutôt similaires.

IV.3 PROBLEMATIQUES RECURRENTES IMPACTANT LE FONCTIONNEMENT DU DIGESTEUR

Le fonctionnement du digesteur est régulièrement perturbé par des **phénomènes de moussage** lors des périodes hivernales. Ce moussage impacte négativement la production de biogaz et peut être dangereux en cas de débordement. Des investigations sont déjà en cours sur la station pour comprendre et encadrer ce phénomène (suivi des boues, chloration, observations microscopiques...).

Bien qu'une consigne de chauffage à 38°C soit imposée au digesteur, ce dernier a eu une température moyenne de 35°C sur l'année 2019 (température minimale : 31°C, température maximale : 37,6°C) et de 34,5 °C en période froide (de janvier à avril et de novembre à décembre). L'ouvrage rencontre donc des **difficultés pour maintenir une température optimale**.

D'après le suivi de l'abattement de la matière et de la production de biogaz, le **digesteur de la station de Chevigny fonctionne correctement**. De plus, à la suite d'un traçage au lithium réalisé en novembre 2018, il apparaît que le digesteur ne présente pas un encrassement excessif ou des problèmes de brassages qui pourraient nuire à son bon fonctionnement.

Cependant, les constructeurs français recommandent d'effectuer une vidange préventive des ouvrages de digestion tous les 10 ans. La dernière vidange ayant été réalisée en 2003 (soit il y a 17 ans), il devient nécessaire d'effectuer la **maintenance décennale de l'ouvrage**.

Afin d'aller dans ce sens, la vidange du digesteur a été intégrée au contrat de DSP lors de son renouvellement en 2019. La réalisation de la vidange est donc un engagement contractuel, pour lequel il est nécessaire de réaliser une étude et un protocole à soumettre au client.

Page volontairement laissée blanche

V. LES DIFFERENTES ETAPES DE LA VIDANGE DU DIGESTEUR

V.1 DESCRIPTION GENERALE DE LA VIDANGE

La vidange consiste à assécher complètement l'ouvrage, ce qui permettra de procéder à son nettoyage, de vérifier l'état interne de sa structure et d'opérer des maintenances qui ne peuvent être faites ou difficilement être réalisées en fonctionnement normal.

La première étape de la vidange, après la mise à l'arrêt du digesteur, est la réalisation d'un **inertage** de la cuve afin de remplacer l'atmosphère explosive de l'ouvrage par un gaz non combustible et non comburant. Cette opération permettra de supprimer le risque d'explosion. Une fois l'inertage effectué, l'ouvrage pourra être ouvert et mis en ventilation.

Par la suite, l'évacuation des boues stockées dans le digesteur ainsi que le traitement des boues continuant d'être produites sur la station devront être pris en charge. Une fois le digesteur vidé et curé, il sera inspecté et divers travaux de maintenance seront effectués. En parallèle des travaux de maintenance sur le digesteur, le stockeur à boues sera lui aussi vidangé et curé.

Une fois les différents travaux effectués, le digesteur sera remis en eau de manière à recouvrir toutes les voies de contact avec l'atmosphère puis réensemencé avec des boues extérieures compatibles. Un second inertage sera fait au moment de la fermeture du digesteur dans le but de chasser l'oxygène de l'ouvrage puis les trous d'Homme seront scellés.

Pour finir, le digesteur sera progressivement réalimenté en boues fraîches puis reprendra son fonctionnement normal.

Les différentes étapes citées ci-dessus sont développées dans les paragraphes V.3 à V.9 ci-après.

V.2 ORGANISATION DE LA VIDANGE

La dernière vidange, réalisée en 2003, a été menée uniquement par SOGEDO sans intervention d'entreprise extérieure. L'opération, bien qu'elle se soit terminée sans encombre, a été longue et fastidieuse. Depuis 2003, la charge de travail sur la station et sur le réseau a évolué avec la présence d'ouvrages supplémentaires, des charges supérieures en entrée de station, l'installation d'une unité de cogénération... Il paraît donc judicieux d'adopter une autre organisation pour la vidange à venir.

L'étude des scénarios doit prendre en compte le volume fixe de boues digérées à évacuer lorsque l'ouvrage sera vidé mais aussi le volume de boues fraîches qui continuera à être produit. Les boues fraîches sont approximativement deux fois plus concentrées en matières sèches que les boues digérées. De ce fait, leur charge massique est plus importante et le tonnage de boues déshydratées à évacuer sera bien supérieur à la normale.

Chaque semaine d'arrêt du digesteur représente aussi un coût important puisqu'au tonnage de boues supérieur à évacuer, viendront s'ajouter les pertes dues à l'arrêt de la production de biogaz et donc à la revente d'électricité produite par la cogénération.

Pour des raisons pratiques et économiques, il est donc nécessaire que la durée de la vidange ne soit pas trop longue.

Trois scénarios possibles se sont dégagés :

- ➡ La déshydratation des boues et le curage des ouvrages sont intégralement sous traités,

- Le sous-traitant prend en charge les boues fraîches continuant à être produites sur la station sur toute la durée de la vidange et le curage des ouvrages ; SOGEDO prend en charge la vidange du digesteur,
- Le sous-traitant prend en charge la vidange du digesteur et le curage des ouvrages ; SOGEDO prend en charge les boues fraîches continuant à être produites sur la station sur toute la durée de la vidange.

Afin de prendre une décision, les différents scénarios ont été comparés suivant une analyse multicritère exposée dans le tableau 10 ci-après.

Tableau 10 : Comparaison des deux scénarios pour le choix de la configuration de la file boue pour la vidange

	Scénario 1 : Sous-traiter l'intégralité de la gestion des boues	Scénario 2 : Le sous-traitant prend en charge les boues fraîches	Scénario 3 : Le sous-traitant prend en charge les boues digérées
Déshydratation des boues fraîches	Sous-traitant via une centrifugeuse ¹ mobile	Sous-traitant via une centrifugeuse ¹ mobile	SOGEDO via son filtre presse et son Adéquapress
Déshydratation des boues digérées	Sous-traitant via une centrifugeuse ¹ mobile	SOGEDO via son filtre presse	Sous-traitant via une centrifugeuse ¹ mobile
Durée nécessaire à la vidange du digesteur	9 jours	18 jours	9 jours
Curage	Sous-traitant		
Points forts	SOGEDO n'est pas sollicité pour la vidange Durée totale de l'intervention plus courte	Le filtre presse de la station a une meilleure prise en charge des boues digérées par rapport aux boues fraîches. Moins de changements à faire sur la file boue (le sous-traitant prend la place du filtre presse).	Les deux files de traitement peuvent être gérées de manière indépendante La durée de vidange du digesteur est plus courte La sollicitation de l'Adéquapress permettra d'abaisser la charge des boues fraîches et donc de réduire le tonnage de boues
Points faibles	Coûts très supérieurs Les installations de la filière boue de la station ne sont pas mises à profit	L'Adéquapress n'est pas mise à profit La durée de vidange du digesteur est plus longue (gène au niveau de l'exploitation et coûts supplémentaires)	Risque d'encrassement sur le filtre presse (les boues fraîches étant plus chargées que les boues digérées)

C'est le scénario 3 qui a été retenu pour les raisons suivantes :

- La plus courte durée du chantier,
- La possibilité de solliciter les ouvrages présents sur la station,
- La possibilité de gérer les deux files de déshydratation de manière indépendante.

¹ Les prestataires réalisant des travaux de curage et de déshydratation sur site utilisent très souvent une centrifugeuse comme matériel. En effet, ce type d'installation permet d'obtenir de bonnes siccités en sortie, peut prendre en charge de gros volumes de boues et fonctionne de manière plutôt autonome et en continu.

Par ailleurs, la possibilité de prendre en charge les boues fraîches sur le filtre presse a été testée en laboratoire (tests Büchner) puis sur le terrain afin de confirmer le choix des files de traitement.

V.3 INERTAGE

L'inertage consiste en l'envoi d'azote gazeux dans le digesteur afin de **chasser le biogaz** présent dans l'ouvrage et dans les canalisations de gaz. C'est une étape très importante car elle permet d'**exclure les risques d'explosion et d'intoxication** lors de l'ouverture du réacteur.

L'inertage du digesteur sera entièrement sous-traité à une entreprise spécialisée pour garantir la sécurité de l'opération. Le sous-traitant sera choisi à l'issue de la consultation de deux entreprises spécialisées dans les métiers liés au gaz.

Afin de mettre la file boue en bonne disposition pour l'inertage, l'alimentation du digesteur ainsi que ses sorties seront stoppées. Le brassage de l'ouvrage, la chaudière et les circulateurs d'eau chaude seront mis à l'arrêt. La cogénération s'arrêtera d'elle-même quand elle ne recevra plus suffisamment de biogaz pour fonctionner.

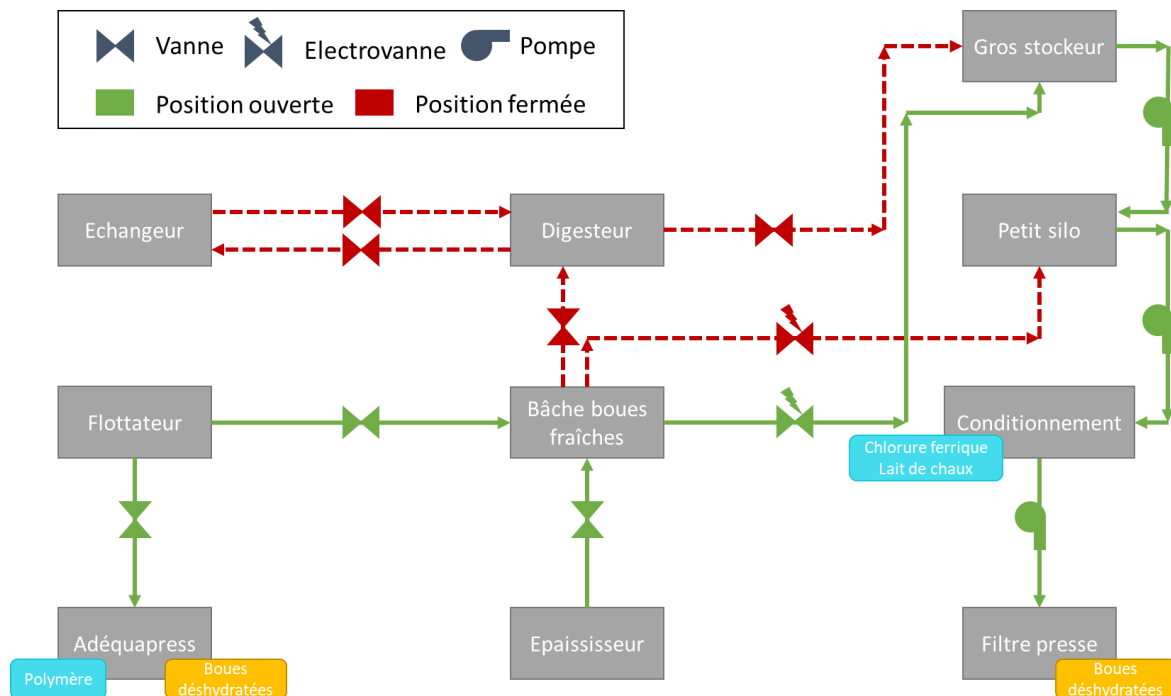


Figure 28 : Disposition de la file boue lors de l'inertage

V.3.1 ESTIMATION DES BESOINS EN AZOTE POUR L'INERTAGE

Il faut compter environ un à deux jours d'inertage pour un **ciel gazeux d'environ 130 m³** ce qui nécessitera l'utilisation d'**environ 615 à 1 075 kg d'azote sous forme liquide**. En effet, dans la théorie, il faut compter 1,18 kg d'azote pour remplacer 1 m³ d'air. Dans la pratique, à cause des turbulences liées à l'injection du gaz, il faut encore multiplier ce chiffre par 4 ou 7 (12). Par la suite, le trou d'Homme situé en haut du digesteur sera ouvert afin de mettre l'ouvrage en ventilation. Cela permettra une aération constante de l'ouvrage et ainsi de réduire les risques éventuels de formation de poches de biogaz.

V.3.2 INSTALLATION DU CHANTIER D'INERTAGE

Les cuves d'azote liquide et autres équipements nécessaires à l'inertage pourront se positionner au-devant des ouvrages de prétraitement. L'espace est suffisant et la distance au digesteur n'est pas excessive. De plus, afin de ne pas perdre de temps entre l'étape d'inertage et l'étape de vidange, cet emplacement laisse suffisamment d'espace pour que les unités mobiles de déshydratation puissent s'installer en parallèle de cette première étape. L'opération étant de courte durée, elle ne gênera pas la continuité de service pour l'exploitation de la station.

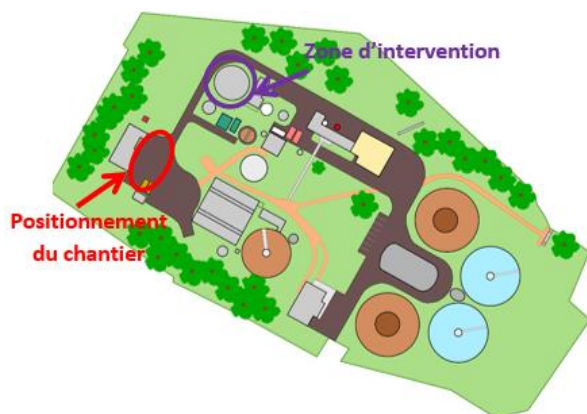


Figure 29 : Plan d'installation pour l'inertage



Figure 30 : Zone d'installation pour l'inertage

La zone de piquage pour l'injection du gaz inertant n'a pas encore été entièrement définie. Cette dernière doit être facile d'accès et permettre une injection par le fond de l'ouvrage afin que le gaz inertant puisse chasser au mieux le biogaz en traversant la couche de boues. Plusieurs propositions ont déjà été faites mais restent à **valider avec le sous-traitant sélectionné** en fonction des possibilités de raccord aux conduites et de l'accessibilité du piquage.

La première proposition consiste à injecter le gaz par les purges des cannes de brassage du digesteur. Cette solution a l'avantage de donner la possibilité d'injecter le gaz directement au fond et au centre de l'ouvrage. Cependant, il s'agit de canalisations situées sur le toit du digesteur donc l'accès est plus compliqué que pour une canalisation située de plain-pied. Cette possibilité de piquage est visible en figure 31.

La seconde possibilité serait d'injecter le gaz inertant par l'une des prises d'échantillonnage situées au local chaufferie. Les prises d'échantillon sont situées sur la boucle de réchauffage des boues. Cette boucle permet d'extraire les boues dans le digesteur à deux hauteurs différentes, en fond et en milieu d'ouvrage. Ce piquage permettrait donc d'injecter le gaz inertant en fond d'ouvrage tout en ayant un accès de plain-pied. Cette possibilité de piquage est visible en figure 32.

Dans les deux cas, le biogaz pourra être chassé au sommet de l'ouvrage via les soupapes situées sur le toit du digesteur.



Figure 31 : Possibilité de piquage n°1

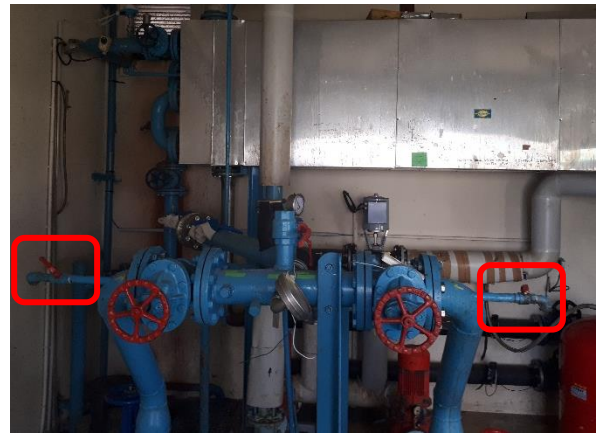


Figure 32 : Possibilité de piquage n°2

V.4 VIDANGE ET CURAGE DU DIGESTEUR PAR UNE ENTREPRISE SOUS-TRAITANTE

Les boues digérées seront prises en charge par une centrifugeuse de location. Le sous-traitant sera choisi à l'issue de la consultation de quatre entreprises spécialisées dans la déshydratation mobile des boues.

La file de déshydratation mobile se composera d'un **trommel** pour éliminer les macro-déchets, d'un **hydrocyclone** pour l'élimination des sables mélangés aux boues et d'une **centrifugeuse** pour la déshydratation finale des boues.

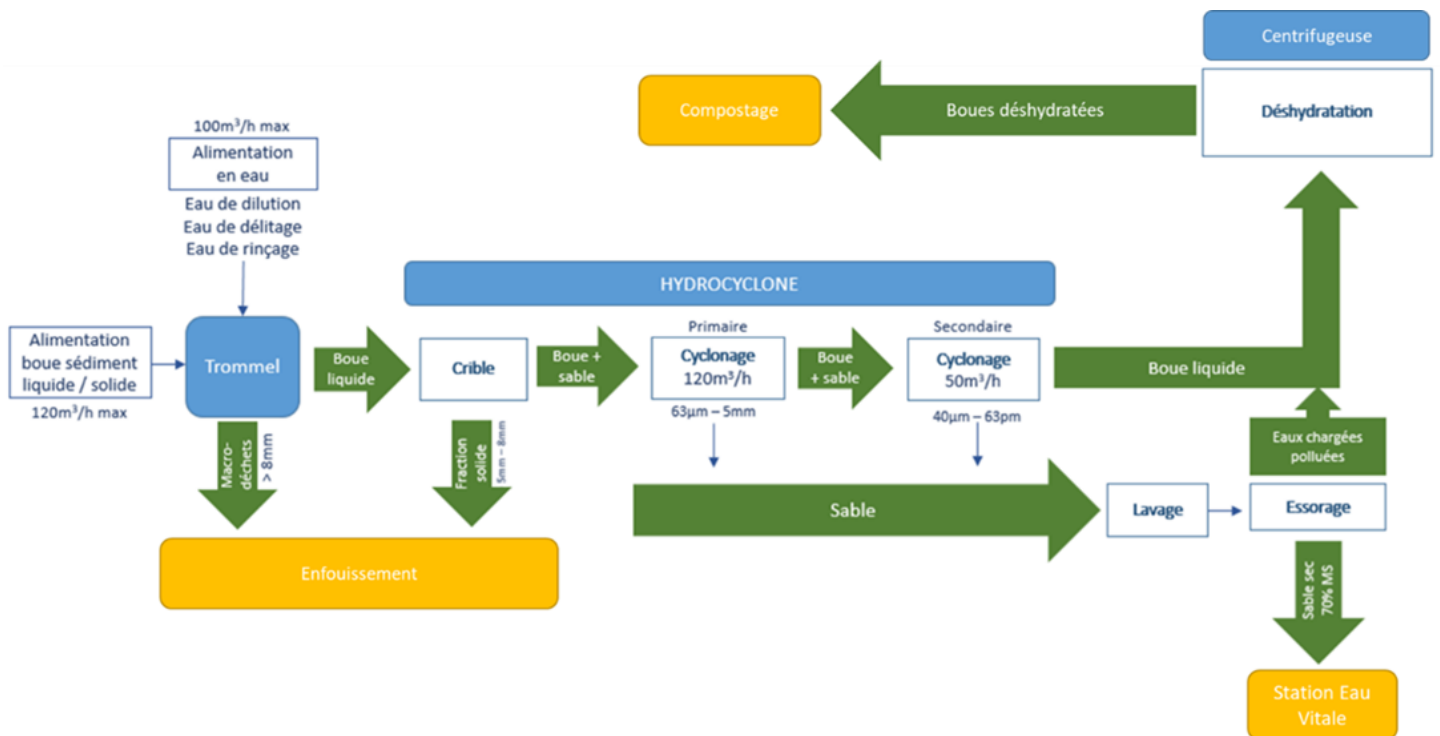


Figure 33 : Synoptique de la file de déshydratation de location

Les eaux chargées issues des différents ouvrages de la file de déshydratation mobile seront renvoyées en tête de station afin d'être traitées sur la filière eau de la station.

V.4.1 DIMENSIONNEMENT DE LA CENTRIFUGEUSE A METTRE EN PLACE

Le bon dimensionnement de la centrifugeuse est primordial. En effet, cette dernière doit permettre de vidanger le digesteur en un minimum de temps tout en limitant les renvois de centra² en tête de station. Ces deux paramètres sont donc à prendre en compte pour le dimensionnement de la centrifugeuse.

La durée limite pour le pompage des boues du digesteur a été fixée à deux semaines afin de limiter la durée de la vidange dans le temps et donc la gêne occasionnée sur l'exploitation tout en restant cohérente par rapport à la dimension de l'ouvrage. Le calcul du débit de fonctionnement nécessaire se fait en rapportant le volume utile du digesteur au temps de travail visé comme exposé par l'équation 1 ci-après. Cette durée permet d'opter pour une centrifugeuse fonctionnant à un débit minimum de 21 m³/heure.

Équation 1 : Calcul du débit de fonctionnement de la centrifugeuse

$$\begin{aligned} \text{Débit de fonctionnement} &= \frac{\text{Volume utile du digesteur}}{\text{Temps de travail}} \\ &= \frac{\text{Volume total} - \text{Volume ciel gazeux}}{\text{Nombre de jours travaillés} * \text{Amplitude horaire}} \\ &= \frac{1\,800\text{ m}^3 - 130\text{ m}^3}{10\text{ jours} * 8\text{ heures}} = \mathbf{21\text{ m}^3/\text{heure}} \end{aligned}$$

A la contrainte de temps, s'ajoute la contrainte sur les retours en tête de station. En effet, les centras renvoyés par la centrifugeuse en tête de station ne doivent pas excéder 20% de la charge en entrée pour ne pas risquer de perturber le fonctionnement des bassins biologiques avec de trop forts à-coups de charge.

Le débit de fonctionnement est calculé en faisant l'hypothèse que les centras sont concentrés à environ 1 gMS/l (valeur basée sur des retours d'expérience) et en s'appuyant sur une résolution par solveur (tableau 11).

Tableau 11 : Dimensionnement de la centrifugeuse de location

Heure	STEP			Centrifugeuse			Ratio entrée / centrat
	Débit entrée STEP	Concentration entrée de STEP	Charge en entrée de STEP	Débit centrifugeuse	Concentration centras	Charge apportée par la centrifugeuse	
	m ³ /h	mg de MES/L	kg	m ³ /h	g de MS/L	kg/h	
08:00:00	248	400	99	20	1	20	20%
09:00:00	332	400	133	27	1	27	20%
10:00:00	318	400	127	25	1	25	20%
11:00:00	315	400	126	25	1	25	20%
12:00:00	284	400	114	0	1	0	0%
13:00:00	277	400	111	22	1	22	20%
14:00:00	289	400	116	23	1	23	20%
15:00:00	262	400	105	21	1	21	20%
16:00:00	254	400	102	20	1	20	20%

² Le terme « centra » désigne les eaux chargées issues du traitement par centrifugation. Le rendement d'une centrifugeuse n'étant pas de 100%, les eaux issues de la séparation contiennent encore de la pollution.

L'outil se base sur la concentration moyenne en MES en entrée de station pour les mois de septembre et octobre 2019 et les débits horaires pour une journée type au mois de septembre 2019 (partie gauche du tableau 11). Sur la partie droite de ce même tableau, les caractéristiques des centras sont saisies et le solveur calcule de lui-même le débit de la centrifugeuse par résolution de l'équation 2 ci-dessous.

Équation 2 : Equation à résoudre pour le calcul du débit de fonctionnement de la centrifugeuse

$$\frac{\text{Charge apportée par la centrifugeuse}}{\text{Charge en entrée de STEP}} = 20\%$$

$$\frac{\text{Débit centrifugeuse} * \text{Concentration centras}}{\text{Débit entrée STEP} * \text{MES entrée STEP}} = 20\%$$

D'après la résolution par solveur, la centrifugeuse pourra fonctionner à un **débit allant d'environ 20 à 27 m³/h suivant la charge reçue en entrée de station** au moment de la vidange.

V.4.2 BESOIN EN ELECTRICITE DES INSTALLATIONS DE LOCATION

Les installations nécessiteront un apport en électricité conséquent qui sont repris dans le tableau 12 ci-après. Il n'y a pas de point d'apport suffisant sur la station. Les installations devront donc être alimentées par deux groupes électrogènes de 250 Ampères chacun (un groupe dédié à la centrifugeuse mobile et l'autre groupe aux installations de prétraitements).

Tableau 12 : Besoins en électricité des installations de location

Installations	Besoins en électricité
Centrifugeuse	125 Ampères 380 Volts
Hydrocycloneur	63 Ampères 20 kW
Trommel	15 kW

V.4.3 BESOIN EN EAU DES INSTALLATIONS DE LOCATION

Les installations mobiles ont besoin d'être alimentées à un **débit minimum de 40 m³/h à au moins 8 bars de pression pendant 8 heures par jour** sur toute la durée de l'opération. Cet apport est nécessaire pour le fonctionnement des buses d'injection à haute pression de l'hydrocyclone et pour la préparation du polymère de la centrifugeuse.

Le surpresseur d'eau industrielle de la station ne pouvant offrir qu'un débit de 10 m³/h, il est impératif de trouver une autre source d'eau claire pour l'alimentation du chantier.

Au vu des pressions et débits demandés, un apport d'eau via le réseau d'eau potable de l'Est Dijonnais est économiquement difficilement envisageable.

L'alimentation des installations peut être assurée par l'installation d'un système de pompage permettant la réutilisation des eaux traitées sur la station. La pompe serait installée au niveau de la surverse de l'un des clarificateurs.

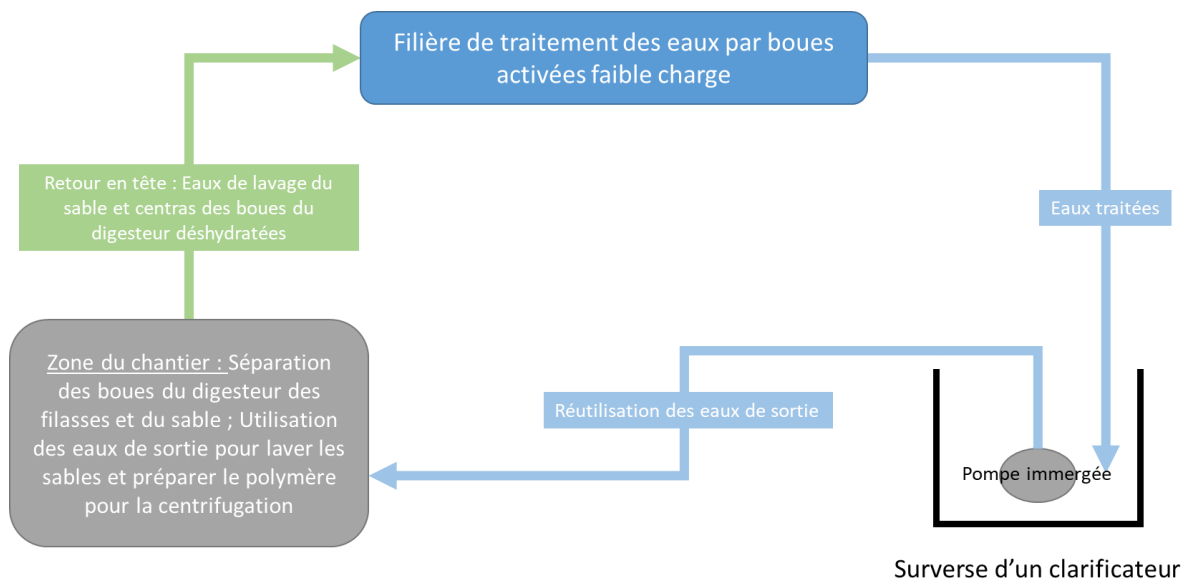


Figure 34 : Système de réutilisation des eaux de sortie de la STEP de Chevigny pour la durée de la vidange

Même si cette installation est temporaire, il faut s'assurer qu'elle ne soit pas source de désordre ou de non-conformité sur le fonctionnement de la file eau de la station d'épuration et sur son milieu récepteur.

Conformité de la station – Ecart Entrée/Sortie

Dans le cadre de l'autosurveillance, l'exploitant doit s'assurer que l'écart mensuel mesuré entre les volumes en entrée et en sortie de station soit inférieur à 10%. Cet écart est calculé en utilisant la formule suivante :

Équation 3 : Calcul de l'écart Entrée/Sortie pour l'autosurveillance du système de comptage de la station

$$Ecart_{Entrée/Sortie} = \frac{Q_{entrant} - Q_{sortant}}{\left(\frac{Q_{entrant} + Q_{sortant}}{2}\right)}$$

En cas de non-respect de ce paramètre, le système de comptage des débits de la station sera jugé non conforme. Il est aussi à noter que le débitmètre en sortie de station sur-compte par rapport à celui situé en entrée de station (cet écart est dû au profil du canal de sortie qui a tendance à créer des vagues engendrant une survitesse, ce phénomène s'observe particulièrement lorsque les débits sont plus forts).

Il existe deux possibilités pour le retour en tête des eaux pompées en sortie de station :

- Elles peuvent être restituées dans le poste toutes eaux et donc comptabilisées dans la même journée en sortie du fait du système de fonctionnement en vase plein de la station. Il n'y aurait donc pas d'impact sur le comptage Entrée/Sortie.
- Elles peuvent être restituées dans la bêche d'entrée (tableau n°13) et seront donc comptabilisées deux fois en une journée en entrée de station. Le compteur en sortie sur-

comptant les débits, la restitution des eaux en entrée participe à réduire la différence de comptage Entrée/Sortie.

Tableau 13 : Ecart Entrée/Sortie sur les volumes de l'année 2019 à la période de la vidange en cas de retour des eaux dans la bache d'entrée

Année 2019	m ³ entrant	m ³ sortant	Différences	Volume pompé (m ³)	m ³ entrant vidange	Différences (vidange)
REFERENCES	Supervision	Supervision	Calcul	Calcul	Calcul	Calcul
Octobre	224 566	237 873	5.76%	10 199	234 765	1.32%
Novembre	228 393	243 322	6.33%	9 900	238 293	2.09%
Décembre	312 563	335 975	7.22%	10 261	322 824	3.99%

La réutilisation des eaux de sortie, que leur rejet se fasse en entrée de station ou dans le poste toutes eaux, ne posera donc pas de problème pour le respect des 10% d'écart imposés par l'autosurveillance.

Conformité de la station – Rendement épuratoire

La réutilisation des eaux de sortie ne devrait pas impacter la conformité de la station en termes d'abattement de la pollution. En effet, avec une moyenne de 99% sur l'abattement de la DBO₅ en 2019, les rendements de la station sont amplement supérieurs au rendement fixé à 97% par l'arrêté de rejet. Il existe donc une marge permettant à la station de recevoir une plus forte charge en entrée, sans perturber la file eau et sans risquer de compromettre le bon état du milieu récepteur.

Intérêts de la réutilisation des eaux de sortie de la station de Chevigny

Au vu des volumes et pressions nécessaires, la création d'une boucle de réutilisation des eaux de sortie semble plus pertinente que l'utilisation d'eau potable. En effet, d'un point de vue écologique, il n'y a pas de réel intérêt à gaspiller de l'eau potable pour l'alimentation des installations alors que la qualité des eaux en sortie de station est amplement suffisante pour ce type d'utilisation.

Aspect réglementaire

D'après l'arrêté du 2 août 2010 modifié par l'arrêté du 25 juin 2014 (circulaire REUT) : « l'utilisation d'eaux usées traitées pour des usages de nettoyage (voiries, ouvrages, véhicules etc.) interne à une STEU relève d'une maîtrise des risques par l'exploitant et des obligations de protection des travailleurs fixés par le code du travail (articles L. 4121-1 à 4), mais n'est pas, en l'état actuel de la réglementation, soumise à autorisation préfectorale préalable. ».

Ainsi, les eaux de sortie de la station d'épuration de Chevigny pourront être utilisées sans avoir à solliciter une autorisation préfectorale.

Un **porter à connaissance** à l'intention de Dijon Métropole sera tout-de-même réalisé afin de tenir informée la métropole et les autorités compétentes en cas d'imprévu.

V.4.4 CURAGE DU DIGESTEUR

Le volume mort du digesteur, constitué essentiellement de sables et de fillasses stockés au fond de l'ouvrage, a été estimé à environ **90 m³** (environ 5% du volume du digesteur) via l'opération de traçage au lithium³ réalisée en novembre 2018.

Le fond du digesteur, étant donné sa composition, ne peut pas être pris en charge par les équipements de déshydratation mobiles ou en place sur la station. Par conséquent, les sables et fillasses seront curés par l'entreprise sous-traitante à l'aide d'un **camion hydrocureur**. Ce dernier se branchera aux canalisations situées en pied de digesteur. Une fois que le niveau de sable à évacuer passera en dessous des conduites, il sera nécessaire de pénétrer dans l'ouvrage pour terminer son nettoyage.

V.4.5 IMPLANTATION DU CHANTIER DE VIDANGE

L'emplacement du chantier de vidange est soumis à de nombreuses contraintes, rappelées ci-après :

- Encombrement important des installations nécessaires à la vidange ;
- Nécessité d'une surface plane, stable et pouvant supporter le poids des installations ;
- Nécessité d'assurer la continuité de service pour l'exploitation de la station d'épuration ;
- Nécessité, d'un point de vue pratique, d'avoir une proximité avec les installations à vidanger ;
- Ne pas empêcher les rotations des bennes à boues et à sable ;
- Avoir l'accès à un regard pour le retour des centras en tête de station ;
- Cohabitation avec les installations d'inertage en début et en fin de chantier.

La zone d'implantation repérée correspondant aux critères précédemment cités est la zone enherbée juxtaposée aux ouvrages de prétraitement et présentée sur les figures 35 et 36 ci-après.

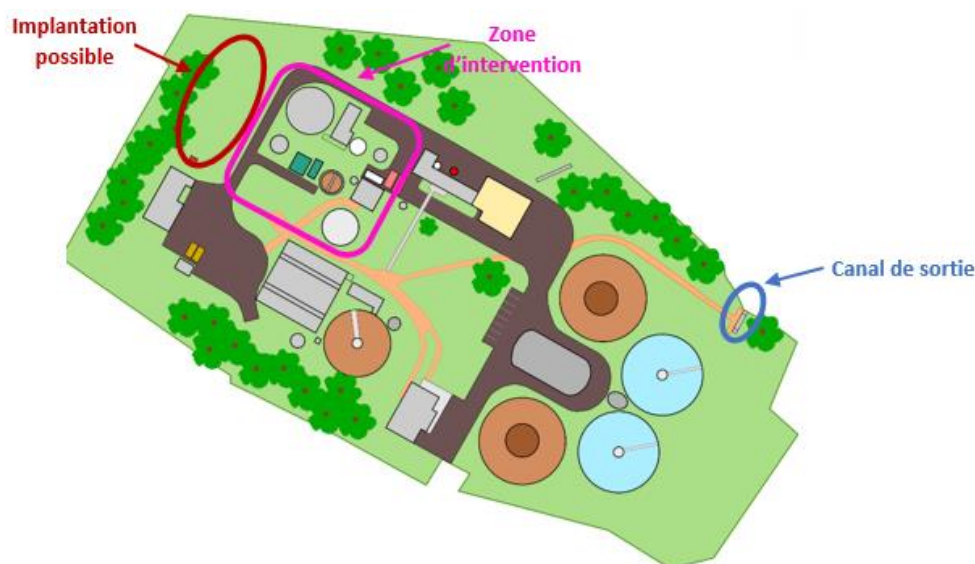


Figure 35 : Emplacement du chantier de vidange du digesteur

³ Le traçage au chlorure de lithium consiste à introduire dans le digesteur, une quantité exactement connue de ce sel. Il suffit ensuite de prélever des échantillons de boues à différents intervalles de temps et d'analyser leur concentration en lithium pour connaître avec précision le volume dans lequel s'est dissous le produit injecté.



Figure 36 : Zone d'installation des UMD de location

V.5 PRISE EN CHARGE DES BOUES FRAÎCHES PAR LES INSTALLATIONS DE LA STATION

La production de boues fraîches **hebdomadaire** à prendre en charge a été estimée à environ **28 tonnes de matières sèches** en se basant sur la plus forte période de production de l'année 2019, soit une charge journalière d'environ 4 tonnes de MS pour un volume de 100 m³ de boues. Le volume moyen journalier en 2019 étant de 75 m³, cela permet de prendre une marge de sécurité pour ne pas manquer de réactifs ou être pris de court par les niveaux de boues dans les stockeurs.

Tableau 14 : Estimation de la production hebdomadaire de boues fraîches sur la station de Chevigny

Production boues fraîches	
Volume journalier (m ³)	100
MS boues fraîches (g/kg)	40
Volume hebdomadaire produit (m ³ /semaine)	700
Charge hebdomadaire produite (T de MS/semaine)	28

Il est possible, en agissant sur certaines vannes, d'envoyer directement les boues fraîches dans le gros stockeur ou le petit silo sans passer par le digesteur. Les installations de la station pourront donc traiter les boues continuant d'être produites durant la vidange. Ainsi, les boues fraîches seront déshydratées sur le filtre presse tandis qu'une partie des boues flottées seront prises en charge par l'Adéquapress. Sur cette période, la filière boue sera agencée comme sur la figure 37 ci-après.

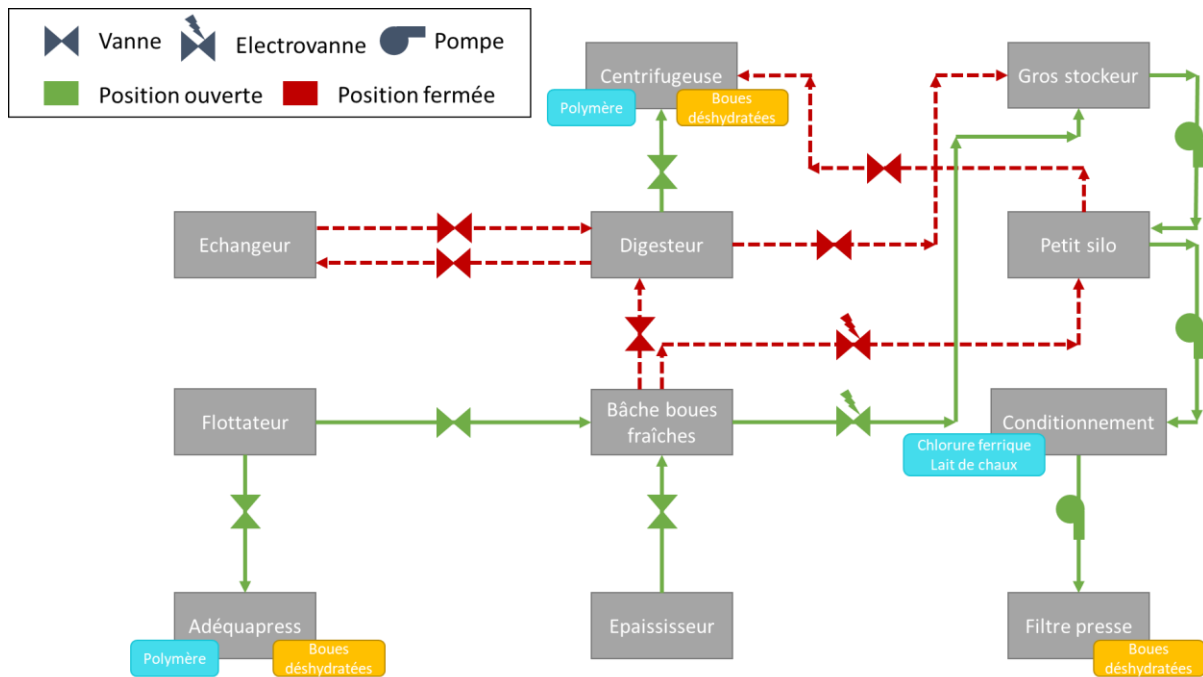


Figure 37 : Disposition de la file boue lors de la vidange

L'Adéquapress tournera en continu la journée en semaine, elle devrait pouvoir prendre en charge 20 m³ de boues par jour. Chaque jour, **quatre pressées** seront faites sur le filtre presse. D'après les tests effectués au mois de février 2020, une prise en charge de 20 m³ de boues fraîches par pressée peut être attendue, cela revient à traiter 80% des boues fraîches quotidiennes sur le filtre presse.

Le volume journalier maximal en 2019 a été de 100 m³ de boues fraîches environ. Avec un rythme de quatre pressées par jour sur le filtre presse et la sollicitation de l'Adéquapress, les boues fraîches pourront être prises en charge par les installations de la station. Le niveau de boues dans le gros stockeur sera abaissé au maximum avant de démarrer la vidange afin de prendre une seconde marge de confort sur la production de boues.

En cas de trop forte montée du niveau des boues dans le gros stockeur, un piquage de secours entre la file boues fraîches et la centrifugeuse de location est prévu. Ce piquage se fera au pied du petit silo. En cas de nécessité, la vidange du digesteur pourra ainsi être mise en pause le temps d'abaisser le niveau de boues fraîches dans le gros stockeur.

La production de boues déshydratées sera supérieure à la production habituelle compte tenu du nombre de pressées et de la plus forte concentration en matière sèche des boues. Des créneaux d'évacuation supplémentaires seront à prévoir avec l'entreprise chargée de l'évacuation des boues.

L'augmentation du nombre de pressées journalières et la sollicitation en continu de l'Adéquapress engendreront des consommations de réactifs (chlorure ferrique, chaux, et polymères) supérieures à la normale. Il est important d'anticiper ces besoins afin de ne pas manquer de réactifs durant l'opération et pour estimer les coûts de façon précise. Une pressée consomme environ 6 m³ de chaux et 0,4 m³ de chlorure ferrique, un passage à 4 pressées par jour représenterait **une consommation supplémentaire de réactifs d'environ 24 m³ de chaux et 1,5 m³ de chlorure ferrique pour un mois**. L'unité Adéquapress, quant à elle, consomme environ 0,3 m³ de polymères par heure pour un traitement optimal des boues. Sur une durée d'un mois, cela représente environ **48 m³ de polymères supplémentaires**.

V.6 MAINTENANCE ET EVENTUELS TRAVAUX A PREVOIR

Les travaux à effectuer sur le digesteur sont difficiles à prévoir à l'avance car ils vont dépendre de l'état de la structure intérieure de l'ouvrage une fois ce dernier complètement ouvert et rendu accessible. Les principales interrogations restent donc autour de ce qui ne peut être vu depuis l'extérieur de l'ouvrage ou en supervision (état de la résine interne, du béton et du calorifugeage du digesteur, éventuelles fuites sur les canalisations enterrées de biogaz).

Pour se donner une idée de l'état du calorifugeage de l'ouvrage, une **thermographie** a été réalisée au mois de mai 2020 pendant la période des saints de glace. Les mesures ont eu lieu entre 6 heures et 7 heures du matin, quand la température extérieure était suffisamment faible, afin de voir les gradients de température entre le digesteur et l'air.

Ainsi, cette étude a permis de conclure que **l'isolation du digesteur est plutôt vétuste dans sa globalité**. Le calorifuge interne pourra difficilement être inspecté à l'ouverture de l'ouvrage étant donné qu'il est isolé de l'intérieur du digesteur par une couche de béton. L'état des lieux du génie civil interne de l'ouvrage, à effectuer lorsque celui-ci sera vide, permettra d'éventuellement déceler des faiblesses du béton qui auraient pu, à la longue, entraîner une usure de l'isolant (corrosion par l' H_2S entraînant une mise en contact de l'isolant avec les boues...).



Figure 38 : Extrait des résultats de la thermographie du digesteur

Des travaux de **remise en état de l'isolant par l'extérieur** de l'ouvrage peuvent être envisageables et seraient bénéfiques pour les procédés en permettant d'assurer le maintien d'une température optimale dans l'ouvrage. Cependant, cela représente un coût très élevé avec un temps d'amortissement très long. Par ailleurs, des devis sont en cours afin de proposer des travaux de renouvellement de l'isolation de l'ouvrage à la métropole.

D'autres réflexions sont menées pour effectuer une **recherche de fuites sur les conduites de biogaz** (aériennes et enterrées) et pour faire **remplacer les soupapes de sécurité de l'ouvrage**.

Les opérations de maintenance déjà planifiées lors de la vidange du digesteur sont les suivantes :

- Installation d'un système de cassage des mousses et d'une sonde permettant la détection du moussage
- Remplacement des soupapes de sécurité de l'ouvrage
- Evaluation de l'état de la résine interne du digesteur
- Changement des joints des deux trous d'Homme
- Remplacement des vannes vétustes des circuits boues digérées et biogaz

En parallèle de cette phase de maintenance, le gros stockeur sera vidangé et curé. Cette opération est détaillée ci-après.

V.7 VIDANGE ET CURAGE DU GROS STOCKEUR

Le niveau de boues fraîches dans le gros stockeur au moment de sa vidange ne peut être connu de manière certaine. En effet, ce dernier dépendra de l'efficacité du filtre presse à prendre en charge les boues fraîches et de la quantité de boues fraîches qui continuera à être produite tout au long de la vidange. Le surplus de boues présent dans le gros stockeur sera vidangé via le petit stockeur par la centrifugeuse de location. Cela permettra une mise à l'arrêt totale des unités de déshydratation de la station (filtre presse et Adéquapress) pour nettoyage et éventuelles opérations de maintenance (changement des toiles du filtre presse...).

Le gros stockeur a un volume d'environ 1 000 m³. Avec le temps, des sables et filasses se sont accumulés au fond de l'ouvrage. La panne de l'un des agitateurs fait que ces sables se sont préférentiellement positionnés sur le côté gauche du stockeur. La hauteur de sables a été mesurée à environ 1 mètre. Ainsi, le volume de sables et filasses accumulés au fond de l'ouvrage a pu être estimé à environ 66 m³. Le gros stockeur sera vidé de ses sables et filasses à l'aide d'un **camion hydrocureur**.

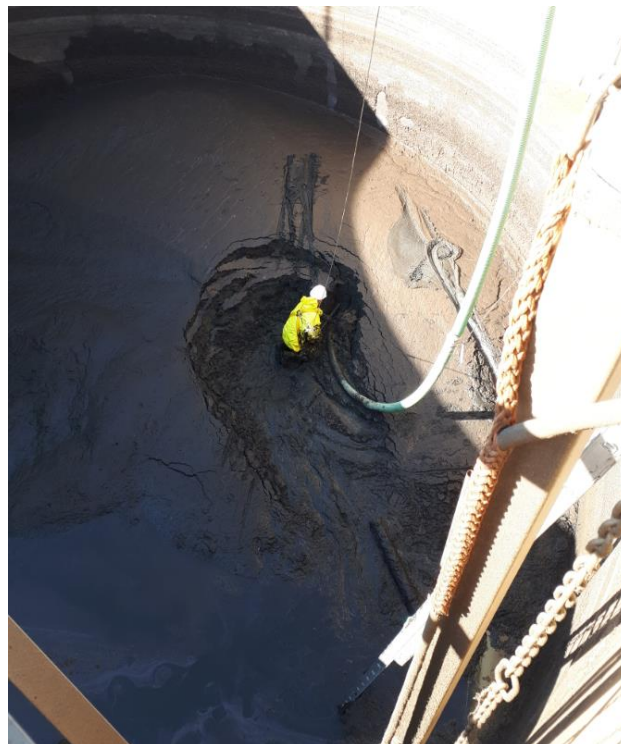


Figure 39 : Accumulation des sables dans le gros stockeur

Une fois le gros stockeur curé et nettoyé, l'agitateur en panne sera remplacé et l'ouvrage pourra être remis en service.

Durant le curage du gros stockeur et en attendant sa remise en service, les unités de location seront sollicitées pour prendre en charge les boues fraîches produites sur la station et ne pouvant pas être stockées. Les boues fraîches seront directement envoyées au petit silo et prises en charge par la centrifugeuse. Durant la vidange, les boues fraîches transitent par le gros stockeur afin de profiter de son volume de stockage important. Cependant, la capacité de la centrifugeuse étant bien supérieure à celle des installations de la station, cette dernière permettra de se passer de ce volume tampon.

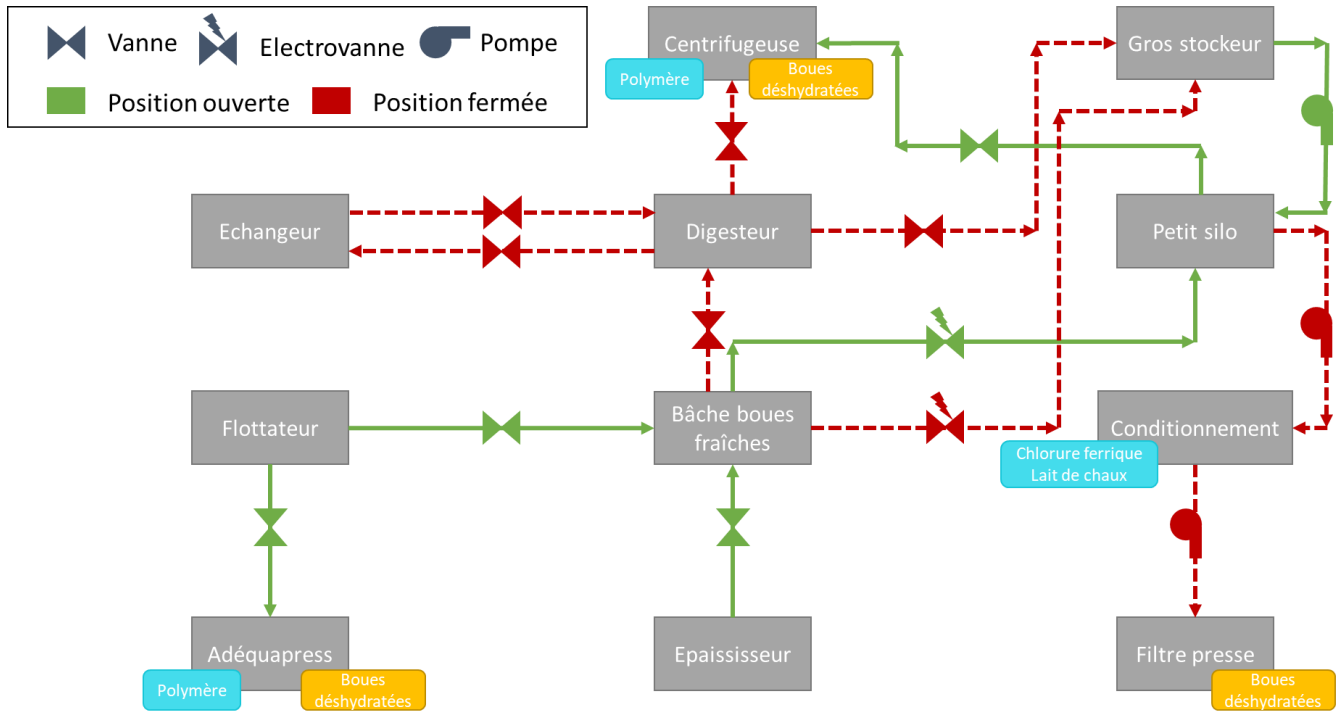


Figure 40 : Disposition de la file boue lors de la vidange du gros stockeur

V.8 EVACUATION DES DECHETS DE LA VIDANGE

V.8.1 EVACUATION DES BOUES

La production hebdomadaire de boues déshydratées à évacuer, est estimée à environ **45 tonnes en provenance du filtre presse** (tableau 15) et **36 tonnes depuis l'Adéquapress** (tableau 16).

Tableau 15 : Estimation du tonnage hebdomadaire de boues déshydratées par filtre presse à évacuer

Filtre presse : Boues fraîches	
Volume boues par pressé (m ³)	20
Nombre de pressées journalières prévues	4
Volume journalier (m ³ /jour)	80
Volume hebdomadaire (m ³ /semaine)	400
Charge hebdomadaire (Tonnes de MS)	16
Siccité en sortie de filtre presse	35%
Tonnage hebdomadaire à évacuer (Tonnes)	45

Tableau 16 : Estimation du tonnage hebdomadaire de boues déshydratées par Adéquapress à évacuer

Adéquapress : Boues flottées	
Capacité de traitement (m ³ /jour)	20
Volume hebdomadaire pris en charge (m ³ /semaine)	100
Charge hebdomadaire (Tonnes de MS)	4
Siccité en sortie d'Adéquapress	11%
Tonnage hebdomadaire à évacuer (Tonnes)	36

Le tonnage de boues traitées par la centrifugeuse, lui, n'est pas dépendant du temps, le volume de boues à déshydrater étant connu. La vidange du digesteur produira **136 tonnes** de boues déshydratées à évacuer.

Tableau 17 : Estimation du tonnage de boues déshydratées par centrifugeuse à évacuer

Centrifugeuse : Boues digérées	
Volume de boues à déshydrater (m ³)	1 670
Charge à traiter (T de MS)	34
Siccité en sortie de centrifugeuse	25%
Tonnage à évacuer (Tonnes)	136

Dans les réglementations européenne et nationale, les boues de station d'épuration sont considérées comme des déchets et sont soumises à de nombreuses réglementations suivant le mode d'évacuation envisagé (13). Le principal texte régissant les règles pour l'épandage des boues est « l'Arrêté du 08/01/98 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n° 97-1133 du 08/12/97 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées » ; les plateformes de compostage sont soumises à la rubrique ICPE 2780 et doivent gérer leurs apports en intrant. Depuis la crise sanitaire Covid-19, l'évacuation des boues en épandage est soumise à « l'Arrêté du 30 avril 2020 précisant les modalités d'épandage des boues issues du traitement des eaux usées urbaines pendant la période de covid-19 ». Cela implique que seules « Les boues de STEU ayant fait l'objet d'un traitement d'hygiénisation qui inactive le virus [...] peuvent être épandues ». Il n'est pas dit, pour le moment, jusqu'à quand ces prescriptions seront en vigueur. Il a été décidé, pour le chiffrage et le dimensionnement de l'évacuation, de partir du principe que ces prescriptions seront toujours en vigueur au moment de la vidange.

La digestion anaérobie mésophile n'étant pas considérée comme hygiénisante et les moyens de traitements prévus durant la vidange ne répondant pas aux exigences permettant l'épandage, les **boues digérées traitées en centrifugeuse** seront donc évacuées par **voie de compostage**.

Concernant les **boues fraîches traitées sur filtre presse**, elles seront chaulées et donc considérées hygiénisées (à condition que le suivi des pH confirme un pH supérieur à 12 tous les jours et tout au long de l'opération, autrement, les boues ne sont pas considérées comme hygiénisées). Ces dernières devraient donc respecter les instructions de l'Arrêté du 30 avril 2020 précédemment cité ainsi que celles de l'Arrêté du 08/01/98 et pourront donc être envoyées en **épandage**.

Les **boues biologiques traitées sur l'Adéquapress** ne respectant aucun des deux arrêtés cités au paragraphe précédent seront, quant à elles, évacuées par **voie de compostage**.

Une grande partie des parcelles agricoles enregistrées au plan d'épandage de la station de Chevigny se situe en **zone vulnérable face aux nitrates**. En période de risque de lessivage des sols, les épandages

sont limités, voir interdits dans ces zones. L'intégralité des parcelles agricoles intégrées au plan d'épandage de la station de Chevigny sont concernées par ces interdictions d'épandage.

La période visée pour la vidange empiète sur les périodes d'interdiction d'épandage (14). Ainsi, les boues déshydratées via le filtre presse ne pourront être évacuées en épandage tout au long du chantier.

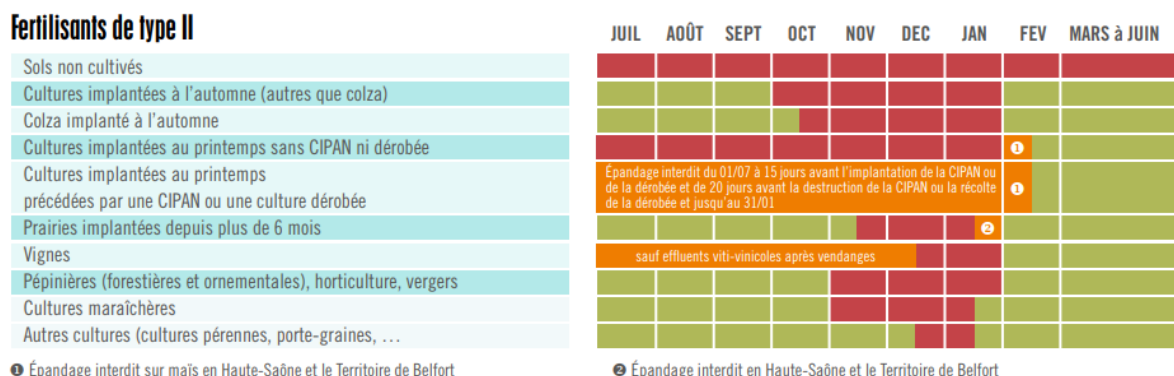


Figure 41 : Périodes d'interdiction d'épandage en région Bourgogne Franche-Comté (14)

A partir du mois d'**octobre**, toutes les boues seront donc évacuées par **voie de compostage**.

V.8.2 EVACUATION DES SABLES

Le volume total de sable brut à évacuer des ouvrages est d'environ 156 m³, ce qui représente **environ 30 m³ ou 50 tonnes de sable sec**. Les bennes à sable de la station peuvent supporter une charge de 4 tonnes ce qui représente environ 13 bennes à évacuer.

Deux voies d'évacuation sont envisageables pour les sables. Ces derniers, sous réserve de respecter certains critères de qualité, peuvent être traités sur la station d'épuration Eau Vitale de Dijon gérée par SUEZ. En effet, SOGEDO et SUEZ ont signé en 2018 une **convention de lavage des sables de curage ou de voirie** permettant à SOGEDO de dépoter un volume annuel de 500 tonnes de sable sur les installations de SUEZ. Il faudra s'assurer en amont que SUEZ accepte de recevoir les sables de la vidange puisque cela représente un volume conséquent sur une courte durée. Aussi, une analyse des sables accumulés dans le fond du stockeur a été réalisée pour s'assurer que leur composition est en adéquation avec les limites fixées par la convention. Autrement, les sables pourront être envoyés en enfouissement ou en incinération selon leur qualité. Dans tous les cas, ces deux autres solutions engendreront un surcoût non négligeable par rapport au choix numéro 1 d'envoi à la station Eau Vitale

V.9 REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR

Pour sa remise en route, le digesteur doit être rempli en eau jusqu'à ce que les cannes de brassage et les arrivées de boues soient recouvertes, soit **5,6 m par rapport à la limite du cône en fond de l'ouvrage**, comme représenté sur la figure 42 ci-après. Le digesteur devra donc être rempli d'environ **1 285 m³ d'eau industrielle** pour pouvoir être remis en route en toute sécurité.

Équation 4 : Calcul du volume à mettre en eau pour le redémarrage du digesteur

$$\begin{aligned}
 \text{Volume d'eau} &= \text{Volume du cône en fond d'ouvrage} + \text{Volume cylindrique} \\
 &= 115 \text{ m}^3 + \pi * (8,15 \text{ m})^2 * 5,6 \text{ m} \\
 &= \mathbf{1285 \text{ m}^3}
 \end{aligned}$$

Avec une injection d'eau en continue sur 24 heures, il faut compter un peu plus de **5 jours ouvrés** pour apporter un tel volume d'eau en sollicitant le surpresseur d'eau industrielle (10 m³/h maximum). Si nécessaire, le piquage mis en place sur l'eau de sortie pourra être utilisé pour raccourcir ce délai, tout en veillant à respecter l'écart entrée-sortie.

Le niveau d'eau dans le digesteur pourra être suivi à l'aide d'une sonde radar positionnée à l'une des ouvertures du toit de l'ouvrage.

Cette eau doit par la suite être chauffée via la chaudière au gaz de ville pour atteindre une température d'au moins 30°C.

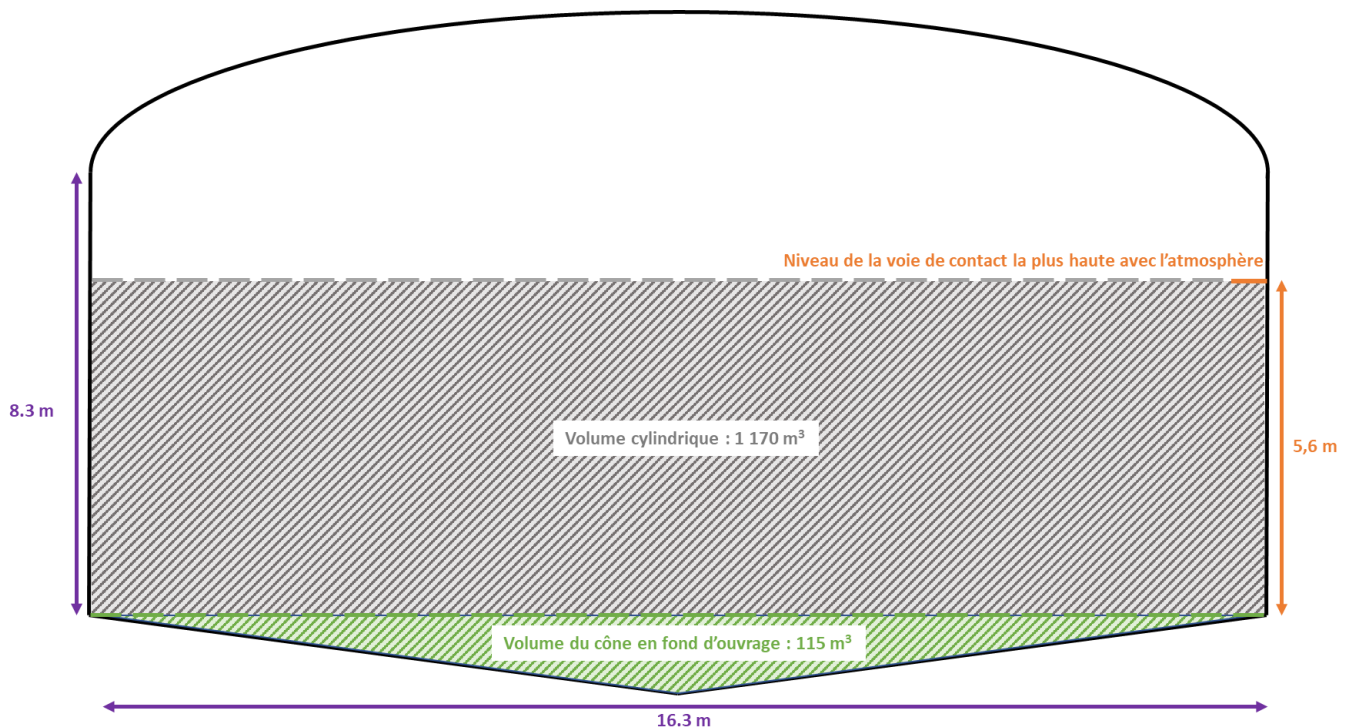


Figure 42 : Remise en eau du digesteur

Comme à l'ouverture, la fermeture du digesteur nécessite une nouvelle opération d'inertage afin d'éviter les mélanges entre biogaz et oxygène à la remise en service de l'ouvrage. En effet, ces mélanges peuvent être dangereux et endommager le matériel. L'objectif de cet inertage est d'atteindre un **taux de dioxygène de 2% maximum** dans le ciel gazeux du digesteur et l'ensemble de la ligne gaz (soit 5 à 12% d'air, recommandation de l'INERIS dans son guide « Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole » (15)).

Le **réensemencement** peut ensuite être fait avec l'équivalent de **10% du volume total du digesteur en boues d'origine extérieure**. Les boues utilisées doivent être de bonne qualité et sans fillasses. Elles peuvent être extraites de stations voisines ayant un fonctionnement similaire à celle de Chevigny. La station d'épuration de Besançon est un exemple de station pouvant fournir des boues compatibles.

Par la suite, le digesteur sera **réalimenté en boues fraîches par palier par rapport à son débit d'alimentation hebdomadaire habituel**. Cela devrait permettre une reprise de l'alimentation de la totalité du digesteur au bout de 5 semaines. Le surplus de boues fraîches et de boues biologiques sera by-passé du digesteur et déshydraté directement sur le filtre presse et l'Adéquapress, comme pendant la période de vidange.

Tableau 18 : Réensemencement du digesteur après la vidange

Réensemencement					
Temps	Volume à injecter (%)	Volume injecté au digesteur (m ³ journalier)	Charge injectée au digesteur (T de MS/j)	Volume partant au gros stockeur (m ³ journalier)	Charge partant au gros stockeur (m ³ journalier)
<i>Situation normale</i>	100%	90	3.60	0	0
Semaine 1	20%	18	0.72	72	2.9
Semaine 2	40%	36	1.44	54	2.2
Semaine 3	60%	54	2.16	36	1.4
Semaine 4	80%	72	2.88	18	0.7
Semaine 5	100%	90	3.60	0	0
<i>MS boues fraîches</i>	40 g/kg				

Durant la remise en route du digesteur, les paramètres AGV, TAC et pH devront être suivis afin de s'assurer de la bonne évolution du milieu.

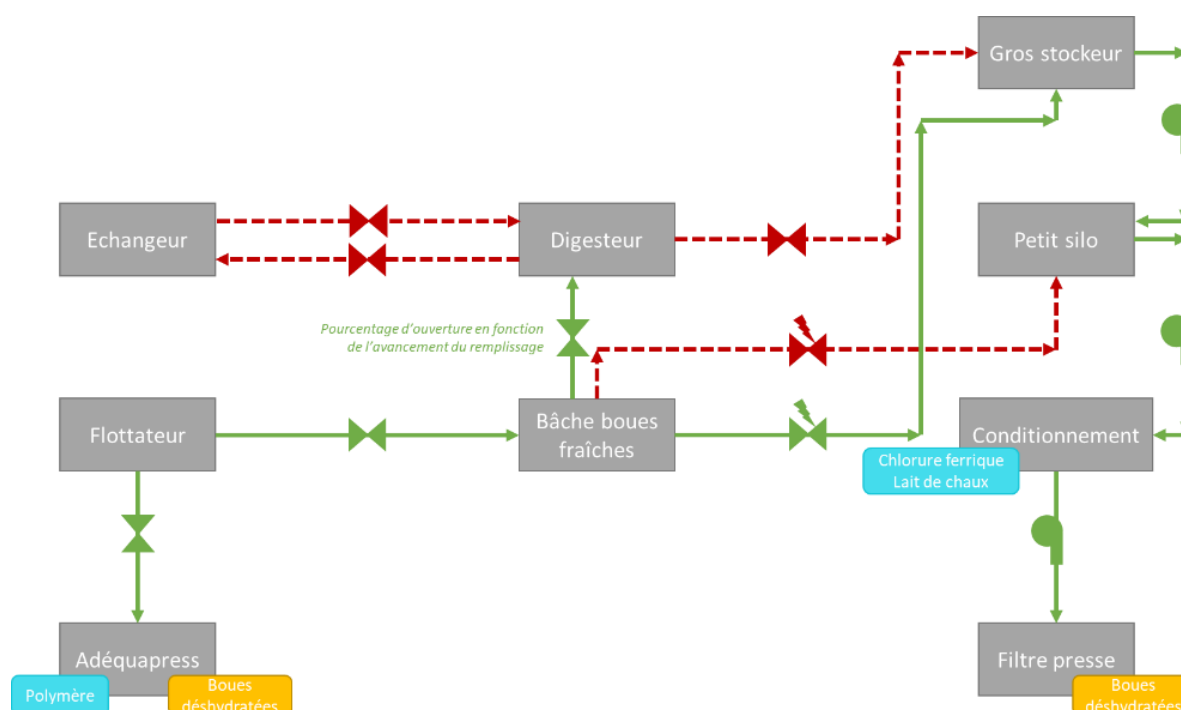


Figure 43 : Disposition de la file boue lors de la remise en route du digesteur

Une fois que le taux de méthane dans le biogaz aura largement dépassé les 40% (limite supérieure d'explosivité du méthane) l'échangeur, le compresseur gaz, et la chaudière pourront être remis en route. La faible production de biogaz sur cette période impose le chauffage du réacteur par la chaudière avec une alimentation au gaz de ville ce qui engendre des coûts supplémentaires non négligeables par rapport à une alimentation au biogaz. Lorsque la production de gaz par le digesteur sera suffisante, la cogénération pourra, elle aussi, être remise en route. La file boues retrouvera donc progressivement sa configuration de situation normale d'exploitation présentée précédemment en figure 26.

L'étude approfondie des différentes étapes de la vidange a permis la rédaction d'une procédure détaillée qui sera, par ailleurs, le document support principal sur lequel s'appuie pour le déroulement de l'opération. Cette procédure est disponible en annexe 4 du présent rapport.

Page volontairement laissée blanche

VI. SUIVI DE L'OPERATION DE VIDANGE ET DE LA REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR

VI.1 SUIVI DU CHANTIER

Le tonnage de boues à prendre en charge étant dépendant de nombreux facteurs, il a été demandé aux sous-traitants consultés de fournir des devis de traitement à la tonne de matière sèche afin de facturer l'opération le plus justement pour toutes les parties. Cela implique nécessairement la mise en place d'un suivi des volumes et des concentrations en matières sèches par le sous-traitant. Pour certains paramètres, SOGEDO aura la possibilité de réaliser le suivi avec les installations en place sur la station. Le suivi de ces différents paramètres a aussi son importance afin que l'exploitant bénéficie d'une estimation financière de l'opération la plus juste possible.

Les paramètres qui seront suivis durant le chantier seront donc les suivants :

Tableau 19 : Paramètres suivis durant le chantier

Paramètre	Suivi sous-traitant	Suivi SOGEDO	Fréquence	Objectifs
Volume de gaz inerte utilisé pour l'inertage	Débitmètre	<i>Pas de suivi</i>	Sur la durée de l'opération	Chiffrage de l'opération d'inertage
Volume de boues digérées traitées	Débitmètre en entrée de centrifugeuse	Débitmètre en sortie de digesteur	Quotidien	Chiffrage de l'opération de vidange et de l'évacuation des boues
Volume de boues fraîches traitées sur filtre presse	<i>Non concerné</i>	Débitmètre en entrée de filtre presse	Quotidien	
Volume de boues flottées traitées sur Adéquapress	<i>Non concerné</i>	Débitmètre en entrée d'Adéquapress	Quotidien	
Volume de boues fraîches traitées en centrifugeuse	Débitmètre en entrée de centrifugeuse	<i>Pas de suivi</i>	Quotidien	
Matières sèches des différents types de boues	Dessiccateur du sous-traitant	Laboratoire sur la station	Bihebdomadaire	Chiffrage de l'opération de vidange et de l'évacuation des boues
Volume de sable traité	Débitmètre	<i>Pas de suivi</i>	Quotidien	Chiffrage de l'opération de curage des ouvrages
Tonnage des boues digérées déshydratées à évacuer	<i>Non concerné</i>	Pesée par l'entreprise chargée de l'évacuation	A chaque rotation de benne	Chiffrage de l'opération d'évacuation des sables
Tonnage des boues fraîches déshydratées à évacuer	<i>Non concerné</i>	Pesée par l'entreprise chargée de l'évacuation		
Tonnage des boues Adéquapress à évacuer	<i>Non concerné</i>	Pesée par l'entreprise chargée de l'évacuation		
Tonnage de sables à évacuer	<i>Non concerné</i>	Pesée sur le lieu d'évacuation		

VI.2 SUIVI DE LA REMISE EN ROUTE

VI.2.1 LES PARAMETRES A SUIVRE AU REDEMARRAGE DU DIGESTEUR

Afin de s'assurer du bon redémarrage de l'ouvrage il existe certains paramètres clefs à suivre.

Les Acides Gras Volatils (AGV)

Les AGV sont des acides gras à chaîne carbonée courte (moins de six atomes de carbone). Les quatre premiers acides gras sont dits volatils : acide acétique ($C_2H_4O_2$), acide propionique ($C_3H_6O_2$), acide butyrique ($C_4H_8O_2$), acide valérianique ($C_5H_{10}O_2$). Ces AGV sont des intermédiaires réactionnels de la méthanisation. Il est donc normal de retrouver des AGV dans les méthaniseurs, leur présence doit cependant être équilibrée, une accumulation de ces derniers traduit un **déséquilibre dans la chaîne de réaction de méthanisation**. Quand l'activité bactérienne est équilibrée, les AGV produits pendant la phase d'acidogénèse sont consommés par les bactéries acétogènes et méthanogènes (16).

L'accumulation des AGV peut être dû à une augmentation de leur production par la réaction d'acidogénèse ou à un ralentissement de leur dégradation par les réactions d'acétogénèse et de méthanogénèse.

Les causes de ce déséquilibre peuvent être les suivantes :

- Introduction de substrat trop riche en glucides et/ou en lipides dans l'ouvrage ;
- Trop forte présence de sulfure d'hydrogène ;
- Trop forte présence de certains éléments trace métallique (cuivre, zinc, chrome, plomb...) ;
- Trop forte présence d'antibiotiques et/ou de désinfectants dans le substrat ;
- Trop fortes concentrations en sels minéraux augmentant la conductivité du milieu ;

Les AGV peuvent être quantifiés à l'aide de kit de micro-méthode après centrifugation de l'échantillon (les analyses se font sur le surnageant).

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le TAC permet de mesurer la concentration en ions carbonates, bicarbonates et hydroxydes dans le substrat. Il mesure la **capacité d'un milieu à maintenir un pH stable proche de la neutralité** et représente le **pouvoir tampon du milieu**. Aussi, une diminution du pouvoir tampon peut permettre d'anticiper un début d'acidose.

Le TAC peut être quantifié à l'aide de kit de micro-méthode après centrifugation de l'échantillon (les analyses se font sur le surnageant).

Le rapport AGV/TAC

Le suivi du rapport AGV/TAC permet d'anticiper un début d'acidose et d'**évaluer l'équilibre du milieu**. Plus ce rapport est bas, plus le milieu en fermentation est sain. Pour l'évaluation de ce rapport, les encadrements suivants peuvent être considérés (17) :

- $AGV/TAC < 0,3$: Conditions normales de fonctionnement
- $0,3 < AGV/TAC < 0,6$: Risque de déséquilibre
- $AGV/TAC > 0,6$: Risque élevé d'acidose

Le Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH est une **mesure de l'activité chimique des ions hydrogène**. Les bactéries opérant dans les réactions de méthanisation sont particulièrement sensibles aux variations de pH. Le pH est donc un

paramètre important à suivre pour la bonne exploitation d'un digesteur. Le pH optimal de fonctionnement doit se situer proche de la neutralité, entre 7 et 7,5 (17).

Le pH se mesure via une sonde pH.

Le potentiel d'oxydo-réduction

La mesure du potentiel d'oxydo-réduction permet d'avoir une indication sur la **présence de dioxygène dans les boues**. Il est important de suivre ce paramètre car les bactéries méthanogènes, étant de type anaérobie stricte, sont intolérantes au dioxygène. Le potentiel d'oxydo-réduction doit être bas, de -250 à -600 mV, idéalement autour de -300 mV pour la méthanogénèse (18).

Le potentiel d'oxydo-réduction se mesure avec une sonde Rédox.

La température

La température est un paramètre important à suivre pour le fonctionnement des digesteurs. Le digesteur de la station de Chevigny étant un digesteur mésophile sa température doit être maintenue aux alentours de 38°C à ±2°C.

Une sonde avec renvoi en supervision permet de mesurer et de lire directement la température au sein de l'ouvrage.

VI.2.2 ANALYSES A REALISER AU REDEMARRAGE DU DIGESTEUR

Comme évoqué précédemment, le réensemencement et la remise en route du digesteur sont des étapes importantes pour le bon fonctionnement du process et nécessitent donc une grande surveillance. Des analyses supplémentaires permettant de veiller au bon redémarrage de l'ouvrage seront donc faites au laboratoire de la station d'épuration tout au long de cette période. Durant la remise en route du digesteur, les paramètres suivants seront suivis :

Tableau 20 : Paramètres à suivre durant la remise en route du digesteur

Substrats	Paramètres	Fréquence	Moyens
Boues extérieures	AGV	Ponctuelle En amont du réensemencement	A voir avec la station fournissant les boues
	TAC		
	AGV/TAC		
	pH		
	MS		
Boues digérées	AGV	Bihebdomadaire	Analyse en laboratoire
	TAC		Analyse en laboratoire
	AGV/TAC		Calcul
	pH		Analyse en laboratoire
	MS		Analyse en laboratoire
	MVS		Analyse en laboratoire
	Volume	Quotidienne	Relève en supervision
	Température		Relève sur le terrain et en supervision
Boues fraîches	MS	Bihebdomadaire	Analyse en laboratoire
	MVS		Analyse en laboratoire
	Volume	Quotidienne	Relève en supervision
Boues en sortie de filtre presse	MS	Bihebdomadaire	Analyse en laboratoire
	MVS		Analyse en laboratoire
	Volume	Quotidienne	Relève en supervision
Biogaz	Taux de CH ₄	Quotidienne	Analyseur de la cogénération
	Taux de H ₂ S		
	Taux de CO ₂		

VI.2.3 VALEURS CIBLES

Les valeurs cibles à atteindre lors de la remise en route du digesteur sont celles décrites précédemment dans le tableau 8.

VI.2.4 ACTIONS POSSIBLES A METTRE EN PLACE EN CAS DE DERIVE DES PARAMETRES

Dans le cas où certains paramètres seraient trop éloignés des valeurs cibles à atteindre, il existe plusieurs leviers d'action permettant de corriger les éventuels problèmes (19).

Une **diminution ou un arrêt de l'alimentation** peut permettre d'abaisser le taux d'AGV dans le milieu en laissant plus de temps au système pour se réguler (production d'AGV lors de l'acidogénèse et de l'acétogénèse, consommation de ces derniers par les bactéries méthanogènes) et d'agir sur la charge au sein du réacteur.

Une **injection de chaux** permet de réguler le pH. En effet, un pH trop acide est préjudiciable pour les bactéries, la chaux permet de faire remonter le pH et donc de rendre le milieu plus basique. Aussi, couplé à une **injection d'anti-mousse**, cela peut participer à enrayer un éventuel problème de moussage.

Une **injection de chlorure ferrique** dans l'alimentation de l'ouvrage permet d'endiguer des trop forts taux d'H₂S dans le réacteur. Il faut cependant s'assurer que cela n'entraîne pas une trop forte augmentation des taux de chlorures (sous-produits pouvant inhiber les bactéries).

Ces actions seront mises en place si jamais un de ces phénomènes se produisaient lors de la remise en route du digesteur.

VII. ANALYSE DES RISQUES LIES A L'OPERATION

VII.1 ANALYSE DES RISQUES A CHAQUE ETAPE

VII.1.1 METHODOLOGIE MISE EN PLACE

Les risques sont évalués via une échelle composée de trois critères dont la notation varie de 1 à 4. Les critères considérés sont les suivants :

- **Fréquence** : Ce critère évalue la probabilité d'occurrence du risque. La probabilité d'occurrence est considérée comme faible si elle apparaît moins d'une fois par an et élevée si elle peut arriver plus d'une fois par mois.
- **Gravité** : Ce critère évalue les effets de l'incident rencontré sur le déroulement de l'opération de vidange ou sur le personnel présent sur la station. Les effets sont considérés comme mineurs s'ils n'impactent pas particulièrement le déroulement de la vidange ou s'ils peuvent aisément être contrés. La gravité est considérée comme maximale en cas de risque humain ou d'impossibilité d'effectuer la vidange.
- **Détection** : Ce critère évalue la facilité de détection du danger. La détection est considérée comme facile si le danger peut être repéré sous alarme et anticipé en supervision. La détection est considérée comme compliquée lorsque le danger ne peut pas être repéré sous alarme et qu'il n'existe pas de signe avant-coureur.

La signification des notes en fonction du critère observé est donnée dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Quotation des différents critères étudiés pour l'analyse des risques

Fréquence (F)		Gravité (G)		Détection (D)	
1	Moins d'une fois pour 1 an	1	Pas d'effets sur la vidange	1	Le signe avant-coureur est détectable en supervision Sous alarme
2	Une fois pour 1 an	2	Peut ralentir l'opération et entrainer une augmentation des coûts liés à l'opération	2	Le signe avant-coureur est détectable en supervision Pas d'alarme
3	Plusieurs fois par an	3	Peut ralentir grandement l'opération et entrainer une forte augmentation des coûts liés à l'opération	3	Le signe avant-coureur n'est pas détectable en supervision Pas d'alarme
4	Plusieurs fois par mois	4	Provoque des dommages humains importants Peut compromettre l'opération de vidange	4	Aucun signe avant-coureur, non détectable Pas d'alarme

Afin d'obtenir la criticité, le produit des notes attribuées aux trois critères précédemment présentés est calculé.

Équation 5 : Calcul de la criticité d'un risque

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} * \text{Gravité} * \text{Déteçtabilité}$$

Cela permet, pour chaque risque, l'obtention d'un résultat global pouvant être classé sur une échelle variant de 1 à 64. Plus la note est élevée, plus le risque peut être considéré comme critique et donc dangereux.

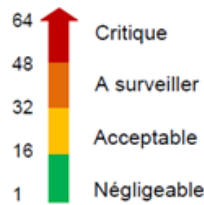


Figure 44 : Cotation du risque (source de l'image : Analyses des risques de défaillance de la STEP par Gedeau Conseil)

VII.1.2 ANALYSE DES RISQUES

L'analyse des risques (détaillée aux annexes 5 à 10 du présent rapport) met en exergue la présence de risques liés à l'Homme (chute de hauteur pour les interventions sur le toit de l'ouvrage, intoxication au biogaz...), des ralentissements de l'opération dues à des éventuelles pannes ou casses ou encore des pénuries de réactifs. Toutefois, l'analyse montre qu'il s'agit de risques à faible occurrence qui peuvent être facilement anticipés (vérification des vannes avant l'opération, utilisation d'équipement de protection individuel (EPI), formation sécurité, signalement des risques...).

Au vu des moyens de sécurité mis en œuvre (inertage, utilisation de matériel de sécurité adapté, prévention...), l'analyse des risques permet de conclure que la vidange du digesteur ne devrait pas représenter un danger important pour les agents présents sur site et pour le fonctionnement de la station.

VII.2 ANALYSE DES RISQUES SPECIFIQUES A LA ZONE ATEX

Aux risques et dangers liés à un chantier quelconque (chutes, port de charges lourdes...) s'ajoutent ceux liés au travail en zone ATEX. Il est important de prendre conscience et connaissance de ces risques car ils peuvent être d'une grande dangerosité pour les travailleurs et les installations. La bonne connaissance de ces aléas permet de prendre les dispositions nécessaires pour s'en prémunir.

Sur la station de Chevigny, toute l'équipe a suivi une formation dite « ATEX » qui permet de connaître les dangers de ce type de zone et les moyens à mettre en place pour intervenir et travailler en zone ATEX.

VII.2.1 RISQUE D'EXPLOSION

Une explosion en zone ATEX a lieu lorsque tous les éléments de l'hexagone de l'explosion présenté à la figure 45 sont réunis. Aussi, le combustible doit être présent dans une concentration comprise entre sa Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) et sa Limite Supérieure d'Explosivité (LSE) exprimées en pourcentage de combustible dans le mélange.

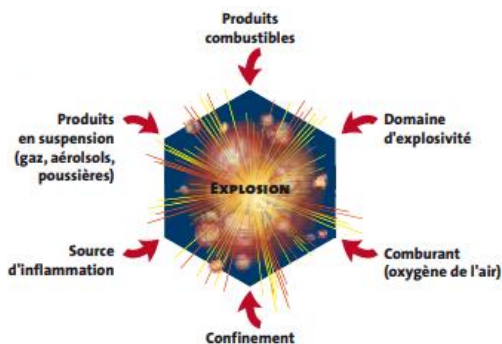


Figure 45 : Hexagone de l'explosion – Source : INERIS

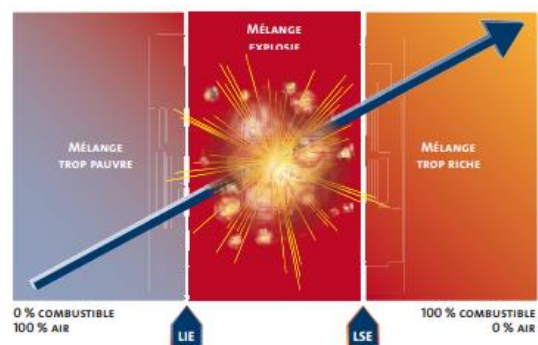


Figure 46 : Domaine d'explosivité – Source : INERIS

L'origine des sources d'inflammation potentielles peut être électrique, électrostatique, thermique, mécanique, chimique, bactériologique ou encore climatique.

Sur la station d'épuration de Chevigny, trois substances inflammables ont été recensées au sein du Document Relatif à la Protection Contre les Explosions (DRPCE). Sur ces trois substances, deux concernent principalement la vidange du digesteur : le méthane (CH₄) et le sulfure d'hydrogène (H₂S) qui sont des composants du biogaz.

Substances inflammables		LIE	Densité relative de la phase gazeuse par rapport à l'air à température ambiante	Point éclair °C	Température minimale d'inflammation °C	Groupe et classe de température
Identification	Composition / Etat					
Méthane	Gaz	4,4	0,6	-	537	IIA T1
Sulfure d'hydrogène	Gaz	4	1,19	-	260	IIA T3
Ammoniac	Gaz	15,5	0,59	-	651	IIA T1

Figure 47 : Substances présentant un risque d'explosion – Source : DRPCE de la STEP de Chevigny

Les zones considérées ATEX sur la station d'épuration ont été recensées et classées au sein du DRPCE. Les zones ATEX concernées par la vidange sont le ciel gazeux du digesteur (Zone ATEX 0) et les soupapes du digesteur (Zone ATEX 2).

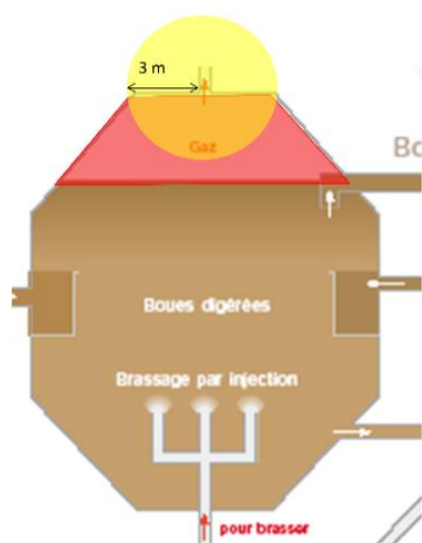


Figure 48 : Illustration des zones ATEX concernées par la vidange – Source : DRPCE de la STEP de Chevigny

Afin d'éviter les risques d'explosion en fonction des zones de travail, le matériel à utiliser lors de la vidange devra respecter les prescriptions définies au sein du DRPCE de la station.

Afin d'éviter le risque d'explosion durant l'opération de vidange du digesteur, une étape d'inertage du ciel gazeux par une entreprise spécialisée sera réalisée à l'ouverture et à la fermeture de l'ouvrage.

VII.2.2 RISQUE D'INTOXICATION

En plus du risque d'explosion, la production de biogaz est aussi source de risque d'intoxication. En effet, le biogaz contient dans son mélange trois gaz représentant un danger pour l'Homme. Ces trois gaz et leurs seuils de toxicité sont rappelés dans le tableau ci-après.

Substances	Concentration (ppm)	Valeurs toxicologiques retenues
H ₂ S	320	SEI – 1 min
CO	1 200	IDLH
CO ₂	40 000	IDLH

Figure 49 : Valeurs toxicologique des trois principaux gaz composant le biogaz – Source : INERIS

L'hydrogène sulfuré ou sulfure d'hydrogène (H₂S)

Le sulfure d'hydrogène est un gaz catégorisé comme extrêmement inflammable (mention de danger H220), sous pression (mention de danger H280), mortel par inhalation (mention de danger H330) et très toxique pour les organismes aquatiques (mention de danger H400).



Figure 50 : Pictogrammes relatifs aux dangers du sulfure d'hydrogène – Source : INRS

L'hydrogène sulfuré est un gaz incolore plus lourd que l'air (densité de 1,19). Il se retrouve sous forme de poche par accumulation dans les parties basses des ouvrages non ventilés. Ce gaz se forme dans le milieu de l'assainissement par fermentation anaérobie des eaux usées ou des boues d'épuration.

Le sulfure d'hydrogène se reconnaît par sa forte odeur de soufre, cependant, à des concentrations supérieures à 100 ppm, il devient olfactivement indétectable. Ce dernier s'absorbe par les voies respiratoires et très peu par voie cutanée.

La dangerosité du sulfure d'hydrogène pour l'Homme évolue avec sa concentration dans l'air et la durée d'exposition. Les différents symptômes relatifs aux seuils d'exposition au sulfure d'hydrogène sont résumés dans le tableau ci-après.

Concentration (ppm)	Symptômes
0,008	seuil de détection olfactive
10	seuil de tolérance pour une exposition prolongée
70 – 150	symptômes légers après plusieurs heures d'exposition
100	seuil d'anesthésie olfactive
170 – 300	concentration maximale pour 1 heure d'exposition sans conséquences toxiques graves
400 – 700	dangereux pour 30 à 60 minutes d'exposition
> 700	mortel en 30 minutes

Figure 51 : Effets du sulfure d'hydrogène sur l'Homme en fonction de sa concentration – Source : INERIS

Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est un gaz catégorisé comme extrêmement inflammable (mention de danger H220), sous pression (mention de danger H280), pouvant nuire au fœtus (mention de danger H360D), toxique par inhalation (mention de danger H331) et pouvant avoir des effets graves sur les organes en cas d'expositions prolongées ou répétées (mention de danger H372)



Figure 52 : Pictogrammes relatifs aux dangers du monoxyde de carbone – Source : INRS

Le monoxyde de carbone est un gaz incolore et inodore légèrement plus léger que l'air (densité de 0,968). Ce gaz provient de la combustion incomplète de composés carbonés.

La dangerosité du monoxyde de carbone pour l'Homme dépend de sa concentration dans l'air. Les différents symptômes relatifs aux seuils d'exposition à ce gaz sont résumés sur la figure 53 ci-après.

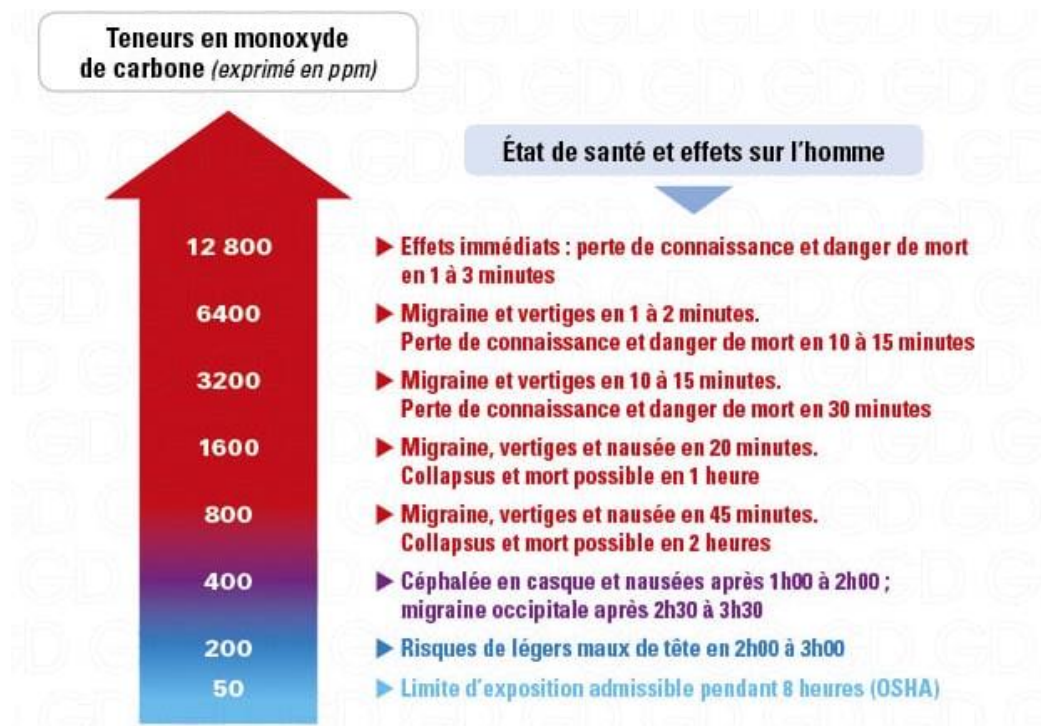


Figure 53 : Effet du monoxyde de carbone sur l'Homme pour différentes concentration – Source : GazDetect

Le dioxyde de carbone (CO₂)

Le dioxyde de carbone est un gaz qui peut être catégorisé comme extrêmement inflammable (mention de danger H220), sous pression (mention de danger H280) et mortel par inhalation (mention de danger H330).



Figure 54 : Pictogrammes pouvant être associés aux dangers du dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone est un gaz incolore et inodore plus lourd que l'air (densité de 1,52). Ce gaz se forme dans le milieu de l'assainissement par fermentation anaérobie des eaux usées ou des boues d'épuration. Par sa densité, le dioxyde de carbone a tendance à s'accumuler au fond des espaces confinés dans lesquels il se forme et à prendre la place de l'oxygène de l'air.

La dangerosité du dioxyde de carbone pour l'Homme dépend de sa concentration dans l'air. Les différents symptômes relatifs aux seuils d'exposition à ce gaz sont résumés sur la figure 55 ci-après.

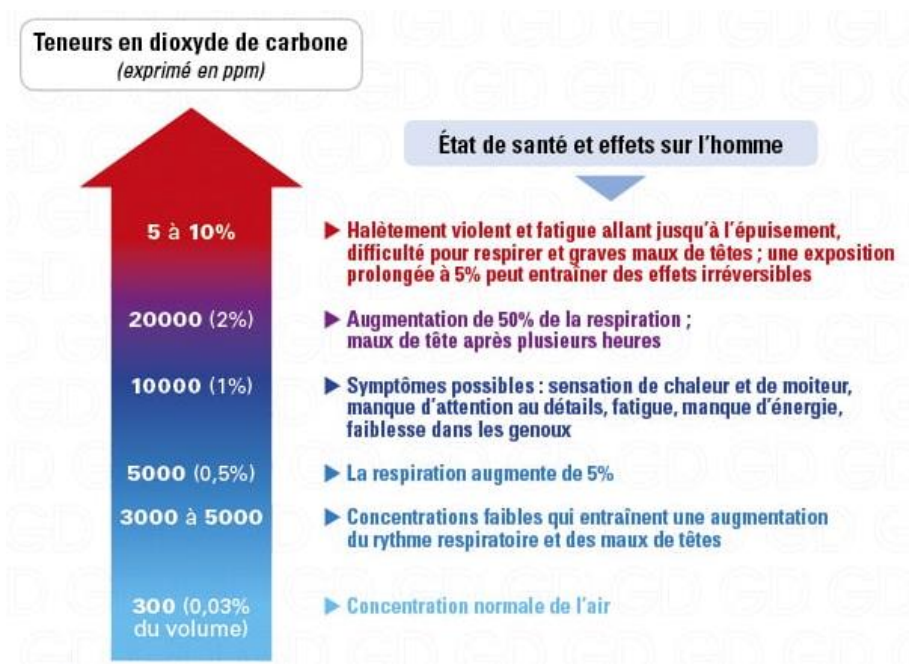


Figure 55 : Effet du dioxyde de carbone sur l'Homme pour différentes concentration – Source : GazDetect

Afin de lutter contre le risque d'intoxication au biogaz, il est obligatoire d'être équipé d'un détecteur 4 gaz pour intervenir sur les ouvrages de la station. Aussi, pour les interventions présentant des risques plus élevés, les agents seront équipés de masques auto-sauveteurs ou interviendront sous Appareil Respiratoire Isolant (ARI).

VIII. GESTION MANAGERIALE DU PROJET

VIII.1 PLANIFICATION DU PROJET

La vidange du digesteur a été programmée à l'origine pour le mois de septembre 2020. La crise sanitaire a imposé un report de la vidange à l'année suivante, soit septembre 2021.

La **période automnale** est retenue pour la vidange du digesteur car elle semble préférable au regard des autres périodes de l'année pour les raisons suivantes :

- En période hivernale : les charges à traiter sur la station sont plus importantes et donc la quantité de boue à évacuer l'est également ce qui rendra la vidange du digesteur plus compliquée à réaliser. De plus, la pluviométrie élevée pendant l'hiver génère des tâches d'exploitation supplémentaires sur la station et les réseaux ainsi que de potentiels à-coups hydrauliques non maîtrisés.
- En période printanière : la pluviométrie reste encore élevée et les nombreux ponts et jours fériés pendant le mois de mai imposent des contraintes importantes sur les transports de boues et autres sous-déchets de vidange.
- En période estivale : le voisinage de la station est plus sensible aux odeurs générées par le site. Or la vidange du digesteur va accentuer les problèmes d'odeurs avec un volume d'évacuation des boues plus important, l'absence de digestion des boues, l'ouverture de l'ouvrage et l'évacuation d'un volume supplémentaire de sables et fillasses.

La majeure partie de l'étude concernant la préparation de la vidange a été réalisée entre les mois de janvier et juin 2020. Ce temps a permis, entre autres, de prendre connaissance de la problématique, de suivre la file boue, de contacter et rencontrer les sous-traitants, d'organiser des tests industriels sur certains ouvrages, de dimensionner les besoins, de planifier et de chiffrer l'opération.

Par ailleurs, le projet n'a pas été trop fortement perturbé par la crise sanitaire. Cependant, le passage de l'exploitation en service dégradé pour protéger les salariés pendant la crise sanitaire a engendré le report de nombreux rendez-vous et tests prévus sur la station. Aussi, afin de se prémunir d'éventuels aléas un report d'un an de l'opération a été décidé.

Le planning prévisionnel de la vidange est disponible en annexe 11 du présent rapport.

VIII.2 CHOIX DES SOUS-TRAITANT

Les deux sous-traitants qui interviendront pour le chantier n'ont pas encore été définitivement sélectionnés. Quatre entreprises pour la vidange et deux pour l'inertage du ciel gazeux ont déjà été contactées et rencontrées.

A ce jour, les offres concernant l'inertage du ciel gazeux du digesteur n'ont pas encore toutes été réceptionnées.

Les contraintes sur la déshydratation des boues ayant été durcies durant l'épidémie de Covid-19, les entreprises spécialisées dans ce domaine sont très sollicitées, ce qui a entraîné un retard dans la fourniture de leurs offres et donc dans le choix des sous-traitants. Parmi les offres reçues, deux sont en cours d'étude afin de valider le choix final du sous-traitant.

Les offres seront jugées sur la prise en compte des demandes de SOGEDO, leur aspect technique, leur démarche sécurité et leur coût. Les propositions ont été mises en parallèles via une analyse multicritère présentée dans le tableau 22 ci-après.

Tableau 22 : Grille de comparaison des sous-traitants⁴

	FOURNISSEUR 1	FOURNISSEUR 2
Prestations assurées par le sous-traitant		
Prestations assurées par le sous-traitant	<p>Phase 1 :</p> <p>Pompage et déshydratation des boues du digesteur</p> <p>Phase 2 :</p> <p>Curage du digesteur</p> <p>Vidange et curage du gros stockeur</p>	<p>Pompage des boues du digesteur et du gros stockeur</p> <p>Dégrillage et dessablage des boues liquides</p> <p>Déshydratation des boues digérées</p> <p>Déshydratation des boues fraîches excédentaires</p> <p>Aération du digesteur</p> <p>Alimentation du chantier en eau claire du clarificateur</p> <p>Nettoyage haute pression du digesteur et du stockeur</p>
Fournitures mises à disposition par le sous-traitant		
Fournitures mises à disposition par le sous-traitant	<p>Pompes à boues</p> <p>Tuyauteries nécessaires</p> <p>Surpresseur pour dilution</p> <p>Caisson tampon cuve BH</p> <p>Centrifugeuse mobile CENTREO</p> <p>Trommel type EC T2080</p> <p>Laveur de sable SANDEO</p> <p>Bande transporteuse</p> <p>Chariot élévateur</p> <p>Energie (groupe électrogène)</p> <p>Pièces de rechanges</p>	<p>Electropompe de 60 m³/h</p> <p>Trommel rotatif débit maximal 120 m³/h</p> <p>Dessableur SOTRES débit maximal 120 m³/h</p> <p>Benne tampon étanche pour les boues à déshydrater</p> <p>Centrifugeuse mobile 750 à 1 200 kg de MS/h</p> <p>Camion hydrocureur 26 tonnes</p> <p>Dessiccateur sur chantier</p> <p>Aérateur de surface</p> <p>Polymère pour le conditionnement des boues</p> <p>Groupe électrogène et gazole non routier</p>
Restant à fournir par SOGEDO		
Restant à fournir par SOGEDO	<p>Organisation du PDP</p> <p>Accès à la zone de travail</p> <p>Plateforme stabilisée pour l'installation du chantier</p> <p>Inertage du digesteur</p> <p>Accès au gros stockeur</p>	<p>Fournir un accès pour les remorques (14 mètres, 40 tonnes)</p> <p>Mise à l'atmosphère du digesteur</p> <p>Piquage en DN80/100 avec vanne d'isolement</p> <p>Eau et électricité</p> <p>Fourniture électrique 380V 125A (*2)</p> <p>Bennes pour les boues déshydratées, les sables et les filasses</p> <p>Evacuation des sous-produits en filière agréée</p> <p>Gestion des bennes</p> <p>Transmission des bons de pesée des boues, filasses et sables</p>
Moyens humains		
Déshydratation des boues	<p>Un responsable de chantier</p> <p>Un opérateur centrifugation</p> <p>5 jours/semaine base de 8 heures/jour</p>	<p>2 techniciens</p> <p>1 poste de 8 heures à 18 heures</p>
Curage du digesteur	<p>Un responsable de chantier</p> <p>3 opérateurs pompage</p>	
Vidange du gros stockeur	<p>2 opérateurs séparation</p> <p>5 jours/semaine base de 8 heures/jour</p>	
Planification de l'opération		
Préparation du chantier	5 jours	15 jours (pendant inertage en partie)
Installation du chantier	5 jours (pendant inertage)	X
Opération	35 jours (12,5 phase 1 + 22,5 phase 2)	19 jours
Repli du chantier	5 jours	15 jours
Total	50 jours (2 mois)	49 jours (2 mois)

⁴ Certaines informations ont volontairement été supprimées par souci de confidentialité.

Une fois les sous-traitants sélectionnés, les procédures relatives au chantier de vidange, la planification et le chiffrage pourront être précisés et finalisés.

VIII.3 ORGANISATION SUR LE TERRAIN

L'agence SOGEDO de Dijon comprend à ce jour 15 personnes, dont 10 dédiées uniquement à l'assainissement. La répartition des postes est visible sur l'organigramme de la figure 56 ci-dessous. Même si seulement deux agents sont rattachés à la station et prennent en charge les tâches d'exploitation quotidiennes et les travaux de maintenance, **l'ensemble des agents présents sont polyvalents** et sont donc en mesure d'intervenir aussi bien sur le réseau que sur la station.

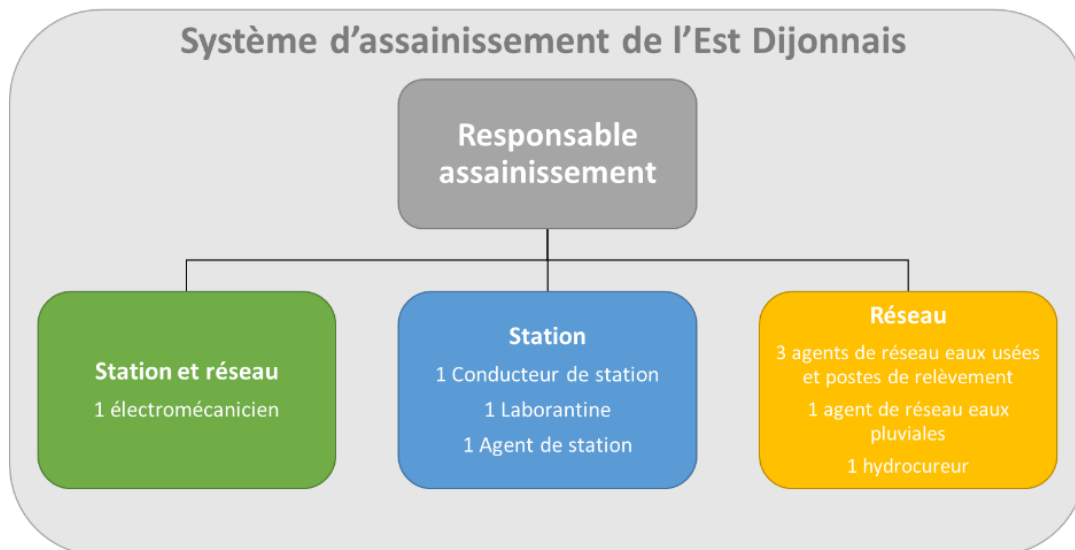


Figure 56 : Organigramme de l'équipe assainissement de la station de Chevigny

Pour les besoins de la vidange, un agent affilié au réseau sera détaché sur la station afin de **renforcer l'équipe en place**. Ainsi, durant l'opération, un agent sera chargé de suivre spécifiquement la déshydratation des boues et le bon déroulement du chantier.

Le chantier étant d'une ampleur importante, l'intégralité des agents seront tenus informés du déroulé de l'opération, du périmètre du chantier et des impacts que cela pourra avoir sur leurs activités et leur sécurité. Aussi, des **procédures détaillées** décrivant les différentes étapes du chantier et les **mesures de sécurité** associées ont été rédigées à l'attention de tous.

VIII.4 COMMUNICATIONS ET LIVRABLES

La vidange, en plus d'impacter le fonctionnement de la station, aura des incidences sur d'autres acteurs. Il est donc important d'**informer les acteurs concernés des nuisances potentielles** liées à l'opération afin qu'ils puissent s'y préparer.

La vidange du digesteur aura un impact sur la qualité du traitement des boues (le digesteur n'étant plus disponible pour abattre la pollution durant l'opération), il convient donc d'en tenir informer les entités concernées (Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, DDT Bourgogne Franche-Comté...) ainsi que l'entreprise responsable de l'évacuation des boues produites sur la station.

Le curage des sables du gros stockeur et du digesteur va engendrer une plus grosse production de déchets sableux. Il faut donc s'assurer en amont que la station Eau vitale exploitée par SUEZ (prenant en charge les sables de la station de Chevigny via une convention de déversement) puisse recevoir cette quantité de sables supplémentaire.

Aussi, des documents techniques tel qu'un « porter à connaissance » concernant le détournement des eaux de sortie de la station a été produit.

Enfin, il est nécessaire de tenir informé le maître d'ouvrage, Dijon Métropole, de ce qui va être fait et des moyens mis en place pour le bon déroulement de la vidange. Une **procédure d'intervention détaillée** a été rédigée dans ce sens. Aussi, des **documents relatifs à la sécurité** à l'attention des agents de la station et des sous-traitants seront nécessaires.

VIII.5 CHIFFRAGE DE L'OPERATION

Un chiffrage a été réalisé en amont de la vidange afin d'estimer le coût total de l'opération. Chaque étape a été chiffrée distinctement. Ainsi, selon les estimations, le coût de la vidange sera d'environ 267 000 euros. Il a été retranché aux coûts totaux de l'opération le coût de fonctionnement du filtre presse en situation normale d'exploitation afin de ne retenir que les surcoûts liés à la vidange.

Le chiffrage de l'opération est visible sur le tableau 24 ci-après.

Tableau 23 : Chiffrage total de l'opération de vidange

Description	Source	Coûts engendrés
Arrêt de l'alimentation du digesteur et de la cogénération	Estimation	14 170 €
Déshydratation des boues fraîches sur filtre presse et Adéquapress	Estimation	72 598 €
Ouverture du digesteur et inertage n°1	Retour d'expérience	12 000 €
Sollicitation d'un sous-traitant pour la vidange et le curage du digesteur	Moyenne des offres	94 591 €
Sollicitation d'un sous-traitant pour la vidange et le curage du gros stockeur		
Evacuation des sables	Estimation et devis	3 758 €
Maintenance digesteur	Estimation	13 000 €
Fermeture du digesteur et inertage n°2	Retour d'expérience	13 500 €
Réalimentation progressive en boue et apport d'eau industrielle	Estimation	26 696 €
Stabilisation et suivi du digesteur	Estimation et devis	5 904 €
Main d'œuvre	Estimation	10 500 €
COÛT TOTAL DE L'OPERATION		266 717 €

Il est à noter que le chiffrage présenté ci-dessus n'est pas définitif. En effet, dans l'attente du retour de certains sous-traitants, certains postes sont encore à l'état d'estimations basées sur des retours d'expérience.

Les détails du chiffrage sont donnés aux annexes 12 à 15.

IX. CONCLUSION

La vidange est une opération importante pour le bon fonctionnement du digesteur et pour le maintien en bon état de l'ouvrage. L'opération peut se résumer en trois grandes étapes qui sont le curage de l'ouvrage, la prise en charge des boues continuant à être produites sur site pendant la vidange et la remise en route du digesteur. Il s'agit d'une opération importante pour le fonctionnement de la station qui s'étalera sur au moins deux mois et qui sollicitera ou impactera de nombreux acteurs (personnel de SOGEDO, sous-traitants...).

La préparation de la vidange du digesteur aura duré environ 6 mois, de janvier à juin 2020. Ce temps aura permis de dimensionner les besoins, de définir le type de traitement à mettre en place, d'établir des devis auprès des différents sous-traitants, de proposer un planning de l'opération, de la chiffrer et de rédiger les différents documents et procédures nécessaires au bon déroulé de l'opération.

Bien que la préparation de la vidange se soit déroulée sans encombre, le lancement de l'opération a dû être repoussé d'un an à cause de la situation sanitaire en France. Cela implique donc que les différentes procédures seront à revoir en début d'année 2021 et que les différentes offres reçues et les différents coûts seront à actualiser.

Les risques pouvant perturber la vidange ont été listés et étudiés afin d'être évités ou, quand il n'était pas possible de les éviter, de limiter au maximum leurs impacts. Il apparaît que la vidange peut être la cause d'accidents humains pouvant être graves mais que ces risques peuvent aisément être contenus. L'analyse des risques met aussi en avant les potentiels éléments pouvant perturber la vidange. Or, les risques pouvant mettre en péril l'opération peuvent, pour la majeure partie d'entre eux, être anticipés. Il apparaît donc que la vidange pourra être démarrée et menée sans craintes majeures.

La vidange du digesteur s'inscrit dans une dynamique d'optimisation du fonctionnement des files boues et biogaz de la station de Chevigny. En effet, le maintien en bon état du digesteur est garant, entre autres, d'une meilleure production de biogaz. De ce fait, la préparation de la vidange a été ponctuée d'études visant à rechercher les différents facteurs pouvant impacter la production de biogaz. Ainsi, un travail spécifique sur le fonctionnement de la file boue et l'optimisation du fonctionnement de certains ouvrages a été effectué en parallèle de la préparation de l'opération.

Page volontairement laissée blanche

X. BIBLIOGRAPHIE

1. **Hélias, Arnaud.** *Agrégation/abstraction de modèles pour l'analyse et l'organisation de réseaux de flux - application à la gestion des effluents d'élevage à la Réunion.* 2003.
2. **S3D et APESA pour le compte de l'ADEME Bourgogne.** *Biologie des digesteurs : Guide complet à destination des exploitants d'unités de méthanisation.* Février 2014.
3. *Questions / Réponses sur la problématique « dysfonctionnements biologiques ».* **GIS Biostep.** Non renseignée.
4. *Causes and effects of foaming in anaerobic sludge digesters.* **Pagilla, Krishna R., Craney, Kent C. et Kido, Wendell H.** 1997, *Water Science and Technology*, pp. 463-470.
5. *Contrôle et conduite des digesteurs anaérobies.* **Moletta, R.** 1989, *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science.*
6. *Influence of Environmental Conditions on Methanogenic Compositions in Anaerobic Biogas Reactors.* **Karakashev, Dimitar, Batstone, Damien J. et Angelidaki, Irini.** 2005, *Applied and Environmental Microbiology.*
7. **SUEZ.** Memento Degrémont - Démarrage et contrôle des installations de méthanisation, paramètres d'exploitation. *SUEZ Water Handbook - Memento Degrémont.* [En ligne] <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/methanisation/demarrage-et-contrôle-des-installations/parametres-d-exploitation>.
8. **AILE.** *Guide de suivi de la biologie sur une unité de méthanisation agricole.* Juin 2011.
9. **ADEME Bourgogne.** *Guide pédagogique : La biologie des digesteurs à destination des exploitants d'unités de méthanisation.* Novembre 2014.
10. **Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.** *Méthanisation des boues de stations : Règle de l'art et état des lieux sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse.* Décembre 2012.
11. **Solagro et Agence de l'eau Adour-Garonne.** *La digestion anaérobie des boues urbaines : Etat des lieux, état de l'art.* 2001.
12. **Inter Rhône.** *Charte sur les bonnes pratiques de conservation des vins de la vallée du Rhône, de l'élaboration à la distribution.* 2009.
13. **Actu-Environnement.** Réglementation applicable aux boues d'épuration. *Actu-Environnement.* [En ligne] 06 Septembre 2010. [Citation : 16 Septembre 2020.] <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/reglementation-traitement-des-boues.php4>.
14. **DREAL et DRAAF Bourgogne Franche-Comté.** *Les mesures du 6ème programme d'actions nitrates dans les zones vulnérables de la région Bourgogne Franche-Comté.* Juillet 2018.
15. **INERIS.** *Règles de sécurité des installations de méthanisation agricole .*
16. **Sakaki, Soumia.** *Etude de la production des acides gras volatils à partir de la fermentation acidogène des boues d'épuration des effluents issus d'une usine de pâtes et papiers.* 2014.
17. **APESA et Biomasse Normandie pour le compte de l'ADEME.** *Guide méthodologique pour le suivi et l'établissement des bilans de performances d'une installation de méthanisation.* Juin 2014.
18. **Cresson, Romain.** *Biotechnologies pour le traitement de l'eau et des déchets - Méthanisation.* Narbonne : s.n., 2011.
19. **Buffiere, Pierre, et al.** *Guide méthodologique pour l'exploitation d'unités de méthanisation de déchets solides.* 2007.

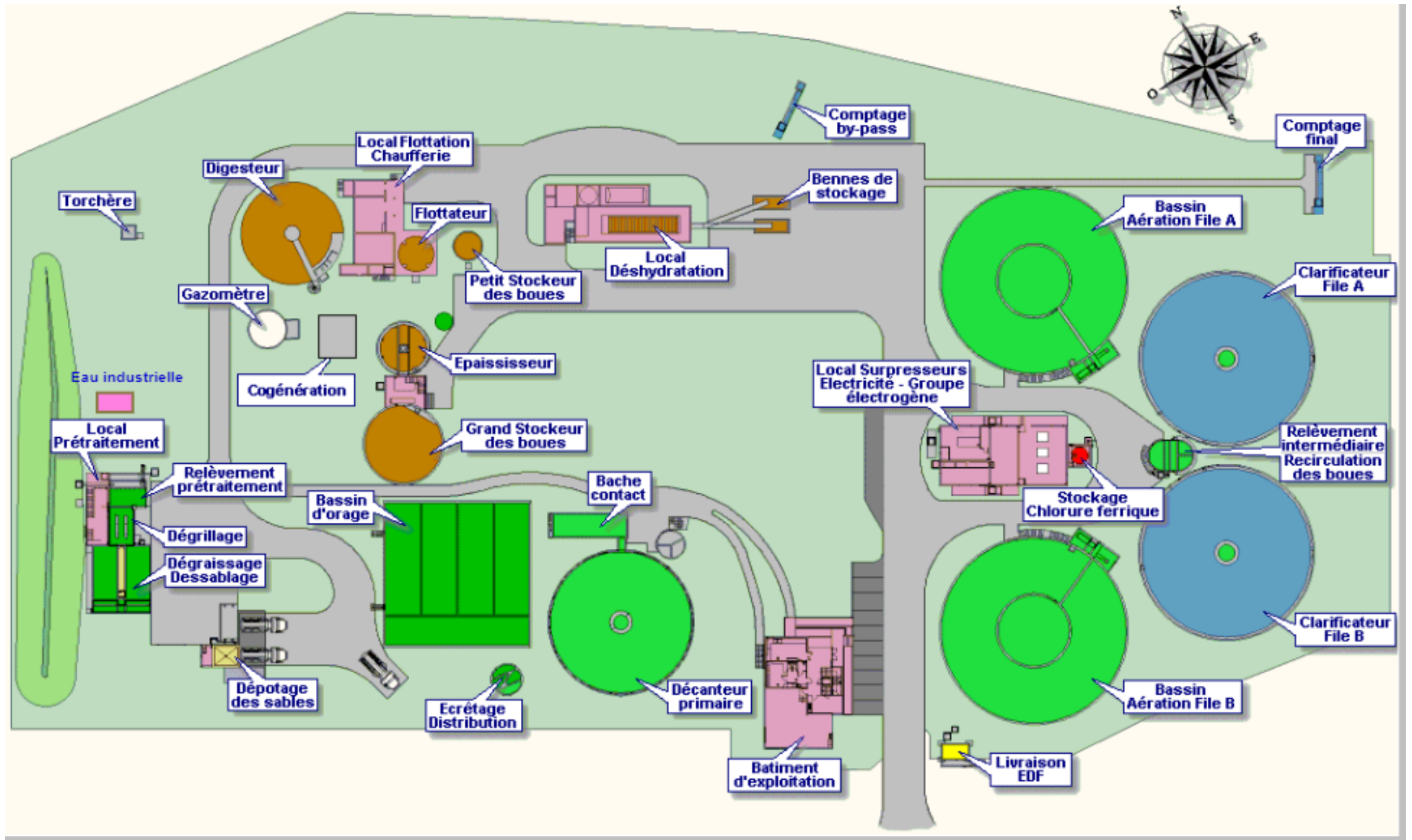
Page volontairement laissée blanche

XI. ANNEXES

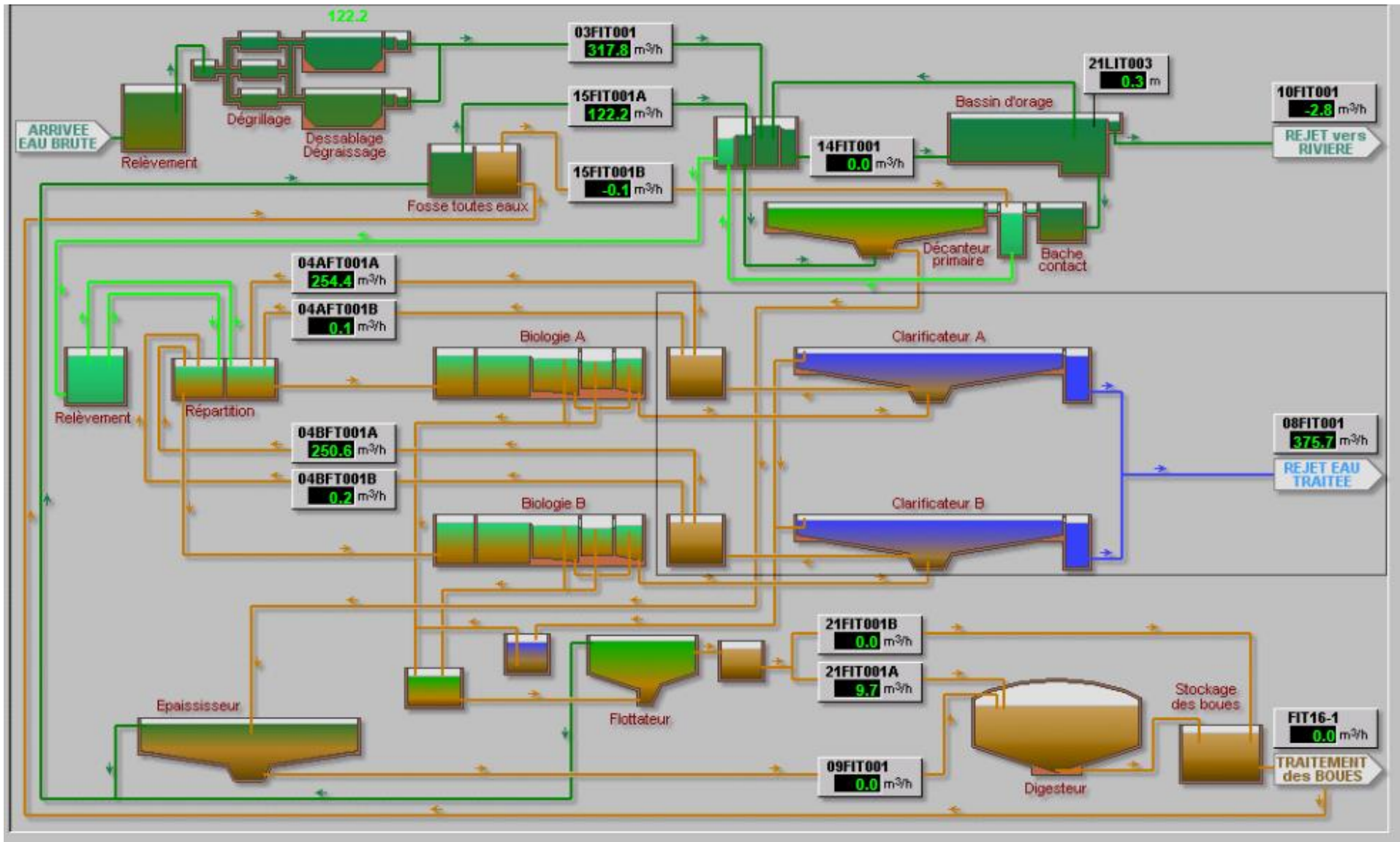
XI.1 TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Implantation de la station d'épuration de Chevigny	76
Annexe 2 : Synoptique des files eau et boue de la station d'épuration de Chevigny	77
Annexe 3 : Signalétique des vannes pour la vidange	78
Annexe 4 : Procédure détaillée de l'opération de vidange	86
Annexe 5 : Analyse des risques de l'étape d'inertage et de préparation du chantier	96
Annexe 6 : Analyse des risques de l'étape de vidange du digesteur	99
Annexe 7 : Analyse des risques de l'étape de prise en charge des boues fraîches	102
Annexe 8 : Analyse des risques de l'étape de vidange et de curage du gros stockeur	105
Annexe 9 : Analyse des risques de l'étape de levée du chantier	109
Annexe 10 : Analyse des risques de l'étape de fermeture et de remise en route du digesteur	110
Annexe 11 : Diagramme de Gantt relatif à l'opération de vidange du digesteur	113
Annexe 12 : Chiffrage du traitement des boues fraîches sur filtre presse et Adéquapress	114
Annexe 13 : Chiffrage de l'évacuation des boues et des sables	115
Annexe 14 : Chiffrage de la déshydratation des boues en situation normale d'exploitation	116
Annexe 15 : Chiffrage de la remise en route du digesteur	117

ANNEXE 1 : IMPLANTATION DE LA STATION D'EPURATION DE CHEVIGNY



ANNEXE 2 : SYNOPTIQUE DES FILES EAU ET BOUE DE LA STATION D'EPURATION DE CHEVIGNY



Local chaufferie



Local chaufferie

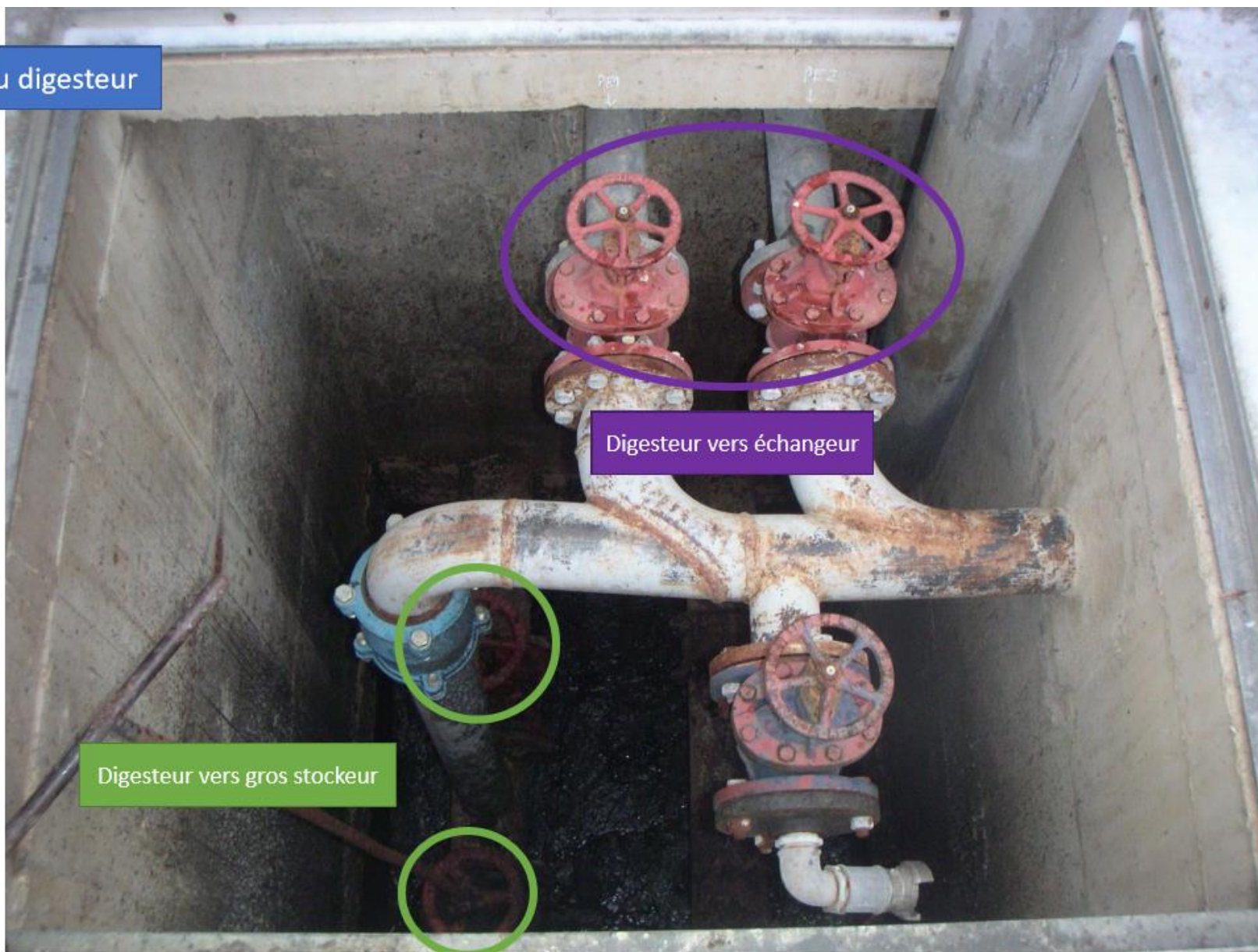
Sortie échangeur

Entrée échangeur

Purge



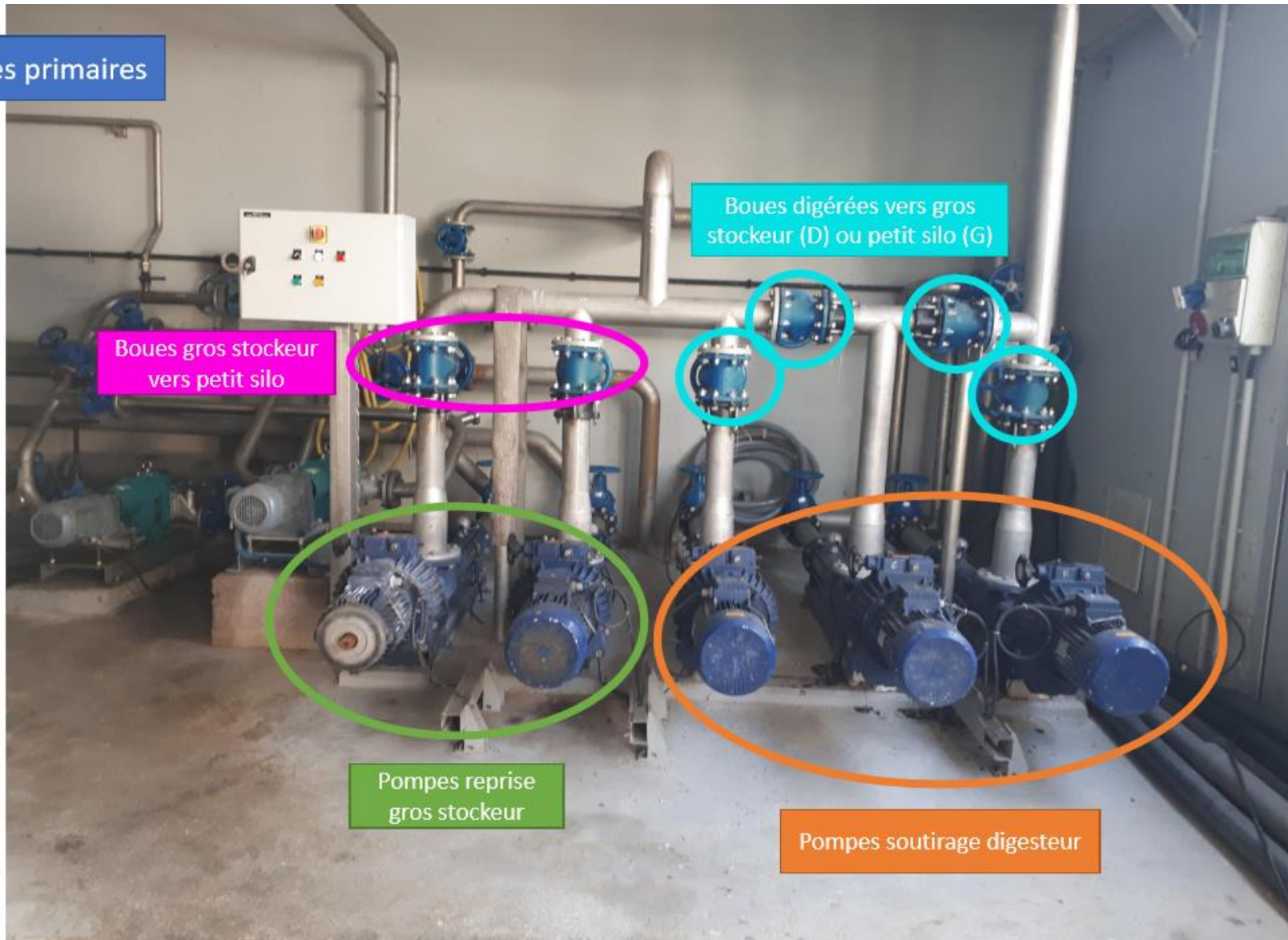
Au pied du digesteur



Digesteur vers échangeur

Digesteur vers gros stockeur

Local boues primaires



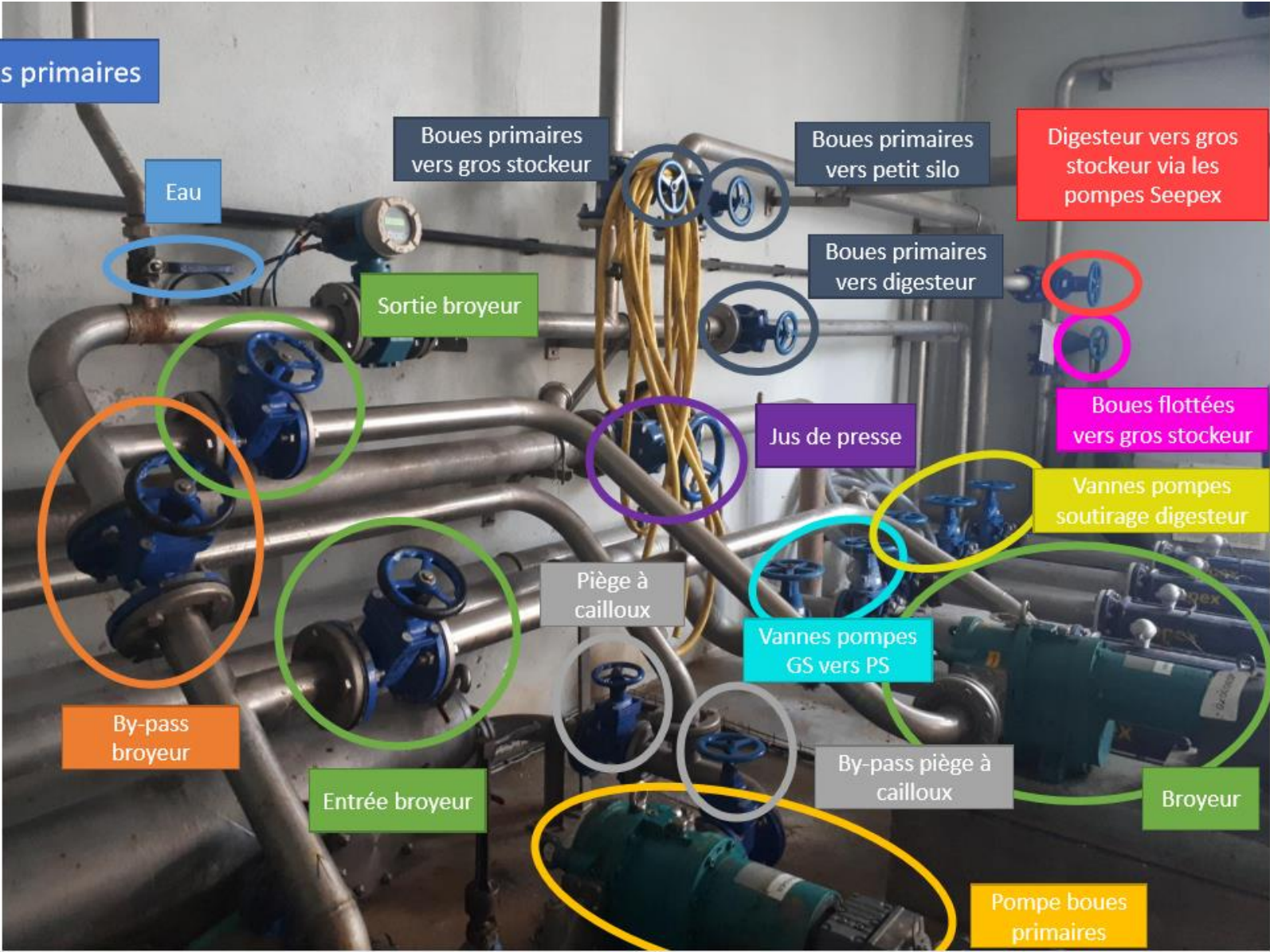
Boues gros stockeur
vers petit silo

Boues digérées vers gros
stockeur (D) ou petit silo (G)

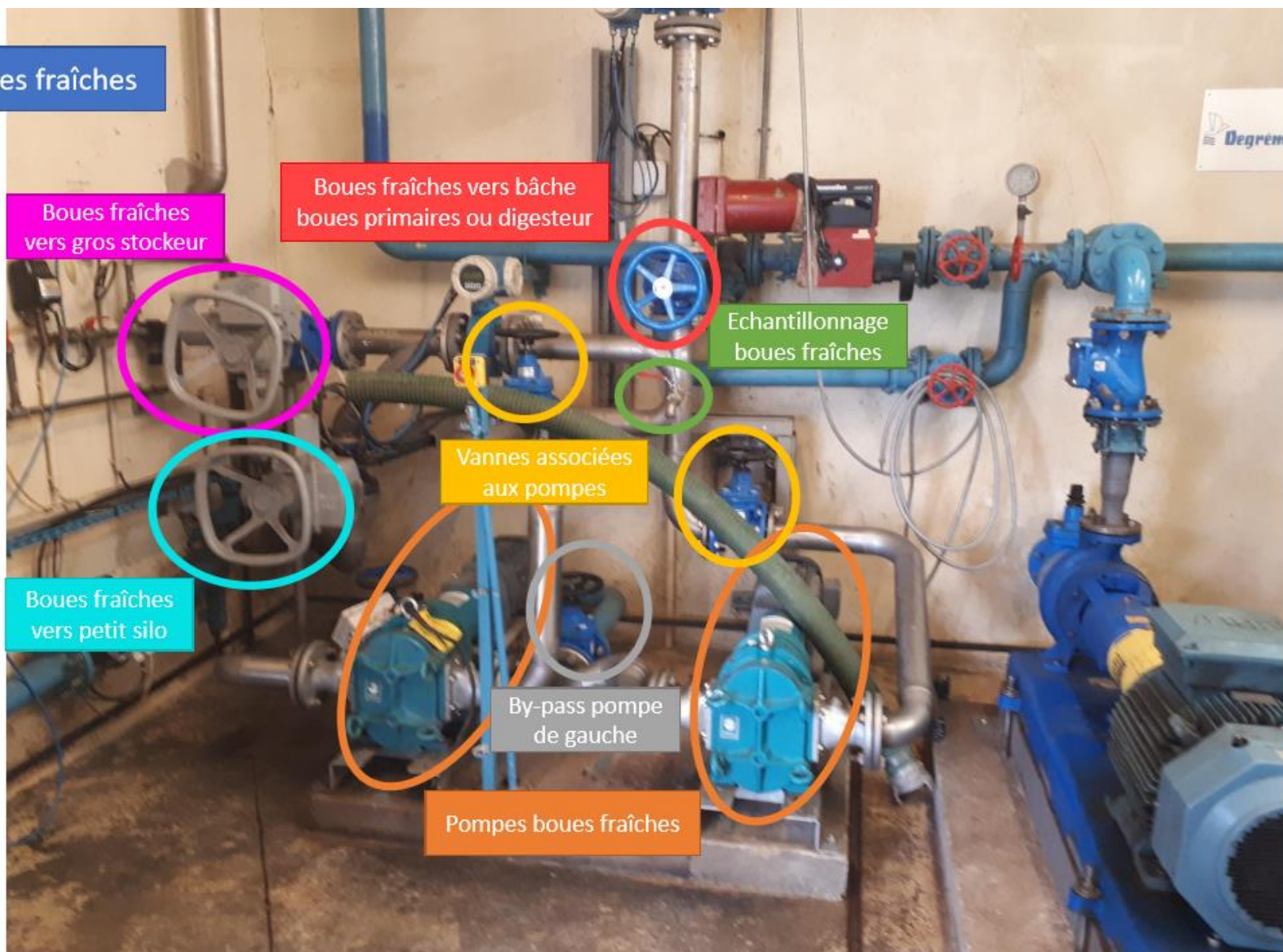
Pompes reprise
gros stockeur

Pompes soutirage digesteur

Local boues primaires



Local boues fraîches



Local boues fraîches



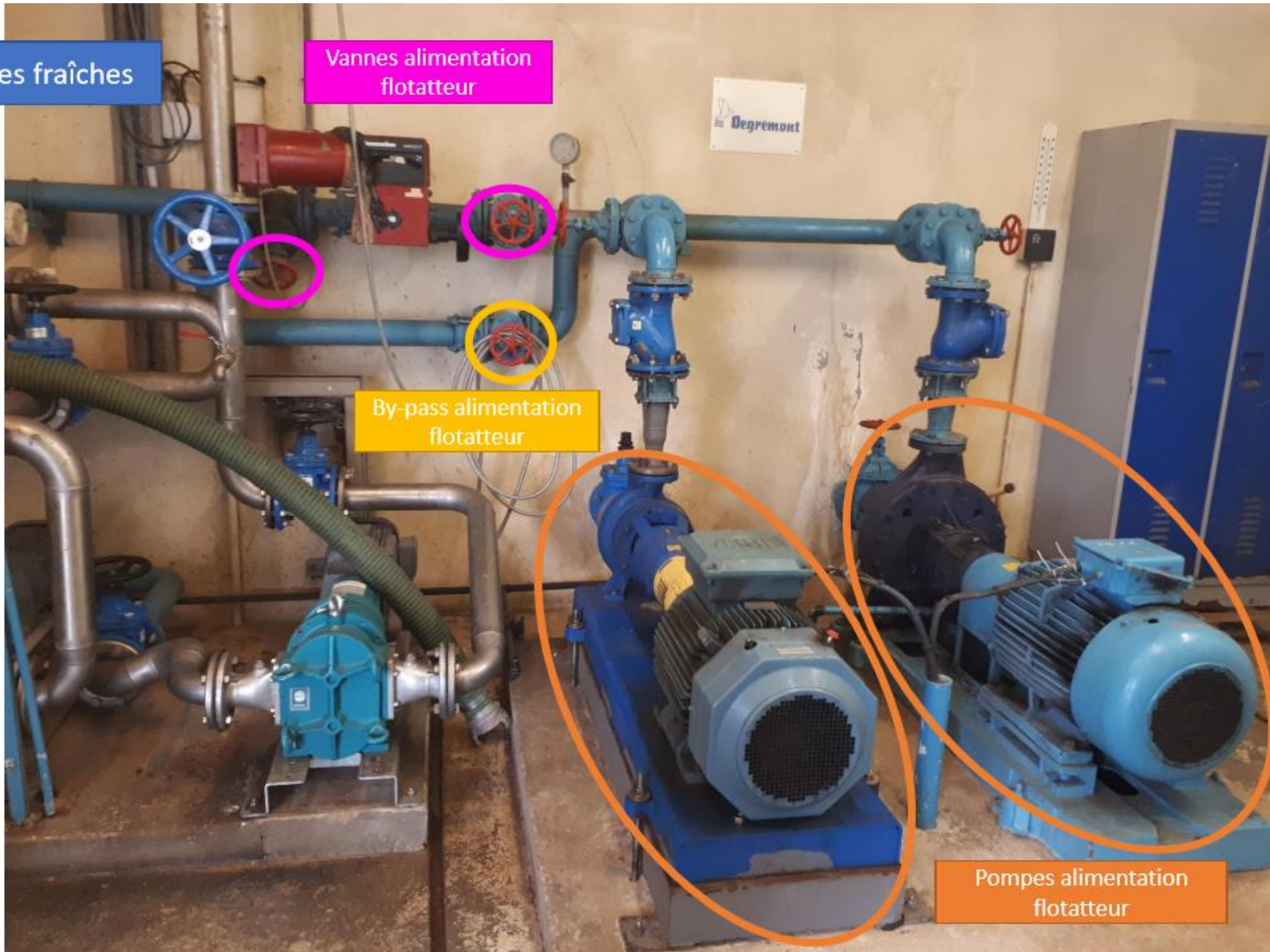
Boues fraîches vers digesteur

Local boues fraîches





Vannes alimentation
flotateur

By-pass alimentation
flotateur





Pompes alimentation
flotateur








ANNEXE 4 : PROCEDURE DETAILLEE DE L'OPERATION DE VIDANGE





ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
INERTAGE			
1	<p>Ouverture de l'électrovanne 21VM001B via l'ordinateur de commande en supervision</p> <p>L'ouverture de cette vanne permet l'envoi direct des boues fraîches vers le gros stockeur.</p> <p>Nomenclature de l'électrovanne en supervision : 21VM001B</p>		Local boues fraîches
2	<p>Fermeture manuelle de la vanne d'alimentation du digesteur en boues fraîches</p> <p>La fermeture de cette vanne permet de stopper l'alimentation du digesteur en boues fraîches.</p> <p>Nomenclature de la vanne en supervision : 09VH004C</p>		Local boues fraîches
3	<p>Mise à l'arrêt des pompes Seepex de recirculation des boues réchauffées</p> <p>Passage du mode « Auto » au mode « 0 » sur l'armoire électrique du local flottateur.</p> <p>Nomenclatures des pompes en supervision : P13-2-1 et P13-2-2</p>	 	Local chaufferie Local flottateur





ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
4	<p>Mise à l'arrêt des circulateurs d'eau chaude</p> <p>Passage du mode « Auto » au mode « 0 » sur l'armoire électrique du local flottateur.</p> <p>Nomenclatures des pompes en supervision : P13-3-1 et P13-3-2</p>		<p>Local chaufferie Local flottateur</p>
5	<p>Prise en charge des boues fraîches sur le filtre presse de la station</p>		<p>Bâche boues fraîches Filtre presse</p>
6	<p>Passage en mode automatique de l'électrovanne d'alimentation de l'Adéquapress en boues flottées</p>		<p>Flottateur</p>
7	<p>Ouverture de la vanne d'alimentation de l'Adéquapress en boues flottées</p>		<p>Flottateur</p>

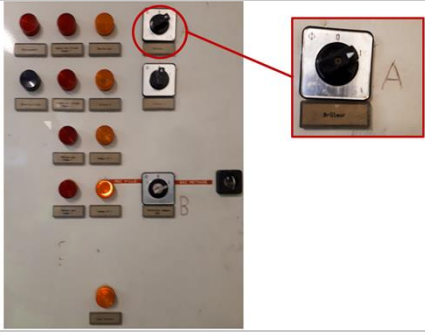


ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
8	<p>Lancer la préparation polymère de l'Adéquapress via l'armoire électrique au sein de l'unité</p>		<p>Unité mobile Adéquapress</p>
9	<p>Mise en route de l'Adéquapress via l'écran de contrôle au sein de l'unité</p>		<p>Unité mobile Adéquapress</p>
10	<p>Prise en charge des boues flottée Via l'Adéquapress de la station</p>		<p>Unité mobile Adéquapress</p>
11	<p>Mise à l'arrêt du compresseur gaz</p> <p>Passage du mode « Auto » au mode « 0 » sur l'armoire électrique du local flottateur. Cela permet la mise à l'arrêt du brassage du digesteur.</p> <p>Nomenclature en supervision : C13-1</p>		<p>Local compresseur gaz Local flottateur</p>




ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
12	<p>Mise à l'arrêt de la chaudière via son armoire électrique</p> <p>Passer le commutateur du « brûleur A » de l'armoire électrique de la chaudière sur la position 0</p>		Local chaufferie
18	<p>Vérifier que la torchère est bien en mode automatique</p> <p>Départ du surplus de gaz en torchère</p>		Torchère
19	<p>Fermeture manuelle des deux vannes de recirculation des boues digérées à l'échangeur</p> <p>La fermeture de ces deux vannes permet de stopper l'alimentation de l'échangeur boue/boue</p> <p>Nomenclature des vannes en supervision : Non représentées</p>		Pied du digesteur
20	<p>Fermeture des deux vannes manuelles d'alimentation du gros stockeur en boues digérées</p> <p>Fermeture des deux vannes à l'aide de la canne présente sur site</p> <p>Nomenclature des vannes en supervision : 22VH001B</p>		Pied du digesteur
21	<p>Inertage à l'azote du ciel gazeux du digesteur et des canalisations de transport du biogaz par un sous-traitant</p>		Digesteur Canalisations de biogaz



ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
DESHYDRATATION DES BOUES			
22	Installation des unités mobiles de déshydratation de location et piquage des unités en pied de digesteur (Cercle vert)		Pied du digesteur
23	Ouverture de la première vanne manuelles d'alimentation du gros stockeur en boues digérées (vanne la plus proche du digesteur) Ouverture de la vanne à l'aide de la canne présente sur site Nomenclature de la vanne en supervision : 22VH001B		
24	Vidange du digesteur via les unités mobiles de location		Digesteur
25	Curage du fond du digesteur par camion hydrocureur		Digesteur
26	Préparation d'un piquage de secours en pied de petit silo en cas de prise de retard de SOGEDO sur la gestion de ses boues fraîches		Petit silo
26 bis	Si besoin : pompage des boues fraîches du gros stockeur via le petit silo par les UMD de location		Petit silo UMD de location
27	Travaux de maintenance du digesteur		Digesteur
28	Fermeture de l'électrovanne 21VM001B via l'ordinateur de commande en supervision La fermeture de cette vanne permet de stopper l'alimentation du gros stockeur en boues fraîches Nomenclature de l'électrovanne en supervision : 21VM001B		Local boues fraîches

ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
29	<p>Ouverture de l'électrovanne 21VM001A via l'ordinateur de commande en supervision</p> <p>L'ouverture de cette vanne permet l'alimentation directe du petit silo en boues fraîches</p> <p>Nomenclature de l'électrovanne en supervision : 21VM001A</p>		Local boues fraîches
30	<p>Branchement de l'UMD de location en pied du petit silo</p> <p>L'UMD de location prend en charge les boues fraîches produites sur la station directement via le petit silo pendant l'immobilisation du gros stockeur</p>		Petit silo
31	<p>Prise en charge des boues fraîches par l'UMD de location via le piquage préparé sur le petit silo</p>		Petit silo UMD de location
32	<p>Mise à l'arrêt de la pompe d'alimentation du gros stockeur vers le petit silo (une fois le niveau dans le gros stockeur suffisamment bas)</p> <p>Le petit silo n'est plus alimenté en boues par le gros stockeur</p> <p>Nomenclature de la pompe en supervision : 13P0002B</p>		Local boues fraîches
33	<p>Curage du gros stockeur par camion hydrocureur</p>		Gros stockeur
34	<p>Nettoyage et entretien du filtre presse et de l'Adéquapress, si besoin, remplacement des toiles du filtre presse</p>		Filtre presse Adéquapress
35	<p>Remplacement de l'agitateur en panne dans le gros stockeur</p>		Gros stockeur
36	<p>Départ des unités de vidange du digesteur et du gros stockeur, fermeture du piquage au pied du petit silo</p>		Station de Chevigny UMD de location

ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
37	<p>Fermeture de l'électrovanne 21VM001A via l'ordinateur de commande en supervision</p> <p>La fermeture de cette vanne permet de stopper l'alimentation directe du petit silo en boues fraîches</p> <p>Nomenclature de l'électrovanne en supervision : 21VM001A</p>		Local boues fraîche
38	<p>Ouverture de l'électrovanne 21VM001B via l'ordinateur de commande en supervision</p> <p>L'ouverture de cette vanne permet l'envoi direct des boues fraîches vers le gros stockeur</p> <p>Nomenclature de l'électrovanne en supervision : 21VM001B</p>		Local boues fraîches
39	<p>Remise en route de la pompe d'alimentation du gros stockeur vers le petit silo</p> <p>Nomenclature de la pompe en supervision : 13P0002B</p>		Local boues fraîches
40	<p>Fermeture et scellement du trou d'Homme latéral du digesteur</p>		Digesteur
REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR			
41	<p>Remise en eau du digesteur avec un volume de 1 285 m³ d'eau industrielle</p> <p>Remplissage via le surpresseur d'eau industrielle de la station</p>		Digesteur Local surpresseur d'eau industrielle
42	<p>Réensemencement avec 180 m³ de boues (10% du volume de l'ouvrage)</p>		Digesteur

ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
43	Inertage du ciel gazeux du digesteur et des canalisations de transport du biogaz, fermeture et scellement du trou d'Homme du toit du digesteur		Digesteur Station de Chevigny
44	Mise en route de la chaudière au gaz de ville pour amener l'ouvrage à au moins 30°C		Chaudière Local chaufferie Digesteur
45	Réalimentation du digesteur en boues fraîches par palier de 20% du volume habituel reçu (en jouant sur les vannes permettant l'envoi des boues fraîches au digesteur et les électrovannes permettant leur envoi au gros stockeur) Nomenclature des vannes en supervision : 21VM001B et 09VH004C		Digesteur Pied du digesteur Local boues fraîches
46	Remise en route du compresseur gaz Passage du mode « 0 » au mode « Auto » sur l'armoire électrique du local flottateur. Cela permet la remise en route du brassage du digesteur. Nomenclature en supervision : C13-1		Local compresseur gaz Local flottateur
47	Ouverture des vannes d'alimentation de l'échangeur en boues digérées Ouverture manuelle des vannes (encadré rouge) Nomenclature des vannes en supervision : Non représentées		Pied du digesteur

ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
48	<p>Reprise d'une alimentation normale du digesteur</p> <p>Ouverture totale de la vanne permettant l'envoi des boues fraîches au digesteur (vanne 09VH004C), fermetures des électrovannes permettant le by-pass des boues fraîches au gros stockeur ou au petit silo (vannes 21VM001B et 09VH004C)</p>		<p>Digesteur Local boues fraîches</p>
49	<p>Passage en mode arrêt de l'électrovanne d'alimentation de l'Adéquapress en boues flottées</p>		<p>Flottateur</p>
50	<p>Fermeture de la vanne d'alimentation de l'Adéquapress en boues flottées</p>		<p>Flottateur</p>
51	<p>Mise à l'arrêt de la préparation polymère de l'Adéquapress</p>		<p>Adéquapress</p>
52	<p>Mise à l'arrêt de l'Adéquapress via son écran de contrôle</p>		<p>Adéquapress</p>

ETAPE	OPERATION ET DESCRIPTION	ILLUSTRATION	LOCALISATION
53	Redémarrage de la cogénération (quand la production de biogaz le permettra)	 <p>The screenshot shows a control panel with a central display. The display is titled 'Mesures - Principales [1/18]' and shows a gauge on the left with the number '53' below it. To the right of the gauge, several parameters are listed: 'Puissance Apparente 63 kVA', 'CosPhi 1.00 R', 'Fréq Altern 50.0 Hz', 'Tension Altern 226 V', 'Temp eau 78.2 °C', 'P Huile 6.0 Bar', 'P Turbo 1.285 Bar', and 'Tra/min 1501 TraM'. Below the main display, there are several smaller data points and status indicators. The panel has a 'POWER' button at the bottom right.</p>	Cogénération
54	Suivi de la biologie du digesteur et mise en place d'actions corrective en cas de dérive de l'ouvrage	 <p>The photograph shows a laboratory setting with several glass beakers and flasks on a white surface. Two prominent beakers in the foreground contain a bright blue liquid. They are labeled with 'NH4 ES' in yellow marker. In the background, other glassware and laboratory equipment are visible, including a flask with a brownish liquid and a green container.</p>	Laboratoire Digesteur

ANNEXE 5 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE D'INERTAGE ET DE PREPARATION DU CHANTIER

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Etape 1 : Inertage du digesteur et préparation du chantier de vidange											
Fermeture de la vanne d'alimentation du digesteur en boues fraîches <i>Le digesteur n'est plus alimenté en boues fraîches</i>	Local boues fraîches	Mauvaise fermeture des vannes	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Visuel	Digesteur continu d'être alimenté en boues fraîches	1	4	2	8	S'assurer de la bonne fermeture de la vanne	Septembre 2021
		Vanne bloquée en position ouverte				1	4	3	12	Fermeture de la vanne 1/x en aval (risque de chute)	
Ouverture de l'électrovanne d'alimentation du gros stockeur en boues fraîches <i>Les boues fraîches partent directement au gros stockeur</i>	Electrovanne 21VM001B Local boues fraîches	Vanne bloquée en position fermée	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	Le gros stockeur n'est pas alimenté en boues fraîches	1	4	2	8	Fermeture manuelle de la vanne	Septembre 2021
Fermeture des deux vannes d'alimentation de l'échangeur <i>L'échangeur n'est plus alimenté en boues</i>	Pied du digesteur	Mauvaise fermeture des vannes	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Visuel	Echangeur continu d'être alimenté en boues digérées	1	4	4	16	Réparation des vannes concernées	Septembre 2021
		Chute en avant	Avertir l'agent quant au danger de chute Possibilité d'installer un harnais de sécurité		Blessures graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Mise à l'arrêt de la chaudière <i>Le digesteur n'est plus chauffé</i>	Local chaufferie	Mauvaise mise à l'arrêt	Tester le fonctionnement de l'armoire électrique en amont de la vidange	Supervision	Digesteur continu à être chauffé	1	4	2	8	Forcer l'arrêt de la chaudière par la fermeture des vannes des conduites méthane et gaz de ville	Septembre 2021

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Arrêt du compresseur gaz via son armoire électrique <i>Le digesteur n'est plus brassé</i>	Local compresseur	Panne dans l'armoire	Contrôle électrique des armoires fait annuellement	Visuel	Le digesteur continu d'être brassé	1	4	3	12	Disjoncter l'armoire pour forcer l'arrêt du compresseur (seulement agent habilité)	Septembre 2021
Installation du chantier d'inertage	Station d'épuration de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
Piquage des canalisations d'injection de gaz inertant au digesteur	Station d'épuration de Chevigny Digesteur	Chute	Avertir l'agent quant au danger de chute	Visuel	Blessures sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
Opération d'inertage <i>Suppression du risque ATEX pour l'opération de vidange</i>	Digesteur	Intoxication au biogaz	Agents équipés de détecteurs 4 gaz Si nécessaire, utilisation de matériel ARI	Détecteur	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	3	12	Contacteur les secours	Septembre 2021
		Brûlure par le froid	Signalisation du risque sur le chantier d'inertage	Visuel	Blessures sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Installation de plaques sur la zone du chantier de vidange <i>Stabilisation des unités mobiles de déshydratation de location</i>	Station d'épuration de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
		Utilisation d'appareils de levage	Sensibilisation à l'utilisation des appareils de levage Conformité et maintenance des appareils de levage	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action	Période envisagée
Installation de plaques sur la zone du chantier de vidange <i>Stabilisation des unités mobiles de déshydratation de location</i>	Station d'épuration de Chevigny	Port de charges lourdes	Prévention sur le port de charges lourdes	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
Installation des unités mobiles de traitement et de déshydratation des boues pour la vidange	Station d'épuration de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
		Zone enherbée ne supporte pas le poids des installations	Terrassement de la zone par un professionnel en amont de la vidange	Visuel	Risque d'endommager les installations	1	4	4	16	Reprendre le terrassement	
		Endommagement des conduites traversant les routes du site	Installation de système de protection des conduites courantes	Visuel	Endommagement du matériel Fuite	1	3	4	12	Prévoir une solution de remplacement ou de réparation des conduites en cas de nécessité	
Ouverture du trou d'Homme du toit de l'ouvrage et mise en aération	Toit du digesteur	Intoxication au biogaz	Agents équipés de détecteurs 4 gaz Si nécessaire, utilisation de matériel ARI	Détecteur	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	3	12	Contacter les secours	Septembre 2021
		Chute	Equipement d'un harnais pour le travail en hauteur	Visuel	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Repli du chantier d'inertage	Station d'épuration de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021

ANNEXE 6 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE VIDANGE DU DIGESTEUR

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Etape 2 : Vidange du digesteur											
Connexion de l'UMD de location à la canalisation au pied du digesteur	Pied du digesteur	Chute en avant	Avertir l'agent quant au danger de chute	Visuel	Blessures graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
Préparation d'un piquage de secours de l'UMD de location au petit silo en cas de nécessité <i>UMD de location pourra déshydrater les boues fraîches si besoin</i>	Petit silo	Dysfonctionnement au niveau du piquage (bouchage, fuite ...)	Vérification du piquage	Visuel	Fuite de boues	1	2	4	8	Correction de la mise en place du piquage	Septembre 2021
		Mauvaise prise en charge des boues fraîches par l'UMD de location	Solution à mettre en place avec le sous-traitant en amont de la vidange	Visuel	Production supérieure de déchet	1	2	4	8	Adaptation de la dose de floculant à injecter	
Vidange du digesteur <i>Le digesteur est vidé de ses boues digérées par les installations de déshydratation de l'entreprise sous-traitante</i>	Digesteur UMD de location	Panne ou casse de l'UMD de location	Solution à mettre en place avec le sous-traitant en amont de la vidange	Visuel	Mise en pause de l'opération de vidange	1	4	3	12	Mise en pause de la vidange Solution à mettre en place avec le sous-traitant (réparation, remplacement...)	Septembre à octobre 2021
		Manque de débit ou de pression dans le circuit d'alimentation en eau des UMD	Préparation de l'installation en amont de la vidange	Visuel	Mauvais conditionnement des boues Risque d'endommager les UMD	1	3	4	12	Sollicitation de l'achat d'eau proche de la station	
		Panne d'un ou des groupe(s) électrogène(s)	Sous-traitant s'engage à fournir l'électricité	Visuel	Impossibilité de faire fonctionner les installations de location	1	4	3	12	Sous-traitant s'engage à fournir l'électricité	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Ouverture du trou d'Homme latéral <i>Accès à l'intérieur de l'ouvrage</i>	Digesteur	Niveau de boues trop haut par rapport au niveau du trou d'Homme	Mesure du niveau de boue par le trou d'Homme du toit de l'ouvrage	Mesure par sonde	Fuite de boues à l'ouverture du trou d'Homme	1	2	3	6	Retour des boues en tête de station via l'ancien réseau pluvial	Septembre à octobre 2021
Curage du fond du digesteur avec camion hydrocureur	Chantier de vidange Digesteur	Présence de poche d'H ₂ S dans les sables	Pénétration dans le digesteur avec équipement ARI Aération de l'ouvrage durant l'intégralité de la vidange	Détecteur	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	3	12	Pénétration dans l'ouvrage avec équipement ARI uniquement	Octobre 2021
		Circulation de véhicule sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
		Chute en pénétrant dans l'ouvrage (forme conique du fond)	Sensibilisation auprès du sous-traitant	Visuel	Blessures graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Evacuations des boues traitées par l'UMD de location <i>Destination des boues déshydratées par l'UMD : Compostage</i> <i>Destination secondaire : Incinération</i>	Chantier de vidange Site d'évacuation des boues Station d'épuration	Boues produites non compatibles au compostage	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Analyses	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	3	6	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	Octobre 2021
		Quantité de boues très supérieure à ce qui était prévue	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Visuel	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Evacuation des sables en fond de digesteur <i>Destination des sables : Station Eau Vitale</i> <i>Destination secondaire : Incinération</i>	Digesteur Station d'épuration de Chevigny	Très mauvaise qualité des sables	Analyses des sables accumulés dans le petit stockeur en amont de la vidange	Analyses	Augmentation de la charge de sable à évacuer	1	2	2	4	Anticiper avec Eau Vitale le volume maximum de sable qui peut leur être envoyé	Octobre 2021
		Quantité de sable très supérieure à ce qui était prévue initialement	Estimation du volume basé sur le traçage au Lithium réalisé en 2018	Visuel	Surplus de sables non acceptés par Eauvitale Bennes filtrantes n'ont pas la capacité d'accueillir l'intégralité des sables	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	
		Dysfonctionnement au niveau des bennes filtrantes (bouchage...)	Entretien quotidien des bennes	Visuel	Ralentissement dans l'évacuation des sables	2	1	4	8	Entretien quotidien des bennes	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Déconnexion de la centrifugeuse de location <i>Fin de l'étape de vidage des boues digérées contenues dans le digesteur</i>	Pied du digesteur UMD de location	Vanne au pied du digesteur mal refermée	S'assurer de la bonne fermeture des vannes	Visuel	Fuite de boues Incident à la remise en route du digesteur	1	2	4	8	S'assurer de la bonne fermeture des vannes	Octobre 2021

ANNEXE 7 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE PRISE EN CHARGE DES BOUES FRAICHES

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Etape 3 : Prise en charge des boues fraîches par les unités de la station											
Transfert des boues fraîches depuis le gros stockeur vers le petit silo via la pompe Seepex <i>Boues fraîches envoyées au petit silo</i>	Pompes Seepex (Local boues primaires)	Panne de la pompe Seepex	Vérification du bon fonctionnement des pompes en amont de la vidange	Supervision	Les boues fraîches ne peuvent pas être envoyées au petit silo	1	4	2	8	Passage sur une autre pompe Réparation de la pompe endommagée	Septembre à octobre 2021
		Niveau des boues fraîches trop haut dans le petit silo	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Visuel	Retour des boues non traitées en tête de station Surcharge de matière organique en tête de station	1	2	4	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location pour abaisser le niveau dans le petit silo Arrêt des pompes d'alimentation du gros stockeur vers le petit silo	
		Niveau des boues fraîches trop haut dans le gros stockeur	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Supervision	Retour des boues non traitées en tête de station Surcharge de matière organique en tête de station	1	4	2	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location pour abaisser le niveau dans le gros stockeur	
Prise en charge des boues fraîches sur le filtre presse de la station	Filtre presse Cuves de stockage des réactifs	Filtre presse ne déshydrate pas correctement les boues fraîches	Test de déshydratation des boues fraîches sur filtre presse réalisé au mois de mars 2020	Visuel	Augmentation de la masse de boues à évacuer Augmentation des coûts de l'opération	1	3	4	12	Réajustement des doses de réactifs	Septembre à octobre 2021

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Prise en charge des boues fraîches sur le filtre presse de la station <i>Déshydratation des boues fraîches</i>	Filtre presse Cuves de stockage des réactifs	Filtre presse n'arrive pas à suivre la production de boues fraîches	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Supervision	Volume de boues pris en charge par l'UMD supérieur aux prévisions Augmentation des coûts de l'opération	1	3	2	6	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire	Septembre à octobre 2021
		Manque de réactifs (chlorure ferrique et/ou lait de chaux)	Anticipation sur les commandes et livraisons des réactifs et suivi de leur niveau	Visuel	Conditionnement des boues de mauvaise qualité Impossibilité de solliciter le filtre presse Ralentissement de l'opération de vidange	1	4	4	16	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Si nécessaire, commande de réactifs en urgence	
		Panne ou dysfonctionnement du filtre presse	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Supervision	Impossibilité de solliciter le filtre presse Ralentissement de l'opération de vidange	1	4	2	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Réparation des éléments défectueux	
		Panne ou dysfonctionnement d'une pompe ou d'un agitateur	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Visuel	Conditionnement des boues de mauvaise qualité Mauvaises pressées	2	3	2	12	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Réparation des éléments défectueux	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Traitement des boues biologiques sur l'Adéquapress de la station <i>Déshydratation des boues flottées</i>	Unité mobile de déshydratation de la station (Adéquapress)	Adéquapress ne déshydrate pas correctement les boues	Tests polymère au mois de mars 2020	Visuel	Augmentation de la masse de boues à évacuer	4	1	4	16	Ajuster le dosage de polymère	Septembre à octobre 2021
		Panne ou dysfonctionnement de l'Adéquapress	Entretien de l'unité tout au long de l'année	Supervision	Augmentation des charges envoyées au filtre presse	1	3	2	6	Mise à l'arrêt de l'Adéquapress	
		Manque de polymère	Livraison de polymère en amont de la vidange	Visuel	Boues de mauvaise qualité en sortie d'Adéquapress Impossibilité de solliciter l'Adéquapress	1	2	2	4	Commande de polymère	
Evacuation des boues du filtre presse <i>Destination des boues : Epannage</i> <i>Destination secondaire : Compostage</i>	Plateforme de stockage des boues déshydratées	Boues produites non compatibles avec la filière d'épandage	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Visuel	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	Septembre à octobre 2021
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Evacuation des boues de l'Adéquapress <i>Destination des boues : Compostage</i> <i>Destination secondaire : Incinération</i>	Benne de stockage des boues de l'Adéquapress	Production de déchets supérieure à ce qui était attendu	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Analyses	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	3	6	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	Septembre à octobre 2021
		Boues produites non compatibles avec la filière compostage	Boues de qualité stable Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Visuel	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

ANNEXE 8 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE VIDANGE ET DE CURAGE DU GROS STOCKEUR

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Etape 4 : Vidange et curage du gros stockeur											
Fermeture de l'électrovanne d'alimentation des boues fraîches vers le gros stockeur <i>Le gros stockeur n'est plus alimenté en boues</i>	Electrovanne 21VM001B (local boues fraîches)	Vanne reste bloquée sur la position ouverte ou ne se ferme qu'en partie	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	Les boues fraîches ne partent pas au gros stockeur ou en débit limité	1	4	2	8	Si nécessaire, passage de la vanne en mode manuel	Octobre 2021
Ouverture de l'électrovanne d'alimentation des boues fraîches vers le petit silo <i>Les boues fraîches partent directement au petit silo</i>	Electrovanne 21VM001A (local boues fraîches)	Vanne reste bloquée sur la position fermée ou ne s'ouvre qu'en partie	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	Les boues fraîches ne partent pas au gros stockeur ou en débit limité	1	4	2	8	Si nécessaire, passage de la vanne en mode manuel	Octobre 2021
Piquage de la centrifugeuse de location au petit silo	Petit silo UMD de location	Dysfonctionnement au niveau du piquage (bouchage, fuite ...)	Vérification du piquage	Visuel	Fuite de boues	1	2	4	8	Correction de la mise en place du piquage	Octobre 2021
Prise en charge des boues fraîches par l'UMD de location	Petit silo UMD de location	Niveau des boues fraîches trop haut dans le petit silo	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Visuel	Retour des boues non traitées en tête de station Surcharge de matière organique en tête de station	1	2	4	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location pour abaisser le niveau dans le petit silo Arrêt des pompes d'alimentation du petit silo	Octobre 2021
		Centrifugeuse n'arrive pas à prendre en charge les boues fraîches	Tests en laboratoire réalisés par le sous-traitant en amont de la vidange	Visuel	Volume de déchets à évacuer supérieur Augmentation des coûts de l'opération	1	3	4	12	A prévoir avec le sous-traitant	
		Panne de la centrifugeuse	Suivi de l'unité par un sous-traitant spécialisé	Visuel	Mise à l'arrêt de la vidange ou du curage du gros stockeur	1	4	4	16	A prévoir avec le sous-traitant	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Prise en charge des boues fraîches par l'UMD de location	Petit silo UMD de location	Niveau des boues fraîches trop haut dans le petit silo	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Visuel	Retour des boues non traitées en tête de station Surcharge de matière organique en tête de station	1	2	4	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location pour abaisser le niveau dans le petit silo Arrêt des pompes d'alimentation du petit silo	Octobre 2021
		Centrifugeuse n'arrive pas à prendre en charge les boues fraîches	Tests en laboratoire réalisés par le sous-traitant en amont de la vidange	Visuel	Volume de déchets à évacuer supérieur Augmentation des coûts de l'opération	1	3	4	12	A prévoir avec le sous-traitant	
		Panne de la centrifugeuse	Suivi de l'unité par un sous-traitant spécialisé	Visuel	Mise à l'arrêt de la vidange ou du curage du gros stockeur	1	4	4	16	A prévoir avec le sous-traitant	
Mise à l'arrêt de l'Adéquapress	Adéquapress	Pas de fermeture de l'électrovanne d'alimentation de la cuve tampon	Vérifier le bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	La cuve tampon continu de se remplir	1	1	4	4	Si nécessaire, passage de la vanne en mode manuel	Octobre 2021
Arrêt de la pompe d'alimentation du gros stockeur vers le petit silo <i>Le gros stockeur n'alimente plus le petit silo</i>	Pompe de reprise des boues fraîches 13P0002B (Local boues primaires)	Panne diverse de la pompe	Vérifier le bon fonctionnement des pompes en amont de la vidange	Supervision	Le gros stockeur continu d'être alimenté en boues	1	4	2	8	Forcer l'arrêt des pompes en les disjonctant	Octobre 2021
Curage des sables du gros stockeur	Gros stockeur	Présence de poche d'H ₂ S dans les sables	Intervention sous ARI en cas de pénétration dans l'ouvrage	Détecteur	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre 2021
		Chute en hauteur en pénétrant dans l'ouvrage	Utilisation d'un harnais de sécurité	Visuel	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	4	16		

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Remplacement de l'agitateur en panne	Gros stockeur	Intervention des agents (travaux, charges lourdes...)	Sensibilisation aux risques de blessures Aide pour le port des charges lourdes	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre 2021
		Utilisation d'appareils de levage	Sensibilisation à l'utilisation des appareils de levage Conformité et maintenance des appareils de levage	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Evacuation des boues produites par la centrifugeuse <i>Destination des boues : Compostage</i> <i>Destination secondaire : Incinération</i>	Station de Chevigny	Production de déchets supérieure à ce qui était attendu	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Analyses	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	3	6	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	Octobre 2021
		Boues produites non compatibles avec la filière compostage	Prévoir une solution d'évacuation secondaire	Visuel	Augmentation des coûts de l'opération	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action curative	Période envisagée
Evacuation des sables et des matières de curage	Bennes à sable Station de Chevigny	Très mauvaise qualité des sables	Analyses des sables accumulés dans le petit stockeur en amont de la vidange	Analyses	Sables non acceptés par Eauvitale, envoi sur une destination secondaire Augmentation des coûts de l'opération	1	2	2	4	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	Octobre 2021
		Quantité de sable très supérieure à ce qui était prévue initialement	Estimation du volume basé sur le traçage au Lithium réalisé en 2018	Visuel	Refus possible du trop-plein de sable par Eau Vitale	1	2	4	8	Prévoir une filière d'évacuation secondaire	
		Bennes filtrantes n'ont pas la capacité d'accueillir l'intégralité des sables	Estimation du volume basé sur le traçage au Lithium réalisé en 2018	Visuel	Augmentation du nombre de rotation de benne Augmentation des coûts de l'opération	1	2	4	8	Anticiper avec Eau vitale le volume maximum de sable qui peut leur être envoyé	
		Dysfonctionnement au niveau des bennes filtrantes (bouchage...)	Entretien quotidien des bennes	Visuel	Ralentissement dans l'évacuation des sables	2	1	4	8	Entretien quotidien des bennes	
		Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

ANNEXE 9 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE LEVEE DU CHANTIER

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action	Période envisagée
Etape 5 : Levée du chantier											
Déconnexion de la centrifugeuse au petit silo	Centrifugeuse Petit silo	Mauvaise fermeture de la vanne au pied du petit silo	Vérifier la bonne fermeture de la vanne	Visuel	Fuites de boues	1	2	4	8	Trouver la cause de la fuite et la colmater	Octobre à début novembre 2021
Déconnexion des unités au surpresseur d'eau industrielle	Unités concernées Surpresseur d'eau industrielle	Mauvaise déconnexion au surpresseur	Vérifier que le surpresseur a été correctement déconnecté	Visuel	Fuites d'eau	1	2	4	8	Trouver la cause de la fuite et la colmater	Octobre à début novembre 2021
Départ des unités mobiles	Station de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021
Retrait des plaques de métal pour la stabilité des unités	Station de Chevigny	Port de charges lourdes	Prévention sur le port de charges lourdes	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021
		Utilisation d'appareils de levage	Sensibilisation à l'utilisation des appareils de levage Conformité et maintenance des appareils de levage	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Retour des matériaux de location aux entreprises concernées	Station de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021
		Port de charges lourdes	Prévention sur le port de charges lourdes	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
		Utilisation d'appareils de levage	Sensibilisation à l'utilisation des appareils de levage Conformité et maintenance des appareils de levage	Visuel	Blessures pouvant être graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	

ANNEXE 10 : ANALYSE DES RISQUES DE L'ETAPE DE FERMETURE ET DE REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action	Période envisagée
Etape 5 : Fermeture et remise en route du digesteur											
Fermeture de la vanne de sortie du digesteur	Pied du digesteur	Chute en avant	Avertir l'agent quant au danger de chute	Visuel	Blessures graves sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021
		Mauvaise fermeture de la vanne	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	Digesteur continu d'être alimenté en boues fraîches	1	4	2	8	Remplacement par une vanne neuves (travaux de maintenance)	
Fermeture des autres vannes d'entrée et de sortie du digesteur	Canalisations boue en lien avec le digesteur	Mauvaise fermeture des vannes	Vérification du bon fonctionnement des vannes en amont de la vidange	Supervision	Digesteur n'est pas isolé	1	4	2	8	S'assurer de la bonne fermeture des vannes	Octobre à début novembre 2021
Arrêt de la ventilation par le trou d'Homme du toit du digesteur	Digesteur	Chute	Equipement d'un harnais pour le travail en hauteur	Visuel	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021
Installation du chantier d'inertage	Station d'épuration de Chevigny	Circulation de véhicules sur site	Signalisation sur site	Visuel	Blessures graves sur un agent Collision entre deux véhicules	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Septembre 2021
Opération d'inertage	Digesteur	Intoxication au biogaz	Agents équipés de détecteurs 4 gaz Si nécessaire, utilisation de matériel ARI	Détecteur	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	3	12	Contacter les secours	Septembre 2021
		Brûlure par le froid	Signalisation du risque sur le chantier d'inertage	Visuel	Blessure sur un agent	1	4	4	16	En fonction de la gravité	
Fermeture des deux trous d'Hommes	Digesteur	Chute (trou d'Homme du toit de l'ouvrage)	Equipement d'un harnais pour le travail en hauteur	Visuel	Blessures graves sur un agent pouvant aller jusqu'à la mort	1	4	4	16	En fonction de la gravité	Octobre à début novembre 2021

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action	Période envisagée
Remplissage à l'eau industrielle	Digesteur Surpresseur d'eau industrielle	Fuites d'eau	Suivi du remplissage	Visuel	Pertes d'eau	1	2	4	8	Trouver la cause de la fuite et la colmater	Octobre à début novembre 2021
		Remplissage insuffisant, cannes de gaz, conduite d'alimentation non immergées	Suivi du volume injecté par le compteur d'eau industrielle et du niveau d'eau dans l'ouvrage par une sonde	Sonde installé au niveau d'un éjecteur	Risque de création d'une zone ATEX	1	4	3	12	Prendre une marge de sécurité sur le volume à injecter afin de ne pas prendre le risque de créer une zone ATEX	
Réensemencement avec des boues externes	Digesteur Site fournissant les boues pour le réensemencement	Qualité des boues insuffisante pour le réensemencement	Analyse des boues pour le réensemencement en amont	Analyses	Digesteur repartant avec une biologie de faible qualité	1	2	3	6	Anticiper une éventuelle seconde source pour la fourniture des boues de réensemencement	Octobre à début novembre 2021
Réalimentation progressive du digesteur en boues fraîches	Digesteur	Réensemencement en boues fraîches trop rapide ou trop lent	Suivi du réensemencement en laboratoire	Analyses	Digesteur repartant avec une biologie de faible qualité	1	2	3	6	Préparation en amont d'un plan d'action pour le réensemencement du digesteur	Octobre à début novembre 2021
Prise en charge du surplus de boues fraîches sur le filtre presse	Filtre presse Cuves de stockage des réactifs	Filtre presse ne déshydrate pas correctement les boues fraîches	Test de déshydratation des boues fraîches sur filtre presse réalisé au mois de mars 2020	Visuel	Augmentation de la masse de boues à évacuer Augmentation des coûts de l'opération	1	3	4	12	Réajustement des doses de réactifs	Septembre à octobre 2021
		Manque de réactifs (chlorure ferrique et/ou lait de chaux)	Anticipation sur les commandes et livraisons des réactifs et suivi de leur niveau	Visuel	Conditionnement des boues de mauvaise qualité Impossibilité de solliciter le filtre presse Ralentissement de l'opération de vidange	1	4	4	16	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Commande de réactifs en urgence	
		Panne ou dysfonctionnement du filtre presse	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Supervision	Impossibilité de solliciter le filtre presse Ralentissement de l'opération de vidange	1	4	2	8	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Réparation des éléments défectueux	

Etape et objectif	Localisation	Risque potentiel	Moyen de prévention	Mode de détection	Conséquences	F	G	D	Criticité	Action	Période envisagée
Prise en charge du surplus de boues fraîches sur le filtre presse	Filtre presse Cuves de stockage des réactifs	Panne ou dysfonctionnement d'une pompe ou d'un agitateur	Piquage pour la prise en charge des boues du petit silo par l'UMD de location installé en prévision	Visuel	Conditionnement des boues de mauvaise qualité Mauvaises pressées	2	3	2	12	Mise en pause de la vidange et sollicitation de l'UMD de location si nécessaire Réparation des éléments défectueux	Septembre à octobre 2021
		pH des boues inférieur à 12	Chaulage des boues	Analyses quotidiennes	Envoie en épandage interdit	1	1	3	3	Envoie des boues en compostage	Septembre à décembre 2021
Remise en route du brassage	Digesteur	Création d'une zone ATEX	Inertage du digesteur avant fermeture et remise en route	Pas de moyen de détection	Risque d'explosion en zone ATEX	1	4	4	16	Prendre les dispositions de sécurité relatives à la zone ATEX	Octobre à début novembre 2021
Remise en route du circuit biogaz (chaudière, cogénération)	Chaudière Cogénération	Création d'une zone ATEX	Inertage du circuit biogaz avant remise en route	Pas de moyen de détection	Risque d'explosion en zone ATEX	1	4	4	16	Prendre les dispositions de sécurité relatives à la zone ATEX	Octobre à début novembre 2021
Stabilisation du digesteur	Digesteur	À-coups de charge dans le digesteur	Suivi des charges envoyées au digesteur	Visuel	Risque de perturber la biologie du digesteur (moussage...)	1	3	4	12	Préparation en amont d'un plan d'action pour la remise en route du digesteur	Fin 2021 à début 2022
Maîtrise de la production de biogaz par injection de chaux et d'antimousse	Digesteur	Moussage	Installation d'une sonde de détection et d'un système de cassage des mousses durant la vidange	Sonde de détection des mousses	Risque de perturber le fonctionnement du digesteur	1	3	1	3	Suivi de la remise en route du digesteur	Année 2022

ANNEXE 12 : CHIFFRAGE DU TRAITEMENT DES BOUES FRAICHES SUR FILTRE PRESSE ET ADEQUAPRESS⁵

Production boues fraîches	
Volume journalier (m ³)	100
MS boues fraîches (g/kg)	40
Volume hebdomadaire produit (m ³ /semaine)	700
Charge hebdomadaire produite (T de MS/semaine)	28

Adéquapress : boues fraîches	
Capacité de traitement (m ³ /jour)	20
Charge journalière boues fraîches (T de MS)	800
Fonctionnement journalier (heures)	8
Nombre de jours à considérer dans la semaine	5
Volume hebdomadaire (m³/semaine)	100
Charge hebdomadaire (T de MS)	4
Durée vidange (semaines)	8
Volume total pris en charge (m ³)	800
Charge totale prise en charge (T de MS)	32
Coûts Adéquapress	
Taux de traitement polymère (kg/T de MS)	19
Concentration produit (g/l)	6.4
Pureté	64%
Produit commercial nécessaire (kg/T de MS)	30
Besoins en polymère (kg)	950
Coût polymère (€/kg)	Coûts
Coût total Adéquapress	2 299 €

Prise en charge filtre presse	
Volume boues par pressé (m ³)	20
Nombre de pressées journalières prévues	4
Volume journalier (m ³ /jour)	80
Charge journalière boues fraîches (T de MS)	3.2
Nombre de jours à considérer dans la semaine	5
Volume hebdomadaire (m³/semaine)	420
Charge hebdomadaire (T de MS)	17
Durée vidange (semaines)	8
Volume total pris en charge (m ³)	3 360
Charge totale prise en charge (T de MS)	134
Coûts filtre presse	
Taux de traitement chlorure (kg/T de MS)	606
Besoins en chlorure (kg)	81 446
Coût chlorure (€/kg)	Coût
Coût total chlorure (€)	Coût
Taux de traitement chaux (kg/T de MS)	1 021
Besoins en chaux (kg)	137 222
Coût chaux (€/kg)	Coûts
Coût total chaux (€)	Coûts
Coût total filtre presse	36 895 €

⁵ Par souci de confidentialité, les coûts intermédiaires ne sont pas affichés.

ANNEXE 13 : CHIFFRAGE DE L'EVACUATION DES BOUES ET DES SABLES⁶

Evacuation des boues Adéquapress (8 semaines)	
Evacuation bennes Adéquapress (€)	Coûts
Siccité sortie Adéquapress	11%
Masse brute à évacuer Adéquapress (tonnes)	291
Coût évacuation Adéquapress (€)	Coûts
Evacuation des boues filtre presse (4 semaines épandage/4 semaines compostage)	
Evacuation en épandage (€)	Coûts
Evacuation en compostage (€)	Coûts
Siccité sortie filtre presse	35%
Masse brute à évacuer filtre presse (tonnes)	384
Coût évacuation filtre presse (€)	Coûts
Rotation de benne (€/rotation)	Coûts
Charge dans une benne (tonnes/benne)	4
Nombre de rotation de benne nécessaire	96
Location benne (€/mois)	Coûts
Coût gestion des bennes (€)	Coûts
Coût total évacuation des boues	33 282 €

Evacuation des sables	
Volume sable digesteur (estimation en m ³)	90
Volume sable gros stockeur (estimation en m ³)	66
Coût prise en charge Eau Vitale (€/T)	Coûts
Siccité sable	80%
Masse volumique du sable (T/m ³)	1.6
Masse totale de sable à évacuer (T)	50
Rotation de benne (€/rotation)	Coûts
Charge dans une benne (tonnes/benne)	3.6
Nombre de rotation de benne nécessaire	14
Location benne (€/mois)	Coûts
Coût total évacuation des sables	3 636 €

⁶ Par souci de confidentialité, les coûts intermédiaires ne sont pas affichés.

ANNEXE 14 : CHIFFRAGE DE LA DESHYDRATATION DES BOUES EN SITUATION NORMALE D'EXPLOITATION ⁷

Production boues digérées	
Volume journalier (m ³)	75
MS boues digérées (g/kg)	22
Volume hebdomadaire produit (m ³ /semaine)	525
Charge hebdomadaire produite (T de MS/semaine)	11.55

Situation normale d'exploitation	
Volume boues par pressé (m ³)	30
Nombre de pressées journalières	3
Volume journalier (m ³ /jour)	90
Charge journalière boues fraîches (T de MS)	1.98
Nombre de jours à considérer dans la semaine	5
Volume hebdomadaire (m³/semaine)	480
Charge hebdomadaire (T de MS)	10
Durée vidange (semaines)	8
Volume total pris en charge	3 840
Charge totale prise en charge (T de MS)	83
Coûts filtre presse	
Taux de traitement chlorure (kg/T de MS)	606
Besoins en chlorure (kg)	50 395
Coût chlorure (€/kg)	Coûts
Coût total chlorure (€)	Coûts
Taux de traitement chaux (kg/T de MS)	1021
Besoins en chaux (kg)	84 906
Coût chaux (€/kg)	Coûts
Coût total chaux (€)	Coûts
Coût total filtre presse	22 829 €
Coûts évacuation	
Evacuation boues digérées (épandage)	Coûts
Siccité sortie filtre presse	37%
Masse brute à évacuer boues digérées	225
Rotation de benne (coût/rotation)	Coûts
Charge dans une benne (tonnes/benne)	4
Nombre de rotation de benne nécessaire	56
Location benne (coût mensuel)	Coûts
Coût gestion des bennes	Coûts
Coût évacuation boues digérées	11 844 €
Coût de la déshydratation des boues en situation normale d'exploitation	37 926 €

⁷ Par souci de confidentialité, les coûts intermédiaires ne sont pas affichés.

ANNEXE 15 : CHIFFRAGE DE LA REMISE EN ROUTE DU DIGESTEUR⁸

Apport en eau industrielle	
Volume d'eau nécessaire (m ³)	115
Coût eau industrielle (euros/m ³)	Coûts
Location canalisation (euros/jour)	Coûts
Temps remplissage (heures)	11.50
Temps location canalisation (jours)	2.00
Coût total alimentation en eau industrielle	155 €

Transport boues réensemencement	
Volume de boues nécessaire (m ³)	180
Volume camion-citerne (m ³)	25
Nombre de trajets nécessaires	8
Coût pour un trajet (euros)	Coûts
Coût total trajets citerne pour réensemencement	4 800 €

Réactifs pour le suivi en laboratoire	
Kit AGV	Coûts
Kit TAC	Coûts
Nombre d'analyse à réaliser par kit	30
Nombre de kit nécessaire par paramètre	2
Coût total suivi	294 €

Réensemencement						
Temps	Volume à injecter (%)	Volume à injecter (m ³ journalier)	Volume à injecter (m ³ hebdomadaire)	Volume non traité (m ³ journalier)	Volume non traité (m ³ hebdomadaire)	Surplus à traiter (euros/semaine)
<i>Situation normale</i>	100%	90	630	0	0	0 €
Semaine 1	20%	18	126	72	504	Coûts
Semaine 2	40%	36	252	54	378	Coûts
Semaine 3	60%	54	378	36	252	Coûts
Semaine 4	80%	72	504	18	126	Coûts
Semaine 5	100%	90	630	0	0	0 €
<i>Coût surplus hebdomadaire à traiter (euros)</i>						Coûts
Coût réensemencement en 5 semaines						18 447 €

Chauffage au gaz de ville (Basé sur retour d'expérience)	
Coût total chauffage au gaz de ville	Coûts

Total remise en route digesteur	26 696 €
--	-----------------

⁸ Par souci de confidentialité, les coûts intermédiaires ne sont pas affichés.

