

Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM)

# Renouvellement et extension STEP de l'ERM

Rapport de projet de l'ouvrage

STEP région morgienne

COMMUNE DE MORGES

Rapport Version B

Janvier 2024



	Version A	Version B	Version C
<b>Nom du document</b>	113005_303_95b_Ra_Projet_STEP_ERM_mbr.docx	113005_303_95b_Ra_Projet_STEP_ERM_mbr.docx	
<b>N° projet</b>	113008.303	113008.303	
<b>Date</b>	11.07.2023	18.01.2024	
<b>Auteur(s)</b>	Moritz Brennecke <i>Ingénieur EPF</i>	Moritz Brennecke <i>Ingénieur EPF</i>	
<b>Visa</b>	Raphaël Casazza <i>Ingénieur EPF</i> 	Raphaël Casazza <i>Ingénieur EPF</i> 	
<b>Contrôle</b>	Alex Bonvin <i>Ingénieur EPF</i>		
<b>Collaborateur(s)</b>	Peter Lehmann <i>Ingénieur EPF</i>	Peter Lehmann <i>Ingénieur EPF</i>	
<b>Maître d'ouvrage</b>	Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM)	Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM)	
<b>Distribution</b>	Comité ERM	Comité ERM	
<b>Remarques / Modifications</b>	Pour validation mise à l'enquête commune	Mise à jour suite au retour de la commune.	

## TABLE DES MATIÈRES

<b>Références</b>	<b>8</b>
<b>Résumé</b>	<b>12</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>13</b>
1.1 Historique et adaptation du projet	13
1.2 Objectifs du mandat	13
1.3 Parties prenantes	14
<b>2. Objectifs et contraintes du projet</b>	<b>15</b>
2.1 Objectifs et exigences de rejet	15
2.2 Exigences complémentaires relatives au traitement des micropolluants	15
2.3 Exigences complémentaires relatives à l'élimination de l'azote	16
2.4 Contraintes externes	16
2.5 Données de base	17
2.6 Installation existante	17
2.7 Etude géotechnique	18
<b>3. Bases de dimensionnement</b>	<b>19</b>
3.1 Débits, charges et températures 2010-2015	19
3.2 Débits de dimensionnement	20
3.3 Charges de dimensionnement	23
<b>4. Implantation et concept hydraulique</b>	<b>27</b>
4.1 Implantation générale	27
4.2 Concept hydraulique	29
<b>5. Concept et dimensionnement des installations</b>	<b>32</b>
5.1 Prétraitements	32
5.2 Filière de traitement biologique	35
5.3 Filière de traitement des eaux diluées (TED)	41
5.4 Flexibilité d'extension future	42
5.5 Interface avec la filière de traitement des boues	43
5.6 Volumes de stockage des boues	43
<b>6. Installations électriques et de commande</b>	<b>46</b>
6.1 Alimentation électrique	46
6.2 Local des transformateurs.	46
6.3 Tableaux de commande	46
6.4 Supervision	47
6.5 Protection contre la foudre et mise à terre	47
<b>7. Aménagements extérieurs</b>	<b>47</b>

7.1	Concept architectural	47
7.2	Intégration paysagère	47
7.3	Logistique	48
8.	Aspects énergétiques	51
8.1	Concept énergétique	51
8.2	Solaire	52
9.	Génie civil et second œuvre	52
9.1	Fondation - Pieux	52
9.2	Enceinte de fouille	52
9.3	Structure	52
9.4	Monte-charges et engins de levage	53
10.	CVS	53
10.1	Traitement de l'air	53
10.2	Eau potable	53
10.3	Eau industrielle	54
10.4	Air comprimé	54
10.5	Chauffage	54
11.	Sécurité	55
11.1	Sécurité fonctionnelle	55
11.2	Zones ex	55
11.3	Protection incendie	55
11.4	Produits chimiques	55
12.	Coûts	56
12.1	Coûts d'investissement	56
12.2	Coûts d'exploitation	56
13.	Planning intentionnel et phasage des travaux	57
13.1	Planning des études	57
13.2	Phasage des travaux	57
	<b>ANNEXES</b>	<b>58</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Exigences de rejet futures (selon mail 20.01.2023 DGE)	15
Figure 2 : Schéma du traitement actuel de la STEP – extrait de www.erm-step.ch	17
Figure 3: Courbe des débits classés journaliers 2012-2015	19
Figure 4: Température entrée [°C] pour la période 2019 - mars 2023 (graphique fourni par l'ERM)	20
Figure 5 : Distribution des débits actuels (vert) et simulés (rouge)	23
Figure 6 : Evolution des habitants raccordés	24
Figure 7: Evolution de la charge en DCO, avec courbe de tendance (1.2% de croissance par an)	25
Figure 8 : Plan de situation	28
Figure 9: Collecteur de liaison entrée / sortie	30
Figure 10: Cas No 2 - Biologie hors service	31
Figure 11: Cas No 3 – Conduite de rejet hors service	31
Figure 12: Principaux collecteurs d'eau usée avec canalisations existantes	32
Figure 13: Estimation de la dénitrification en fonction de la température moyenne (en variant la partie aérée)	38
Figure 14 : Estimation du pourcentage d'eau passant par le TED qui est déversé sans retour au traitement biologique	41
Figure 15 : Exemple d'augets basculants pour le nettoyage des bassins de rétention/décantation	42
Figure 16: Schéma des tampons pour les boues (avec volumes choisis)	45
Figure 17 : Concept de réception des boues/ eaux usées tierces	45
Figure 18: Concept logistique des accès	49
Figure 19 : Routes, extrait Géoportail vaudois du 23.11.2022 (permalien)	50
Figure 20: Schéma des flux d'énergie de la variante retenue, projection 2035 (figure 5 du rapport de Ryser)	51

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Charges, concentrations et abattements de la STEP, années 2010-2015	19
Tableau 2: Débits de dimensionnement de la biologie	22
Tableau 3 : Evolution des charges en équivalents habitants DCO à l'horizon 2040 selon avant-projet	23
Tableau 4 : Comparaison des EH DCO futurs pour différents taux de croissance.	25
Tableau 5 : Charges spécifiques et totales en entrée du traitement biologique (après décantation primaire) pour 88'000 EH [14][15].	26
Tableau 6 : Analyse des risques en cas d'évènements extraordinaires et mesures envisagées	29
Tableau 7 : Critères de sélection de la variante	36
Tableau 8 : Volumes utiles calculés et géométries choisies	36
Tableau 9 : Elimination azote en fonction de la température	39

## ANNEXES

Annexe 1	Schéma des installations et flux 2017
Annexe 2	Rapport sur les débits futurs à la STEP, Hydrique
Annexe 3	Deux notes techniques sur la gestion des débits et le traitement des eaux diluées, Triform
Annexe 4	Courriers ERM et DGE relatifs à la gestion des débits futurs
Annexe 5	Schéma des flux futurs
Annexe 6	Schéma TI et liste d'équipements
Annexe 7	Notes de dimensionnement
Annexe 8	Profil hydraulique
Annexe 9	Planning intentionnel des phases de travaux
Annexe 10	Etude géotechnique ABA-GEOL
Annexe 11	Concept énergétique
Annexe 12	Concept architectural
Annexe 13	Essais œdométriques et calcul tassement bassins

## Références

### MANDAT

#### MAÎTRE DE L'OUVRAGE

- Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM)

#### INSTALLATION

- STEP région morgienne

#### SITUATION

- Commune de Morges
- X/Y (CH1903+/MN95): E / N : 2'528'905 / 1'152'146
- Parcelles : 2022

### BASES ET AUTRES DONNEES

#### LÉGISLATION FÉDÉRALE

- [1] Loi fédérale sur la protection de l'environnement du 7 octobre 1983 (RS 814.01; LPE)
- [2] Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (RS 814.20 ; LEaux)

#### ORDONNANCES FEDERALES

- [3] Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (RS 814. 201 ; OEaux)
- [4] Ordonnance relative à l'étude d'impact sur l'environnement (RS 814.011 ; OEIE)

#### CANTON DE VAUD

- [5] Loi du 17 septembre 1974 sur la protection des eaux contre la pollution (RS 814.31 ; LPEP)
- [6] Traitement des micropolluants dans les stations d'épuration vaudoises - Planification cantonale provisoire. DGE, septembre 2016

#### DIRECTIVES ET RECOMMANDATIONS

- [7] Définition et standardisation d'indicateurs pour l'assainissement. VSA, 2016
- [8] Élimination des composés traces organiques dans les stations d'épuration - Financement des mesures. OFEV, 2016
- [9] Recommandation VSA: Volume d'eaux usées à traiter et redondance des étapes de traitement des micropolluants (Octobre 2015) - Rapport final
- [10] Recommandation VSA: Vérifications relatives à l'adéquation du processus d'ozonation (mars 2017)
- [11] Norme VSS SN 640271a : Vérification de la viabilité 1990 et Norme VSS SN 640198a : Courbes 2000.
- [12] VSA : Sécurité fonctionnelle des STEP – Pratiques éprouvées, 2022

#### DONNÉES DE PROJET

- [13] Rapport de gestion année 2017. ERM, 27.06.2018
- [14] Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 131, 2016
- [15] Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen. DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 198, 2003
- [16] Biological Stabilisation of Sewage Sludge. Advisory leaflet ATV-DVWK M 368E, 2003
- [17] Memento technique de l'eau, Degrémont/Suez, version online 2018



- [18] Coûts de l'assainissement. Information concernant la protection des eaux n°42. OFEV/OFEFP, 2003
- [19] Kosten der Elimination von Mikroverunreinigungen im Abwasser. Rapport BG ing., OFEV, 2012
- [20] Elimination des micropolluants dans les STEP – Etat actuel des procédés et évolutions futures. P. Wunderlin et al. Aqua&Gas n°1/2018
- [21] Aspects de sécurité relatifs à la manipulation de charbon actif en poudre (CAP) dans les stations d'épuration. P. Wunderlin, VSA, août 2016
- [22] Rapport d'étude d'intégration paysagère et données de bases. Extension, régionalisation et traitement des micropolluants sur la STEP de l'ERM. Rapport final. Triform SA, août 2016.
- [23] Rapport d'avant-projet sur la STEP de l'ERM, version B octobre 2018, Triform SA
- [24] Rapport d'avant-projet « Traitement des micropolluant, OFEV phase A », mai 2023, Triform SA
- [25] Rapport d'impact sur l'environnement, juin 2023, Triform SA
- [26] STEP ERM – Concept énergétique. Etude de variantes Version 2, 20.01.2023, Ryser Ingenieure SA

## LEXIQUE

API	Demande d'autorisation préalable implantation
AMO	Assistance au maître d'ouvrage
ATD2	Dénomination actuelle : Urbanisme, construction et mobilité (ancien : Aménagement du territoire et développement durable). Ville de Morges
BV	Bassin versant
CAD	Chauffage à distance
CA	Charbon actif
CAG	Charbon actif en grain
CAP	Charbon actif en poudre
CCF	Couple-chaleur force
CIPE	Commission interdépartementale pour la protection de l'environnement (Vaud)
COD	Carbone organique dissous
DBO5	Demande biologique en oxygène (5jours)
DCO	Demande chimique en oxygène
DGE	Direction générale de l'environnement (canton de Vaud)
DGMR	Direction générale de la mobilité et des routes
DIREV	Direction de l'environnement industriel, urbain et rural
DO	Déversoir d'orage
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
EH	Equivalent habitant
EMCR	Electricité, mesure, contrôle et régulation
ERM	Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne
HT	Hors taxes
IEEP	Dénomination actuelle : Infrastructures et gestion urbaine (ancien : Infrastructures, énergies et espaces publiques). Ville de Morges
LEAUX	Loi fédérale sur la protection des eaux
MBR	Bioréacteur à membrane
MES	Matières en suspension
MP	Micropolluants
MS	Matières sèches
MSo	Matières sèches organiques
NDMA	N-nitrosodiméthylamine
NH4+	Ammonium
OEAUX	Ordonnance sur la protection des eaux
OEIE	Ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OLED	Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets
OPAM	Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs
PGA	Plan Général d'Affectation
Ptot	Phosphore total
Q	Débit

QTS	Débit par temps sec
QTP	Débit par temps de pluie
REP	Rapport d'enquête préliminaire (selon OEIE)
RC	Route cantonale
RIE	Rapport d'impact sur l'environnement
RE	Romande Energie
SBR	Sequencing batch reactor
STAP	Station de pompage
STEP	Station d'épuration des eaux usées
TED	Traitement des eaux diluées
VSA	Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

#### DEFINITIONS

Boues primaires	Boues issues de la décantation primaire
Boues en retour	Boues issues de la décantation secondaire, recirculées
Boues en excès	Boues issues de la décantation secondaire, vers traitement des boues
Boues mixtes	Boues primaires et boues en excès mélangées
Boues importées	Boues en provenance d'autres installations, introduites avant la digestion
Boues fraîches	Boues totales introduites en digestion
Boues digérées	Boues en sortie de digestion
Boues déshydratées	Boues en sortie de déshydratation
Eaux diluées	Part des eaux brutes d'entrée de STEP fortement diluées par les eaux claires en cas de pluie

## Résumé

L'actuelle STEP de l'Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM), mise en service en 1974, possède une capacité théorique de 56'000 EH biochimiques et 45'000 EH hydrauliques. Avec l'augmentation de la population et l'apparition de nouvelles exigences relatives au traitement des micropolluants et de l'azote, l'extension et le renouvellement des installations deviennent nécessaires.

Les objectifs du projet sont de permettre le traitement des eaux usées des communes membres de l'ERM et des communes susceptibles d'être raccordées, selon les normes cantonales et fédérales. La fiabilité des procédés ainsi que l'optimisation de la consommation et de la récupération d'énergie sont également des enjeux centraux.

Les données de base de l'étude préliminaire ont été reprises, la STEP sera ainsi dimensionnée pour 88'000 EH. Suite à une étude intégrée de l'hydraulique du réseau futur, un concept de traitement séparé des flux a été élaboré. Les eaux usées concentrées seront traitées sur une filière biologique standard jusqu'à un débit de 360 l/s. Une filière de traitement des eaux diluées (TED) traitera les débits de 360 à 950 l/s. Ce concept permet le traitement d'une plus grande quantité d'eau et la diminution notable des déversements sur le réseau d'assainissement.

Le traitement des eaux diluées sera implanté dans les décanteurs primaires actuels qui seront reconvertis et rééquipés. Une rétention partielle ainsi qu'une décantation seront effectuées. Un retour des eaux vers la filière de traitement sera mis en place.

La filière de traitement biologique des eaux usées sera entièrement reconstruite. Une augmentation importante des volumes doit être réalisée. Une variante de traitement par boues activées a finalement été retenue. Celle-ci permettra également la nitrification et la dénitrification.

Le dimensionnement du traitement hydraulique des micropolluants s'alignera sur celui du traitement biologique (360 l/s). Un traitement par charbon actif a été retenu.

La filière de traitement des boues (digestion / stockage de gaz) est conservée et ne subit que quelques modifications et adaptations. La déshydratation et l'épaississement seront renouvelés dans un nouveau bâtiment et leur capacité agrandie.

Une enquête géotechnique préliminaire a été réalisée sur la base des plans d'implantation des ouvrages. Des matériaux moyennement à fortement pollués ont été mis à jour dans les remblais supérieurs de la parcelle.

Le planning prévisionnel prévoit la mise à l'enquête début 2024 et une phase d'étude pour l'élaboration du projet d'exécution jusqu'en 2025. Les travaux d'exécution sont prévus à l'horizon 2025-2033.

# 1. Introduction

L'actuelle STEP de l'Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM), mise en service en 1974, possède une capacité théorique de 56'000 EH biochimiques et 45'000 EH hydrauliques. Elle a fait l'objet de plusieurs modernisations depuis sa mise en service, notamment dans le traitement des boues. Avec l'augmentation de la population et l'apparition de nouvelles exigences relatives au traitement de l'azote et des micropolluants [2],[6], l'extension et le renouvellement des installations deviennent nécessaires. Suite à l'étude de l'avant-projet de 2018 [22][23], l'ERM a mandaté un groupement sous la direction du bureau Triform pour la réalisation du projet de l'ouvrage dont les résultats font l'objet du présent rapport.

A mentionner qu'à la suite des retours négatifs de la mise à l'enquête préalable (API), réalisée sur la base de l'avant-projet, l'implantation de la STEP future a été modifiée (voir chapitre 1.1).

## 1.1 Historique et adaptation du projet

Le développement du projet de la STEP se poursuit depuis 2013. Des points importants sont résumés ci-dessous :

- 2013 – 2014 : étude de faisabilité (Extension sur le site actuel + partie parc Vertou).
- 2015 – 2016 : étude d'intégration paysagère et consolidation données de base.
- 2016 – 2018 : avant-projet (optimisation débit traité et validation par la DGE); rapport d'enquête préalable (REP), consultation CIPE.
- 2019 : vote d'un crédit d'études pour le projet de l'ouvrage, RIE (1<sup>ère</sup> étape), demande d'autorisation préalable d'implantation (API), oppositions (notamment l'association de sauvegarde de la baie de Morges [ASBM] ainsi que l'association pour la sauvegarde de Morges [ASM]), retrait de la demande API.
- 2020 : recherche de solutions et de variantes d'implantation avec la Municipalité de Morges et les services techniques.
- 2021 : vote d'un crédit d'étude complémentaire pour des appels à idées avec des architectes-urbanistes pour une meilleure intégration dans le site. Amélioration et optimisation de l'intégration du projet dans le site du Parc Vertou. Inscription au cadastre des sites pollués (parcelles DP 120 et n°2022): investigation nécessaire.

A noter que les oppositions à l'API ont provoqué une adaptation significative du projet afin de limiter l'empiètement (spatial et visuel) sur le parc de Vertou :

- Enterrement des bassins de la biologie pour limiter la hauteur des murs et dissimuler au maximum l'installation.
- Décalage des bassins vers l'Est afin de les éloigner du bord du lac, ce qui a les conséquences suivantes :
  - Les bâtiments existants d'exploitation, prétraitement et administratif doivent être démolis.
  - Le concept logistique est modifié (place de manœuvre des camions sur l'actuel prétraitement).
  - Un nouveau bâtiment administratif / exploitation sera construit.
  - Le phasage des travaux devient plus complexe.

## 1.2 Objectifs du mandat

Les objectifs du mandat étaient les suivants :

1. Adaptation de la variante d'implantation choisie suite aux décisions de l'ERM.
2. Développement et dimensionnement du prétraitement et de la filière eau.
3. Développement des interfaces filière boues (tampons, déshydratation, épaissement).
4. Implantation générale des ouvrages.
5. Intégration paysagère en harmonie avec le parc Vertou
6. Adaptation du concept EMCR
7. Développement d'un concept « énergies renouvelables »
8. Planification et phasage des travaux
9. Consultation préalable des services municipaux et cantonaux

L'élaboration d'un rapport d'impact environnemental (RIE [25]) a également été intégré à la démarche, et fait l'objet d'un rapport séparé.

### 1.3 Parties prenantes

L'élaboration de cette étude a nécessité l'implication et la participation active des parties prenantes suivantes :

- ▶ Comité de direction de l'ERM
- ▶ Exploitants de la STEP ERM
- ▶ Responsable du réseau ERM
- ▶ Ville de Morges
- ▶ Direction Générale de l'Environnement (DGE)
- ▶ Groupement des mandataires sous coordination du bureau Triform SA (AMO) :
  - IG Mikropower, groupement ingénieurs procédés.
  - Bureau DMA Ingénieurs SA, ingénieurs civils
  - Bureau ABA-GEOL SA, ingénieurs géotechniciens et spécialistes du sol.
  - Bureau Josef Piller SA, ingénieurs électriciens.
  - Bureau Arfolia (avant Henchoz), architectes paysagistes
  - Bureau Hélium, architecte, second œuvre, CVS
  - Bureau Triform SA, spécialiste EIE
  - Bureau Mosini et Caviezel SA, géomètre.
- ▶ Autres spécialistes :
  - Bureau Ryser Ingenieure AG, ingénieurs pour l'étude énergétique.
  - BESM SA, Dossier énergétique.

## 2. Objectifs et contraintes du projet

### 2.1 Objectifs et exigences de rejet

- ▶ Mise en place de procédés d'épuration permettant de respecter les futures normes de rejet
- ▶ Intégration dans le site
- ▶ Optimisation énergétique
- ▶ Optimisation des coûts (investissements et exploitation)
- ▶ Simplicité et sécurité d'exploitation
- ▶ Minimisation des risques pendant les travaux
- ▶ Flexibilité d'extension future (c.-à-d. après 2050)
- ▶ Développement durable
- ▶ Exigences de rejet : Selon courriel de la DGE du 20.01.2023 (M. Jaquerod)

- MES : 15 mg/l
- DCO : 45 mg/l et taux d'épuration par rapport aux eaux polluées brutes 85%
- DBO<sub>5</sub> : 15 mg/l et taux d'épuration par rapport aux eaux polluées brutes 90%
- COD : 10 mg/l et taux d'épuration (COT entrée/COD sortie) par rapport aux eaux polluées brutes 85%
- Ammonium : 2 mg/l et taux d'épuration (N-Kjeldahl entrée/ammonium sortie) par rapport aux eaux polluées brutes 90%
- Nitrite : 0.3 mg/l (valeur indicative)
- Phosphore total : 0.5 mg/l et taux d'épuration par rapport aux eaux polluées brutes 95% en moyenne annuelle
- Micropolluants : taux d'épuration par rapport aux eaux polluées brutes 80% pour la sélection de substances selon l'Ordonnance du DETEC.

Figure 1 : Exigences de rejet futures (selon mail 20.01.2023 DGE)

A noter que la STEP de Morges devra disposer d'un traitement biologique à faible charge, avec nitrification.

### 2.2 Exigences complémentaires relatives au traitement des micropolluants

La STEP de Morges est située dans le bassin versant du lac Léman et possède plus de 24'000 habitants raccordés, elle est donc soumise à l'obligation de traiter les micropolluants selon l'OEaux [3]. La planification cantonale vaudoise [6] prévoit un délai de réalisation à l'horizon 2025. Cet horizon étant proche de celui de la réalisation de l'extension et renouvellement de la filière eau, l'ERM a décidé de développer les réflexions concernant l'implantation du traitement des micropolluants en parallèle au renouvellement des installations. Le complément d'étude est synthétisé dans un rapport séparé [24].

## 2.3 Exigences complémentaires relatives à l'élimination de l'azote

La dénitrification n'est à l'heure actuelle pas exigée, mais une dénitrification partielle est souhaitable pour des raisons d'exploitation (énergie et stabilité du procédé). De plus, une motion pour la réduction des apports d'azote provenant des STEP a été déposée<sup>1</sup> au niveau fédéral. Il s'agit donc d'anticiper l'éventuelle mise en place d'une exigence en termes de dénitrification. Le dimensionnement de la nouvelle STEP permettra d'y répondre.

Les normes de rejet définitives seront communiquées par la DGE lors de l'octroi de l'autorisation de déverser après la mise à l'enquête<sup>2</sup>.

## 2.4 Contraintes externes

Les contraintes « externes » prises en compte dans le projet sont les suivantes :

- ▶ Voie verte (St-Prex-Lausanne)
- ▶ RC1: élargissement route cantonale.
- ▶ Déplacement du parking de Vertou sur la partie Nord-Ouest de la parcelle. Une solution provisoire sera trouvée pour garantir une offre de stationnement durant les travaux.
- ▶ Impact sur le voisinage (visuel, odeurs, etc)
- ▶ Aspects énergétiques (énergies renouvelables) → Utilisation efficace du biogaz (énergie et chaleur) couverture avec panneaux photovoltaïque (evtl. végétalisé).
- ▶ Révision du PGA; étude schéma directeur des quais → coordination avec ATD2 (2016).
- ▶ Déplacement de l'édicule public (WC+local de stockage) → coordination avec ATD2 + IEEP.
- ▶ Abattage des arbres → à compenser dans le projet (voir RIE [25]).
- ▶ Maintien de la conduite de sortie existante au lac (depuis bordure de parcelle).
- ▶ Intégration de l'installation de récupération de chaleur de la RE sur la conduite de rejet de la STEP en bordure de parcelle.
- ▶ Déversements au lac : pas de péjoration de la situation actuelle.
- ▶ Prise en considération de la renaturation du Bief.
- ▶ Gestion des accès piétons et véhicules : entrée/sortie de la STEP ; accès au parking public ; accès piétons vers le Parc de Vertou ; liaison Parc/Parking/future RC.

---

<sup>1</sup> Motion 20.4261, voir <https://www.parlament.ch/fr/ratsbetrieb/suche-curia-vista/geschaefft?AffairId=20204261>

<sup>2</sup> Voir aussi discussion et décision PV n°12 du 06.06.2018



## 2.5 Données de base

Les données de base ayant été réunies lors de l'étude préliminaire sont reprises dans ce projet [22],[23]. La STEP actuelle traite les eaux usées de 15 communes réunies au sein de l'association : Hautemorges (localité de Bussy-Chardonney), Denens, Denges, Chigny, Clarmont, Echandens, Echichens, Ecublens, Lonay, Morges, Préverenges, Tolochenaz, Vaux-sur-Morges, Yens et Vuflens-le-Château pour un total de 40'381 habitants recensés en janvier 2023.

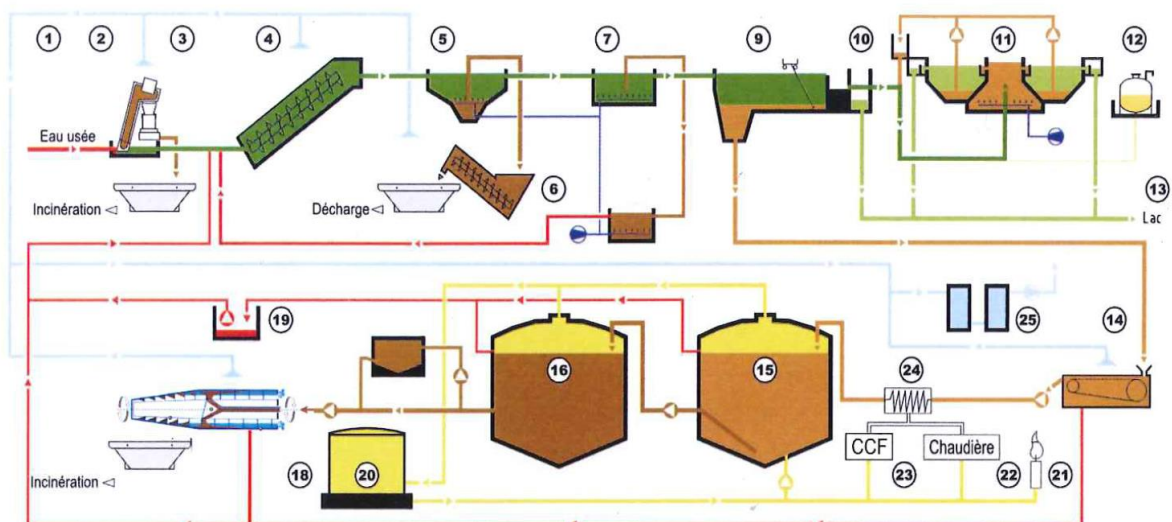
A noter que le raccordement d'Echandens et d'une partie d'Ecublens a été réalisé en 2020. Le bassin-versant a par conséquent évolué entre le début des études et la situation actuelle (2023).

Des localités supplémentaires de la commune de Hautemorges sont susceptibles d'être raccordées.

## 2.6 Installation existante

La STEP possède une capacité théorique de 56'000 EH biochimiques et 45'000 EH hydrauliques. La capacité de pompage des vis de relevage (n°4, Figure 2) est de 700 l/s et le débit est ensuite limité à l'aval des décanteurs primaires (n°10, Figure 2) à hauteur de 650 l/s.

Le schéma de la Figure 2 synthétise de manière succincte le traitement actuel de la STEP. La situation est visible sur la Figure 8.



### LA STEP du « BIEF »

FILIERE « Eau »	FILIERE « Boues »
1 Entrée effluent	14 Epaississement
2 Tamiseur	15 Digesteur primaire
3 Compacteur	16 Digesteur secondaire
4 Relevage	18 Déshydratation
5 Dessableur	19 Tampon central
6 Classificateur à sable	20 Gazomètre
7 Déshuileur	21 Torchère
9 Décanteur primaire	22 Chaufferie
10 Déversoir de crues	23 Couplage chaleur-force
11 Bassin biologique	24 Echangeur de chaleur
12 Stock FeCl3	25 Désodorisation
13 Conduite de rejet	

Figure 2 : Schéma du traitement actuel de la STEP – extrait de [www.erm-step.ch](http://www.erm-step.ch)

► Capacités des ouvrages :

- Dégrilleurs / tamiseur : 2 dégrilleurs à 18 mm (en service occasionnel) et 1 tamiseur à 3 mm
  - Vis de relevage : 1x 100 l/s, 1x 250 l/s, 1x 350 l/s (total 700 l/s)
  - Décantation primaire : 2x 1000 m<sup>3</sup>, surface 2x 423 m<sup>2</sup>
  - Traitement biologique (y.c. décantation secondaire) : 4x 1500 m<sup>3</sup>
  - Pré-épaississement : 1 table d'égouttage
  - Digestion : 2 unités avec volume utile total de 1800 m<sup>3</sup> (deux étapes)
  - Déshydratation : 1 centrifugeuse
  - Stockeur à concentrats : 120 m<sup>3</sup>
  - Gazomètre : 600 m<sup>3</sup>
- ▶ Construction et modernisations :
- Construction : 1971
  - Mise en service : 1974
  - Modernisation 1 – Digestion : 1990-1991
  - Modernisation 2 – Prétraitement, relevage, boues et bâtiments : 1995-1996
  - Modernisation 3 – Biologie, boues, traitement des odeurs, gaz, bâtiments : 1998-2000
  - Remplacement – Déshydratation, centrifugeuse : 2007
  - Remplacement – CCF, moteur à gaz 180 kW : 2009
  - Remplacement – Vis de relevage 100 et 350 l/s : 2011

## 2.7 Etude géotechnique

Une étude géotechnique préliminaire a été réalisée par le bureau ABA-GEOL SA (en sous-traitance de Triform). Les éléments suivants ont été étudiés :

- ▶ Prélèvements et analyses solides (sol)
- ▶ Caractéristiques géotechniques
- ▶ Hydrogéologie

Les éléments principaux de l'étude sont :

- Des matériaux moyennement à fortement pollués ont été mis à jour dans les remblais supérieurs de la parcelle. Une grande variabilité spatiale du degré de la pollution est observée.
- La nappe est également polluée.
- Il n'y a pas de nappe inférieure (nappe profonde).

Par conséquent, les matériaux excavés doivent être évacués selon la filière adéquate, en fonction de leur degré de pollution (voir RIE [25]). Le projet doit garantir qu'un assainissement futur ne soit pas empêché. Ceci implique que les matériaux sous les bâtiments soient excavés jusqu'à un niveau inférieur à la pollution (> 3 m).

Le rapport est disponible à l'annexe 10.

## 3. Bases de dimensionnement

### 3.1 Débits, charges et températures 2010-2015

#### 3.1.1 Débits 2012-2015

Les valeurs des années 2012 à 2015 sont utilisées pour l'évaluation des débits. Le débit moyen est de 122 l/s (10'550 m<sup>3</sup>/j) et le débit temps sec, calculé selon la formule du VSA [7], est de 102 l/s (8'820 m<sup>3</sup>/j).

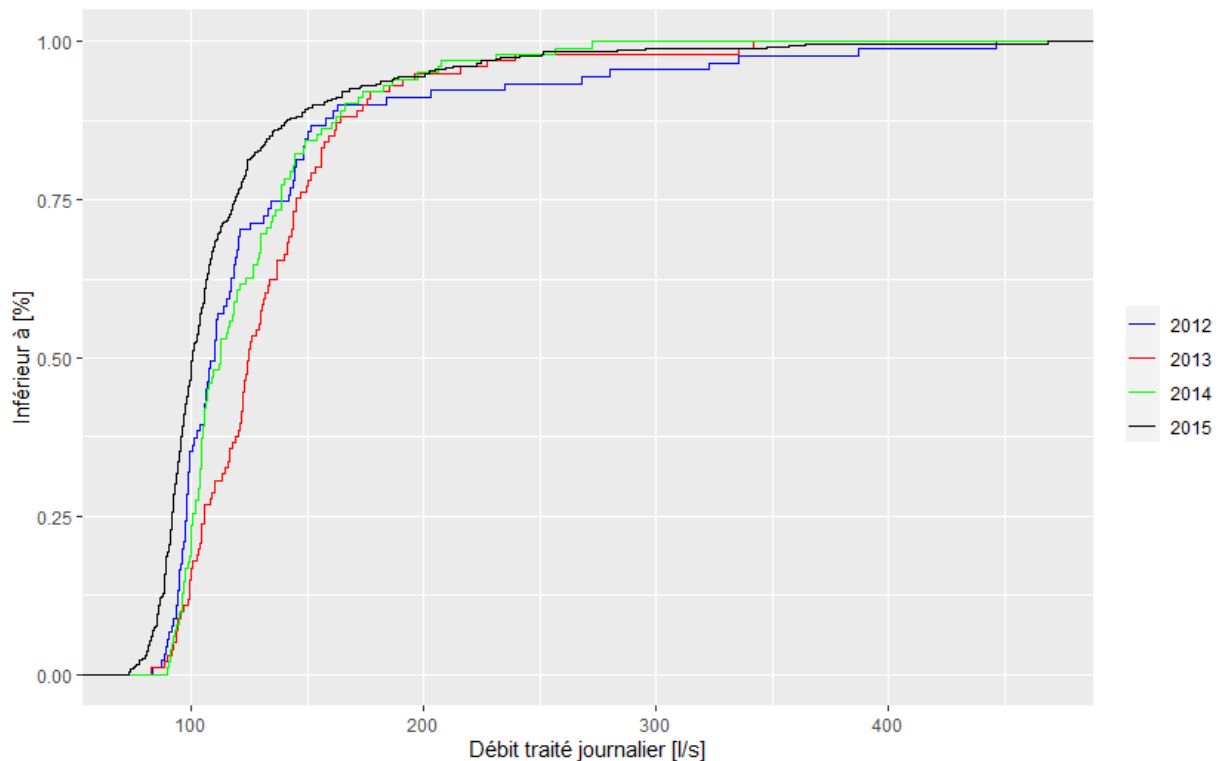


Figure 3: Courbe des débits classés journaliers 2012-2015

#### 3.1.2 Charges 2010-2015

Les concentrations moyennes en entrée et sortie de STEP, ainsi que les abattements des différents paramètres analysés sont donnés au Tableau 1. La STEP n'est actuellement pas tenue de traiter l'azote.

Tableau 1 : Charges, concentrations et abattements de la STEP, années 2010-2015

Moyenne 2010-2015	DBO <sub>5</sub>	DCO	P <sub>tot</sub>
Charges	[kg/j]	[kg/j]	[kg/j]
Entrée	2999	4869	63
Concentrations	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
Entrée	297	488	6.3
Sortie	12	38	0.6
Abattement	[%]	[%]	[%]
Entrée-Sortie	96	92	91

Les points suivants sont à relever dans l'analyse des charges d'entrée :

- ▶ Le rapport moyen DCO/DBO<sub>5</sub> en entrée de la STEP est de 1.7.
- ▶ Considérant une charge spécifique de 60 gDBO<sub>5</sub>/EH/j, la STEP traite environ 50'000 EH biologiques. Le débit temps sec journalier spécifique est de 8'820 m<sup>3</sup>/j / 50'000 EH = 176 l/EH/j.

Le volume de boues fraîches introduites en digestion après épaissement s'élève aujourd'hui à env. 24'000 m<sup>3</sup>/an (siccité ~7%) et la production de biogaz est d'env. 550'000 m<sup>3</sup>/an [13].

### 3.1.3 Température 2019-2023

La température moyenne de l'eau en entrée de STEP sur la période 01.01.2019 à 01.03.2023 est de 16.8 °C. La température peut descendre jusqu'à 10 °C en hiver et monter jusqu'à 23 °C en été.

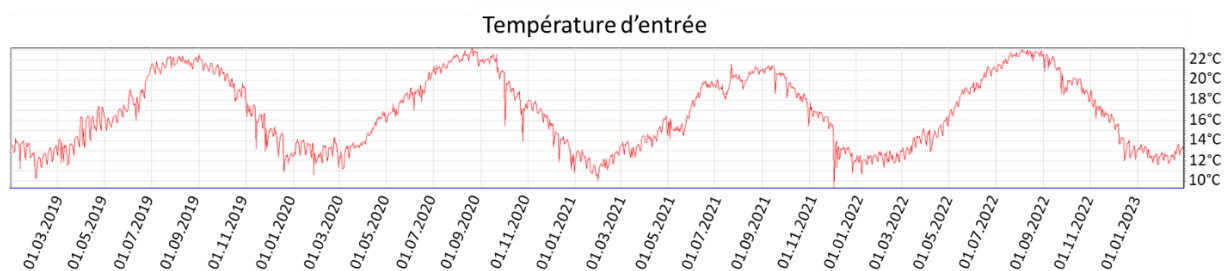


Figure 4: Température entrée [°C] pour la période 2019 - mars 2023 (graphique fourni par l'ERM)

## 3.2 Débits de dimensionnement

Des réflexions ont été entreprises afin d'optimiser le dimensionnement de la filière de traitement des eaux. Le point de départ de ces réflexions est qu'un surdimensionnement hydraulique des traitements biologiques, en prévision du développement futur (afin d'accueillir les eaux mixtes qui arrivent en cas de pluie), n'est pas économique en énergie et en espace. De plus, le dimensionnement est souvent basé sur un débit spécifique par habitant-type sans considération pour le bassin versant réel. L'ERM ayant fait réaliser une modélisation du réseau d'assainissement par le bureau Hydrique, une approche intégrée réseau-STEP a été élaborée.

### 3.2.1 Débits futurs

Le bureau Hydrique a été sollicité pour simuler les débits pouvant atteindre la STEP à l'horizon 2040. Ces simulations se basent sur un scénario maximal de développement du réseau, c'est-à-dire sur l'hypothèse que les sous-capacités du réseau d'assainissement observées actuellement seront résolues en 2040. Elles utilisent un pas de temps horaire et se basent sur les profils de pluie observés entre 2012 et 2015.

Les hypothèses de base utilisées par Hydrique pour la simulation des débits sont les suivantes :

- ▶ Croissance démographique : développement de la population selon le Projet d'Agglomération Lausanne-Morges (PALM) et de l'Association de la Région Cossonay-Aubonne-Morges (ARCAM).
- ▶ Coefficient de ruissellement : Adaptation du coefficient en fonction de l'augmentation de la population. Il s'agit d'une hypothèse généralement faite dans les calculs PGEE (Augmentation de la surface imperméabilisée).
- ▶ Taux de séparatif : Pas de changement par rapport à l'état actuel.
- ▶ Production spécifique d'eaux usées : Pas de changement sur la production d'eaux usées (180 l/EH/jour).

- ▶ Bassin versant : Extension du bassin versant aux communes de Reverolle, d'Apples, d'Echandens et d'Ecublens (BV sur la STEP de Bussigny)<sup>3</sup>.
- ▶ Modifications du réseau d'assainissement : Suppression des déversements (résolution des sous-capacité) :
  - Augmentation de la capacité des conduites à Clarmont
  - Augmentation de la capacité des conduites à Lonay
  - Augmentation de la capacité de la STAP de Pont-de-Vaux de 12 l/s à 20 l/s
  - Augmentation de la capacité du DO de Morgette de 80 l/s à 200 l/s
  - Augmentation de la capacité des stations de relevage du Parc (de 200 l/s à 300 l/s), de Bluard (de 225 l/s à 300 l/s) et de Blancherie (de 300 l/s à 350 l/s)

Les résultats des simulations prennent la forme de courbes de débits classés. Les éléments suivants peuvent être déduits des simulations :

- ▶ Les apports à la STEP sont constitués de 64.5% d'eaux usées, de 25% d'eaux claires parasites et 10.5% d'eaux de pluie
- ▶ Le débit maximum pouvant arriver à la STEP à l'horizon planifié est de 950 l/s

Triform a décidé d'utiliser comme base de dimensionnement les valeurs obtenues par les simulations d'Hydrique. Les éléments suivants sont toutefois à considérer :

- ▶ Croissance démographique : surestimation probable des projections d'augmentation de la population du PALM.
- ▶ Taux de séparatif : Les efforts des communes pour la mise en séparatif et l'entretien du réseau sont et seront encouragés afin de réduire la dilution.
- ▶ Production spécifique d'eaux usées : La tendance actuelle montre plutôt une baisse de la production d'eau usées par un habitant-type.
- ▶ Bassin versant : Les raccordements de Reverolle et d'Apples. La simulation considère un raccordement complet.
- ▶ Modification du réseau : les hypothèses retenues correspondent au maximum pouvant être réalisé d'un point de vue hydraulique, sans considération des autres paramètres. Les travaux sur le réseau doivent encore être planifiés et concrétisés.

Le rapport établi par Hydrique est disponible à l'annexe 2.

### 3.2.2 Débits de dimensionnement et concept de gestion des débits de pointe

#### Débit de dimensionnement maximal

Le débit maximal (950 l/s) de la simulation des débits futurs sera le débit accepté par la STEP (voir aussi point suivant). Ceci représente une augmentation de 250 l/s par rapport au débit actuel (700 l/s). De cette manière, des déversements en amont de la STEP seront limités à des événements exceptionnels (gros orage, pannes, ...).

Ce débit maximal se basant sur un développement maximal du réseau d'assainissement, la valeur de l'avant-projet est reprise malgré le changement l'horizon de planification (voir chapitre 3.3)

---

<sup>3</sup> L'étude a été réalisée avant le raccordement effectif d'Echandens et Ecublens (BV Bussigny)

## Débit temps sec

Plusieurs manières permettent d'estimer le débit par temps sec :

- ▶ A partir des estimations des EH hydrauliques et du débit spécifique considérés par Hydrique :  
 $180 \text{ l/j/EH} \times 61'806 \text{ EH} = \mathbf{129 \text{ l/s}}$
- ▶ A partir de la formule du VSA basée sur la courbe des débits simulés par Hydrique :  
 $0.5 \times (Q_{j,20\%} + Q_{j,50\%}) = \mathbf{167 \text{ l/s}}$
- ▶ A partir du débit spécifique et de l'hypothèse que EH hydrauliques = EH charges (chapitre 3.3) :  
 $170 \text{ l/j/EH} \times 88'000 \text{ EH} = \mathbf{173 \text{ l/s}}$

Le débit temps sec théorique (173 l/s) correspond environ au débit temps sec obtenu par calcul avec la formule du VSA sur la courbe des débits futurs simulées par Hydrique (167 l/s). La valeur la plus pessimiste est utilisée pour le dimensionnement soit **173 l/s**.

Etant donné que la valeur pessimiste a été considérée, le débit temps sec de l'avant-projet est repris malgré le changement l'horizon de planification (voir chapitre 3.3).

## Concept de traitement

Le projet prévoit un traitement biologique complété par un traitement des eaux diluées. L'idée est de traiter le débit temps sec de pointe ( $Q_{TS14}$ ) sur la filière biologique standard (y.c. micropolluants) et le reste en traitement des eaux diluées par temps de pluie important. La filière de traitement des eaux diluées (TED) est conçue pour traiter la totalité des eaux arrivant à la STEP dépassant la capacité de la filière biologique, soit entre 360 l/s et 950 l/s. Les notices faisant état des charges et des volumes traités ainsi que des pics de concentration attendus selon les différents types de traitement TED appliqués sont disponibles à l'annexe 3.

En résumé, les débits de dimensionnement sont les suivants :

- ▶ Le dimensionnement de la filière de traitement biologique est fait pour 360 l/s, soit  $Q_{TS14} + 20\%$  de sécurité
- ▶ Le dimensionnement de la filière TED est de 590 l/s (950 l/s – 360 l/s), soit aucun déversement jusqu'à concurrence de 950 l/s sur l'ensemble de la STEP.

Ce principe a été validé par le Comité de l'ERM ainsi que par la DGE (annexe 4).

Les débits de dimensionnement de la biologie sont donnés dans le Tableau 2. Les débits à l'horizon 2030 sont donnés comme base pour l'optimisation des dimensions et la disposition des ouvrages.

Tableau 2: Débits de dimensionnement de la biologie

Débits de dimensionnement		Unités	Entrée biologie (horizon 2030)	Entrée biologie (horizon 2050)
Débit temps pluie (débit max, limité)	$Q_{\max,h}$	m <sup>3</sup> /h	1'296	1'296
	$Q_{\max,s}$	l/s	360	360
Débit médian	$Q_{\text{moy}}$	m <sup>3</sup> /j	12'122	16'794
	$Q_{\text{moy},h}$	m <sup>3</sup> /h	505	700
	$Q_{\text{moy},s}$	l/s	141	194
Débit temps sec ( $Q_{TS,h}$ sur 16 h/j)	$Q_{TS,VSA}$	m <sup>3</sup> /j	10'277	14'338
	$Q_{TS,h}$	m <sup>3</sup> /h	642	896
	$Q_{TS,s}$	l/s	178	249
Débit minimal (< 5% du temps)	$Q_{\min,h}$	m <sup>3</sup> /h	198	238
	$Q_{\min,s}$	l/s	55	66

La distribution des débits moyens simulés par Hydrique à saturation du réseau est montrée ci-dessous.

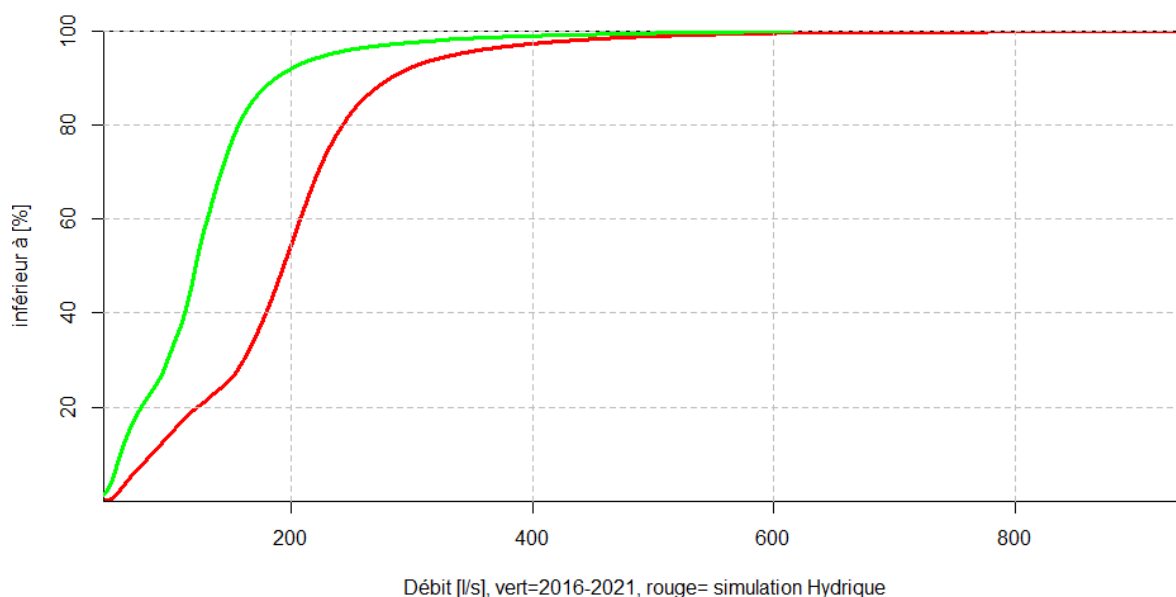


Figure 5 : Distribution des débits actuels (vert) et simulés (rouge)

### 3.3 Charges de dimensionnement

#### 3.3.1 Charges de dimensionnement selon l'avant-projet

Lors de l'avant-projet [23] le dimensionnement des charges a été arrêté à 88'000 EH à l'horizon 2040 (Tableau 3). L'estimation des charges futures correspond à une croissance des habitants raccordés de 1.5%/an (raccordements exclus) et à une augmentation des charges de l'industrie de 25% entre 2015 et 2040.

Tableau 3 : Evolution des charges en équivalents habitants DCO à l'horizon 2040 selon avant-projet

[EH <sub>DCO</sub> ]	2015 <sup>1</sup>	2030 <sup>2</sup>	2040 <sup>2</sup>
Habitants	34'720	55'000	63'000
Industries	20'000	23'000	25'000
<b>ERM total</b>	<b>54'720</b>	<b>78'000</b>	<b>88'000</b>

<sup>1</sup> Sans raccordement de Apples, Reverolle, Echandens et Ecublens (BV Bussigny)

<sup>2</sup> Avec raccordement de Apples, Reverolle, Echandens et Ecublens (BV Bussigny)

#### 3.3.2 Confirmation du dimensionnement de l'avant-projet

Suite aux retours de l'API et à la modification de l'implémentation de l'avant-projet, le projet a été retardé d'environ 5 ans. L'horizon de planification de l'avant-projet (2040) est trop proche et est décalé dans ce projet d'ouvrage à 2050.

Les estimations de charges futures de l'avant-projet ont été mises à jour dans le cadre de ce projet d'ouvrage, en considérant les dernières données disponibles. Les calculs suivants ont été réalisés et sont présentés dans les chapitres suivants :

- Actualisation du taux de croissance annuel des habitants raccordés (2005-2021), les communes fusionnées ont été exclues (pas de statistiques fiables disponibles).
- Actualisation du taux de croissance annuel de la charge effective en DCO (2010-2021)

- **Comparaison entre le taux de croissance de l'avant-projet et les taux de croissance actualisés (habitants et charge effective)**

### Croissance de la population

Le nombre d'habitants raccordés et plus précisément la croissance de population ont été calculés à partir des valeurs de l'office cantonale vaudois de la statistique. Pour permettre la comparaison avec les charges mesurées à la STEP et pour assurer la fiabilité des résultats, les communes suivantes ont été exclues du calcul :

- Les communes qui n'étaient pas raccordées en 2015 (Echandens, Reverolles et Apples<sup>4</sup>)
- Les communes qui ont fusionnées ces dernières années (Bussy-Chardonney, Echichens et Monnaz), car les statistiques ne sont plus fiables (raccord partiel des habitants de la commune).
- Ecublens (raccord partiel en 2015, répartition exacte estimée)

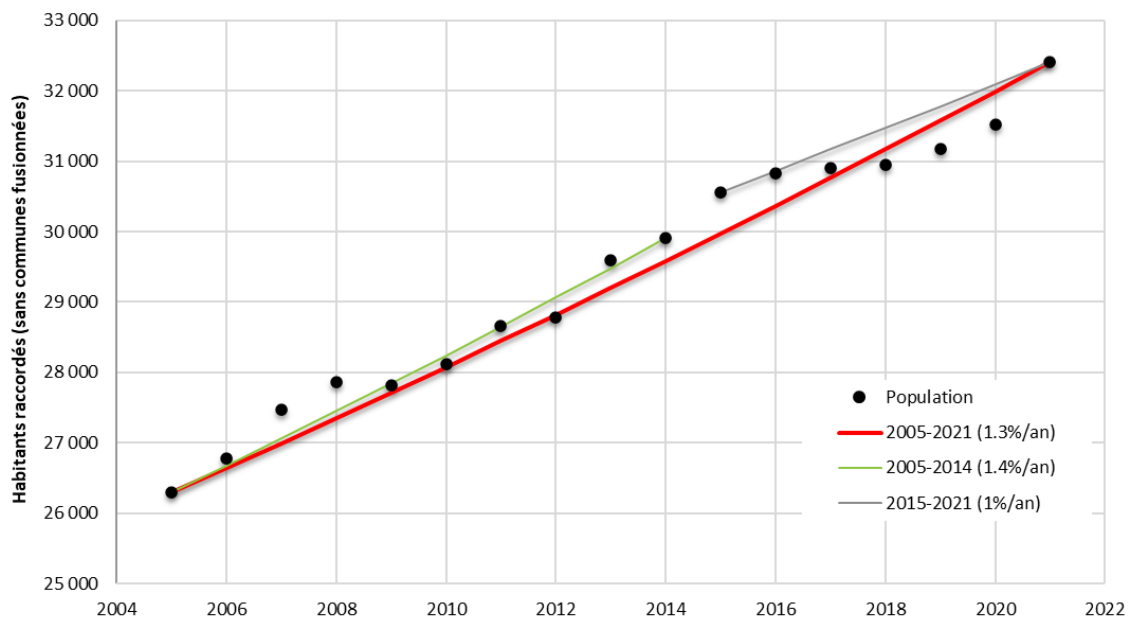


Figure 6 : Evolution des habitants raccordés<sup>5</sup>

L'évolution 2005-2021 montre une croissance moyenne d'environ 1.3%/an mais varie fortement d'année en année. Sur la période 2005-2014 elle est de 1.4% mais sur la période 2015-2021 elle chute à 1%. A noter que ce taux de croissance varie sensiblement d'une commune à l'autre.

### Croissance de la DCO

La charge de la DCO a augmenté en moyenne de 1.2%/an entre 2010 et 2021. Cette hausse est légèrement plus faible que celle des habitants raccordés<sup>4</sup> qui est de 1.3%/an. Cette différence s'explique par :

- La grande variabilité des mesures de débit et concentration utilisés pour le calcul de la charge de DCO (variation de la charge d'un facteur 5 entre 2'000 et 10'000 kg/j)
- Le calcul par les habitants raccordés ne prend pas en considération la charge liée aux industries et au réseau mixte.

<sup>4</sup> Reverolles et Apples ont fusionnées en 2021 notamment avec Bussy-Chardonney pour former la commune de Hautemorges.

<sup>5</sup> hors Bussy-Chardonney, Echichens et Monnaz et partie Ecublens



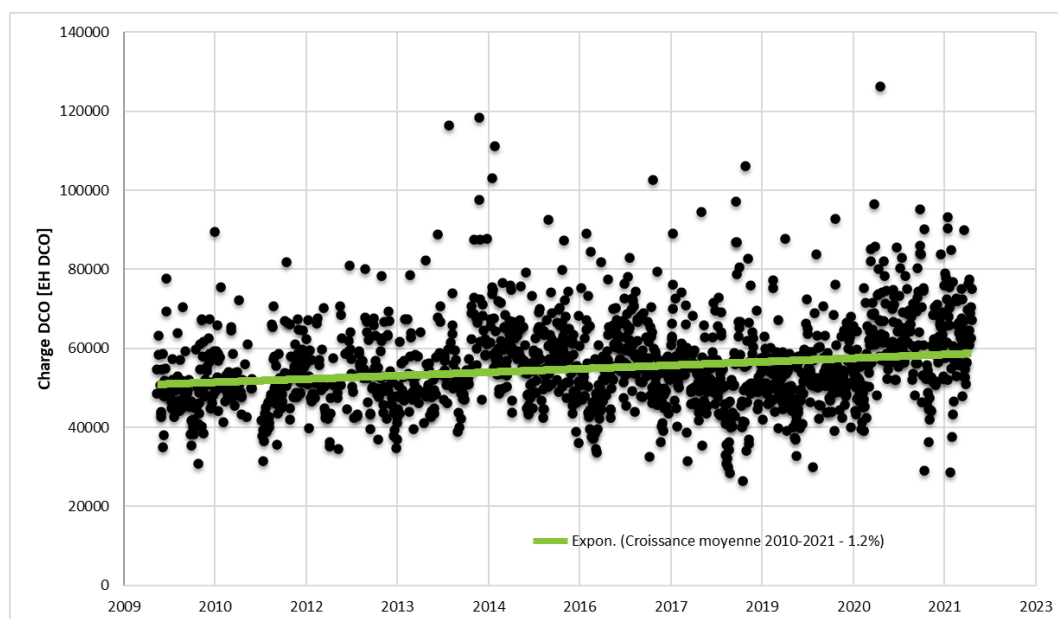


Figure 7: Evolution de la charge en DCO, avec courbe de tendance (1.2% de croissance par an)

## Synthèse et conclusion

Le Tableau 4 montre l'évolution du nombre d'EH<sub>DCO</sub> pour les différents taux de croissance calculés aux chapitres précédents. Le point de départ des simulations est la charge moyenne de l'année 2015 (54'720 EH<sub>DCO</sub>). Les simulations considèrent que le raccordement de Apples, Reverolle, Echandens et Ecublens sera complètement réalisé d'ici 2030.

Tableau 4 : Comparaison des EH DCO futurs pour différents taux de croissance.

	Taux de croissance	EH <sub>DCO</sub> 2015 <sup>1</sup>	EH <sub>DCO</sub> 2030 <sup>2</sup>	EH <sub>DCO</sub> 2040 <sup>2</sup>	EH <sub>DCO</sub> 2050 <sup>2</sup>
Avant-projet	1.5%/an	54'720	78'000	88'000	-
Croissance DCO (2010-2021)	1.2%/an	54'720	71'500	80'000	89'000
Croissance habitants (2005-2021)	1.3%/an	54'720	72'500	81'500	92'000
Croissance habitants (2015-2021)	1.0%/an	54'720	69'500	76'000	83'500

<sup>1</sup> Sans raccordement de Apples, Reverolle, Echandens et Ecublens (BV Bussigny)

<sup>2</sup> Avec raccordement de Apples, Reverolle, Echandens et Ecublens (BV Bussigny)

### Conclusions :

- L'estimation du taux de croissance annuel des habitants raccordés est plus basse que la croissance estimée de l'avant-projet.
- L'estimation basée sur la charge DCO est également plus basse.
- Les dernières années montrent par conséquent une évolution plus lente des charges que l'estimation réalisée dans l'avant-projet.
- Avec ces estimations la charge de dimensionnement de 88'000 EH<sub>DCO</sub> ne sera pas atteinte avant l'horizon 2050.

**Un dimensionnement de 88'000 EH<sub>DCO</sub> est retenu pour la phase projet.**

L'incertitude sur l'évolution des charges réelles étant élevée, le projet prévoit également les solutions d'augmentation de la capacité de traitement (voir chapitre 5.4).

### 3.3.3 Charges futures

Les charges considérées pour le dimensionnement sont données au Tableau 5. Une hypothèse de 20% de charge azotée liée au retour des eaux putrides est faite

**Tableau 5 : Charges spécifiques et totales en entrée du traitement biologique (après décantation primaire) pour 88'000 EH [14][15].**

	Valeur par EH [g/EH/j]	Entrée [kg/j]	Retour	Retour [kg/j]	Total entrée DP [kg/j]	Réduction décanteur primaire	Entrée biologie [kg/j]
<b>DCO total</b>	120	<b>10'560</b>	1%	106	<b>10'666</b>	36%	<b>6'832</b>
<i>DCO dissout</i>	42	<b>3'696</b>	0%	0	<b>3'696</b>	0%	<b>3'696</b>
<i>DCO particulaire</i>	78	<b>6'864</b>	2%	106	<b>6'970</b>	55%	<b>3'136</b>
<b>MES</b>	70	<b>6'160</b>	2%	123	<b>6'283</b>	55%	<b>2'827</b>
<b>Kjeldahl-N</b>	11	<b>968</b>	20%	194	<b>1'162</b>	10%	<b>1'045</b>
<b>NH<sub>4</sub>-N</b>	7	<b>616</b>	20%	123	<b>739</b>	0%	<b>739</b>
<b>NO<sub>3</sub>-N</b>	0	<b>0</b>	0%	0	<b>0</b>	0%	<b>0</b>
<b>Ptot</b>	1.8	<b>158</b>	2%	3	<b>162</b>	10%	<b>145</b>

## 4. Implantation et concept hydraulique

### 4.1 Implantation générale

Les plans de projet suivants sont disponibles :

- ▶ Situations et coupes (dossier de plans)
- ▶ Profil hydraulique (annexe 8)
- ▶ Phasage des travaux (annexe 9 et dossier de plans)

L'implantation des installations a été modifiée suite à l'API. Avec le déplacement de la biologie, plusieurs bâtiments doivent être démolis, notamment le bâtiment de prétraitement et boues. Ce dernier héberge des équipements essentiels au fonctionnement de la STEP (dégrilleurs, table d'égouttage, centrifuge) qui doivent rester en service pendant les travaux.

Le projet prévoit :

- ▶ Conservation des digesteurs, du stockage des boues et du gazomètre existants et de l'échangeur de chaleur de RE.
- ▶ Transformation des décanteurs primaires en traitement des eaux diluées (TED)
- ▶ Démolition de la STAP et du dessableur actuel
- ▶ Démolition des bassins biologiques, décantation secondaire et local des surpresseurs actuels
- ▶ Démolition des bâtiments d'exploitation, prétraitement/boues et administration
- ▶ Nouveau bâtiment de prétraitement (y.c. relevage, épaissement/déshydratation des boues...)
- ▶ Nouveaux décanteurs lamellaires (décanteurs primaires), bassins biologiques et décanteurs secondaires. Hauteur hors sol des bassins env. 2 m maximum
- ▶ Nouveau bâtiment de traitement des micropolluants
- ▶ Nouvel espace de circulation pour camions semi-remorques
- ▶ Nouvelle galerie technique pour passage des conduites et entretien sous les bassins avec local pour surpresseurs intégré.
- ▶ Conservation de la conduite de rejet actuelle, modification du tracé au niveau des futurs bassins biologiques
- ▶ Nouveau parking de 50 places (restitution du nombre des places actuelles)
- ▶ Intégration paysagère et restitution des utilitaires parc du Vertou (cf. étude d'intégration paysagère, Henchoz/ Arfolia)

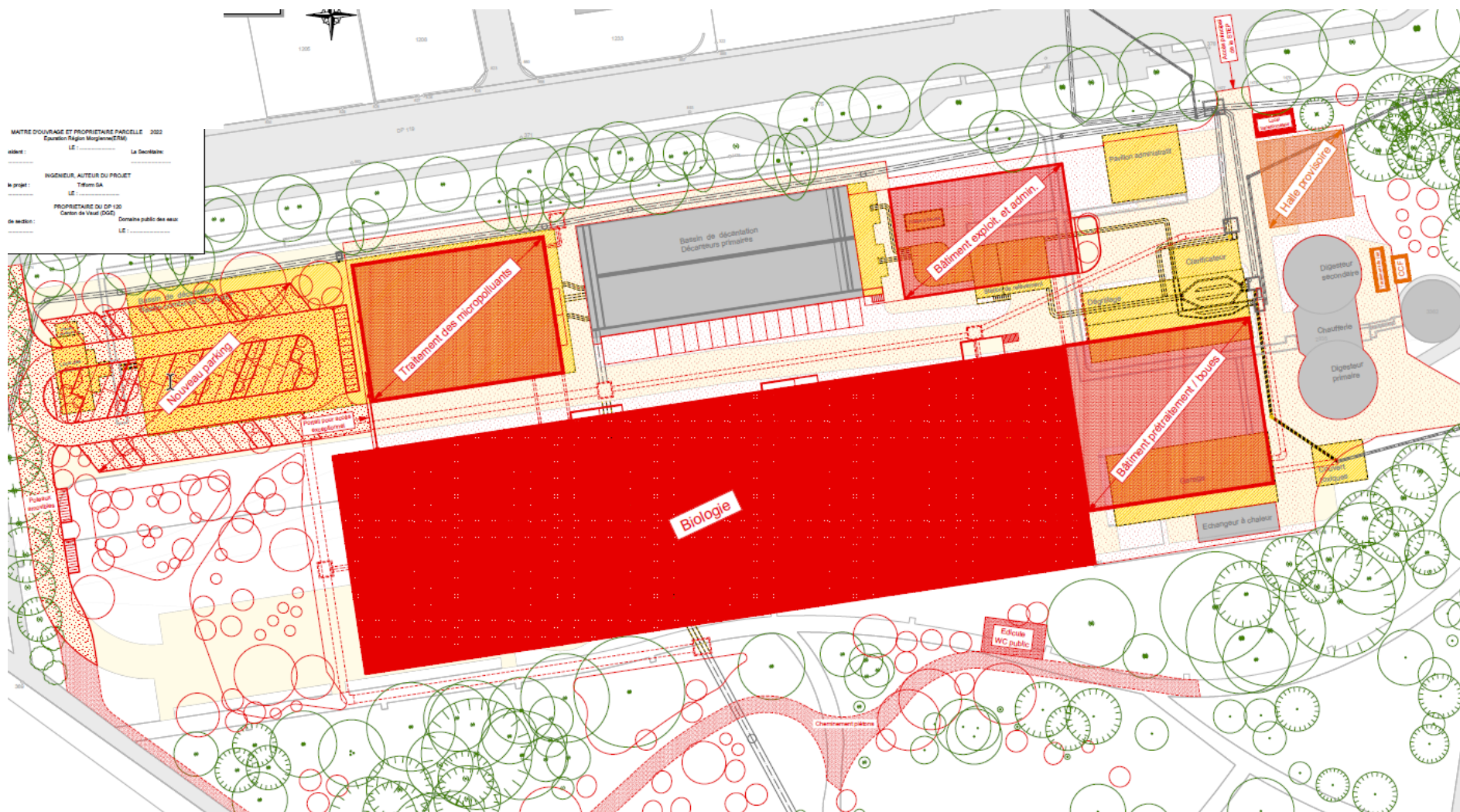


Figure 8 : Plan de situation

## 4.2 Concept hydraulique

### 4.2.1 Pertes de charges

Les pertes de charges ont été évaluées sur l'ensemble de la STEP, les réserves suivantes ont notamment été prises en compte :

- ▶ Possibilité d'augmenter la capacité des bassins biologiques par la mise en place de lits fluidisés, avec pertes de charge additionnelles d'env. + 50 cm
- ▶ A Q= 360 l/s et 50% des lignes hors service, pas de mise en charge possible entre le décanteur secondaire et le traitement des micropolluants.
- ▶ Avec la limitation de la hauteur des bassins (couronnement des murs à 376 msm), et la réserve pour le lit fluidisé, la hauteur disponible pour le traitement des micropolluants est faible (1.4 m). Un second pompage est donc nécessaire.

### 4.2.2 Evènements extraordinaires

Une évaluation des risques et possibilités d'action lors d'évènements extraordinaires, comme des pannes ou des dysfonctionnements graves des installations, est donné au Tableau 6.

Le déversement se fait actuellement via un trop-plein à l'entrée de la STEP (chambre 86, Figure 12). Une mise en charge du collecteur d'entrée (panne STAP, surcharge) active la conduite de déversement et les eaux sont déversées au port du Bief.

Tableau 6 : Analyse des risques en cas d'évènements extraordinaires et mesures envisagées

Evènement	Risque/ Conséquence	Cause / Fréquence / Durée	Mesures envisagées
<b>1. STAP hors service</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en charge et déversement amont</li> <li>• Eaux non traitées</li> <li>• (CAD non desservi, temporaire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Panne électricité, intervention exceptionnelle</li> <li>• Rare</li> <li>• Quelques heures → non planifié</li> </ul>	<i>Déversoir d'entrée (chambre 85) reste en fonction.</i>
<b>2. Biologie ou MP hors service</b>	Interruption totale : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inondation amont</li> <li>• Eaux non traitées</li> <li>• (CAD non desservi, temporaire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accident biologique/chimique, problème alimentation réactifs MP → non planifié</li> <li>• Rare</li> </ul>	<i>Passage par le TED avec précipitation, eaux prétraitées et évacuation par <b>conduite de rejet principale</b>. Bypass manuel des traitements.</i>
<b>3. Conduite de rejet principale hors service</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inondation amont</li> <li>• CAD non desservi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intervention sur la conduite /changement de conduite</li> <li>• 1x dans les prochains 30 ans ?</li> <li>• Plusieurs jours – plusieurs semaines → planifié</li> </ul>	<i><b>Eaux traitées</b> sur la chaîne complète puis <b>rejet par conduite de secours vers le port du Bief</b> CAD non desservi</i>

Le projet de la STEP prévoit un collecteur reliant la sortie des différentes étapes de traitement à la conduite de rejet principale au lac afin de pouvoir bypasser des étapes de traitement en cas de disfonctionnement. Ce collecteur sera prolongé jusqu'au déversoir d'entrée de la chambre 85 (voir Figure 12).

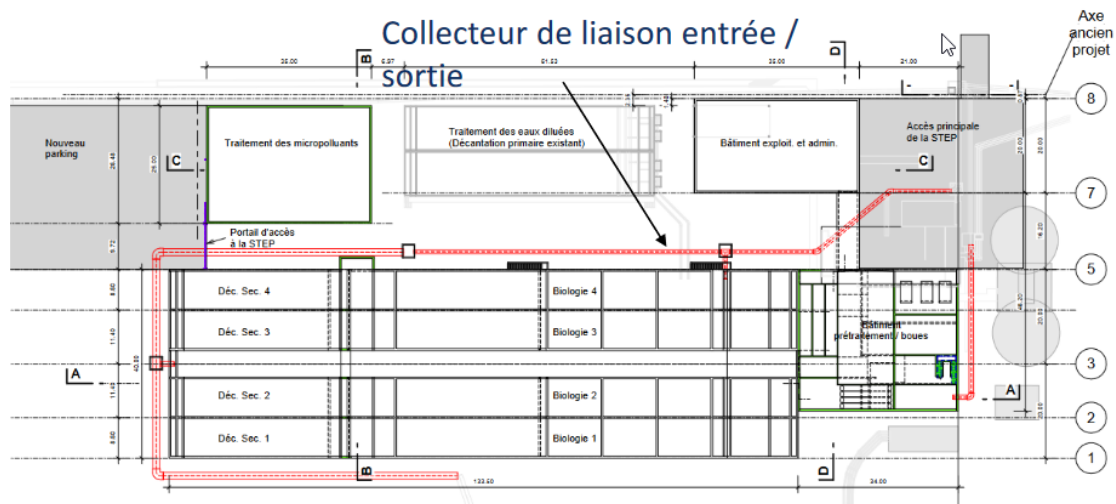


Figure 9: Collecteur de liaison entrée / sortie

Ce « collecteur de liaison entrée sortie » permet d'améliorer la situation actuelle :

- ▶ **Cas n°1 (STAP hors service)** : En l'état actuel, les eaux usées brutes seraient rejetées par le déversoir d'entrée dans le port (ou au lac si la conduite de prolongement du déversoir est réalisée). Avec la conduite de liaison, les eaux pourraient également être évacuées par la conduite de rejet principale, c.à.d. au large dans le lac (via un jeu de vannes).
- ▶ **Cas n°2 (Biologie ou MP hors service)** : Actuellement, les eaux usées transiteraient malgré tout à travers les bassins biologiques mais ne seraient pas épurées avant d'être rejetées au lac. Dans la situation future, le traitement des eaux diluées (TED) pourra garantir un traitement partiel (dégrillage, dessablage, décantation primaire + déphosphatation), améliorant ainsi la qualité des eaux rejetées et l'impact environnemental.
- ▶ **Cas n°3 (Conduite de rejet hors service)** : Actuellement, la mise hors service de la conduite de rejet entraînerait un arrêt de la STEP (les eaux usées brutes ne seraient plus traitées et déversées directement par le DO Bief). Avec la conduite de liaison, les eaux usées brutes seront traitées normalement sur l'entier de la STEP puis rejetées via le DO (ou au lac si la conduite de prolongement du déversoir est réalisée), améliorant ainsi l'impact environnemental et visuel.

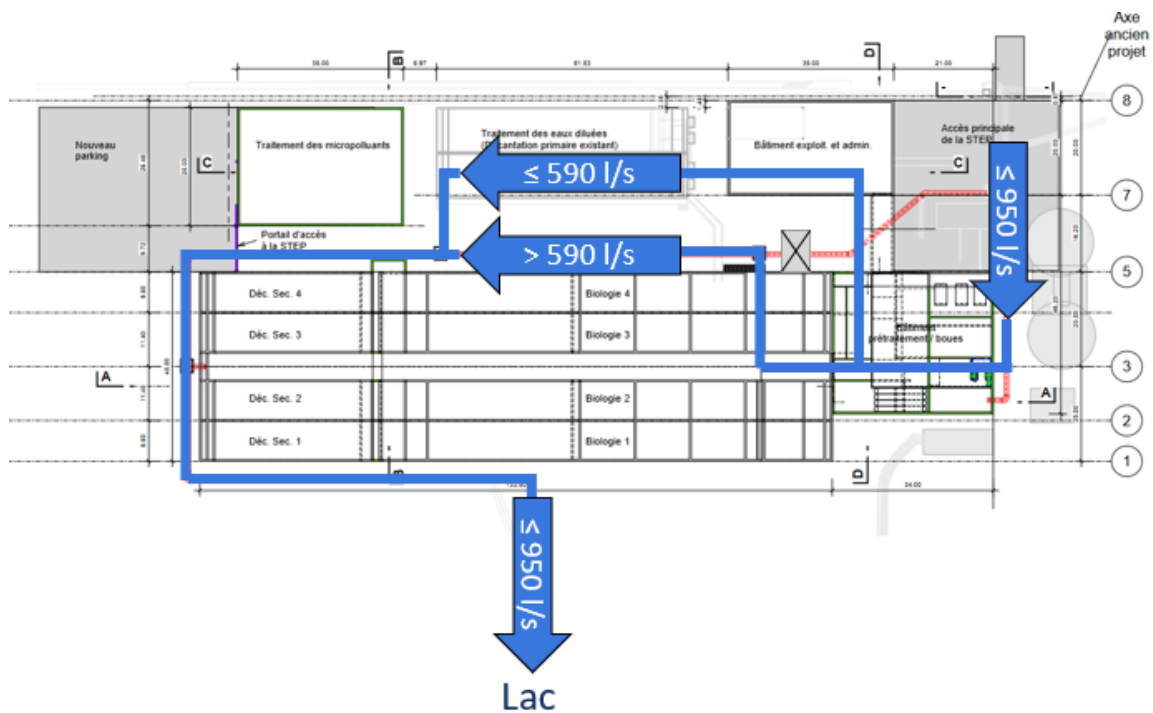


Figure 10: Cas No 2 - Biologie hors service

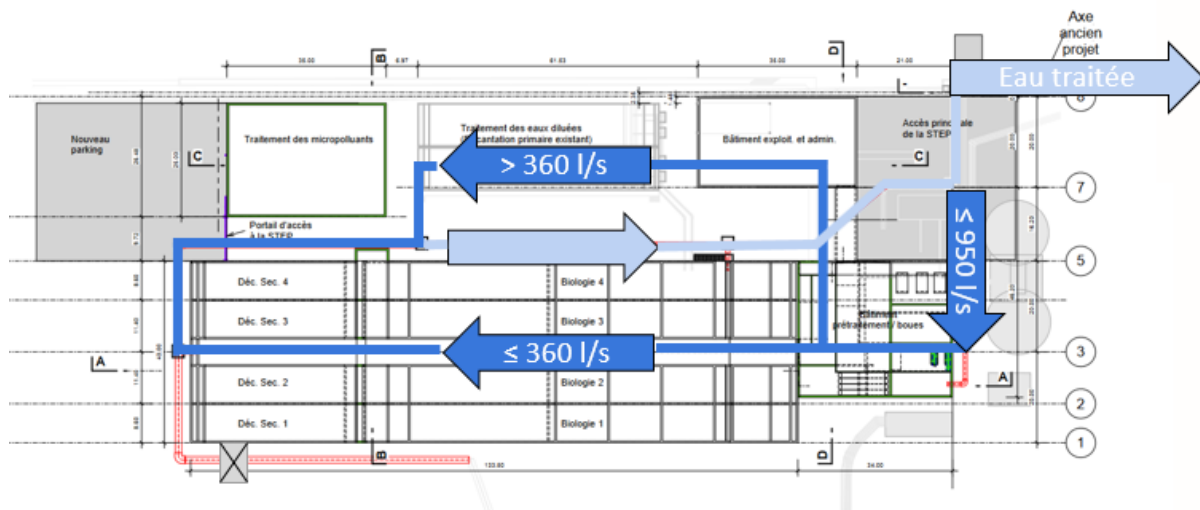


Figure 11: Cas No 3 – Conduite de rejet hors service

Cette analyse de risque et ce concept de sécurité ont été approuvés par le Comité de l'ERM et la DGE en séance du 10.10.2018 et rediscutés et re-approuvés lors de séances la séance avec l'ERM le 09.11.2022 (changement de la direction de l'ERM).

#### 4.2.3 Implications hydrauliques sur le réseau

Avec l'approche présentée au chapitre 3.2, un débit de 950 l/s peut être acheminé à la STEP. Ce débit a été calculé en supprimant largement la plupart des déversements sur le réseau au niveau des déversoirs d'orage, y. compris à l'aval (DO du Bluard, de la Blancherie et du Bief).

Toutefois, la probabilité d'événements extrêmes dépassant le débit de 950 l/s doit être considérée et des déversoirs de secours doivent être conservés en amont de la STEP. Le concept hydraulique de la STEP a été validé par Hydrique lors d'une séance le 07.02.2023.

## 5. Concept et dimensionnement des installations

Un schéma des installations et des flux futurs ainsi qu'un schéma de tuyauterie et instrumentation (schéma TI) sont disponibles aux annexes 5 et 6.

### 5.1 Prétraitements

Suite aux réflexions du chapitre 3.2, deux filières « eau » distinctes seront mises en place, soit une filière de traitement biologique des eaux usées concentrées ( $Q < 360$  l/s) et une filière de traitement des eaux diluées TED ( $360 < Q < 950$  l/s).

La séparation des flux intervient après les étapes de prétraitement, dont dégrillage grossier, dégrillage fin (ou tamisage), dessablage. Ceci évite des dépôts dans le TED et garantit une redondance des prétraitements pour des plus faibles débits.

#### 5.1.1 Ouvrage d'entrée

Les eaux usées rejoignent la STEP depuis 3 axes distincts

- Depuis l'Ouest, un collecteur diamètre 900 longe toute la STEP, il passe ensuite la chambre 85 (déversoir principal de la STEP).
- Depuis le Nord-Est, trois collecteurs en parallèle arrivent à la chambre 86.
- Depuis le Sud-Est un collecteur arrive à la chambre 86

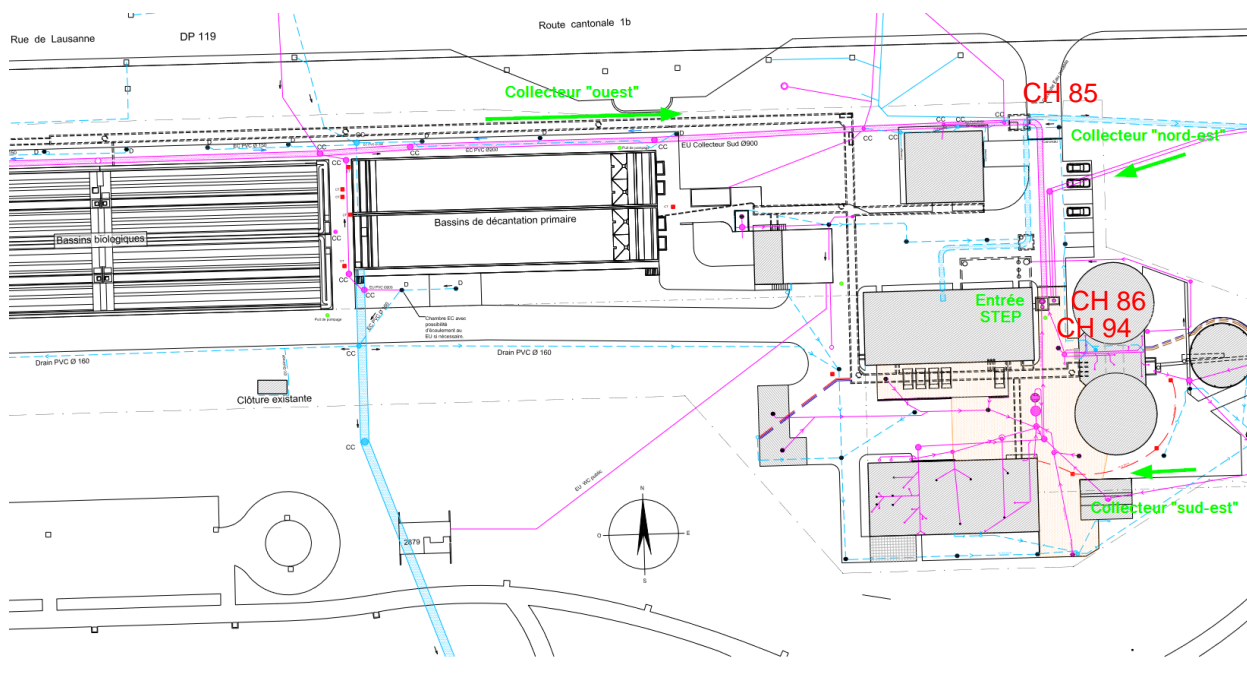


Figure 12: Principaux collecteurs d'eau usée avec canalisations existantes

Les trois collecteurs se rejoignent dans la chambre 86 à l'entrée de la STEP.

La chambre 94 (ancien raccord du collecteur nord-est), le clarificateur ainsi que le canal qui amène à l'emplacement de la 4<sup>ème</sup> vis ne sont plus utilisés.

Avec le projet un collecteur transportera les eaux jusqu'à la fosse de relevage de la nouvelle STAP depuis la chambre 86. Le collecteur Sud-Est sera raccordé directement à la fosse (au lieu de passer par la chambre 86). Les deux entrées comporteront une vanne de fermeture à l'entrée.

L'ouvrage d'entrée comporte la répartition sur les vis de relevage et sera visitable.



### 5.1.2 Station de pompage (STAP)

Le relevage des eaux se situe dans le bâtiment de prétraitement et traitement des boues. Les variantes étudiées à l'avant-projet [23] ne sont plus d'actualité, car, suite aux adaptations du projet, la station de pompage existante sera démolie.

Pour la nouvelle station de pompage, deux variantes ont été étudiées :

- Station avec pompes centrifuges :
  - Le dégrillage et si possible le dessablage doivent se trouver en amont du pompage afin de protéger les pompes.
  - Un volume suffisant de la STAP doit être créé afin d'éviter la marche à sec des pompes (aspiration d'air).
  - ⇒ Cette contrainte implique la création d'une sur-profondeur importante (surface d'environ 15m x 8m et sur-profondeur entre 3-4 m par rapport au tuyau d'entrée, soit env. 500 m<sup>3</sup>). Cela nécessite la création d'un 2<sup>ème</sup> sous-sol.
- Station avec vis d'Archimède :
  - Le dégrillage et le dessablage peuvent se trouver en aval du relevage.
  - L'espace de relevage nécessaire est plus important (p.ex. pour des vis posées à 38 degrés et d'une longueur de 15 m longueur, la longueur horizontale est d'environ 12 m).

La variante « vis d'Archimède » a été retenue pour le projet pour les raisons suivantes :

- ▶ Coûts : Limitations des excavations
- ▶ Exploitation : Plus grande robustesse, moins de problèmes d'exploitation, expérience des vis dans le réseau d'égouts.

Des variantes avec 3 ou 4 vis ont été discutées. Pour des raisons de redondance, il est déconseillé de mettre en place moins de 3 vis [12]. La variante avec 3 vis (deux vis d'environ 225 l/s et une vis d'environ 500 l/s) a été sélectionnée.

De cette manière :

- ▶ Chaque vis peut relever le débit de temps sec (redondance).
- ▶ Les vis ne seront pas surdimensionnées pour les débits nocturnes. En effet, des vis trop grandes deviennent inefficaces pour des débits faibles.
- ▶ Les deux petites vis sont du même type, ce qui facilite la manutention.

Nombre de lignes	3	-
Débit maximum	950	l/s
Débit vis 1	225	l/s
Débit vis 2	225	l/s
Débit vis 3	500	l/s
Hauteur de relevage	9	m

Une partie amovible sur le toit permettra la pose des vis.

### 5.1.3 Dégrilleurs / Tamiseurs

Le projet prévoit 3 lignes de prétraitement avec débit identique (env. 320 l/s par ligne). Cette variante est préférée à l'option sur deux lignes (une ligne biologie à 360 l/s et une ligne TED à 590 l/s) pour les raisons suivantes :

- ▶ Augmenter la redondance : avec deux lignes, si une ligne est en panne, la ligne encore en fonction est soit trop grande soit trop petite.
- ▶ Permet d'éviter d'avoir des agrégats de différentes tailles (même pièces de rechange, problèmes, etc.)
- ▶ Permet de diminuer la taille de la plus petite ligne en temps sec (320 l/s).

Le projet prévoit un dégrillage grossier suivi d'un dégrillage fin (ou tamisage).

#### Dégrilleur grossier

Nombre de lignes de traitement	3	-
Débit maximum	950	l/s
Espacement entre les barreaux	6-10	mm

#### Dégrilleur fin (tamiseurs)

Nombre de lignes de traitement	3	-
Débit maximum	950	l/s
Taille des mailles	3	mm

Des presses à déchets permettront de diminuer le volume d'eau dans les refus de dégrillage.

### 5.1.1 Dessableurs / Déshuileurs

Des dessableurs / déshuileurs combinés sont prévus et seront aérés afin de garantir les vitesses en fonction du débit entrant. Le sable sera relevé par des airlifts (pompes Mammot) et traité dans un laveur de sable afin de diminuer les charges organiques et par conséquent les odeurs et le volume à évacuer. Le sable avec une teneur de < 5% organique peut être réutilisé selon les valeurs d'analyse OLED. L'objectif est de valoriser au mieux les sables au lieu de les évacuer (c.f. RIE [25]).

#### Dessableur / déshuileur

Nombre de lignes de traitement	3	-
Débit maximum	950	l/s
Temps de séjour à débit maximum	90	s

### 5.1.2 Décanteurs primaires

Afin d'optimiser l'espace, les décanteurs primaires, prévus comme décanteurs gravitaires longitudinaux pour l'API ont été remplacés par des décanteurs lamellaires. La forme des décanteurs lamellaires (carré ou légèrement rectangulaire) permet de disposer un décanteur par ligne, ce qui évite le passage hydraulique complexe de deux lignes à 4 lignes.

Pour des modules avec des lamelles hexagonales, une vitesse de décantation (vitesse au miroir) maximale<sup>6</sup> de  $12 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  a été considéré. Les cellules prévues dans le projet (8 x 8m afin d'avoir la même largeur que les bassins biologiques) sont suffisantes pour accueillir les 6 x 6 m selon le calcul théorique y compris les installations (rigoles de sortie, ...).

Une zone en amont est réservée pour les compartiments de coagulation et floculation. La floculation (prétraitement physico-chimique) est ainsi possible, mais son utilisation n'est pas prévue dans le projet (possibilité d'extension).

### Décanteur primaire

Nombre de lignes de traitement	4	-
Débit maximum	360	l/s
Vitesse Hazen estimée (sur 3 lignes) <sup>7</sup>	1.7	m/h
Surface cellule de décantation	8 x 8	m

#### 5.1.3 Installation de déphosphatation

Deux cuves de  $25 \text{ m}^3$  sont prévues pour stocker le coagulant pour la déphosphatation. Elles se trouvent avec le traitement de l'air dans un local séparé. Le camion de livraison accède à la place de dépotage à l'intérieur. Le drainage de la place est lié à la trémie de réception des boues de tiers. En cas d'avarie, soit la trémie peut être vidée, soit le coagulant peut être réinjecté à l'entrée de la STEP.

Le tableau de distribution du coagulant comportera au minimum 10 pompes :

- ▶ 4 pompes pour alimenter les décanteurs primaires.
- ▶ 4 pompes pour alimenter la biologie (partie aérée).
- ▶ 2 pompes pour le TED.

Chaque ligne aura donc sa pompe dédiée. Le coagulant sur le TED peut être utilisé afin d'améliorer l'effluent du traitement en cas de nécessité.

## 5.2 Filière de traitement biologique

### 5.2.1 Choix de la variante de traitement biologique

Au terme des études préliminaires, deux variantes de traitement biologique ont été désignées comme envisageables pour la STEP de l'ERM :

- ▶ Variante 1 : Sequencing Batch Reactor (SBR), 6 unités alignées, chantier en 1 phase (chantier micropolluants exclu)
- ▶ Variante 2 : Boues activées, 3 lignes en parallèle, chantier en 2 phases (chantier micropolluants exclu)

Au stade des études préliminaires, le débit de dimensionnement était fixé à  $2 \cdot Q_{TS} = 1700 \text{ m}^3/\text{h}$ , soit env. 470 l/s. Avec l'approche hydraulique développée lors de l'avant-projet (cf. chapitre 3.2), le débit de dimensionnement de la filière biologique a été réduit à 360 l/s, ce qui permet de réduire les ouvrages de décantation de la variante 2 de manière significative et d'envisager une implantation similaire au SBR avec un phasage des travaux facilité (1 phase).

Les éléments distinguant significativement les deux variantes sont présentés au Tableau 7.

<sup>6</sup> Voir p.ex. Suez, Memento technique de l'eau 1995, p. 841

<sup>7</sup> 2/3 de la surface occupée des lamelles, diamètre hydraulique lamelles 80 mm, épaisseur 20 mm

**Tableau 7 : Critères de sélection de la variante**

	<b>SBR</b>	<b>Boues activées</b>
<b>Intégration paysagère</b>	Cylindrique, discontinu. Extrémité ouest des ouvrages très proche du bord du lac.	Parallélépipède, continu et compact. Possibilité de ménager un couloir d'accès large entre la RC et le lac/entrée au parc.
<b>Réserve de capacité / modules</b>	Possibilité d'implanter un module supplémentaire. Augmentation de capacité par le procédé Nereda.	Pas de structure modulaire. Augmentation de la capacité par lits fluidisés par exemple.
<b>Revalorisation du biogaz</b>	Pas de décantation primaire, boues en excès uniquement.	Boues issues de la décantation primaire (lamellaire) et boues en excès.
<b>Complexité de l'installation</b>	Complexe, gestion des cycles et bassin tampon.	Simple, robuste.
<b>Courbe des débits en sortie de l'installation</b>	Fonctionnement par batch, courbe irrégulière. Ev. nécessité de lisser les pics avant le traitement des micropolluants et le CAD.	Flux piston, courbe journalière standard. Pas d'influence sur les étapes suivantes.

**La variante de traitement à boues activées a finalement été sélectionnée et validée par le Comité de l'ERM en séance du 02.05.2018.**

### 5.2.2 Dimensionnement et équipements du traitement biologique (y compris décanteurs secondaires)

Le dimensionnement du traitement à boues activées est basé sur la norme DWA A-131, 2016 [14]. Un résumé est disponible à l'annexe 7.

La décantation lamellaire est basée sur un temps de séjour hydraulique de 2 heures par débit journalier moyen, soit un abattement théorique de 35% de la DCO, 55% des MES et 10% du phosphore total.

La décantation à l'aide de lamelles peut être améliorée en rajoutant plus de coagulant / floculant, mais n'est pas prévu dans le dimensionnement.

Pour le dimensionnement des bassins à boues activées et de la décantation secondaire les paramètres suivants ont été utilisés :

- ▶ Age des boues théorique (standard calculé pour la nitrification) : 8.3 jours
- ▶ Age des boues choisi (nitrification renforcée) : 11 jours
- ▶ Indice des boues (Mohlmann) : 125 ml/L
- ▶ Concentration des boues dans les bassins à boues activées : 3 g/L
- ▶ Température nitrification : 10°C

Les volumes utiles obtenus par le calcul et les géométries choisies sont indiqués au Tableau 8.

**Tableau 8 : Volumes utiles calculés et géométries choisies**

	<b>Volume utile brut (calcul)</b>	<b>Géométrie choisie (a x L x l x h)</b>
<b>Décantation lamellaire</b>	1'260 m <sup>3</sup>	2 lignes de 30 m x 6 m x 3.5 m = 1'260 m <sup>3</sup>
<b>Bassins à boues activées</b>	10'340 m <sup>3</sup> (âge des boues 8.3 jours) 13'090 m <sup>3</sup> (âge des boues 11 jours)	4 lignes de 75 m x 8 m x 5.5 m = 13'200 m <sup>3</sup>
<b>Décantation secondaire</b>	4'450 m <sup>3</sup>	4 lignes de 31 m x 8 m x 5 m = 4'960 m <sup>3</sup>

Une recirculation des boues est prévue entre le décanteur secondaire et les bassins biologiques afin de maintenir l'âge des boues souhaité dans les bassins.

Les bassins biologiques seront subdivisés en zone anoxies, anaérobies, bivalentes et aérobies, avec un système de recirculation pour permettre la dénitrification et même, de manière limitée, le traitement biologique du phosphore.

### 5.2.3 Elimination de l'azote

Une motion (20.4261) pour l'élimination de l'azote dans le STEP a été déposé en 2020. En date actuelle (janvier 2023), aucune exigence n'est imposée par la législation.

Le canton de Vaud, responsable de la surveillance des STEP, recommande par contre :

« Une exigence sur l'azote total sera très vraisemblablement introduite vers 2027, en réponse à une motion acceptée par les chambres fédérales. Les exigences chiffrées ne sont pas encore définies, mais les scénarios étudiés par l'OFEV sont basés sur un taux d'élimination de 70%, voire 80%. Nous recommandons fortement de prendre en considération cette évolution dans le projet. »<sup>8</sup>

Les exigences qui seront adaptées (taux d'élimination à garantir en moyenne, température de garantie, échantillonnage, etc.) ne sont pas connues.

Dans l'état de la technique, l'élimination de l'azote est réalisée par le processus de dénitrification (transformation des nitrates dissous  $\text{NO}_3^-$  en diazote gazeux  $\text{N}_2$ , en présence d'une source de carbone et en conditions anoxiques).

#### Possibilité d'élimination dans le cadre du projet

Une pré-dénitrification peut facilement être mise en place sans adapter le procédé biologique (boue activée), ni changer complètement la configuration des bassins. La technique consiste à recirculer les eaux nitrifiées (chargées en  $\text{NO}_3^-$ ) en tête de STEP où de la matière organique (DCO) facilement dégradable est disponible. Ensuite, en forçant l'absence d'oxygène (conditions anoxiques), les nitrates peuvent être transformés en azote gazeux et s'échapper. Une recirculation est prévue dans le cadre de projet.

Les limites suivantes sont imposées à ce stade :

- ▶ Une dénitrification complète est impossible avec une pré-dénitrification car la recirculation est limitée. Pour dénitrifier complètement, il faudrait un bassin supplémentaire (avec dosage de DCO dégradable) en aval de la zone aérobie.
- ▶ Le volume de la biologie a été optimisé afin de garantir une nitrification à basse température (10 °C) pour les charges de dimensionnement (quantile 85% au lieu de la moyenne). Le volume total de la biologie à construire a été fixé à 13'200 m<sup>3</sup> (voir chapitre précédent). Un changement de ce volume n'est pas prévu.

#### Vérification et limites de l'élimination avec le projet déposé

Les hypothèses suivantes ont été utilisées pour vérifier la possibilité de pré-dénitrification :

- ▶ Pas de dosage de DCO facilement dégradable.
- ▶ Charges de dimensionnement et paramètres selon projet.
- ▶ Age des boues calculé automatiquement selon la recommandation de la DWA 131 [14].

La démarche suivante a été adoptée (VBB = volume des bassins = 13'200m<sup>3</sup>) :

---

<sup>8</sup> Mail M Jaquerod de la DGE du 20.01.2023.

- ▶ Calcul du volume aéré (VA) nécessaire pour la nitrification.
- ▶ Le volume restant peut ensuite être utilisé pour la dénitrification (VD, volume non aéré) :  $VD/VBB = 1 - VA/VBB$ . La fraction non aérée (VD/VBB) est limitée à 0.6 (selon recommandation DWA).
- ▶ Avec les volumes non aérés et aérés définis (VD/VBB), le calcul d'élimination de l'azote attendue selon DWA 131 est réalisé.
- ▶ Le calcul est réalisé en utilisant le débit moyen journalier futur (14'960 m<sup>3</sup>/j).

En fonction de la température, la capacité de dénitrification varie entre 60 à 80 %. Pour la température moyenne, elle est estimée à plus de 70 % (Figure 13).

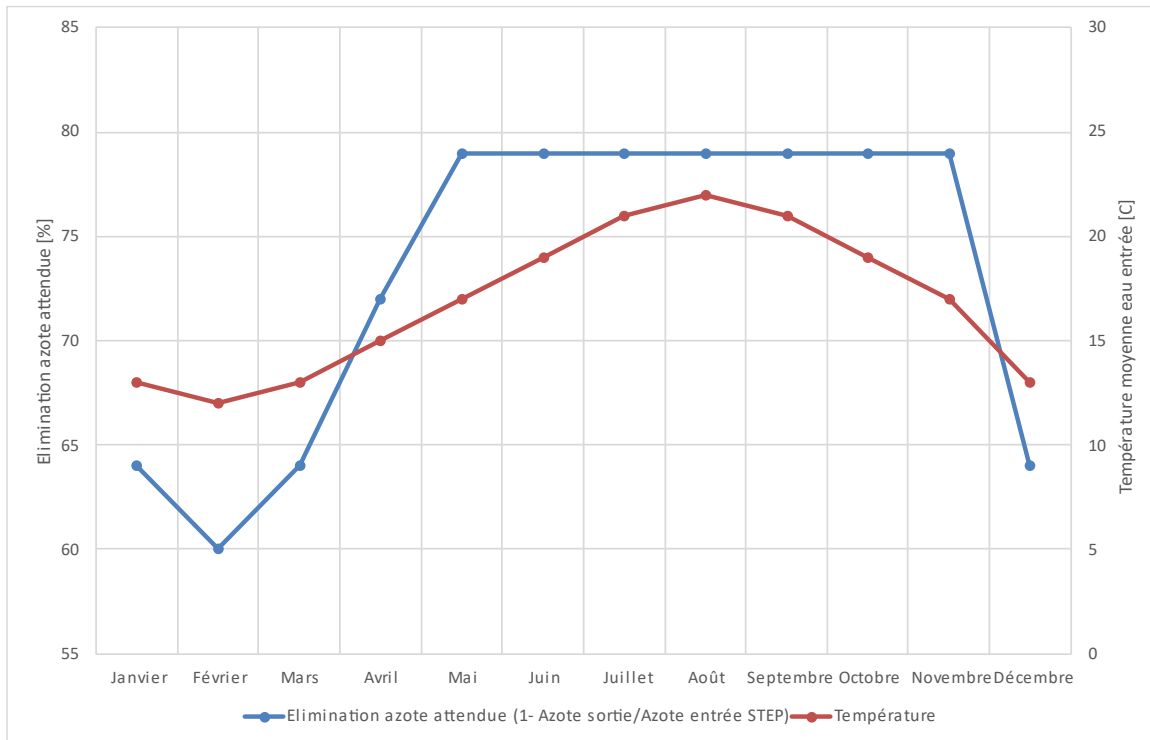


Figure 13: Estimation de la dénitrification en fonction de la température moyenne (en variant la partie aérée)

La recirculation interne pour la dénitrification est d'un facteur maximal de 4.6 (Tableau 9) par rapport au débit entrant (pour  $Q_{85\%} = 300$  l/s). En enlevant le débit de recirculation des boues (~270 l/s) qui recircule également les nitrates, la STEP doit disposer d'une capacité de recirculation de 1'100 l/s. Pour le projet une capacité de 300 l/s par ligne (soit 1'200 l/s au total) est donc prévue.

**Tableau 9 : Elimination azote en fonction de la température**

	Température	Partie pour dénitrification	Age boues dénitrification*	RF	Recirculation interne	Elimination azote attendue (1- Azote sortie/Azote entrée STEP)
	C	VD/VBB	j	-	l/s	%
Janvier	13	0.41	10.6	1.73	249	64
Février	12	0.35	10.5	1.5	180	60
Mars	13	0.41	10.6	1.73	249	64
Avril	15	0.52	10.5	2.67	531	72
Mai	17	0.6	10.4	4.6	1095	79
Juin	19	0.6	8.6	4.6	1095	79
Juillet	21	0.6	7.1	4.6	1095	79
Août	22	0.6	6.4	4.6	1095	79
Septembre	21	0.6	7.1	4.6	1095	79
Octobre	19	0.6	8.6	4.6	1095	79
Novembre	17	0.6	10.4	4.6	1095	79
Décembre	13	0.41	10.6	1.73	249	64
<i>Moyenne</i>	<i>17</i>	<i>0.53</i>	<i>9</i>	<i>3</i>	<i>760</i>	<i>73</i>

**Conclusion : Une dénitrification partielle est possible. Même avec la charge maximale de dimensionnement et des valeurs basses d'ammonium en sortie une dénitrification supérieure à 70 % est attendue pour la température moyenne de 17 °C.**

**Le volume des bassins n'est pas adapté pour l'élimination de l'azote, mais les capacités de recirculation sont prévues.**

#### 5.2.4 Réparation des zones de la biologie

Les bassins biologiques du traitement par boues activées sont répartis en 4 lignes. Chacune de ces lignes est constituée des zones suivantes.

Zones 1 - anaérobie /anoxie :

Nombre de lignes de traitement	4	-
Débit maximum	360	l/s
Volume par ligne	250	m <sup>3</sup>

Zones 2 - anoxie:

Nombre de lignes de traitement	4	-
Débit maximum	360	l/s
Volume par ligne	250	m <sup>3</sup>

Zones 3 - bivalentes :

Nombre de lignes de traitement	4	-
Débit maximum	360	l/s
Volume par ligne	500	m <sup>3</sup>

**Zone 4 - aérobie (aérée) :**

Nombre de lignes de traitement	4	-
Débit maximum	360	l/s
Volume par ligne	2'300	m <sup>3</sup>

Il est prévu de pouvoir équiper la zone 2 - anoxie avec un système d'aération. La recirculation interne sera équipée pour aller soit dans la zone 2 - anoxie, soit dans la zone 1 - anaérobie /anoxie.

**5.2.5 Décantation secondaire**

La décantation secondaire du nouveau traitement biologique est également divisée en 4 lignes :

Paramètre		Unités	Décantation finale
<b>Volume décanteurs secondaires</b>		m <sup>3</sup>	4 x 1'290 = 5'160
<b>Dimensions décanteurs secondaires (L x l x H)</b>		m	4x 31x 8 x 5.2
<b>Temps de résidence</b>	Scénario d'évaluation	min	660
	2050 : Temps pluie		240
	2050 : Temps sec		346
<b>Vitesses ascensionnelles</b>	Scénario d'évaluation	m/h	0.47
	2050 : Temps pluie		1.3
	2050 : Temps sec		0.9

La sortie de la décantation finale s'effectue au moyen d'une conduite dont le départ est complètement immergé. Cette conduite se prolonge jusqu'au droit du nouveau traitement des micropolluants.

**5.2.6 Micropolluants**

Pour les informations techniques du nouveau traitement des micropolluants se référer au rapport dédié [24].



## 5.3 Filière de traitement des eaux diluées (TED)

Pour le traitement des eaux diluées ( $360 \text{ l/s} < Q_{\text{STEP}} < 950 \text{ l/s}$ ), trois options ont été discutées (cf. annexe 3) :

- ▶ Traitement physico-chimique (type Actiflo)
- ▶ Décantation lamellaire
- ▶ Rétention/décantation

L'option rétention/décantation a été sélectionnée (avec possibilité d'ajouter du coagulant) pour les raisons suivantes :

- ▶ Environ un tiers du volume qui passe au TED peut être retenu puis retourné à la filière biologique.
- ▶ Le bassin peut servir en cas d'avarie.

### 5.3.1 Dimensionnement et équipements du traitement des eaux diluées

Le volume de 2'000 m<sup>3</sup> des décanteurs primaires actuels sera réutilisé. Leur capacité totale permet de retourner environ un tiers du volume annuel retenu au traitement biologique. Ainsi, par année, seuls 20 à 25 utilisations avec déversements en aval du TED (après décantation, sans retour à la biologie) sont attendues (Figure 14).

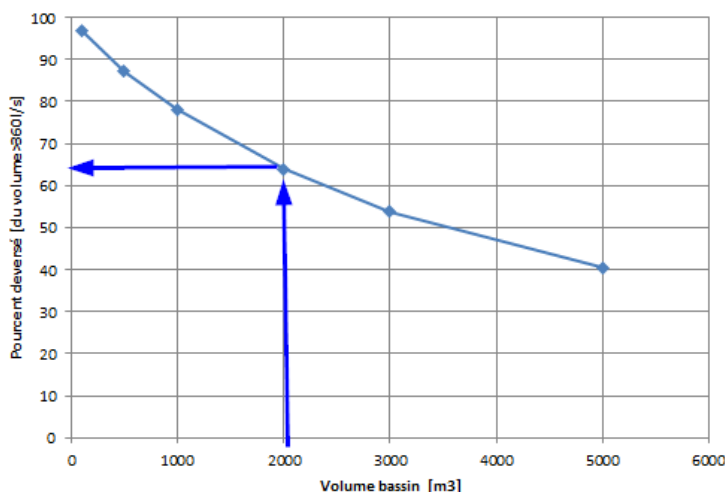


Figure 14 : Estimation du pourcentage d'eau passant par le TED qui est déversé sans retour au traitement biologique

Les eaux usées (dégrillées et dessablées) sont acheminées au TED via un collecteur dans la galerie (remplissage gravitaire).

Le retour depuis le TED vers le traitement biologique se fait par le collecteur d'entrée (pompage avec 2 pompes volumétriques depuis les fosses de boues vers le collecteur d'entrée).

Les équipements actuels des décanteurs (racleurs), ainsi que les ponts roulants seront éliminés. Les éléments pour les flottants seront démolis, car en plus de déjà avoir passé par le prétraitement (et donc le dessableur / déshuileur) toute l'eau stockée sera amenée en tête de STEP et repasse le prétraitement.

Les bassins seront équipés avec des augets basculants (alimentés par de l'eau industrielle) permettant le nettoyage et l'évacuation des boues décantées (Figure 15). En plus des augets un nettoyage manuel sera nécessaire après des gros orages.

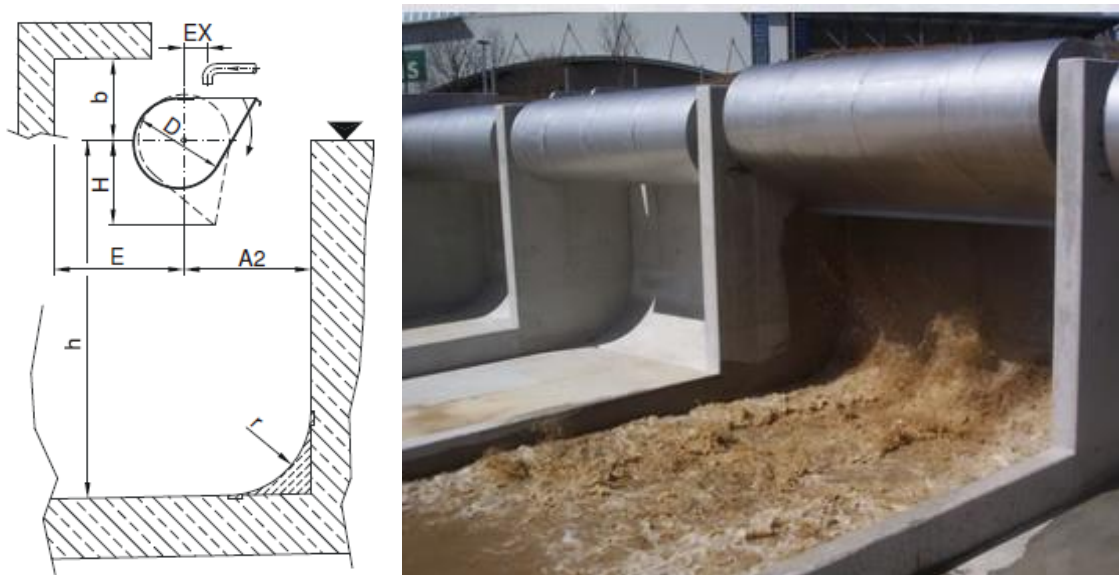


Figure 15 : Exemple d'augets basculants pour le nettoyage des bassins de rétention/décantation

## 5.4 Flexibilité d'extension future

Les capacités d'extension suivantes ont été identifiées et leur intégration dans la STEP future facilitée :

1. Utilisation des décanteurs lamellaires comme prétraitement physico-chimique.
2. Traitement de l'azote des eaux de digestion en retour.
3. Transformation de la biologie en MBBR (lits fluidisés) par l'ajout de supports bactériens.
4. Augmentation de la concentration de la biomasse dans les bassins.

Les eaux de retour de la digestion (eaux putrides) sont produites par la déshydratation des boues digérées. Elles sont retournées en tête de STEP et sont caractérisées par une forte charge en ammonium (environ 20% de la charge totale en entrée de STEP). Un traitement dédié de ces retours de digestion permet donc de décharger sensiblement la filière de traitement de l'eau. Pour ce faire, deux procédés sont à ce jour utilisés : le procédé anammox et le stripping membranaire. Avec le projet, ces eaux putrides seront situées sous le bâtiment d'exploitation / administration. Un espace d'environ 200 m<sup>2</sup> est réservé entre le sous-sol (~100 m<sup>2</sup>) et le rez-de-chaussée (~120 m<sup>2</sup>) pour un futur traitement dédié des retours. En cas de nécessité, les deux espaces peuvent être reliés pour afin d'obtenir une hauteur utile d'environ 8 m. Cet espace est considéré suffisant (selon les retours de projets similaires) pour y intégrer un traitement de la charge prévu.

La capacité du traitement biologique des eaux usées (boues activées) peut être augmentée d'environ 20% par la mise en place de lits fluidisés (hybrides) dans les mêmes bassins. Cette possibilité a été prise en compte notamment dans l'élaboration du profil hydraulique (réserve de 50 cm de perte de charge avec la mise en place de lits fluidisés).

Une augmentation de la biomasse dans la biologie sans support réduit la taille nécessaire des bassins et augmente ainsi sa capacité. L'augmentation de la biomasse est limitée par la capacité de la décantation secondaire et par la concentration des boues décantées. Plusieurs fournisseurs offrent des solutions afin d'améliorer l'indice des boues et par conséquent la décantation (par exemple S-Select<sup>9</sup> ou inDENSE<sup>10</sup>).

<sup>9</sup> <https://www.essde.com/s-select-fights-bulking-sludge>

<sup>10</sup> <https://www.suez.com/fr/hydrea/nos-innovations-et-produits-phares>

## 5.5 Interface avec la filière de traitement des boues

Les productions de boues et de biogaz considérées pour la vérification des capacités futures sont indiquées ci-dessous. Les capacités sont calculées avec les volumes actuels de la digestion et du gazomètre :

- ▶ Boues fraîches futures (entrée de digestion, voir schéma annexe 5)
  - Production spécifique : 80 g/EH/j
  - MS : env. 2'410 t/an
  - Siccité : 6 %
  - Volume annuel : 40'200 m<sup>3</sup>/an
  - MSo : 70 %
- ▶ Digestion
  - Capacité : 1'800 m<sup>3</sup>
  - Temps de séjour : 16.4 jours
  - Charge organique spécifique : 2.2 kgMSo/m<sup>3</sup>/j
- ▶ Biogaz
  - Volume annuel : env. 900'000 m<sup>3</sup>/an
- ▶ Gazomètre
  - Capacité : 600 m<sup>3</sup>
  - Temps de stockage : 6 heures

Le volume cumulé des deux digesteurs actuels est suffisant pour traiter les productions de boues à l'horizon 2040. Toutefois, le temps de séjour est relativement faible et la charge en matière organique élevée. Il est généralement conseillé de dimensionner les installations pour 15 à 20 jours de temps de séjour et 2 kgMSo/m<sup>3</sup>/j [16] [17].

Des modifications du système actuel devront être envisagées à l'horizon 2030-2035 (soit à la suite des travaux planifiés). En effet, les digesteurs sont actuellement utilisés en série et comme digesteurs mésophiles ce qui ne permet pas d'utiliser leur pleine capacité.

Plusieurs options sont possibles et devront être étudiées :

- ▶ Utilisation en parallèle des deux digesteurs, digestion mésophile : isolation du deuxième digesteur, brassage, alimentation, ...
- ▶ Utilisation en série des deux digesteurs, digestion thermophile et mésophile : chauffage des boues isolation, ...

A ce stade, il est proposé d'évaluer la pertinence de réaliser les modifications sur cette filière en parallèle avec le renouvellement de la filière eau. La rénovation / l'agrandissement du gazomètre peut être évaluée au même temps (voir aussi concept énergétique avec les CCF, annexe 11).

## 5.6 Volumes de stockage des boues

En théorie, si l'on travaillait en flux permanent (toutes les machines travaillent en permanence) aucun stockage intermédiaire ne serait nécessaire. En pratique, le stockage est important pour les raisons suivantes :

- ▶ L'arrêt d'une machine (entretien, panne).
- ▶ Certaines machines que ne travaillent pas en continu (p.ex. épaissement).
- ▶ Des flux trop faibles engendrent un risque de dépôt dans le système pompe/tuyauterie.

Pour les pompes, l'épaississement et la déshydratation, une redondance est prévue afin d'éviter l'arrêt. Le projet prévoit de disposer en plus d'un volume de stockage total d'environ 24 heures afin de réaliser des interventions. Ce volume est également utile pour que les machines fonctionnent durant les heures de travail (p.ex. pour calibrer le dosage du floculant sur l'épaississement).

Volume de stockage	Risque	Définition du choix du volume	Volume proposé
<b>Boues primaires</b>	Si l'épaississement s'arrête, les boues s'accumulent et passe dans la biologie (charges trop élevées). Le volume de stockage dans le décanteur lamellaire est petit	1 jour de rétention pour la capacité max avec les boues secondaires. Le volume pour les boues primaires est de 2 jours (petit volume de stockage dans le décanteur).	230 m <sup>3</sup>
<b>Boues secondaires</b>	Si l'épaississement s'arrête, les boues s'accumulent dans les décanteurs secondaires.	1 jour de rétention pour la capacité max avec les boues primaires.	600 m <sup>3</sup>
<b>Boues tierces</b>	La quantité de boues injectées provoque des surcharges (épaississement, digestion).	Rétention du volume d'un grand camion. La livraison des boues est limitée par la taille des camions (quelques petits camions ou un grand par jour)	30 m <sup>3</sup> (1 camion de 20 m <sup>3</sup> plus marge)
<b>Eaux usées tierces</b>	La quantité injectée provoque des surcharges (hydraulique, biologie).	Rétention du volume d'un camion complet. La livraison des boues est limitée par la taille des camions (quelques petits camions ou un grand par jour). Redondance avec boues tierces.	20 m <sup>3</sup> (1 camion de 20 m <sup>3</sup> ). Utilisation de la trémie de réception comme volume.
<b>Boues épaissies</b>	Nécessaire pour alimenter la digestion en continu si l'épaississement ne fonctionne pas en continu (laminage)	1 jour de rétention	120 m <sup>3</sup>
<b>Boues digérées</b>	Si la déshydratation ne fonctionne pas, les boues ne peuvent plus entrer dans la digestion.	<i>Afin de disposer du choix de ne pas déshydrater le week-end, un volume de stockage de 3 jours est prévu.</i>	330 m <sup>3</sup>
<b>Eaux Putrides</b>	Les eaux putrides sont fortement chargées en ammonium et doivent être réinjectées petit-à-petit à la STEP (lissage) afin de ne pas surcharger la biologie.	<i>Le volume correspond au volume du tampon boues digérées (moins le volumes des boues).</i>	290 m <sup>3</sup>

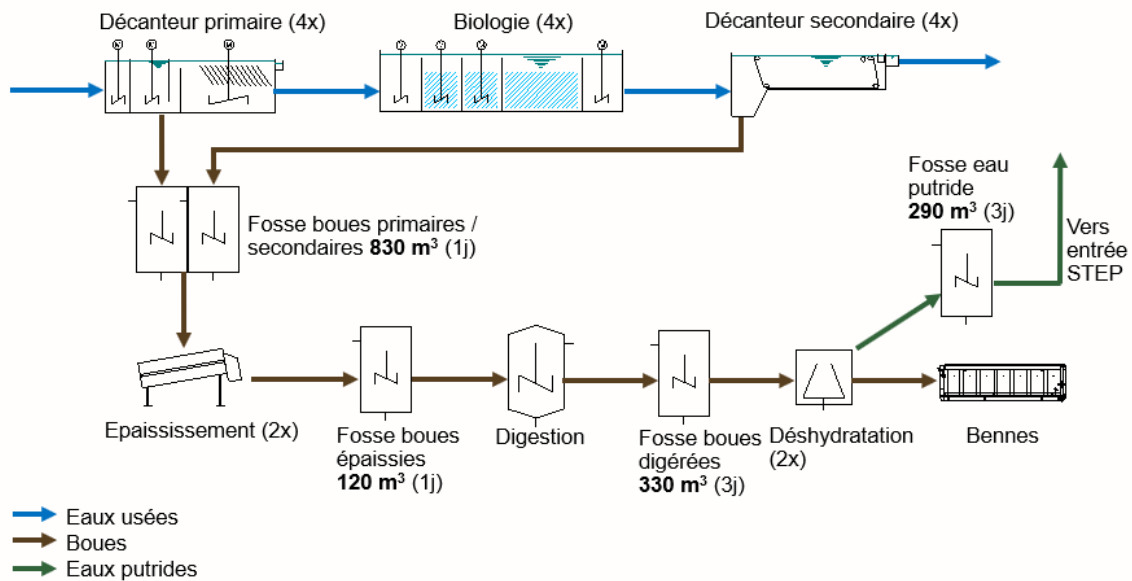


Figure 16: Schéma des tampons pour les boues (avec volumes choisis)

Le concept de dépotage et de rétention des boues et eaux usées tierces est le suivant :

- ▶ La vidange du camion est assurée soit :
  - Par tuyaux (raccord à définir) avec ou sans pompage (gravitaire)
  - En basculant via une grille grossière sur une trémie
- ▶ Ensuite selon la nature de la livraison :
  - Eaux usées : Stockage dans trémie sous grille puis injection en tête de STEP
  - Boues : Stockage dans fosse boues tierces, ensuite il y existe plusieurs possibilités selon la nature des boues
    - Passage par le tamis de boues (type «strainpress»)
    - Passage par épaissement (via fosse boues secondaires).
    - Directement à la digestion.
    - Tête de STEP

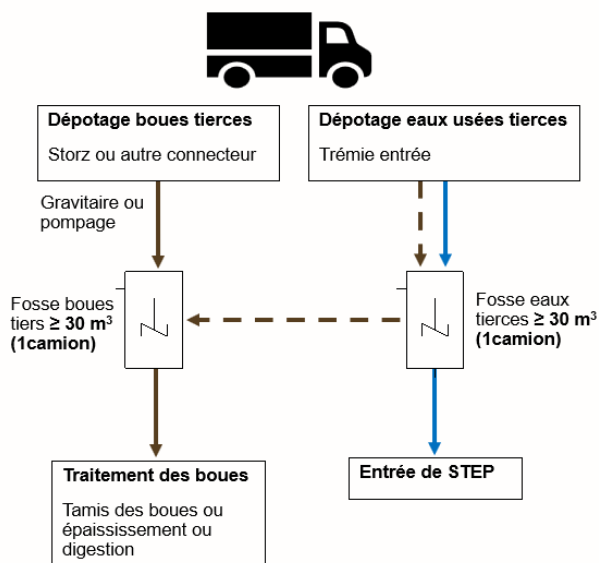


Figure 17 : Concept de réception des boues/ eaux usées tierces

## 6. Installations électriques et de commande

### 6.1 Alimentation électrique

La puissance électrique installée a été estimée en prenant la puissance des tous les équipements futurs, y.c. le traitement des boues (voir annexe 6).

#### Puissance installée - consommation

Pour définir la puissance fournie à ce stade du projet, il a été considéré que tous les équipements peuvent fonctionner en simultané. Ainsi, en charge et débit maximal, tous les équipements fonctionnent sans restriction. Cela permet également d'avoir une certaine flexibilité au cas où la puissance installée s'avère plus élevée que prévu.

#### Consommation

Le temps de fonctionnement journalier de chaque équipement a été estimé et implique une consommation annuelle de 2.9 MWh/an. Ceci correspond à env. 33 kWh/an/EH ou 0.45kWh/m<sup>3</sup> (en considérant les valeurs de dimensionnement).

#### Puissance installée - production

La production installée se compose du CCF (~300 kW) et des panneaux photovoltaïques (pic de puissance ~1'300 kW). La puissance maximale qui pourrait être injectée sur le réseau (1600 kW) correspond environ au double de la puissance consommée.

### 6.2 Local des transformateurs.

La puissance du transformateur actuel est insuffisante et le local sera démoli dans le cadre du projet (démolition bâtiment de service).

L'ERM a décidé de rester en alimentation basse tension et de mettre à disposition un espace pour un bâtiment indépendant des transformateurs (voir PV COPIL de la séance du 08.02.2023). Cet espace se trouve proche de la route cantonale à l'entrée Est de la STEP. Les dimensions ont été repris du plan transmis par Romande Energie.

### 6.3 Tableaux de commande

Des nouveaux tableaux de commande seront répartis sur la filière de traitement des eaux, afin d'optimiser la longueur des câbles.

A ce stade, les sous-stations de commande suivantes sont prévues :

- ▶ Bâtiment des prétraitements/boues - Dans les étages intermédiaires
- ▶ Bâtiment administratif – Rez-de-chaussée
- ▶ Galerie technique vers surpresseurs – Etage intermédiaire.
- ▶ Traitement des micropolluants – Rez-de-chaussée.

Chaque tableau de commande est équipé avec un automate programmable industriel (API). Une communication entre les différents automates programmables et avec la supervision sera assurée. Tous les tableaux se trouveront ainsi dans des locaux séparés.

Les tableaux principaux de la STEP se situeront à l'étage intermédiaire (entre le rez-de chaussée et la 1<sup>ère</sup> étage) du prétraitement. De cette manière ils pourront être construits au début de travaux et en définitif.

## 6.4 Supervision

La mise à jour du système de supervision permettant le contrôle des installations et la conduite de processus devra être étudiée dans le cadre du projet définitif.

## 6.5 Protection contre la foudre et mise à terre

Les nouveaux bâtiments seront équipés d'une protection contre la foudre. Les installations électriques seront protégées par des parafoudres.

Une mise à terre équipotentielle est prévue pour tous les éléments sensibles, conformément aux normes en vigueur.

# 7. Aménagements extérieurs

Le projet d'aménagement paysager et écologique de la nouvelle Station d'Épuration (STEP) s'inscrit en partie dans le cadre de la logique et du contexte global du parc paysager initié par le Parc de Vertou, en harmonie avec le grand paysage. Ce projet vise à créer un environnement durable, respectueux de l'environnement et intégré de manière harmonieuse dans le paysage urbain de la Ville de Morges.

## 7.1 Concept architectural

Le concept architectural prévoit d'appliquer une palette de couleurs s'inspirant du parcours d'épuration de l'eau. Les détails du concept sont donnés dans la notice dédiée du bureau d'architecte Hélium (annexe 12).

## 7.2 Intégration paysagère

La nouvelle STEP s'intègre pleinement dans le parc paysager de Vertou, en respectant ses caractéristiques ainsi que ses principes d'aménagement. À l'Ouest, pour dissimuler les bassins de la vue des promeneurs, des buttes paysagères atteignant 2 à 3 mètres de hauteur sont aménagées autour des installations. Celles-ci préservent l'aspect esthétique du site tout en offrant des opportunités pour la mise en place de mesures écologiques bénéfiques à la faune.

Au Sud, la préservation du patrimoine arboré nous amène à travailler avec la végétale. Ici, la stratégie est de créer un filtre visuel par l'utilisation et la mise en place de différentes strates végétales tout en s'appuyant sur les sujets majeurs présents sur site. Indépendamment des aménagements à l'Ouest, ces arbres font bénéficier de leur importante taille afin d'avoir un effet de masque immédiat.

### 7.2.1 Biodiversité et végétalisation

Le projet prévoit la mise en scène de l'ensemble des strates végétales, favorisant ainsi l'augmentation de la biodiversité du site. Des prairies extensives, des arbustes pour masquer des vues et définir des espaces spécifiques, ainsi que des arbres à grands développements liés à la compensation des abattages seront implantés sur l'ensemble du Parc de Vertou. L'utilisation d'espèces indigènes et des espèces adaptées au changement climatique garantiront une cohérence écologique avec le parc de Vertou et le Bief, favorisant la continuité des réseaux verts de la région.

## 7.2.2 Gestion des flux de circulation

Le projet accorde une attention particulière à la gestion des flux de circulation, permettant ainsi une meilleure appropriation des lieux par les usagers. Les modes doux, tels que la marche et le vélo, sont valorisés sur l'ensemble du périmètre, facilitant les liaisons Nord/Sud et offrant aux usagers une expérience agréable. Les abords de la RC01 guident les usagers jusqu'aux rives du lac, leur offrant une vue panoramique sur le paysage de qualité.

## 7.2.3 Gestion des ressources hydriques

La réduction des surfaces imperméables est un des enjeux du projet. Les revêtements semi-perméables utilisés pour la construction du parking paysager permettent de valoriser l'eau de pluie en diminuant son rejet au lac et permettant de recharger les fosses de plantations des arbres. De plus, des dépressions dans le terrain en pied de talus achemineront les eaux lors d'événements météorologiques extrêmes, contribuant ainsi à une gestion durable des ressources hydriques.

Le projet d'aménagement paysager et écologique de la nouvelle STEP répond aux enjeux actuels et futurs en matière de préservation de l'environnement et d'intégration harmonieuse dans le paysage urbain. En valorisant les espaces verts, en favorisant la biodiversité, en privilégiant les modes de déplacement doux et en adoptant une gestion responsable des ressources hydriques, ce projet contribue à renforcer la qualité environnementale et la durabilité de la commune.

## 7.3 Logistique

### Accès

Actuellement l'entrée Ouest de la STEP est utilisée comme entrée principale par les véhicules. L'entrée Est depuis la route cantonale est utilisée par les piétons.

Le concept du paysagiste [22] prévoit à l'Ouest :

- ▶ L'accès à la voie verte (mobilité douce).
- ▶ Un parking pour véhicules privés pour l'accès au lac et au parc. Il s'agit d'un déplacement du parking actuel plus proche de la route cantonale.

Ce concept engendre plus de mouvement de personnes et de véhicules vulnérables (trottinettes, vélos, ...) et augmente le risque de conflit avec les camions. Par conséquent, le concept suivant est retenu :

- ▶ L'accès Est est l'entrée principale des véhicules pour le chantier (livraisons et privées).
- ▶ Une voie pour l'accès au parc (urgences, services) reste disponible pendant le chantier.
- ▶ L'accès Ouest n'est utilisé qu'exceptionnellement.

L'accès Est doit disposer d'un espace important, notamment :

- ▶ Espace de manœuvre pour les camions : En accord avec les normes VSS [10], un rayon extérieur de 12.1 m (11.8 + 0.3 m afin de faciliter le virage) a été déterminé comme nécessaire (camion semi-remorque). Le parcours du camion semi-remorque a été testé avec le logiciel « vehicule tracking » de Autodesk.
- ▶ Réserve pour une installation futur de pesage pour les camions (pas prévue dans le cadre du projet).
- ▶ Espace pour retirer les bennes de boues : les plus grandes bennes (type « multiroll ») ont une longueur de 8 m. L'espace en-dessus des bennes dans le bâtiment étant limité, elles doivent être retirées du local par le camion avant d'être chargées. L'espace disponible devant le local doit être supérieur à 20 m.



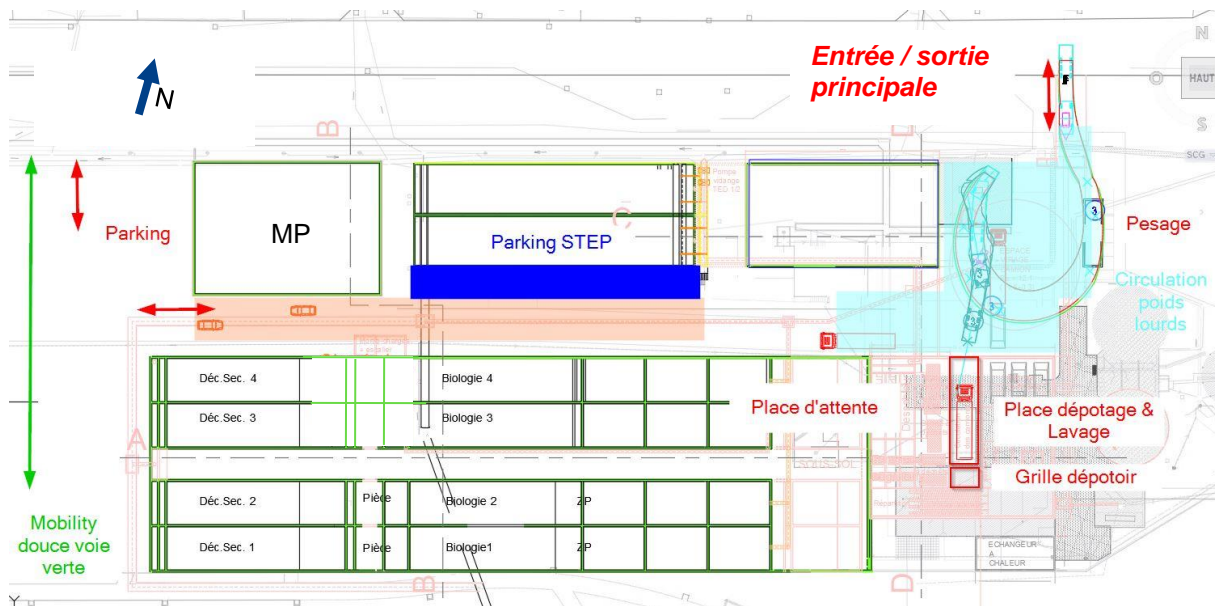


Figure 18: Concept logistique des accès

### Place de lavage et dépotage

Le concept prévoit un espace de 20 x 6 m à l'intérieur du bâtiment de prétraitement / boues pour toutes les déposes. La hauteur d'environ 10 m permettra de pouvoir vider des camions à benne basculante. L'accès camions se fait à reculons. La place de dépotage sera équipée de :

- ▶ Une grille grossière env. 3 x 3 m pour réceptionner les boues / eaux des camions à benne basculante
- ▶ Une connexion type « Storz » pour vider les camions, une pompe volumétrique facultative permettra de vider les camions qui ne sont pas équipés de pompe propre.
- ▶ Un lavage manuel, type « Kaercher » (lavage des bennes, pas de lavage des châssis).
- ▶ Un drainage de la place raccordé à l'entrée de la STEP (avec volume de rétention en cas d'avarie).
- ▶ Des connexions pour le dépôt des floculants / coagulants.
- ▶ Un bac de rétention d'env. 30 m<sup>3</sup> afin d'acheminer les eaux ou boues vers la filière de traitement adéquate.

Les avantages d'effectuer ces interventions à l'intérieur sont :

- ▶ Les odeurs sont confinées dans un espace ventilé.
- ▶ La place de dépotage est aux normes, elle comporte :
  - Une rétention en cas d'avarie.
  - Aucune connexion aux eaux claires, aucun risque de contamination en cas d'avarie.
  - Pas d'eau de pluie, évite une place extérieure qui devrait être couverte.

### Camions de vidange des toilettes mobiles

Un concept spécial est prévu pour les camions de vidange des toilettes mobiles :

- ▶ Le long du futur bâtiment de prétraitement (sur le futur collecteur d'entrée) il y aura deux places réservées pour les camions de petite taille qui vidangent les toilettes mobiles.
- ▶ Les camions peuvent tourner autour des digesteurs (aménagement prévu). Le couvert existant (couvert à toxiques inutilisé) sera démoli pour disposer de plus d'espace.
- ▶ Les places sont raccordées aux eaux usées.

## Autorisations

Les deux accès à la STEP sont répertoriés officiellement sur le cadastre.

L'accès Ouest se trouve dans une localité et est par conséquent géré par la commune de Morges.

L'accès Est est géré par le canton via le voyer des routes.

Selon téléphone avec M. Bögli de la DGMR du 23.11.2022, l'accès des véhicules entrée et sortie est légal, y compris la traversé de la ligne blanche (sortie et entrée par la voie opposée à la STEP)



Figure 19 : Routes, extrait Géoportail vaudois du 23.11.2022 ([permalien](#))

## 8. Aspects énergétiques

### 8.1 Concept énergétique

Les consommations d'énergie pour l'oxygénation des bassins biologiques ainsi que pour le relevage des eaux représentent une grande partie de l'énergie nécessaire dans la STEP. Une attention particulière sera portée aux possibilités d'économie et de régulation ainsi que dans le choix de la classe d'efficacité des moteurs électriques.

Le bureau Ryser a réalisé une étude de variantes pour la futur STEP (voir annexe 11), la variante retenue est la suivante :

- ▶ Méthanisation des boues et valorisation du biogaz par CCF (comme actuellement) : l'électricité est utilisée pour couvrir les besoins de la STEP, une partie de la chaleur est utilisée pour le chauffage des locaux et le maintien du digesteur à 37°C. La chaleur excédentaire sera vendue à Romande Energie via un échangeur à chaleur. Elle sera utilisée pour l'eau chaude sanitaire d'un réseau de chauffage à distance.
- ▶ Récupération de chaleur sur les eaux en sortie de la STEP : une installation de chauffage à distance a récemment été réalisée par la Romande Energie et sera maintenue.
- ▶ Solaire : Des panneaux photovoltaïques seront installés sur les surfaces adéquates (obligation communale). Voir chapitre 8.2.

Globalement, la STEP produira à terme la même quantité d'énergie que ce qu'elle consomme. Cependant, la production n'aura pas forcément lieu au même moment que la consommation. Le raccordement au réseau prendra cet aspect en considération. Des efforts seront menés (p.ex. utilisation des CCF pendant la nuit) afin de maximiser l'autoconsommation.

Ce concept a été validé par l'ERM lors de la séance du CODIR du 08.02.2023.

Ces éléments sont également développés dans le RIE.

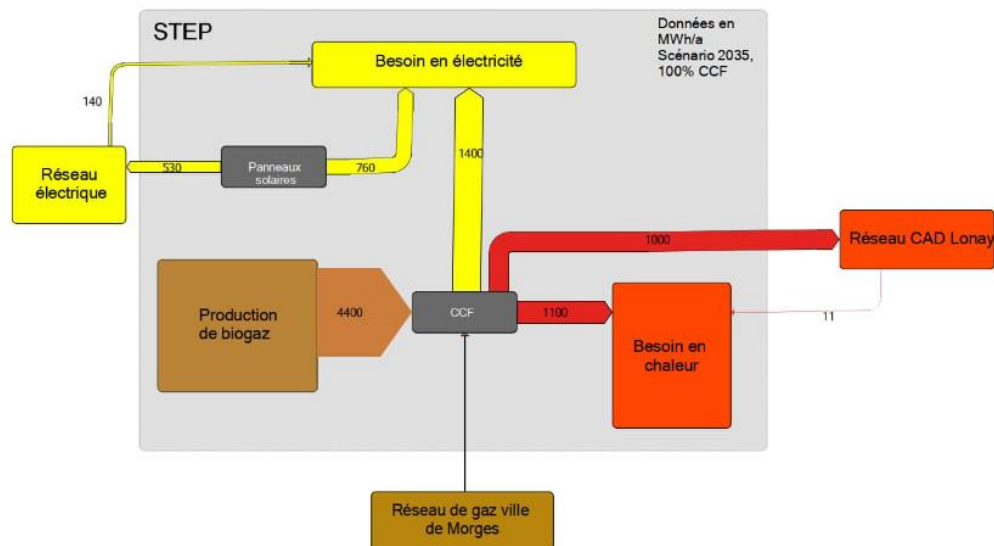


Figure 20: Schéma des flux d'énergie de la variante retenue, projection 2035 (figure 5 du rapport de Ryser)

Les aspects suivants ont aussi été intégrés et sont prévus :

- ▶ Echangeur boues-boues (selon recommandation étude gros consommateur HEIG)
- ▶ Réglage dynamique de la biologie.

## 8.2 Solaire

Les toits des bâtiments seront couverts de panneaux photovoltaïques :

- ▶ Bâtiment exploitation / administration : Toiture végétalisée avec panneaux photovoltaïques.
- ▶ Bâtiment prétraitement : Panneaux photovoltaïques.
- ▶ Bâtiment micropolluant : Panneaux photovoltaïques. Les réacteurs peuvent également être couverts, un espace de 4-5 m entre le haut des réacteurs et la couverture est nécessaire pour exploiter les réacteurs.
- ▶ TED : Structure métallique avec panneaux photovoltaïques. La structure couvre également le parking de l'ERM et les bennes.
- ▶ Biologie (y.c. décanteurs primaires & secondaires) : Structure métallique avec panneaux photovoltaïques. En raison de la grande surface à disposition (5'000 m<sup>2</sup>) et le potentiel de production électrique supérieur à la consommation de la STEP, l'ERM a décidé de prévoir la couvertures des bassins biologiques. La structure se trouvera à environ 5 m sur les bassins.

## 9. Génie civil et second œuvre

### 9.1 Fondation - Pieux

Le terrain de la STEP actuelle est issu du remblai d'une partie du lac. En conséquence, les terrains sont peu stables et la hauteur d'eau de la nappe est liée directement au niveau du lac (voir annexe 10). Des pieux étaient prévus dans l'API afin d'éviter les mouvements des ouvrages. La DGE a demandé un forage profond afin de vérifier l'hypothèse de la présence d'une deuxième nappe plus profonde séparée de la nappe supérieure. Cette seconde nappe n'a pas été trouvée, en revanche les échantillons ont servi pour réaliser des essais œdométriques. Les résultats (voir annexe 13) montrent des tassements de l'ordre de 3 à 5 cm, ce qui confirme la nécessité de la mise en place de pieux.

### 9.2 Enceinte de fouille

La réalisation des parties enterrées des bâtiments et bassins se fera à l'abri d'une enceinte de fouille étanche de type palplanches. Cette enceinte permettra l'abaissement provisoire de la nappe indispensable pour la réalisation de l'excavation et de la construction des enveloppes étanches des ouvrages. Les profondeurs d'excavation et les conditions géologiques ne permettent pas la mise en place d'enceintes de fouilles autostables. Elles seront étayées horizontalement par un système de butonnage, ajusté en fonction de l'avancement des travaux. Pour maîtriser l'abaissement de la nappe et éviter toute perte de portance du sol de fondation, les enceintes ne seront retirées qu'une fois les parties excavées réalisées et apte à reprendre les efforts de poussé d'Archimède.

Afin d'éviter toute intervention depuis le parc et conserver au maximum l'arborisation actuelle, une couverture provisoire circulaire sera réalisée sur les bassins qui permet le retrait des palplanches côté Sud.

### 9.3 Structure

Les constructions seront majoritairement en béton. La halle des prétraitements sera en structure métallique (grande halle sans murs de séparation). Il est également prévu de recouvrir les réacteurs du bâtiment des micropolluants par une structure métallique, afin d'éviter l'entrée de feuilles et de disposer de l'espace pour la pose de panneaux photovoltaïques.

Une partie démontable dans la structure métallique du prétraitement permettra de poser et enlever les vis de relevage.

## 9.4 Monte-charges et engins de levage

Des monte-charges sont prévus :

- ▶ Dans le bâtiment exploitation / administration (stock au rez-de-chaussée et 1<sup>er</sup> étage, accès à la galerie au sous-sol).
- ▶ Dans le bâtiment des prétraitements (accès à la galerie au sous-sol, rez-de-chaussée et 1<sup>er</sup> étage ainsi qu'aux étages intermédiaires prévus pour les armoires électriques).
- ▶ Entre le décanteur et la biologie (type « table ciseaux » afin d'accéder depuis la route à l'étage intermédiaire de la galerie, où se trouvent les soufflantes, et à la passerelle des bassins).

Des engins de levage sont prévus dans tous les endroits nécessaires, notamment un pont roulant avec grue (5 t) dans la halle de prétraitement.

## 10. CVS

### 10.1 Traitement de l'air

Il y aura trois types de ventilation :

- ▶ Ventilation de « confort » à priori sans odeurs (galerie, locaux de stockage)  
=> Renouvellement de l'air sans traitement.
- ▶ Locaux avec faibles odeurs, mais grand débit de ventilation (notamment halle de prétraitement avec réception des boues)  
=> Traitement par filtre biologique
- ▶ Locaux avec fortes odeurs mais faible volume : tampons des boues et machines (déshydratation, épaissement, tamiseurs, dégrilleurs). Ces locaux doivent également être ventilés activement pour n'est pas accumuler du gaz.  
=> Traitement par lavage chimique (comme actuellement) ou charbon actif.

Le traitement des locaux avec fortes odeurs est prévu dans le même local que le stockage du coagulant. La place pour un traitement de lavage chimique (plus encombrant qu'un traitement au charbon actif) y est prévue. Le filtre biologie se trouvera au 1<sup>er</sup> étage du prétraitement. Le local est ouvert afin de laisser l'air traité s'échapper. Les étages de bureaux du bâtiment exploitation / administration auront une ventilation séparée.

Estimation des débits d'air maximum :

- ▶ Ventilation confort (galerie + locaux) : ~30'000 m<sup>3</sup>/h
- ▶ Ventilation faible odeur (surtout halle prétraitement) : ~25'000 m<sup>3</sup>/h
- ▶ Ventilation fortes odeurs : ~500 m<sup>3</sup>/h

### 10.2 Eau potable

L'eau potable vient du réseau communal. Le point de raccordement à la STEP se trouvera dans le bâtiment exploitation / administration. Tous les lavabos seront alimentés en eau potable.

Un raccord (déconnecté via robinet + vanne) permet d'alimenter la bache eau industrielle en cas de nécessité.

## 10.3 Eau industrielle

L'eau industrielle sera prise sur la conduite de sortie côté Ouest. Deux pompes dans le fond de la galerie assureront l'alimentation en pression (et non en aspiration). La prise sera située dans une chambre avec sur-profondeur sur le collecteur de sortie. Chaque pompe aura une prise séparée. De cette manière :

- ▶ Il n'y a pas de changement au niveau du phasage (construction du bâtiment des micropolluants).
- ▶ Une redondance est assurée.
- ▶ La meilleure qualité de l'eau est assurée.

Le débit maximal est estimé à environ 50 l/s avec les consommateurs principaux suivants :

- ▶ Déshydratation.
- ▶ Centrifuge.
- ▶ Lavage dégrilleurs.
- ▶ Préparation charbon.

La pression du réseau est d'environ 8 bar.

## 10.4 Air comprimé

Une installation d'air comprimé est prévue avec les dimensions suivantes :

- ▶ Débit de 2 x 1000 m<sup>3</sup>/h.
- ▶ Pression du réseau de 8 bars.

## 10.5 Chauffage

Seuls les locaux des bureaux et l'atelier dans le bâtiment exploitation / administration seront chauffés. Les autres locaux seront hors gel. L'installation d'un chauffage de secours permettra de garantir le hors gel en cas de grand froid.

La chaleur est prise par la production de chaleur du CCF (voir annexe 11). L'excédent sera injecté sur le réseau CAD via un échangeur. En cas de problème avec le biogaz, le CCF peut être alimenté avec du gaz de la ville. En dernier recours (p.ex. problème avec le CCF), l'échangeur avec le CAD de la ville (normalement prévu pour l'injection de la chaleur excédante) peut alimenter la STEP en chaleur.

## 11. Sécurité

### 11.1 Sécurité fonctionnelle

La sécurité fonctionnelle a été intégrée dans le projet selon les recommandations du VSA [12].

- ▶ Equipements :
  - Tous les équipements importants ont une redondance.
- ▶ Alimentation électrique :
  - La STEP est prioritaire en cas de délestage du réseau et ne sera pas concernée par les coupures (information Romande Energie, séance du 26.04.2023). Elle se trouve sur une ligne prioritaire alimentée de deux côtés et Romande Energie garantie des coupures  $\leq 30$  min.
  - Le CCF sera équipé pour fonctionner en îlot en cas de coupure électrique (voir rapport Ryser).
  - Un programme automatique est établi pour un fonctionnement minimal (arrêt des équipements non essentiels, utilisation des tampons, diminution des débits).

### 11.2 Zones ex

Un plan de zones ex se trouve dans le dossier de plans. Les éléments suivants sont répertoriés :

- ▶ Tous les tampons de boues (Zone ex 2), l'ensemble des volumes seront fermés
- ▶ La zone d'entrée (vis et distribution), les 3 lignes de prétraitement (dégrilleurs, tamiseurs, dessableur/déshuileur) (Zone ex 2). Le déshuileur empêche les flottants inflammable (essence, huile, ...) d'aller plus loin dans le traitement. La cuve de flottants est également en zone ex 2.
- ▶ La zone de dépoussiérage du silo à charbon actif (Zone ex 21).
- ▶ Le local CCF dans le bâtiment de prétraitement (CCF zone 1, local zone 2).

Les installations de gaz (hors CCF) se trouvent dans la partie qui n'est pas touchée par le projet.

### 11.3 Protection incendie

Un concept de protection incendie est donné par le bureau JPiller (voir dossier de plan).

### 11.4 Produits chimiques

Le RIE [25] détaille les zones de stockage des produits chimique et la sécurité.

## 12. Coûts

### 12.1 Coûts d'investissement

*Les coûts d'investissement seront définis en printemps 2024 sur la base du projet et du retour de la mise à l'enquête.*

Les coûts seront présentés sans décompte des subventions. Des subventions cantonales (DGE) pour la partie des installations relatives à la nitrification sont attendues à hauteur de 35%. Le traitement des micropolluants fait l'objet de subventions fédérales (OFEV) à hauteur de 75%.

### 12.2 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation actuels sont d'environ 50 CHF/EH/an pour une charge d'environ 50'000 EH<sub>Dco</sub>.

*Les coûts d'exploitation futurs seront spécifiés début 2024 sur la base du projet et du retour de la mise à l'enquête.*



## 13. Planning intentionnel et phasage des travaux

### 13.1 Planning des études

Ce projet de l'ouvrage permet la mise à l'enquête du projet en vue de l'obtention de l'autorisation de construire. Les soumissions pour entreprises et fournisseurs seront ensuite élaborées.

Le planning intentionnel proposé définit un début des travaux en 2025 (en fonction des oppositions et de l'avancement du projet). Pour ce faire, il propose les principales étapes suivantes :

- ▶ Février 2024 : Mise à l'enquête
- ▶ Mars 2024 : Finalisation du projet d'ouvrage
- ▶ 2024 - 2025 : Adjudication des planificateurs et projet d'exécution.

### 13.2 Phasage des travaux

La phase de réalisation pour l'agrandissement et l'assainissement d'une station d'épuration est complexe car la continuité de l'exploitation, y compris l'utilisation des accès, doit être assurée. Les normes de rejets en matière d'épuration des eaux devront être respectées pour toute la durée des travaux. Il est donc très important de planifier les étapes avec précaution. A l'heure actuelle, un concept global avec quelques lignes directrices a été élaboré. La réalisation s'étendra sur environ 5-6 ans, plus 2 ans pour les micropolluants (total 7-8ans) et se déroulera en 8 phases principales :

- ▶ Phase 1 (~2025) : Parc Vertou : Edicule, cheminement piétons et arbres
- ▶ Phase 2 (~2026) : STEP : Installation de chantier et provisoires
- ▶ Phase 3 (~2026-2027) : Déviation exutoire + By-Pass STEP (conduites)
- ▶ Phase 4 (~2027-2028) : Construction du nouveau bâtiment de prétraitements et boues (y.c. relevage)
- ▶ Phase 5 (~2028-2031) - filière de traitement biologique (décanteurs primaires, bassins biologiques, décanteurs secondaires). (en 4 sous-étapes). Mise en service de la filière
- ▶ Phase 6 (~2031) : Mise hors service de la filière de traitement de l'eau actuelle. Déconstruction de l'ancienne STAP, du dessableur et des bassins biologiques actuels.
- ▶ Phase 7 (~2032-2033) : Construction du traitement des micropolluants et du nouveau bâtiment exploitation / administration. Transformation des décanteurs primaires actuels en TED.
- ▶ Phase 8 (~2033) : Démolition de l'ancien bâtiment d'administration. Aménagements extérieurs (y.c. restitution du parking) et travaux d'intégration paysagère.
- ▶ Phase 9 (~2033) : Parc Vertou: Arbres et aménagements

Un plan de phasage des travaux est disponible dans le dossier de plans et un planning intentionnel à l'annexe 9.

# ANNEXES

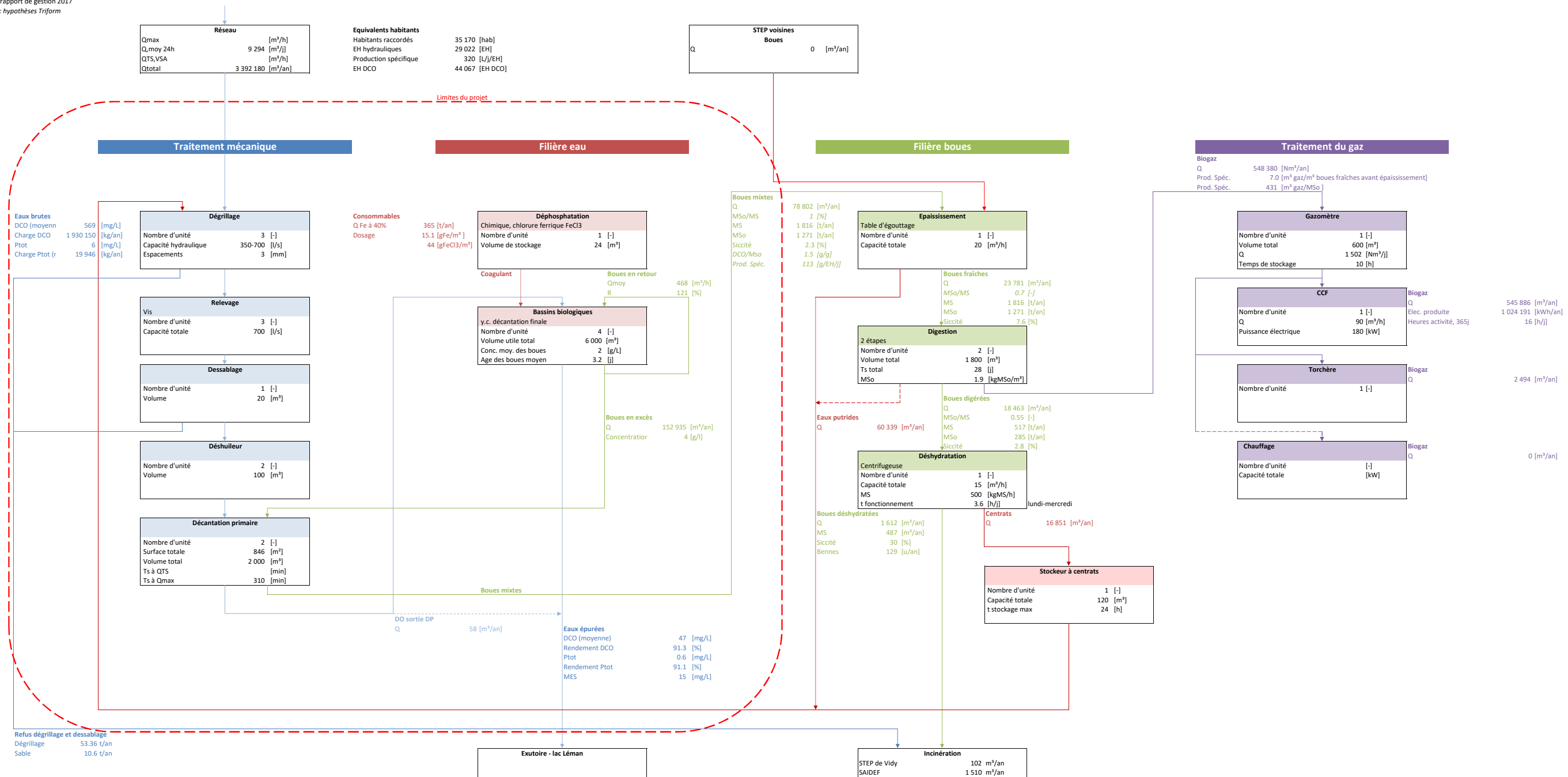
# Annexe 1

## Schéma des installations et flux 2017

**Concept actuel - Flux 2017**

Valeurs : rapport de gestion 2017

Italiques : hypothèses Triform



## Annexe 2

# Rapport sur les débits futurs à la STEP, Hydrique

**ERM**

 **TRIFORM SA**  
POUR L'ENVIRONNEMENT  
FÜR DIE UMWELT

# COMPLEMENT APPORTS A LA FUTURE STEP DE L'ERM

## NOTE DE SYNTHESE

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1</b>	<b>PREAMBULE.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>METHODOLOGIE.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>4</b>
3.1	RÉSEAU NON MODIFIÉ .....	4
3.1.1	<i>Débits classés</i> .....	4
3.1.2	<i>Déversements</i> .....	5
3.2	RÉSEAU MODIFIÉ.....	6
3.2.1	<i>Débits classés</i> .....	6
3.2.2	<i>Déversements</i> .....	6
<b>4</b>	<b>SYNTHÈSE .....</b>	<b>8</b>
	<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>10</b>

# 1 Préambule

**But de l'étude** Dans le cadre du projet de construction d'une nouvelle STEP pour l'ERM dont l'étude est réalisée par le bureau Triform SA, le bureau Hydrique Ingénieurs (anciennement e-dric.ch) est en charge de simuler les apports à la STEP dans des scénarios de développement futurs de l'agglomération Lausanne-Morges.

# 2 Méthodologie

**Modélisation RS URBAN** La modélisation pluie-débit est réalisée avec le modèle RS URBAN déjà utilisé pour la simulation en temps réel du réseau de l'ERM (*e-dric 2013a*). Les caractéristiques des bassins versants et le calage sont tirés de ce modèle opérationnel.

**Scenarios de développement** Des scénarios de développement de la population sont appliqués comme lors de précédents mandats (*edric.ch 2014*):

- Développement de la population selon le Projet d'Agglomération Lausanne-Morges (PALM) et de l'Association de la Région Cossonay-Aubonne-Morges (ARCAM)
- Adaptation du coefficient de ruissellement en fonction de l'augmentation de la population
- Pas de changement du taux séparatif
- Pas de changement sur la production unitaire d'eaux usées (180 l/EH/jour)
- Extension du bassin versant aux communes de Reverolle, d'Apples, d'Echandens et d'Ecublens

**EH=61806** Avec ce scénario, le nombre d'Equivalent Habitant (EH) total raccordé au réseau de l'ERM serait de 61806 en 2040. La répartition des EH dans l'état futur est résumé dans le Tab 1.

Tab 1 : Répartition des EH du bassin versant de l'ERM

	Reverolle	Apples	Echandens - Echichens	ERM	total
Etat en 2040	660	1723	4509	54914	61806

**Raccordement des communes additionnelles** Le raccordement des communes d'Echandens et d'Ecublens se fait à Lonay suivant le tracé A présenté en Fig. 1, en accord avec les conclusions d'un mandat précédent (*e-dric 2015*). Le raccordement des communes d'Apples et de Reverolle fait l'objet d'une étude en cours afin d'étudier diverses options. Dans le cadre du présent mandat, le raccordement de ces deux communes se fait au niveau de la commune de Clarmont dans le réseau existant. Dans les deux cas, l'écoulement se fait de façon gravitaire jusqu'à la STEP.



Branchement des zones d'Ecublens-Echichens

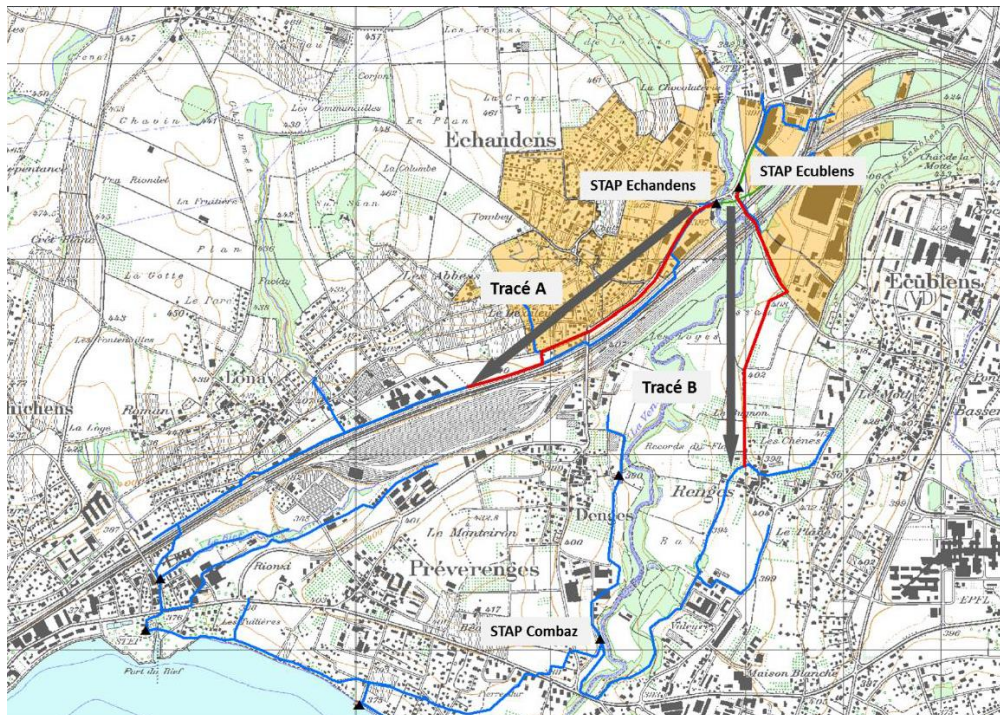


Fig. 1 : Raccordement des communes d'Echandens et d'Ecublens selon le tracé A

Différentes années simulées

Afin d'obtenir des simulations représentatives suivant différentes conditions météorologiques, les années 2012 à 2015 sont simulées. Comme le montre le Tab 2, ces années présentent des cumuls de pluie variés, l'année 2015 étant particulièrement sèche (4<sup>ème</sup> année la plus sèche entre 1981 et 2016), les années 2012 et 2014 étant proches de la moyenne et enfin l'année 2013 étant particulièrement humide (4<sup>ème</sup> année la plus humide entre 1981 et 2016).

Tab 2 : cumul des précipitations à la station Météosuisse de Pully et comparaison avec la moyenne multi-annuelle 1981-2010.

	2012	2013	2014	2015	1981-2010
Pluviométrie à Pully [mm]	1182	1402	1191	823	1151

Simulations à 3min et 60 min

Les simulations sont réalisées au pas de temps de 60 minutes et de 3 minutes. En particulier, le pas de temps de 3 minutes permet de reproduire le signal produit par les pompes proches de la STEP (Taudaz, Croix de Rive, Combaz) pouvant induire des pics par concomitance qui ne sont pas visibles au pas de temps de 60 minutes. Un faible laminage lié aux bassins de décantation primaires est également modélisé au pas de temps de 3 minutes.

Deux réseaux utilisés

Deux réseaux différents sont utilisés pour les simulations :

- 1) Simulations avec le réseau actuel, appelé par la suite *réseau non-modifié*.
- 2) Simulations avec un réseau modifié visant à réduire les déversements et mises en charge dus aux raccordements des communes, nommé par la suite *réseau modifié*.

Augmentation des capacités

Concernant le *réseau modifié*, il a été adapté comme suit:

- Augmentation de la capacité des conduites à Clarmont
- Augmentation de la capacité des conduites à Lonay
- Augmentation de la capacité de la STAP de Pont-de-Vaux de 12 l/s à 20 l/s

- Augmentation de la capacité du DO de Morgette de 80 l/s à 200 l/s
- Augmentation de la capacité des stations de relevage du Parc (de 200 l/s à 300 l/s), de Bluard (de 225 l/s à 300 l/s) et de Blancherie (de 300 l/s à 350 l/s)

Minimiser les rejets L'idée du *réseau modifié* est de minimiser les rejets du réseau à l'environnement (déversements) et ainsi de maximiser les écoulements acheminés à la STEP, en admettant que cette dernière pourra en toute situation réaliser un certain traitement de ces effluents. Il est aussi convenu que les impacts de ces rejets sont plus faibles au lac qu'ils ne le seraient au niveau des cours d'eau situés en amont. Des investissements sont ainsi nécessaires pour atteindre cet état de fonctionnement du réseau.

Calage actuel utilisé Il est également important de préciser qu'en termes de calage, nous gardons les paramètres du modèle opérationnel existant. En particulier, les taux d'Eaux Claires Parasites (ECP) dans les différentes communes restent les mêmes que ceux du modèle opérationnel actuel.

### 3 Résultats

Les résultats ont été transférés au bureau d'ingénieurs Triform SA le 09.12.2016. Pour les simulations à pas de temps de 60 min, différentes composantes du débit (ECP, Eaux de Pluie, Eaux Usées) ont également été exportées.

#### 3.1 Réseau non modifié

##### 3.1.1 Débits classés

La Fig. 2 montre les débits classés au pas de temps horaire. On observe bien une courbe plus basse pour l'année 2015 que pour les autres années.

Comparaison des différentes années

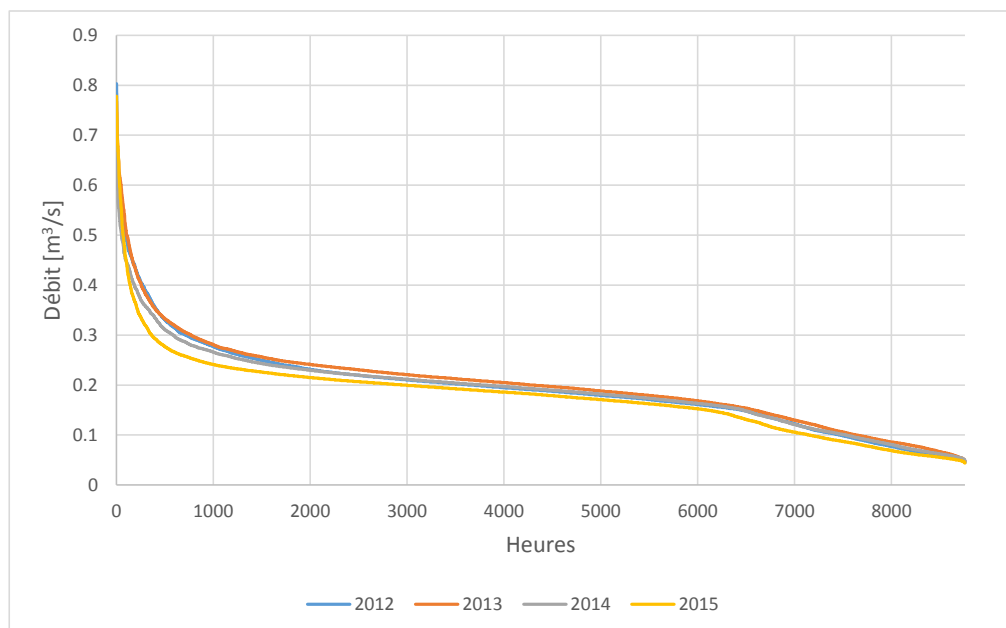


Fig. 2 : débits classés au pas de temps horaire pour le *réseau non-modifié*

Répartition des eaux Durant la période de 2012 à 2015 et avec la simulation au pas de temps horaire, les apports à la STEP sont constitués de 64.5 % d'eaux usées, de 25% d'eaux claires parasites et 10.5 % d'eaux de pluie.

Plus de 90% des apports sous les 300 l/s Les différences entre les simulations au pas de temps de 3 minutes et de 60 minutes sont illustrées dans le Tab 3. Comme attendu, les débits obtenus sont plus élevés avec la simulation au pas de temps de 3 minutes dû à l'effet des STAP proches de la STEP. Il est intéressant de noter que plus de 90% des débits simulés durant la période de 2012 à 2015 se situent sous un seuil de 300 l/s.

Tab 3 : Comparaison des quantiles par année pour les simulations au pas de temps 3 minutes et 60 minutes avec le réseau non modifié. Toutes les valeurs sont en l/s.

	2012		2013		2014		2015		2012-2015	
	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min
quantile 95	358	344	364	344	337	324	292	286	341	327
quantile 90	294	287	302	290	281	273	252	289	283	274
quantile 75	230	226	243	237	229	226	243	237	229	225

### 3.1.2 Déversements

Déversements liés aux raccordements La Fig. 3 illustre les déversements moyens annuels ayant lieu dans le réseau suite aux raccordements des communes cités précédemment. Concernant le raccordement à Clarmont des communes d'Apples et de Reverolle, on observe des déversements sur le réseau mais également un important volume déversé à la STAP de Pont-de-Vaux, et en moindre mesure au DO de Morgette et à la STAP de Parc.

ECP à Pont-de-Vaux non réglés Le volume important déversé à la STAP de Pont-de-Vaux a lieu essentiellement au printemps. Une étude précédente a montré que les débits de temps sec printaniers à Pont-de-Vaux sont très élevés suite aux infiltrations dans les conduites entre Yens, Bussy, Clarmont et Vaux (voir rapport e-dric.ch 2013b).

Volumes plus faibles à Lonay Concernant le raccordement à Lonay des communes d'Ecublens-Echichens, on observe un volume déversé plus faible. A noter que les volumes déversés à la STEP dans la Fig. 3 sont ceux de des déversoirs d'orage actuels. Ces volumes sont inclus dans le calcul des apports à la STEP cités précédemment.

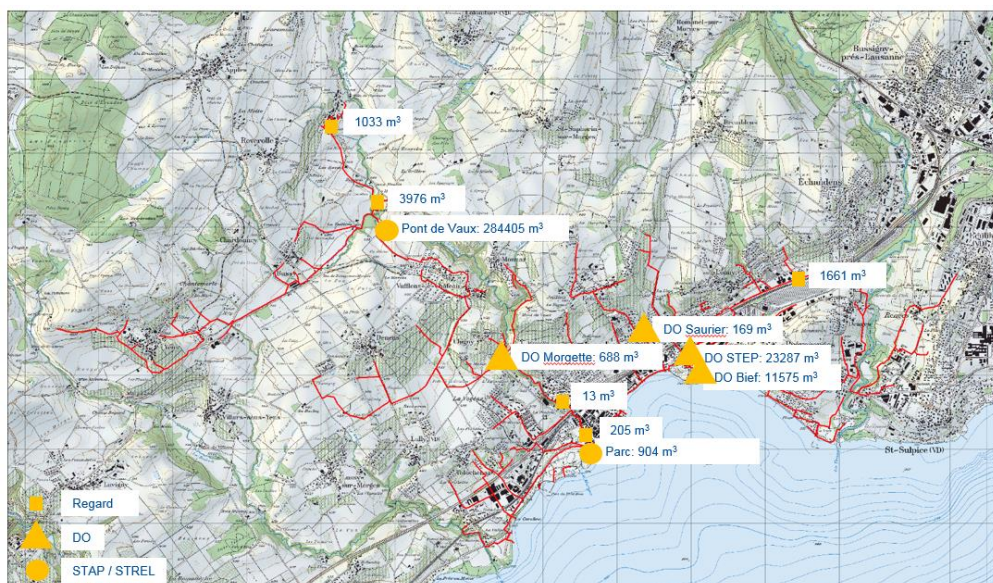


Fig. 3 : Déversements annuels moyens dans différentes parties du réseau non modifié

### 3.2 Réseau modifié

#### 3.2.1 Débits classés

Apports à la STEP plus élevés

La Fig. 4 montre les débits classés au pas de temps horaire dans le cas où le réseau a été modifié afin de limiter les déversements et les mises en charge. Les débits simulés dans ce cas sont plus élevés que dans le cas précédent. En effet, les capacités des stations de relevage le long du lac à l'Ouest de la STEP (Parc, Bluard et Blancherie) sont augmentées, engendrant des apports plus élevés à la STEP.

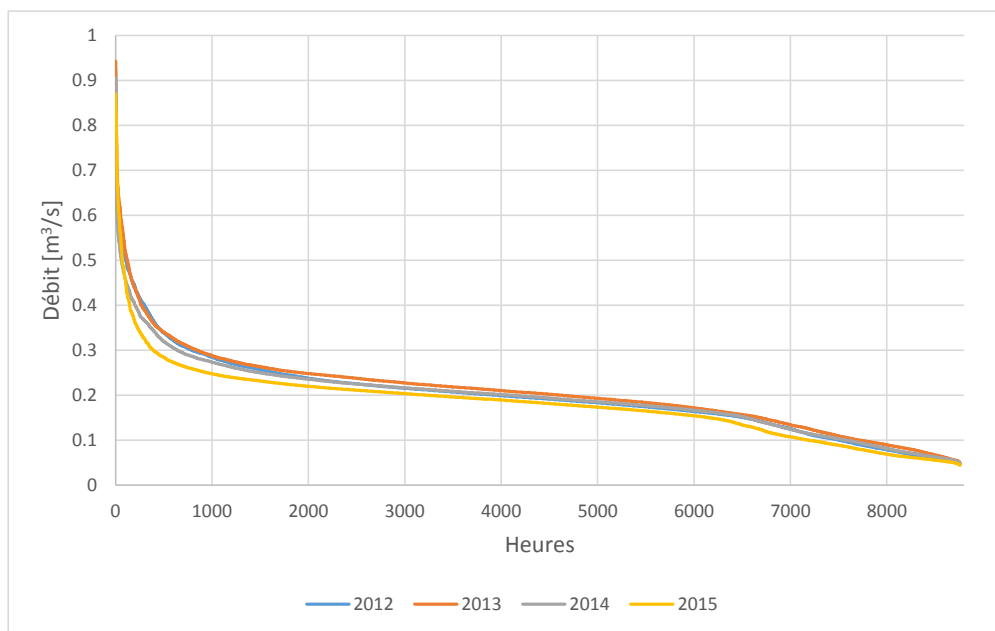


Fig. 4 : débits classés au pas de temps horaire pour le réseau modifié

Les différences entre les simulations au pas de temps de 3 minutes et de 60 minutes sont illustrées dans le Tab 4. Comme auparavant, plus de 90% des débits sous le seuil des 300 l/s.

Tab 4 : Comparaison des quantiles par année pour les simulations au pas de temps 3 minutes et 60 minutes avec le réseau modifié. Toutes les valeurs sont en l/s.

	2012		2013		2014		2015		2012-2015	
	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min	3 min	60 min
quantile 95	367	351	374	350	347	331	303	292	348	335
quantile 90	303	294	313	297	292	280	263	254	290	281
quantile 75	239	232	252	244	238	231	221	216	235	231

#### 3.2.2 Déversements

Moins de volume déversé

La Fig. 5 illustre l'amélioration des résultats en termes de volumes déversés avec les modifications du réseau. En particulier, on observe qu'il n'y a plus de déversement aux branchements de Clarmont et de Lonay, ni au DO de Morgette. Le volume déversé à la STREL de Parc a été fortement réduit. Les débits déversés à la STEP et au Bief considèrent le système actuel (capacité de 650 l/s en entrée de STEP et courbe de remous vers le DO du Bief).

Volumes déversés important à Pont-de-Vaux

Le volume déversé à la STAP de Pont-de-Vaux a été diminué de moitié mais il reste important comme illustré dans la Fig. 6. L'augmentation de la capacité de la STAP de Pont-de-Vaux de 12 l/s à 20 l/s ne suffit pas éliminer les problèmes d'ECP liés aux infiltrations d'eau printanière. Les volumes déversés à la STEP ont quant à eux augmenté suite à l'augmentation de la capacité des STREL de Parc, Bluard et Blancherie.

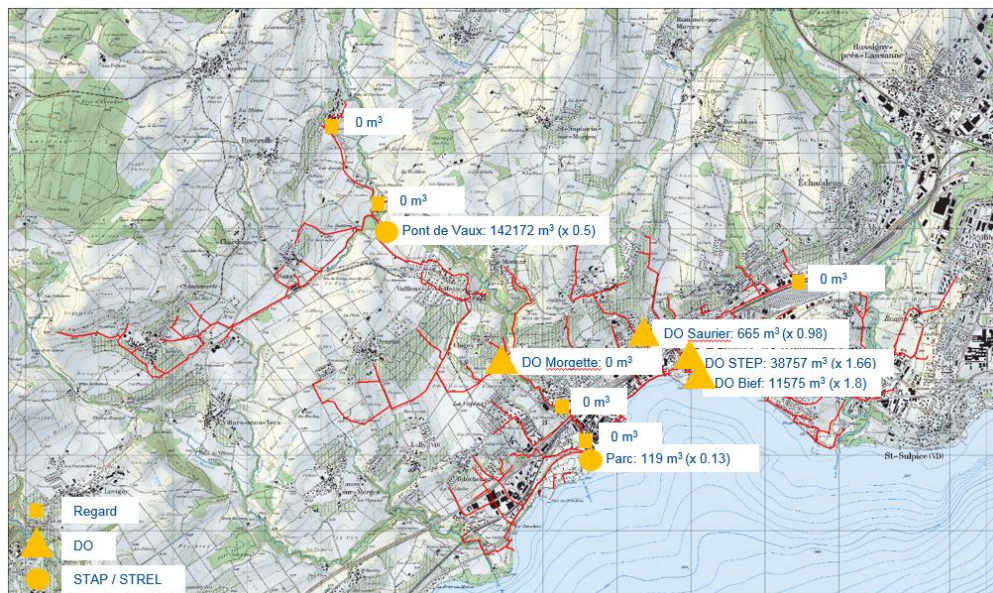


Fig. 5 : Déversements annuels moyens dans différentes parties du réseau modifié. Les chiffres entre parenthèse se réfèrent aux volumes déversés avec le réseau non-modifié, voir Fig. 3.

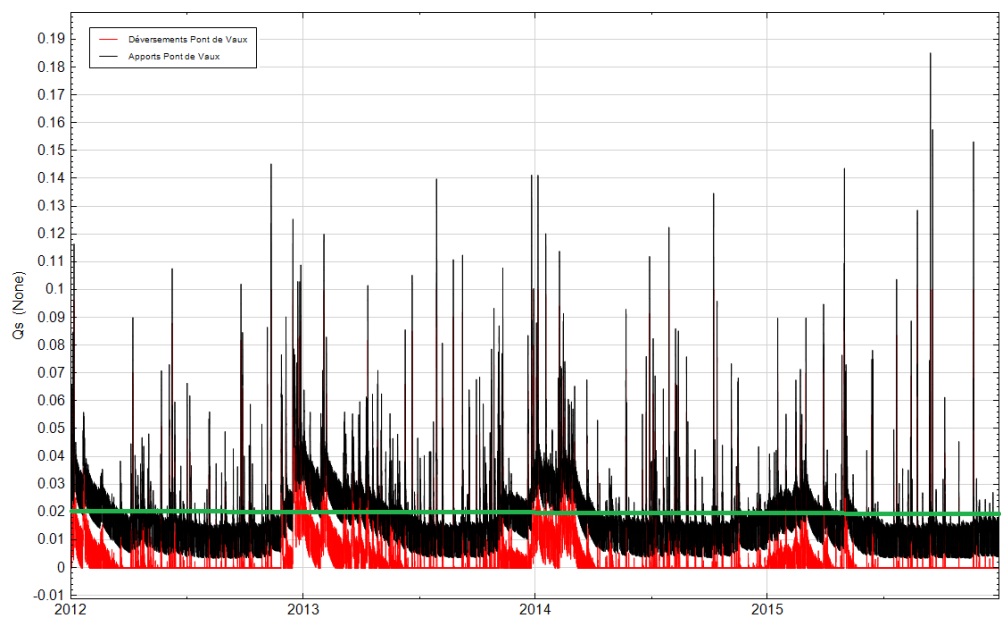


Fig. 6 : Apports et déversements à Pont-de-Vaux. La ligne verte représente la capacité de la STAP de Pont-de-Vaux.

## 4 Synthèse

### Principales hypothèses

EH=61806 Le bassin versant correspond à une projection de la situation future en 2040, avec un total de 61'806 EH hydrauliques raccordés.

*Réseau non modifié* : capacité insuffisante Le *réseau non modifié* n'a pas la capacité suffisante pour absorber les écoulements futurs en tenant compte du raccordement des communes périphériques. Les résultats de ce scénario de doivent pas être considérés pour le dimensionnement de la STEP, mais plutôt comme référence pour la compréhension du choix des valeurs de dimensionnement.

*Réseau modifié* : déversements minimisés Le *réseau modifié* permet, moyennant certains investissements, de réduire fortement les rejets non traités à l'environnement, en particulier vers Morgette, le long du lac et sur la région Nord-Est.

Les déversements à la STEP et au Bief sont gérés directement par le projet de nouvelle STEP. Ainsi, ils ne doivent pas être considérés comme des indicateurs pour l'efficacité d'évacuation du réseau.

Pont-de-Vaux : importants rejets mais tracé pas définitif Le cas de Pont-de-Vaux doit être approché en détail. Un projet de raccordement des communes d'Apples et Reverolle est en cours de réalisation (hiver 2016-2017), et doit proposer des variantes optimales de raccordement permettant de limiter les apports dans le réseau existant. Il est assez probable (66%) que les écoulements de ces communes ne passeront pas par Pont-de-Vaux, mais plutôt par Clarmont qui ne serait plus raccordé à Pont-de-Vaux mais à Vaux-sur-Morges. Mais les résultats définitifs ne sont pas encore établis à l'heure de la rédaction de ce document. Par ailleurs, il est également admis que dans le cadre de ce raccordement, les deux communes citées devront réaliser des travaux de réduction des ECP et des EP. Sur cette base, il peut être admis que les apports produits dans le cadre de cette étude sont suffisants, et que les déversements mentionnés plus haut ne se produiront pas. En gros, il y aura moins d'eau arrivant dans le réseau ERM au printemps et les déversements.

Cette dernière hypothèse peut être garantie par une approche réglementaire et un contrôle des débits en sortie de ces communes.

### Optimisation réseau-STEP

Filière complète à 300 l/s avec micropolluants et filière complémentaire à 650 l/s Les résultats montrent que plus de 90 % des apports à la STEP se situent sous le seuil de 300 l/s. Les débits excédentaires sont produits lors d'épisodes de précipitations, avec des dilutions beaucoup plus fortes. Ainsi, une protection maximale de l'environnement pourrait être obtenue par le biais d'une filière complète, y compris le traitement des micro-polluants, à une capacité minimale autour de 300 l/s, et ensuite par une filière complémentaire traitant des débits atteignant 650 l/s. Ainsi, la capacité totale de traitement de la STEP serait de l'ordre de 950 l/s en situation de pluie, ce qui correspond aux débits maximum arrivant à la STEP.

### Résultats à considérer dans le dimensionnement de la nouvelle STEP

Simulations à 60 min suffisantes Les résultats au pas de temps horaire sont suffisants pour le dimensionnement. En effet, les pointes de débit à 3 min. s'expliquent par l'éventuelle concomitance des pompes, soit au maximum 50 l/s durant quelques minutes. Les oscillations dans les mesures brutes s'expliquent par le fonctionnement du dégrilleur et ne reflètent pas directement les apports à ce pas de temps. Enfin, l'effet de stockage dans les conduites, qui représente plus de 500 m<sup>3</sup>, parvient de toute manière à absorber ces pointes de débit sur de courtes durées.

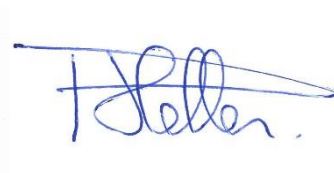
Cette étude a été réalisée par Dr Raphaël Mutzner, Ing. Phys. Dipl. EPFL, collaborateur au bureau Hydrique Ingénieurs et par Dr Frédéric Jordan, Directeur.

Fait au Mont-sur-Lausanne, le 13 janvier 2017

Hydrique Ingénieurs

Dr Frédéric Jordan

Dr Philippe Heller

Handwritten signature of Dr Frédéric Jordan in blue ink.Handwritten signature of Dr Philippe Heller in blue ink.

## Références

e-dric.ch (2013a). " Modélisation du réseau d'assainissement de l'ERM", Rapport, 11\_006\_01, Lausanne

e-dric.ch (2013b). " Campagne de Mesures 2013", Note de synthèse M11\_006\_005\_ERM\_Campagne\_Mesures, Lausanne

e-dric.ch (2014). « Complément au rapport, Modélisation du réseau d'assainissement – Scénario PALM », Lausanne

e-dric.ch (2015). " Etude de faisabilité d'un raccordement des communes d'Echandens et d'Ecublens au réseau de l'ERM ", Note de synthèse M15\_22\_ERM\_Echandens\_Ecublens, Lausanne



## **Annexe 3**

### **Deux notes techniques sur la gestion des débits et le traitement des eaux diluées, Triform**



**TRIFORM SA**  
POUR L'ENVIRONNEMENT  
FÜR DIE UMWELT

1700 **FRIBOURG**, BD. DE PEROLLES 55, T 026 347 22 77  
1006 **LAUSANNE**, AV. DE MONTCHOISI 5, T 021 312 07 34  
TRIFORM@TRIFORM.CH, WWW.TRIFORM.CH

*ERM*

*STEP DU BIEF, MORGES*

*ETUDE D'AVANT-PROJET*

## ***CONCEPT DE GESTION DES DEBITS ARRIVANT A LA STEP DU BIEF***

NOTE TECHNIQUE

mars 2017



	<b>Version A</b>	<b>Version B</b>	<b>Version C</b>
<b>Nom du document</b>	113008.301_Ra08_vA_ERM Morges_note technique réseau et débit dim_170208.docx		
<b>N° projet</b>	113008.301		
<b>Date</b>	08.02.2017		
<b>Auteur(s)</b>	Marie Horisberger Raphaël Casazza		
<b>Visa</b>	Raphaël Casazza 		
<b>Collaboration</b>	Frédéric Jordan, Hydrique		
<b>Maître d'ouvrage</b>	ERM M. Tony Reverchon		
<b>Distribution</b>	ERM Hydrique		
<b>Remarques / Modifications</b>			



## TABLE DES MATIÈRES

<b>Références</b>	<b>5</b>
<b>1. Introduction</b>	<b>6</b>
1.1 Objectifs du présent rapport	6
1.2 Parties prenantes	6
<b>2. Méthode</b>	<b>7</b>
2.1 Base de dimensionnement	7
2.2 Hypothèses sur le réseau et données pour les simulations	7
2.3 Objectifs et contraintes	8
<b>3. Résultats</b>	<b>9</b>
<b>4. Proposition de concept : traitement biologique compact et traitement des eaux pluviales complémentaires</b>	<b>9</b>
4.1 Description du concept proposé	9
4.2 Efficacité	10
4.3 Estimation des emprises et coûts	11
<b>5. Synthèse et proposition de suite des démarches</b>	<b>12</b>
<b>Annexe 1 – Résultats détaillés</b>	
<b>1. Réseau et apports à la STEP</b>	<b>1</b>
1.1.1 Scénarios	1
1.1.2 Amplitude des pics et influence du pas de temps	2
1.1.3 Conclusion sur les scénarios	3
1.1.4 Composition des eaux	3
<b>1.2 Réflexions sur les charges et les volumes des apports à la STEP</b>	<b>4</b>
1.2.1 Volumes et charges captées en fonction du débit de dimensionnement	4
1.2.2 Répartition temporelle des débits élevés	6
<b>Annexe 2 – Exemple d'un traitement physico-chimique : décanteur lamellaire Actiflo®</b>	<b>9</b>

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 Plan du réseau ERM. Source : Rapport e-dric « <i>Modélisation du réseau d'assainissement ERM</i> », 2014	8
Figure 2 Schéma de principe du concept proposé	10
Figure 3 Estimation des emprises	11
Annexe 1:	
Figure 4 Courbe des débits classés des apports à la STEP- réseau non-modifié	1
Figure 5 Courbe des débits classés des apports à la STEP- réseau modifié	2
Figure 6 Modélisation à pas de temps 3 minutes et 1 heure	3
Figure 7 Composition des apports d'eaux à la STEP	4
Figure 8 Evolution des proportions des volumes et charges captés en fonction de $Q_{\text{éval}}$	5
Figure 9 Variations annuelles des débits journaliers	7
Figure 10 Répartitions annuelles des débits journaliers $Q > 300$ l/s	7
Figure 11 Durée des événements à $Q > 300$ l/s	8
Annexe 2:	
Figure 12 Schéma du décanteur lamellaire Actiflo®	9

## LISTE DES TABLEAUX (dans l'annexe 1)

Tableau 1 Statistiques sur les débits classés des apports à la STEP- réseau non-modifié	1
Tableau 2 Statistiques sur les débits classés des apports à la STEP- réseau modifié	2
Tableau 3 Statistiques sur les volumes et charges captées en fonction de $Q_{\text{éval}}$	5
Tableau 4 Coefficients de charge pour les différentes composantes des eaux	5
Tableau 5 Statistiques des événements pour deux débits limites $Q_{\text{éval}} = 300$ l/s et $Q_{\text{éval}} = 400$ l/s	8

## ANNEXES

Annexe 1 – Résultats détaillés

Annexe 2 – Exemple d'un traitement physico-chimique : décanteur lamellaire Actiflo®

## Références

### MANDAT

#### MAÎTRE DE L'OUVRAGE

- Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région Morgienne (ERM)

#### INSTALLATION

- STEP du Bief de l'ERM

#### SITUATION

- Morges

### BASES ET AUTRES DONNEES

#### LÉGISLATION FÉDÉRALE

- [1] Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (RS 814.20 ; LEaux)
- [2] Loi fédérale du 21 mars 2014 sur la protection des eaux (LEaux) dont l'entrée en vigueur a été fixée au 1.01.2016.

#### ORDONNANCES

- [3] Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (RS 814. 201 ; OEaux)
- [4] Projet du 22.12.14 de modification de l'Ordonnance sur la protection des eaux et Rapport OFEV n° M473-0796 du 22.12.14

#### LÉGISLATION DE LA COMMUNE DE MORGES

- [5] Plan d'affectation communal du 2.03.1990
- [6] Règlement communal sur le Plan d'affectation et la police des constructions RPA du 2.03.1990

#### DONNÉES DE PROJET

- [7] Traitement des micropolluants dans les stations d'épuration vaudoises - Planification Cantonale provisoire, DGE 2016
- [8] Rapport d'étude d'intégration paysagère. Document Triform n°113008.300-Ra07a Rapport STEP ERM\_Etude d'intégration paysagère\_160802
- [9] e-dric.ch (2013a). " Modélisation du réseau d'assainissement de l'ERM", Rapport, 11\_006\_01, Lausanne
- [10] Complément apports à la future STEP de l'ERM - Note de synthèse. Hydrique Ingénieurs, janvier 2017

## 1. Introduction

Dans le cadre de l'élaboration de l'avant-projet<sup>1</sup> d'extension et renouvellement de la STEP de l'ERM, la définition des paramètres futurs de dimensionnement doivent être précisés.

Pour rappel, au terme de l'étude préliminaire d'intégration paysagère, deux variantes principales ont été retenues pour le procédé de traitement biologique :

- Variante 1 : 6 réacteurs SBR (Sequencing Batch Reactors) alignés
- Variante 2 : 3 filières à boues activées en parallèle

Les charges à traiter ont été prédéfinies en fonction de l'évolution de la population de tout le bassin versant raccordé ainsi que des futurs raccordements potentiels. Ces charges constituent une donnée relativement ferme qui ne devrait pas faire évoluer significativement l'emprise des ouvrages des deux variantes.

En revanche, les futurs débits à traiter sur la filière eau peuvent avoir un impact non négligeable sur le volume et l'emprise au sol des futurs ouvrages de la filière eau et ce pour les deux variantes.

Dans ce contexte, il a été proposé de réunir les bureaux spécialistes du réseau de l'ERM (Hydrique), de la STEP (Triform) et l'ERM (réseau et STEP) afin de s'accorder sur les hypothèses d'évolution future des débits arrivant à la STEP et de leur future gestion.

La présente note technique présente une synthèse des réflexions menées au cours des dernières semaines et une proposition de concept de gestion des débits futurs. Ce concept devra être validé par l'ERM et surtout par la DGE avant la poursuite de l'avant-projet.

### 1.1 Objectifs du présent rapport

Ainsi, l'approche intégrée des aspects liés à l'évolution du réseau dans les prochaines années a pour objectifs de :

- Accorder les réflexions sur le futur du réseau et de la STEP
- Evaluer l'impact d'éventuelles modifications sur le réseau sur les apports en eaux usées et pluviales à la STEP par l'analyse de deux scénarios
- Proposer un débit de dimensionnement de la STEP selon une approche « charge »

### 1.2 Parties prenantes

ERM : responsables STEP et réseau

Triform SA : Ingénieur responsable avant-projet et coordinateur

Hydrique Ingénieurs (anciennement e-dric) : Modélisation et simulation du réseau ERM

---

<sup>1</sup> Étude en cours du bureau Triform qui a débuté mi-2016.

## 2. Méthode

Les données utilisées dans le cadre de cette analyse ont été réunies lors de l'étude de base [8] et sont résumées ci-dessous.

La simulation des débits a été réalisée par le bureau Hydrique à partir de la modélisation du réseau ERM qui avait été réalisée par leurs soins avec le modèle RS URBAN [9][10].

### 2.1 Base de dimensionnement

Les hypothèses actuelles de dimensionnement pour l'horizon 2040 sont les suivantes [8]:

- - 65'000 EH population
- - 25'000 EH industriels

Au total 80'000-90'000 EH avec une base de 170 l/j/EH.

Le débit de dimensionnement est actuellement évalué à  $Q_{dim} = 2Q_{TS} = 470$  l/s.

### 2.2 Hypothèses sur le réseau et données pour les simulations

Les hypothèses réseau formulées par Hydrique sont les suivantes [10] :

- Développement de la population selon le Projet d'Agglomération Lausanne-Morges (PALM) et de l'Association de la Région Cossonay-Aubonne-Morges (ARCAM)
- Adaptation du coefficient de ruissellement en fonction de l'augmentation de la population
- Pas de changement du taux séparatif
- Pas de changement sur la production unitaire d'eaux usées (180 l/EH/jour)
- Extension du bassin versant aux communes de Reverolle, d'Apples, d'Echandens et d'Ecublens

Ce scénario fait état de 62'000 EH raccordés au réseau de l'ERM en 2040. Il est à noter également que les taux d'eaux claires parasites (ECP) n'ont pas été modifiés par rapport au modèle opérationnel actuel.

Remarque : une divergence mineure entre les bureaux Triform et Hydrique a été constatée concernant les hypothèses et l'évolution des EH. Toutefois, elles n'ont pas un impact significatif pour ce qui est du futur concept de gestion des eaux pluviales.

Les simulations réalisées sont basées sur les débits mesurés sur quatre années, de 2012 à 2015. Cette fourchette comprend deux années proches présentant des précipitations moyennes (2012 et 2014), une année particulièrement sèche (2015) et une année particulièrement pluvieuse (2013) [10].

Afin de définir la fourchette d'apports d'eau à la STEP envisageable (minimum et maximum) et d'appréhender la répercussion des modifications sur le réseau (probables au cours des années à venir) sur les débits d'entrée de la nouvelle STEP, deux scénarios ont été mis en place selon deux visions différentes du réseau 2040.



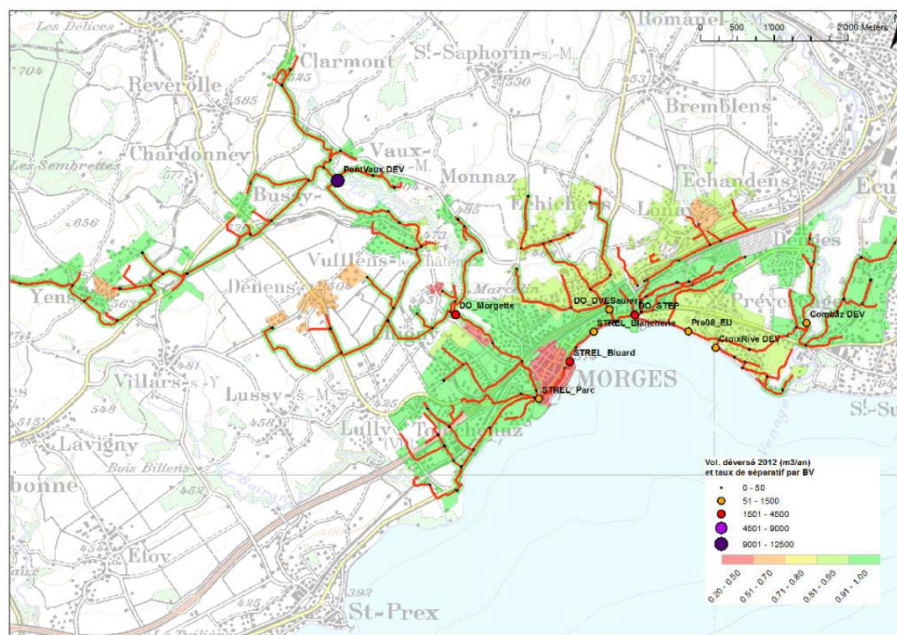


Figure 1 Plan du réseau ERM. Source : Rapport e-dric «*Modélisation du réseau d'assainissement ERM*», 2014

- **Scénario réseau non-modifié**

Dans ce scénario, le réseau est gardé dans l'état actuel, et les simulations sont réalisées uniquement avec les hypothèses de développement présentées ci-dessus.

- **Scénario réseau modifié**

Les hypothèses de développement sont les mêmes que dans le scénario précédent. En revanche, **ce scénario envisage de minimiser les déversements le long du réseau et de maximiser les apports à la STEP en réduisant particulièrement les rejets au niveau des cours d'eau**. Il prévoit des investissements supplémentaires sur les points suivants :

- Augmentation de la capacité des conduites à Clarmont
- Augmentation de la capacité des conduites à Lonay
- Augmentation de la capacité de la STAP de Pont-de-Vaux de 12 l/s à 20 l/s
- Augmentation de la capacité du DO de Morgette de 80 l/s à 200 l/s
- Augmentation de la capacité des stations de relevage du Parc (de 200 l/s à 300 l/s), de Bluard (de 225 l/s à 300 l/s) et de Blancherie (de 300 l/s à 350 l/s)

Plus de détails sont fournis dans la Note de synthèse rédigée par le bureau Hydrique [10].

## 2.3 Objectifs et contraintes

En outre des exigences légales fixées par la LEaux et l'OEaux, les réflexions présentées dans ce document tiennent compte des objectifs et des contraintes spécifiques indiquées par l'ERM, notamment :

- La situation au niveau des déversements ne devra pas être péjorée, et si possible améliorée que ce soit au niveau de la STEP ou du réseau
- Les DO STEP et DO Bief devront être supprimés/modifiés car les rejets au niveau du cours d'eau et du port ne seront plus tolérés à l'avenir. Les futurs déversements devront s'effectuer directement au lac.
- Une deuxième conduite de rejet des eaux **au lac** est à prévoir, à des fins de redondance notamment (suppression de la conduite de rejet au Bief).

### 3. Résultats

Les simulations réalisées par Hydrique ont permis l'analyse des apports à la STEP avec notamment les constats suivants :

- Le débit d'apport à la STEP maximum est évalué à environ 950 l/s.
- Plus de 96% de la charge annuelle totale et plus de 93% du volume annuel total seraient captés par une STEP dimensionnée à 300 l/s.
- Les débits supérieurs à 300 l/s se résument à des événements pluvieux, dont le plus long serait d'environ 40 heures d'affilée. Ces débits sont le plus fréquent au cours des mois d'hiver.

Les réflexions et résultats détaillés de l'étude sont disponibles à l'Annexe 1.

### 4. Proposition de concept : traitement biologique compact et traitement des eaux pluviales complémentaires

La considération des résultats résumés au chapitre précédent a mené à la conclusion qu'un traitement biologique compact à un débit de dimensionnement de 300 l/s est pertinent. Cependant, compte tenu des attentes élevées sur la gestion des eaux pluviales et de la limitation des déversements, ainsi que de leur répartition temporelle, une gestion annexe des débits supérieurs à 300 l/s est proposée.

Le concept suivant propose une nouvelle philosophie de traitement des eaux :

- Traitement des eaux concentrées sur une filière biologique : débits jusqu'à 300 l/s
- Traitement des eaux diluées sur une filière physico-chimique : débits de 300 l/s à 950 l/s (c-à-d traitement de 650 l/s)

Cela implique qu'il y aura deux systèmes de traitement distincts sur le site de la STEP de l'ERM (Figure 2).

#### 4.1 Description du concept proposé

Les eaux du réseau sont prises en charge par les prétraitements de la STEP jusqu'à hauteur de 950 l/s (maximum du scénario modifié). Si ce débit venait à être dépassé dans une circonstance exceptionnelle, un déversoir de secours rejeterait les eaux au lac.

Les prétraitements consistent en un dégrillage grossier à 12 mm, suivi d'un tamiseur (dégrillage fin à environ 3 à 5 mm) et d'un dessableur pour les eaux de la filiale à 300 l/s. Pour les eaux de la filiale à plus de 300 l/s, le prétraitement serait assuré de manière commune pour ce qui est du dégrillage grossier. La suite des prétraitements serait éventuellement séparée, selon des considérations de dimension et d'efficacité.

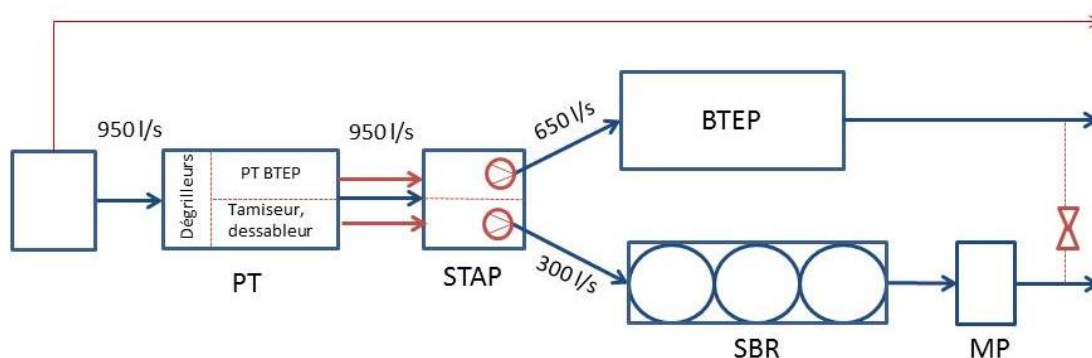
Les eaux prétraitées sont ensuite dirigées vers une station de pompage dont la taille est définie pour assurer la disponibilité des volumes de remplissage des SBR. Selon la qualité des eaux prétraitées, la STAP peut être commune ou séparée pour les deux flux (à définir).

Depuis la STAP, les eaux sont pompées vers le traitement biologique (p.ex SBR) pour un traitement biologique incluant la nitrification et dénitrification partielle jusqu'à un débit de dimensionnement de 300 l/s. L'élimination des micropolluants est réalisée sur les eaux ayant transité par cette filiale puis amenées au lac par une conduite d'évacuation d'une longueur similaire à la conduite existante actuellement (env. 400m).

Lorsque le maximum des capacités de la filière biologique est atteint, l'excédent d'eau est envoyé vers le Bassin de Traitement des Eaux Pluviales, qui assure un traitement physico-chimique avant le rejet au lac. Les possibilités de traitement sont, par exemple, les suivantes :

- Décanteur classique. Traitement à environ  $2\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , abattement des charges d'environ 30%
- Décantation accélérée dans une filière de traitement physico-chimique (p.ex. décanteur lamellaire type Actiflo®, voir Annexe 2). Traitement à environ  $20\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , abattement des charges d'environ 50%.

Dans le cas d'un Actiflo®, les vitesses de décantation sont accélérées par l'ajout de microsable et la formation de floccs. Les surfaces nécessaires sont réduites comparé à un décanteur classique. De plus, ce procédé est adapté au traitement des eaux d'orages de par sa rapidité d'adaptation aux changements brusques de débits et de niveaux de charges.



BTEP : Bassin de Traitement des Eaux Pluviales  
 MP: traitement des Micropolluants  
 PT: Pré-traitements

Figure 2 Schéma de principe du concept proposé

## 4.2 Efficacité

Selon le schéma présenté, la totalité du volume annuel arrivant à la STEP serait traité soit de manière biologique, soit de manière physico-chimique. Les déversements sur le réseau ayant été réduits et les apports à la STEP augmenté, la situation est significativement améliorée dans le bassin versant.

En termes de traitement des charges, 96% de la charge totale transitent par le traitement biologique, où une efficacité de 98% est attendue sur les charges carbonées. Un abattement entre 30 et 50% sur les charges carbonées est attendu sur les 4% des charges totales ne transitant pas par le traitement biologique mais par le traitement des eaux pluviales. Ainsi un abattement total de plus de 95% peut être attendu.

Selon le même schéma, les exigences de traitement pour les micropolluants pourraient également être atteintes.

### 4.3 Estimation des emprises et coûts

Selon les premières estimations de l'étude préliminaire, six SBR seraient nécessaires pour assurer un traitement à 470 l/s et cinq pour un traitement à 300 l/s (Figure 3).

Une estimation des coûts (à +/- 25%) sera effectuée dans le cadre de l'avant-projet en tenant compte le concept de traitement choisi.

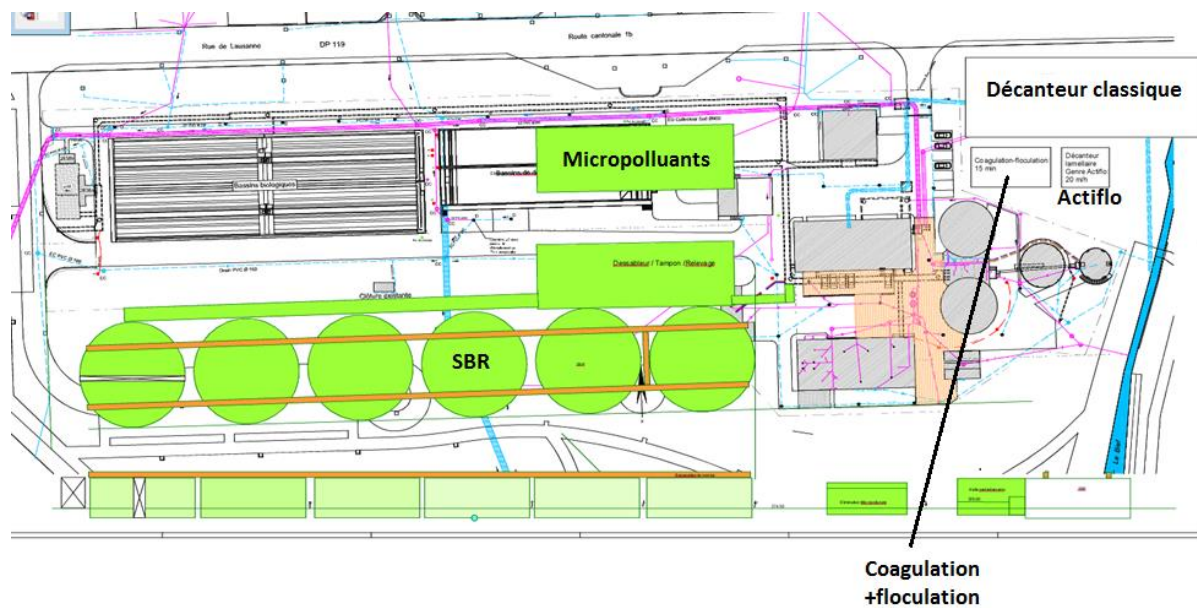


Figure 3 Estimation des emprises

## 5. Synthèse et proposition de suite des démarches

Au vu de ce qui précède, il est proposé de prendre une décision de principe concernant le futur concept de traitement des eaux arrivant à la STEP de l'ERM.

Ce concept modifie sensiblement la philosophie de traitement des eaux adoptée jusqu'à présent. Il prévoirait l'implantation de deux systèmes de traitement distincts sur le site la STEP de l'ERM comme suit:

- Traitement des eaux concentrées sur une filière biologique : débits jusqu'à 300 l/s
- Traitement des eaux diluées sur une filière physico-chimique : débits de 300 l/s à 950 l/s (c-à-t traitement de 650 l/s)

Les caractéristiques de ce nouveau concept de traitement des eaux sont résumées ci-après (comparées au concept proposé dans l'étude d'intégration paysagère) :

- Traitement des eaux usées concentrées avec une efficacité plus élevée
- Traitement de l'intégralité des débits arrivant à la STEP (et pas de déversement des eaux non traitées dans le lac)
- Introduction d'une deuxième filière de traitement des eaux pluviales (traitement physico-chimique)
- Pas de déversements d'eaux non traitées dans le lac au droit de la STEP (fonctionnement normal)
- Coûts d'investissements a priori comparables pour un traitement des débits nettement plus importants.
- Coûts d'exploitation a priori plus faibles ou comparables pour un traitement des débits nettement plus importants.
- Permet de diminuer sensiblement l'emprise du traitement biologique (p.ex. SBR) et, ce faisant, d'améliorer son intégration dans le site et d'offrir des réserves d'extension future.

Suite des démarches :

Il est proposé de présenter ce concept modifié de traitement des débits décrit ci-dessus en deux temps :

1. Présentation et discussion avec Comité de direction de l'ERM pour discussion et le cas échéant pour validation.
2. Présentation et discussion avec la Ville de Morges et à la DGE pour discussion et le cas échéant pour validation.
3. Poursuite de l'avant-projet avec le concept choisi.



## Annexe 1 – Résultats détaillés

### 1. Réseau et apports à la STEP

#### 1.1.1 Scénarios

##### Réseau non-modifié

Les hypothèses de développement prises en compte dans ce scénario montrent que le réseau actuel non-modifié ne permettra pas d'absorber les écoulements futurs. D'importants déversements ont lieu sur le réseau, notamment à Pont-de-Vaux. Le détail des volumes déversés obtenus sur le réseau sont donnés dans la Note de synthèse rédigée par le bureau Hydrique [10].

Ce scénario est fort peu probable car le réseau actuel ne présente pas la capacité suffisante pour absorber les écoulements futurs [10]. Il sert cependant de référence, à titre purement comparatif, pour les apports minimaux estimés.

Les courbes des débits classés des apports en eau à la STEP sur les quatre années simulées sont présentées à la Figure 4 et le Tableau 1 donne quelques chiffres relatifs à ces courbes. Les volumes « déversés » au niveau des DO STEP et DO Bief sont compris dans ces apports, puisque ces deux points seront supprimés dans le concept de la nouvelle STEP.

Tableau 1 Statistiques sur les débits classés des apports à la STEP- réseau non-modifié

	2012	2013	2014	2015	Moyenne
Débit maximal [l/s]	803	768	733	778	771
Quantile 90% [l/s]	287	290	273	289	274
Quantile 95% [l/s]	344	344	324	286	327

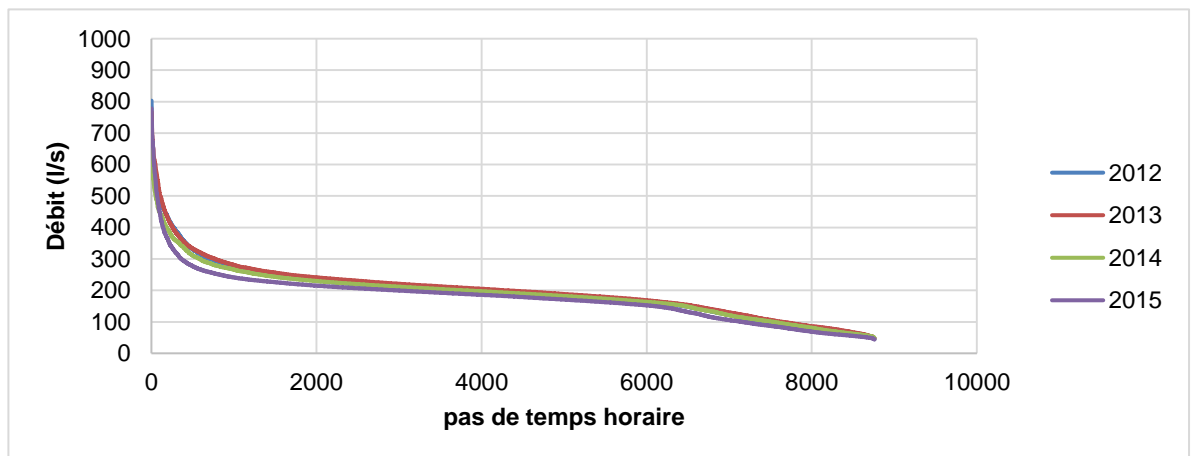


Figure 4 Courbe des débits classés des apports à la STEP- réseau non-modifié

## Réseau modifié

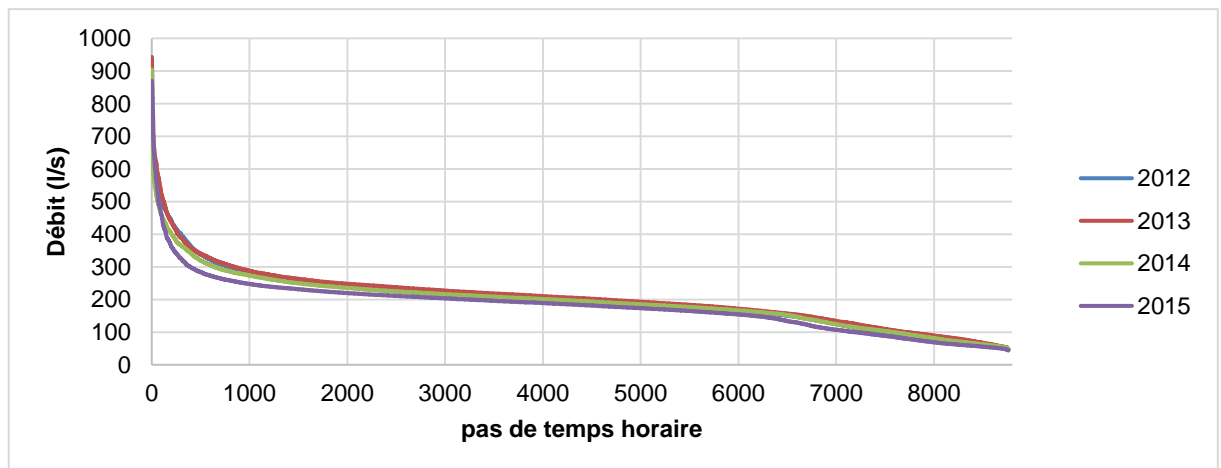
Avec ce scénario, 5 sites voient leurs déversements annuels passer à 0 m<sup>3</sup> et les déversements à Pont-de-Vaux, bien que toujours importants, sont fortement réduits. Les apports à la STEP augmentent selon la logique appliquée. Le détail des volumes déversés obtenus sur le réseau sont détaillés dans la Note de synthèse rédigée par le bureau Hydrique [10].

La courbe des débits classés des apports en eau à la STEP sont présentés à la Figure 5. Ici également, les volumes « déversés » au niveau des DO STEP et DO Bief sont compris dans ces apports.

Les mesures prises dans ce scénario sont - à l'heure actuelle - considérées par les responsables réseau et Hydrique comme maximum.

**Tableau 2 Statistiques sur les débits classés des apports à la STEP- réseau modifié**

	2012	2013	2014	2015	Moyenne
<b>Débit maximal [l/s]</b>	923	943	905	870	910
<b>Quantile 90% [l/s]</b>	294	297	280	254	281
<b>Quantile 95% [l/s]</b>	351	350	331	292	335



**Figure 5 Courbe des débits classés des apports à la STEP- réseau modifié**

### 1.1.2 Amplitude des pics et influence du pas de temps

La question du pas de temps pour l'analyse des débits a été soulevée au cours des discussions. En effet, des oscillations dans les données brutes ont été observées sur de courtes durées et il a été supposé que certains phénomènes, tels que l'action simultanée de pompes proches de la STEP (Taudaz, Croix de Rive et Combaz) pouvant produire des pics jusqu'à 50 l/s, ne seraient pas détectés dans une analyse des débits horaires.

Les simulations des deux scénarios ont donc également été réalisées à un pas de temps de 3 minutes (Figure 6). L'analyse des résultats a montré une légère augmentation des pics mais l'examen réalisé par Hydrique tend à montrer que la variation des mesures brutes est liée au fonctionnement du dégrilleur et non pas aux apports du réseau. Il a également été relevé que les conduites arrivant à la STEP présentent une capacité de « stockage » de plus de 500 m<sup>3</sup> permettant d'atténuer les pointes de débit sur de courtes durées [10].

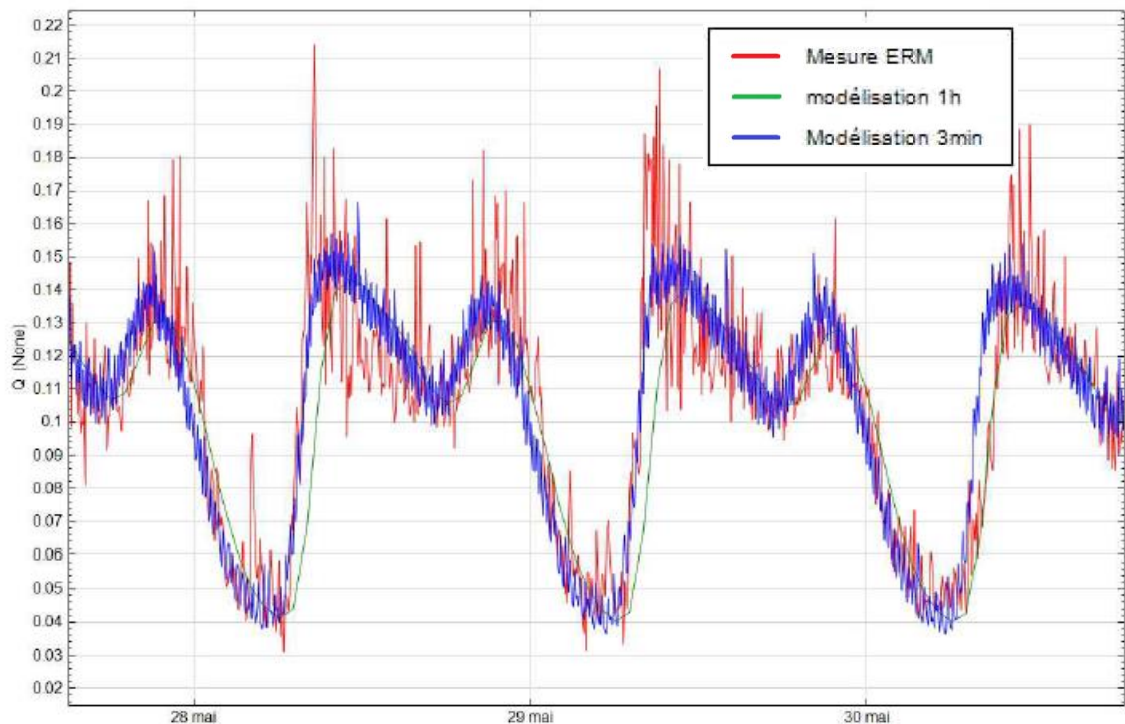


Figure 6 Modélisation à pas de temps 3 minutes et 1 heure

### 1.1.3 Conclusion sur les scénarios

Les différences entre le réseau non-modifié et le réseau modifié sont donc représentatives de l'amplitude des variations qui pourraient survenir dans les prochaines années. On constate que les courbes ont des aspects relativement similaires et que les ordres de grandeur sont conservés entre les quantiles 90% et 95% des deux scénarios. Par mesure de précaution, les débits maximum du réseau modifié devraient être considérés.

- **Au vu des résultats qui précèdent, une analyse du scénario du « réseau modifié » à un pas de temps horaire est retenue pour la suite des réflexions.**

### 1.1.4 Composition des eaux

La part d'eaux usées, d'eaux de pluie et d'eaux claires parasites (ECP) dans la totalité des apports ainsi que l'amplitude des variations de chaque composante sont données dans la Figure 7. Les eaux usées brutes gravitent autour d'une moyenne de 125 l/s, avec un maximum à 231 l/s. Leur amplitude est relativement faible par rapport aux autres composantes. En effet, si plus de 75% des débits d'eaux pluviales se situent en dessous de 220 l/s, les maxima sont eux très élevés (jusqu'à 694 l/s en 2015). Quant aux ECP, elles sont en moyenne de 50 l/s, avec un maximum à 333 l/s. L'amplitude des variations de la totalité des apports est donc fortement dépendante des eaux pluviales et également des ECP. Les 75% des débits se situent en dessous de 250 l/s.



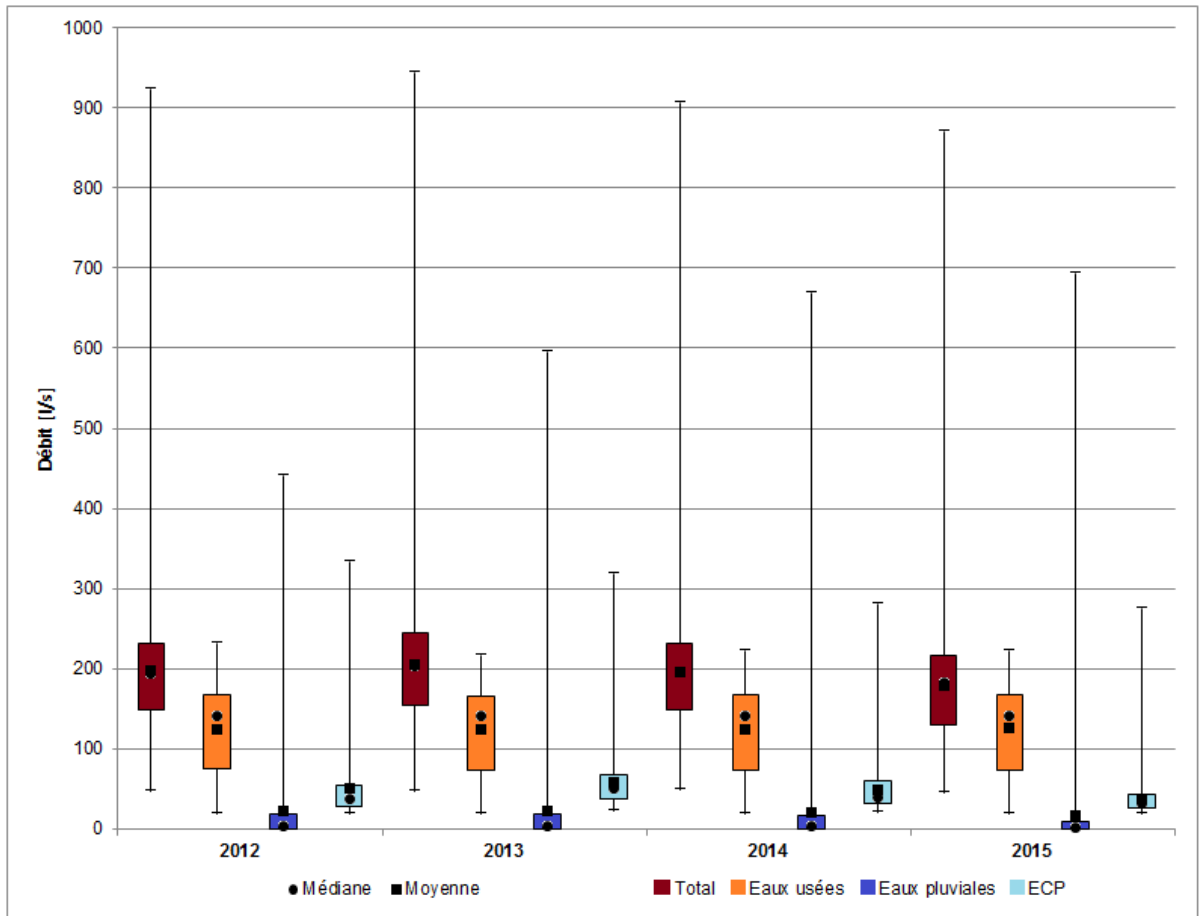


Figure 7 Composition des apports d'eaux à la STEP

## 1.2 Réflexions sur les charges et les volumes des apports à la STEP

Les résultats présentés ci-dessous sont issus du traitement des données à un pas de temps horaire pour le scénario réseau modifié.

### 1.2.1 Volumes et charges captées en fonction du débit de dimensionnement

La STEP du Bief actuelle est dimensionnée à 600 l/s, au-delà de quoi, les eaux sont déversées à leur arrivée au DO STEP et/ou DO Bief.

Basé sur les données exprimées au chapitre 2.1, le débit de dimensionnement futur correspondrait en réalité à environ 470 l/s. Dans le but de justifier ce débit, inférieur au débit actuel, et en considérant l'objectif de ne pas péjorer la situation en terme de déversement, quelques statistiques ont été élaborées sur les données fournies par Hydrique. La proportion du débit capté par rapport au débit de dimensionnement évalué, abrégé  $Q_{\text{éval}}$  par la suite, ainsi que la proportion des charges captées – le but premier d'une STEP étant le traitement de ces dernières – ont été évaluées. Les résultats obtenus sont représentés graphiquement à la Figure 8 et résumés au Tableau 3. Pour le calcul des charges, les coefficients utilisés pour chaque composante sont donnés dans le Tableau 4, deux variantes sont proposées.

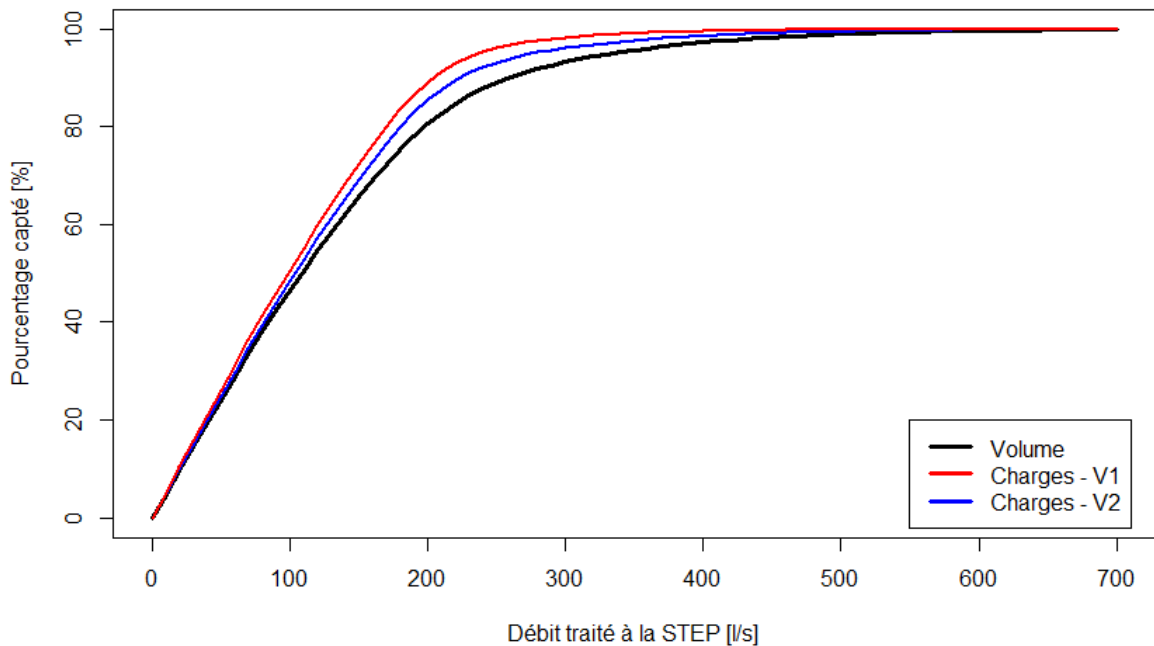


Figure 8 Evolution des proportions des volumes et charges captés en fonction de  $Q_{\text{éval}}$

Tableau 3 Statistiques sur les volumes et charges captées en fonction de  $Q_{\text{éval}}$

$Q_{\text{éval}}$	Proportion captée - Volume [%]	Proportion captée – Charges V1 [%]	Proportion captée – Charges V2 [%]
100	46.6	50.6	48.3
200	80.5	89.1	85.4
300	93.2	98.3	96.1
400	97.2	99.5	98.5
500	98.9	99.8	99.5
600	99.6	100.0	99.8
700	99.9	100.0	99.9

Tableau 4 Coefficients de charge pour les différentes composantes des eaux

Composante	Coefficient de charge – V1	Coefficient de charge – V2	Description
Eaux usées (brutes)	1	1	Charge maximale
Eaux pluviales	0	0.2	Charge nulle/partielle
Eaux claires parasites (ECP)	0	0	Charge nulle

Entre les débits évalués de 600 l/s et de 470 l/s, la différence dans la fraction volumique captée est d'environ 1% (99.6 et 98.6% captés respectivement). En considérant les charges interceptées, la différence est encore plus nette. On constate qu'en termes de charge, plus de 95% transiterait par la STEP déjà à un débit de dimensionnement de 300 l/s. En définitive, un débit de dimensionnement plus élevé permet uniquement de traiter un certain pourcentage des eaux pluviales.



Nul ne peut ignorer que le débit de dimensionnement influence grandement les coûts d'infrastructure et d'exploitation, ainsi que la consommation en espace et en énergie. De plus, un des procédés ressortant de l'étude préliminaire, les SBR, bénéficierait d'une STEP où les pointes de débit liées aux eaux pluviales sont limitées ; les volumes et les charges sont plus réguliers et les eaux plus concentrées.

La question se pose donc de savoir si un dimensionnement basé sur la considération des charges pourrait être envisagé, et si les exigences légales et les contraintes spécifiques à la STEP du Bief peuvent être satisfaites.

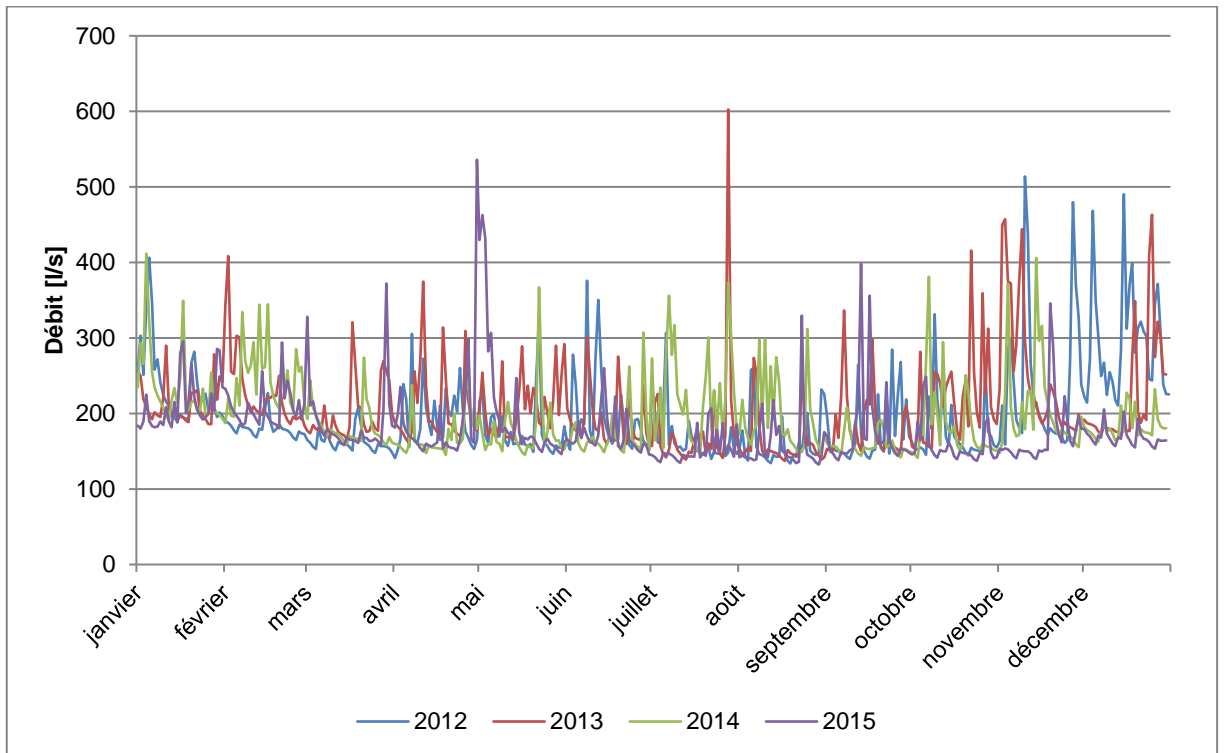
## 1.2.2 Répartition temporelle des débits élevés

La répartition sur l'année des débits supérieurs au débit limite ( $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s) est un point non négligeable dans la démarche considérée, ainsi que le nombre d'heures d'affilées où ce débit est dépassé.

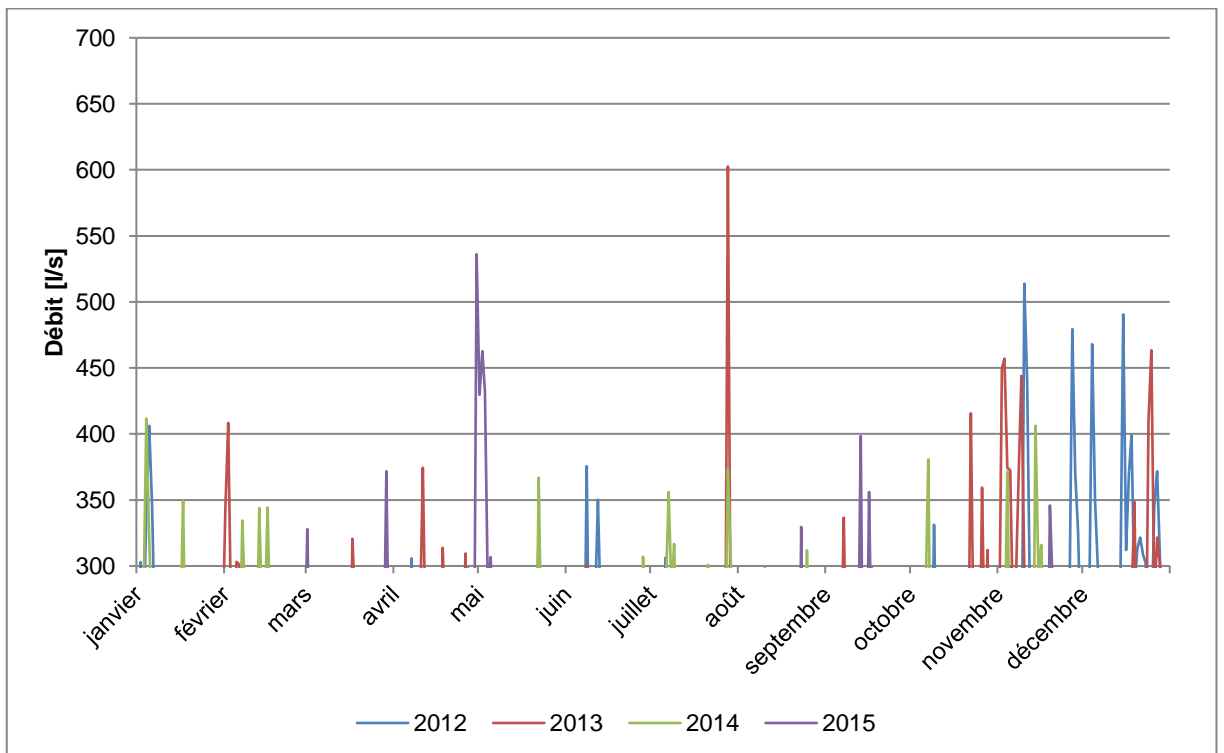
La Figure 10 présente les variations annuelles des débits (attention, il s'agit ici des débits journaliers et non horaires, pour des questions de lisibilité des graphiques). La Figure 11 est identique à la Figure 10, excepté qu'il s'agit uniquement des débits supérieurs à  $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s. On constate que la répartition varie selon les années, mais qu'il est possible de discerner une tendance à des pics plus élevés aux mois de novembre et décembre. En moyenne, 93 événements se produisent dans une année (Tableau 5), ce qui est d'un ordre de grandeur comparables aux événements pluvieux. Le  $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s s'apparente donc à débit temps sec de pointe, avec une légère réserve mais ne comprenant pas les débits temps de pluie.

Le nombre d'heure d'affilée passé à un débit supérieur à  $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s a été calculé pour chaque événement. La Figure 4 représente ces durées, classées par ordre décroissant. Le nombre d'heure maximal cumulé est de 41 heures. Plus de 50 % des événements durent 5 heures ou moins, tandis que les événements de plus de 24h ne représentent qu'environ 4% des cas.

Le Tableau 5 présente quelques statistiques comparatives en terme hydraulique entre un  $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s et un  $Q_{\text{éval}} = 400$  l/s. Le volume supérieur à  $Q_{\text{éval}}$  est respectivement de 3.7 et 1.4 % du volume total des apports à la STEP. Le nombre d'heure total à  $Q > Q_{\text{éval}}$  est de 666 h à 300 l/s et 229 h à 400 l/s.



**Figure 9 Variations annuelles des débits journaliers**



**Figure 10 Répartition annuelles des débits journaliers Q>300 l/s**

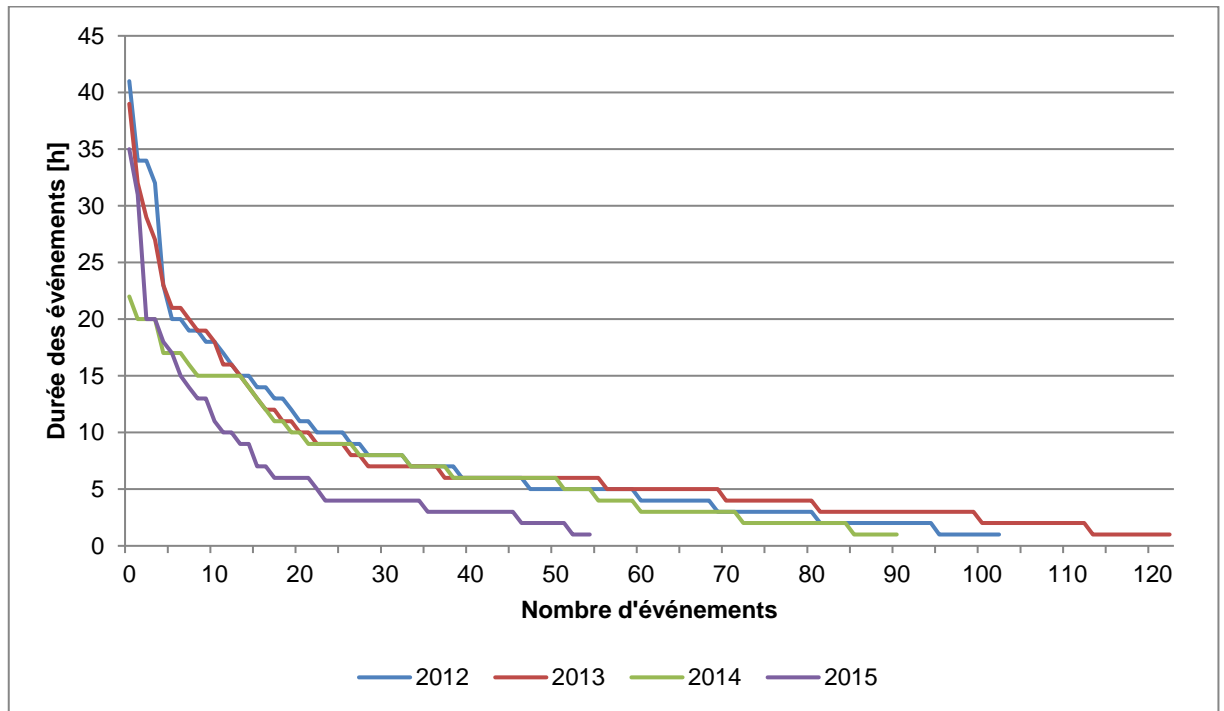


Figure 11 Durée des événements à Q > 300 l/s

Tableau 5 Statistiques des événements pour deux débits limites  $Q_{\text{éval}} = 300$  l/s et  $Q_{\text{éval}} = 400$  l/s

	2012		2013		2014		2015		Moyenne	
	$Q_{\text{éval}} = 300$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 400$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 300$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 400$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 300$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 400$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 300$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 400$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 300$ l/s	$Q_{\text{éval}} = 400$ l/s
Nombre d'heure $Q > Q_{\text{éval}}$	790	299	842	266	643	205	390	147	666	229
Nombre maximal d'heures cumulées à $Q > Q_{\text{éval}}$	41	28	39	35	22	14	35	23	34	25
Nombre d'événements à $Q > Q_{\text{éval}}$	103	41	123	44	91	40	55	23	93	37
Fraction Volume total $Q > Q_{\text{éval}}$ [%]	4.3	1.5	4.4	1.7	3.2	1.0	2.8	1.2	3.7	1.4



## Annexe 2 – Exemple d'un traitement physico-chimique : décanteur lamellaire Actiflo®

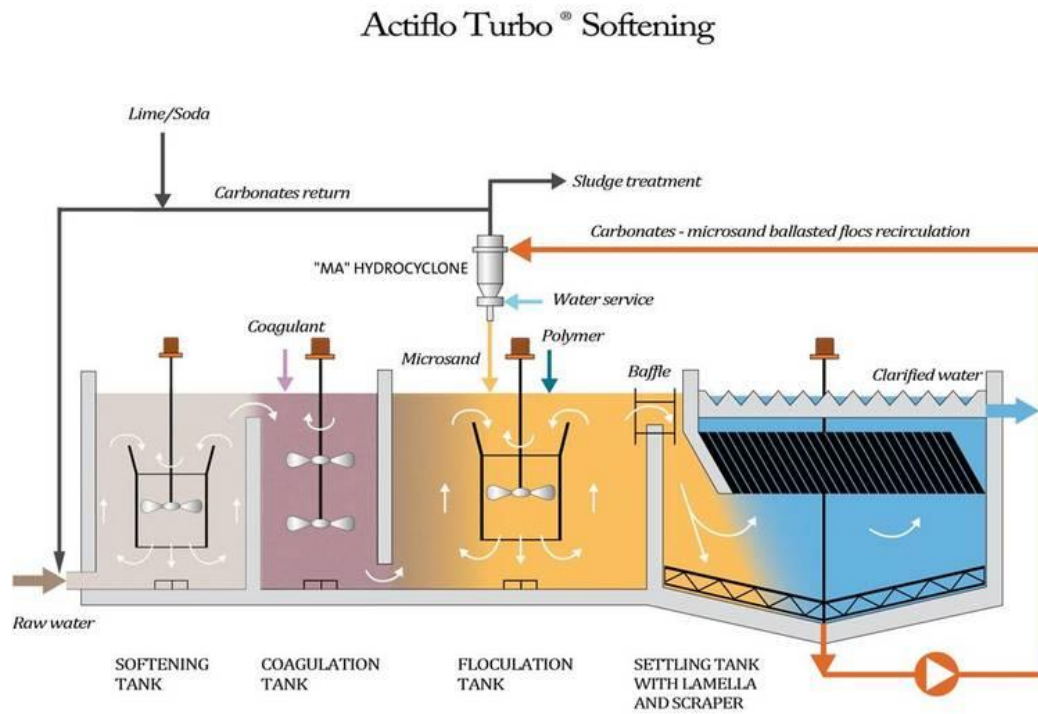


Figure 12 Schéma du décanteur lamellaire Actiflo®

Source : <http://www.mobileclarifier.com/new-gallery-2/rdxeaqxu762czw9ssccm4z8fraeq9w>, 02.02.2017



**TRIFORM SA**  
POUR L'ENVIRONNEMENT  
FÜR DIE UMWELT

1700 **FRIBOURG**, BD. DE PEROLLES 55, T 026 347 22 77  
1006 **LAUSANNE**, AV. DE MONTCHOISI 5, T 021 312 07 34  
TRIFORM@TRIFORM.CH, WWW.TRIFORM.CH

*ERM*

*STEP DU BIEF, MORGES*

*ETUDE D'AVANT-PROJET*

## ***NOTE TECHNIQUE, Version B du 11.06.18***

***DEBIT ET TRAITEMENT DES EAUX DILUEES (TED)  
DISCUSSION SUR LES NORMES DE REJET***

***STEP ERM, Morges***

juin 2018



**TRIFORM SA**  
POUR L'ENVIRONNEMENT  
FÜR DIE UMWELT

	<b>Version A</b>	<b>Version B</b>	<b>Version C</b>
<b>Nom du document</b>	113008.301_Ra09_vA_ERM Morges_NT_TED_180522.doc x	113008.301_Ra09_vB_ERM Morges_NT_TED_180611.doc x	
<b>N° projet</b>	113008.301	113008.301	
<b>Date</b>	22.05.2018	11.06.2018	
<b>Auteur(s)</b>	Moritz Brennecke Ingénieur EPF 	Moritz Brennecke Ingénieur EPF 	
<b>Visa</b>	Raphaël Casazza Ingénieur EPF 	Raphaël Casazza Ingénieur EPF 	
<b>Collaboration</b>	Marie Horisberger	Marie Horisberger	
<b>Maître d'ouvrage</b>	ERM M. Tony Reverchon	ERM M. Tony Reverchon	
<b>Distribution</b>	ERM DGE	ERM DGE	
<b>Remarques / Modifications</b>			

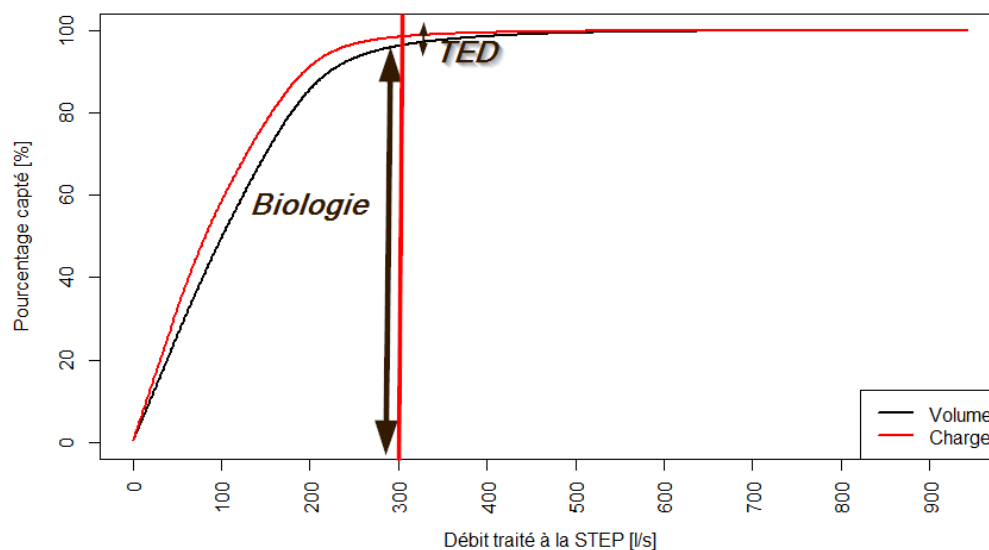


## 1. Introduction

Lors de la planification de l'agrandissement de la STEP de Morges, il a été proposé de baser le dimensionnement hydraulique de la STEP sur les simulations des débits actuels et futurs<sup>1</sup> au lieu des calculs statistiques classiques (p.ex. ATV 198) selon le principe suivant :

- Traitement biologique + micropolluants : débits jusqu'à 300 l/s
- Traitement des eaux diluées (TED) : débits de 300 l/s jusqu'à 950 l/s

Au vu de ce qui précède, il a été décidé de poursuivre avec un débit de dimensionnement de l'étape biologique de 300 l/s, ce qui représente 92% du temps, 96 % du volume et environ 98 % de la charge de l'eau usée qui arrive à la STEP.



L'entier du volume (jusqu'à 950 l/s) est prétraité par dégrillage et dessablage avant d'être répartie sur les filières biologie et/ou TED.

L'excédent de 300 l/s (jusqu'à un maximum de 950 l/s) sera traité dans un traitement dédié, le traitement d'eaux diluées (TED). Ce TED aura par conséquent les caractéristiques suivantes:

- 8% du temps en fonctionnement (~30 jours/an)
- 4% du volume d'eau traité
- <2% de la charge
- Capacité de traitement jusqu'à 650 l/s (950 l/s en total)

Trois éléments sont analysés dans cette note :

- Conséquences d'un TED
- Choix d'un type de TED
- Concept de mesures et normes de rejets

Les éléments décrits dans le présent document ont été présentés et validés par le Comité de l'ERM le 2.05.18 dans le but de les présenter à la DGE le 6.06.18 pour discussion et validation.

Le présent document tient compte des éléments discutés lors de la séance du 6.06.18 avec la DGE<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Voir rapport Triform n°113008.301\_Ra08\_vA du 08.02.2017

<sup>2</sup> Voir PV Triform n°113008.301\_PV\_12\_Séance DGE+comité ERM du 06.06.18



## 1.1 Note annexe sur le débit

Afin de prendre en considération l'insécurité d'hypothèses et la simulation du débit futur, il a été décidé d'augmenter le débit de 300 l/s à 360 l/s dans les calculs présentés ci-après, soit une marge de sécurité de 20 %.

## 2. Scénarios

Trois scénarios ont été analysés (voir aussi annexe 1 pour les figures) :

- Scénario 0 : Traitement biologique de 500 l/s *sans* TED
- Scénario 1a : Traitement biologique de 360 l/s avec TED de 590 l/s filière physico-chimique type Actiflo<sup>3</sup>
- Scénario 1b : Traitement biologique de 360 l/s avec TED de 590 l/s (total 950 l/s) rétention et décantation (dans le décanteur existant modifié)

Le scénario 0 est le scénario de référence (env. 2 Q<sub>TS</sub> traité) *sans* TED.

Le scénario 1a est un traitement physico-chimique très compact qui permet de traiter jusqu'à 80% de la charge dans le TED.

Le scénario 1b est une transformation des décanteurs primaires actuels. Il permet de faire de la rétention (avec un volume de rétention de 2'000 m<sup>3</sup>). Environ 1/3 du volume annuel dépassant 360 l/s peut être ainsi retenu et retourner pour traitement sur la filière biologique. Au-delà de ce volume, une décantation minimale est assurée.

Les hypothèses du calcul se trouvent en annexe 2.

---

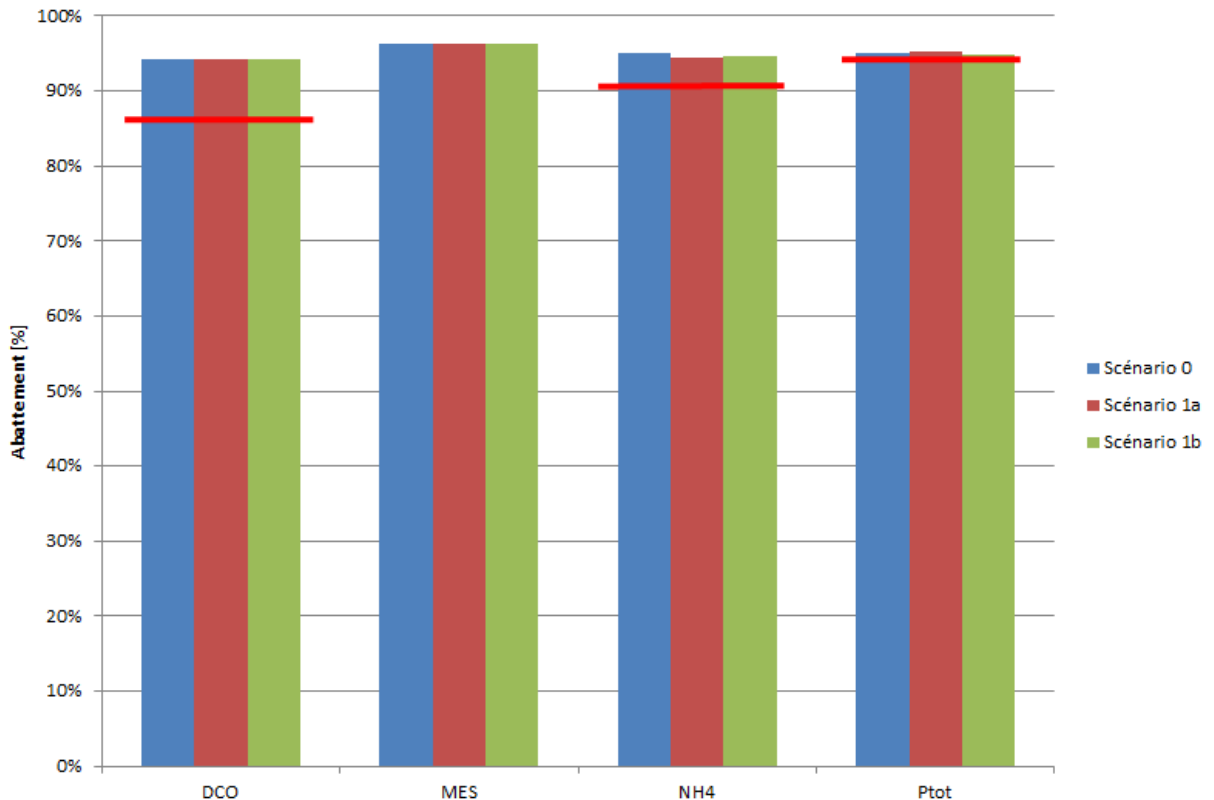
<sup>3</sup> Actiflo, traitement physico-chimique compact, voir <http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/actiflo/fr/>



## 3. Résultats

### 3.1 Analyse des charges attendues

Les trois scénarios montrent des abattements de la charge très efficaces. La différence entre les variantes sont très faibles (<1%) ce qui était attendu au vu de la faible partie de la charge qui passe au TED.



### 3.2 Analyse des concentrations attendues

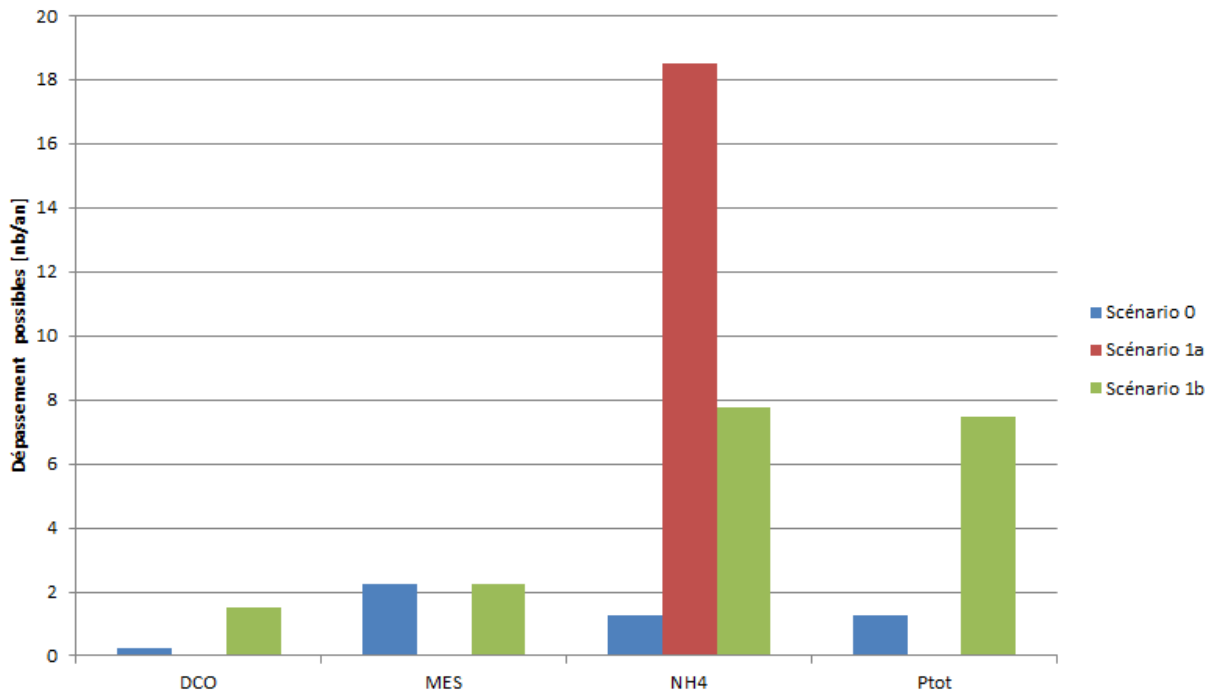
Les concentrations à la sortie de la biologie uniquement seront faibles et aucun dépassement des valeurs fixées n'est attendu.

Si on mesure le débit après la confluence du TED et la biologie, certains paramètres peuvent dépasser les valeurs indiquées.

La simulation indique à cet endroit (concentration 24h, par an) :

- Moins de trois dépassements pour la DCO et MES (en cas de forts débits, p.ex. grands orages)
- Quelques dépassements de NH<sub>4</sub> pour les scénarios 1a & 1b, ceci est dû à l'absence d'une biologie dans le TED (dépassement en cas de forts débits, p.ex. pluies)<sup>4</sup>
- Quelques dépassements de la valeur Ptot pour le scénario 1b, ceci est dû à l'absence d'un traitement chimique (dépassement en cas de forts débits, p.ex. pluies)

<sup>4</sup> Il y a moins de dépassement pour le scénario 1b, car la partie retenue (env. 30 % du volume) retourne pour traitement à la biologie



## 4. Micropolluants

Le traitement des micropolluants doit avoir un rendement global de 80% (entre l'entrée et la sortie de la STEP). Etant donné que uniquement 2% de la charge passe par le TED et 98% dans la biologie et par conséquent par le traitement de micropolluants en aval de la biologie, il est plus efficace d'augmenter le rendement de ce dernier. En pratique, le rendement du traitement sera augmenté afin de compenser les pertes aux TED (bilan global des micropolluants).

## 5. Comparaison des scénarios

La table ci-dessous montre une comparaison des scénarios.

Critère	Scénario 0 Base 2 Qts,p	Scénario 1a Actiflo	Scénario 1b Décanteur/ rétention
Bilan polluants	Très bien ++	Très bien ++	Très bien ++
Concentrations sortie	Bien +	Dépassements (forts débits) o	Dépassements (forts débits) o
Déversements amont (visuel)	Forts débits -	Suppression déversements ++	Suppression déversements ++
Exploitation	Facile ++	Physico-chimique -	Uniq. décanteur en plus +
Investissement	Très grande installation -	Compact mais inst. suppl. +	Compact mais inst. suppl. ++
Phasage	Provisoires néc. -	2 étapes sans prov. +	2 étapes sans prov. +

Nous recommandons un traitement biologique jusqu'à 360 l/s complété par un traitement d'eaux diluées jusqu'à 950 l/s, pour les raisons suivantes :

- Influence négligeable sur le bilan de charge (<1%)
- Phasage simplifié (pas de provisoire) et ainsi pas de sous-capacité pendant la construction
- Totalité du débit est traité (plus suppression des déchets visibles à l'aval des déversoirs d'orages)
- Investissement réduit (pas de surdimensionnement à cause des eaux diluées)

Pour le type de TED, nous recommandons la réutilisation des décanteurs primaires existants :

- Influence négligeable sur le bilan de charge comparé avec un traitement physico-chimique
- Exploitation simplifiée (pas de dosage de chimiques, sable)
- Rétention des petits dépassements des débits
- Bassin d'avarie (rétention de quelques heures)
- Investissement réduit



## 6. Discussion sur les normes de rejet

Les normes de rejet de la STEP de l'ERM à l'horizon 2040 seront fixées par la DGE selon les exigences figurant dans l'OEaux annexe 3.

Suite aux discussions avec la DGE (séance du 06.06.2018) :

- Les nombres de dépassement restent en principe inférieurs au nombre autorisé.
- La nitrification est demandée comme étape préalable au traitement des micropolluants :
  - Prévoir dans le dimensionnement de la nouvelle biologie de la STEP une nitrification (à 10°C) et dénitrification partielle comme préalable au traitement des micropolluants
  - Un dépassement du au TED n'a pas de conséquence.
- le phosphore peut être évalué sur les moyennes annuelles puisqu'il s'agit principalement d'atteindre les objectifs en termes de charges.

## 7. Conclusion et recommandations

Avec un traitement biologique jusqu'à 360 l/s complété par un traitement des eaux diluées jusqu'à 950 l/s, l'abattement des charges annuelles est optimal et la totalité du débit arrivant à la STEP est au moins prétraitée. Il se profile comme étant la meilleure solution pour assurer la protection du milieu récepteur (nutriments, eutrophisation, toxicité), supprimer les impacts visuels lors de fortes pluies (papier de toilette, coloration, ...) et améliorer la qualité des eaux de baignade.

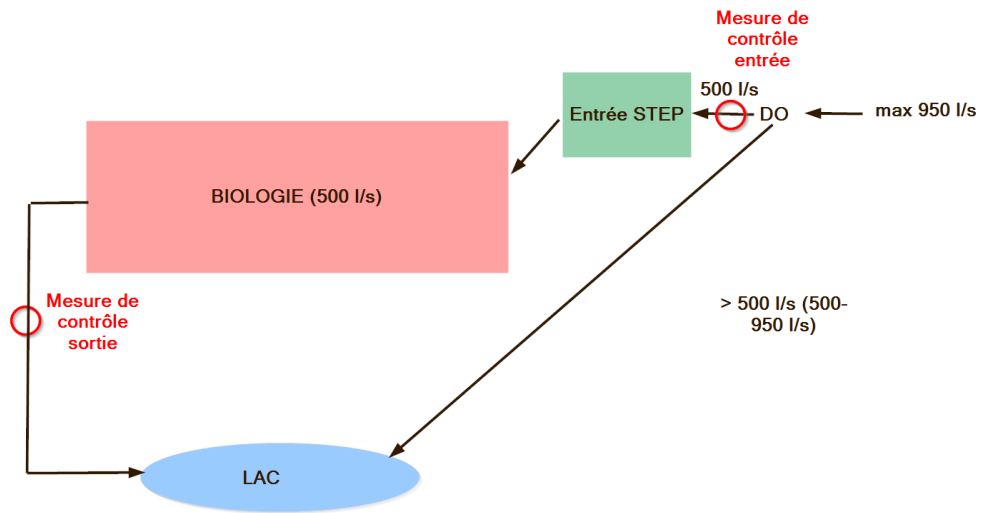
En cas de très forts débits (p.ex. un débit de 400 l/s pendant 24h) les concentrations de  $\text{NH}_4$  et  $\text{P}_{\text{tot}}$  peuvent toutefois dépasser les valeurs limites après la confluence du TED et de la biologie.

*Au vu de ce qui précède, nous recommandons de :*

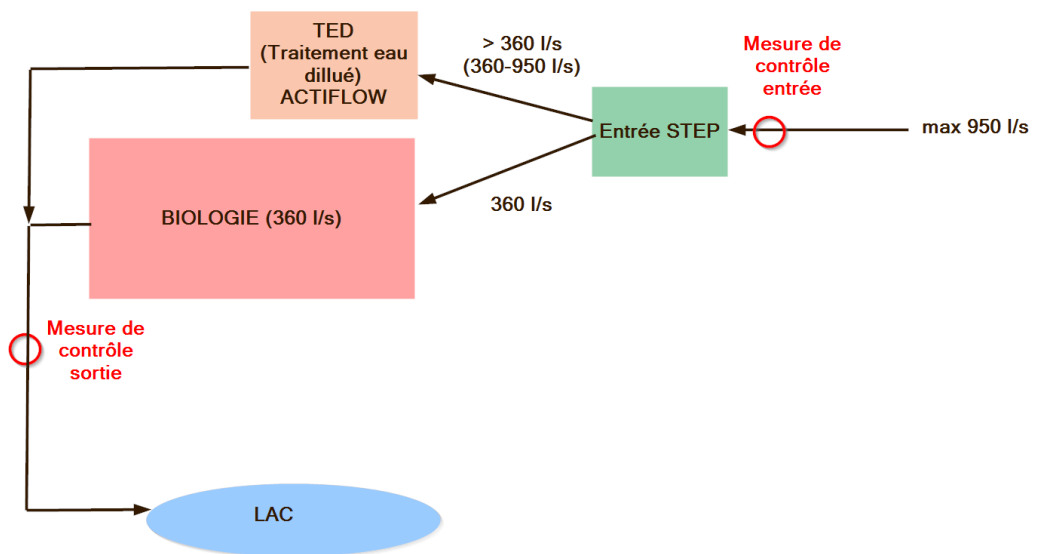
- *Traiter un débit de 360 l/s dans la biologie et jusqu'à 950 l/s au TED*
- *Utiliser et reconverter les bassins de décantation primaire existant pour TED (rétention + décantation)*

## Annexe 1 – Scénarios

Scénario 0 :

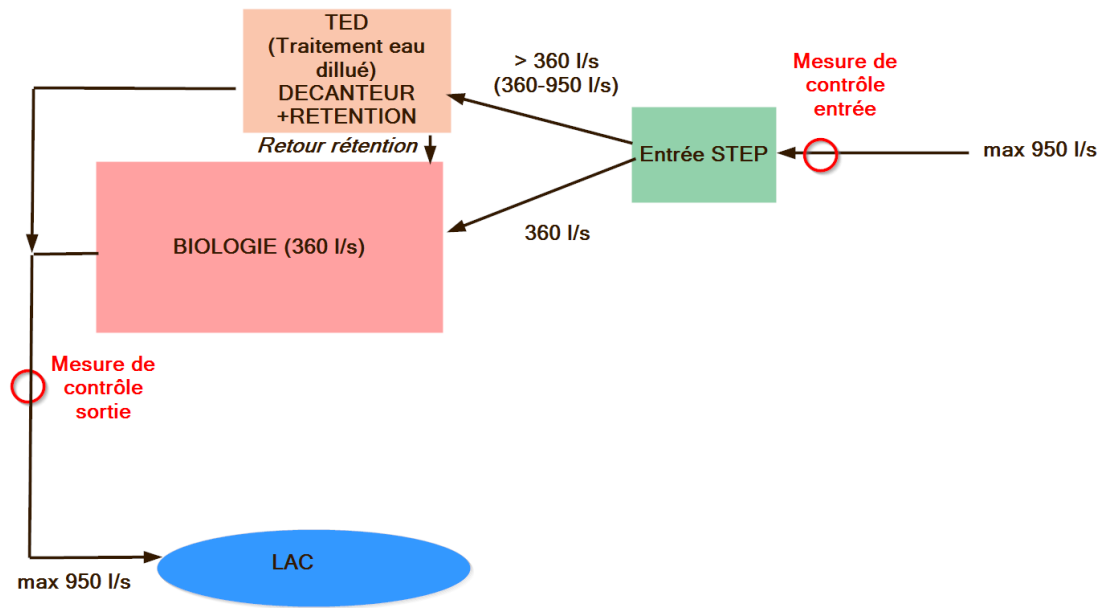


Scénario 1a :





Scénario 1b :





## Annexe 2 – Hypothèses scénarios

Pour la simulation (futur):

- Débits de la simulation Hydrique
- Charge journalière de 85 % réparti sur 24 heures (ATV 131 pour 88'000 EH)
  - La pluie est répartie aléatoirement → Equilibre
  - Les échantillons sont prélevés sur 24 heures
- La concentration maximale correspond à la charge spécifique ATV 131 à 170 l/EHj

Rendements:

Paramètre	Biologie [%]	Actiflo [%]	Décanteur (<1h) [%]	Décanteur (<2h) [%]	Décanteur (>2h) [%]
DCO	94	60	30	35	40
MES	96	90	50	60	65
N-NH4+ (10°C)	95	0	0	0	0
Ptot	95	80	10	10	10

## **Annexe 4**

# **Courriers ERM et DGE relatifs à la gestion des débits futurs**

## COMITE DE DIRECTION

ERM

Rue de Lausanne 72

1110 Morges

Tél : 021 804 70 30

Fax : 021 804 70 35

E-mail : administration@erm-step.ch

Internet : www.erm-step.ch

Direction générale de l'environnement

Division Protection des eaux

A l'att. de Mme Florence Dapples

Chemin des Boveresses 155

1066 Epalinges

Morges, le 9 novembre 2017 / RC/TR/bb

### Validation des hypothèses de dimensionnement du projet d'extension et renouvellement « STEP ERM 2040 »

Madame,

Dans le cadre de l'étude d'avant-projet d'extension du projet cité en titre, des réflexions ont été menées afin de déterminer les hypothèses de dimensionnement.

Depuis plusieurs années, la DGE est régulièrement impliquée et informée sur l'avancement du projet. Lors de la dernière séance, le 10.04.17 en présence de M. Jaquerod (M. Vioget s'était excusé), un concept de gestion et traitement des débits à la STEP du Bief avait été présenté conjointement avec le bureau Hydrique (voir PV n°113008.301\_PV\_07\_Séance DGE+Ville+comité ERM\_10.04.2017). Ce concept est également décrit dans une note technique Triform (document n° 113008.301\_Ra08\_vA\_ERM du 08.02.17 transmis le 16.03.17 par courriel à la DGE). Au cours de cette séance, la DGE a donné son accord de principe à la poursuite de l'avant-projet sur la base du concept des débits présenté.

Suite à ces discussions, notre ingénieur des procédés (Triform SA) préconise de fixer le dimensionnement suivant, soit celui présenté en séance du 10.04.17 et dans le rapport cité plus haut :

#### A) Charge biologique :

- 65'000 EH population
- environ 15'000 à 25'000 EH industriels

Soit au total 80'000-90'000 EH.

#### B) Charge hydraulique :

- Traitement des eaux « concentrées » sur une filière biologique : débits jusqu'à 300 l/s. (Débit temps sec moyen  $Q_{TW, aM} = 173$  l/s et Débit temps sec de pointe  $Q_{TW, 14} = 297$  l/s).
- Traitement des eaux « diluées » sur une filière physico(-chimique) : débits de 300 l/s à 950 l/s (c-à-t traitement de 650 l/s).

Question : Quelles sont les performances attendues pour le traitement des eaux pluviales avant rejet dans le lac (p.ex. abattement de 50% de la charge annuelle DCO déversée) ?

Au cours des derniers mois, le bureau Triform a par conséquent avancé avec ces nouvelles hypothèses sur l'implantation des ouvrages des deux variantes envisagées, à savoir :

- Variante 1 : réacteurs SBR (Sequencing Batch Reactors)
- Variante 2 : 3 à 4 filières à boues activées en parallèle.

Les plans provisoires d'avant-projet de Triform de ces deux variantes sont transmis en annexe.


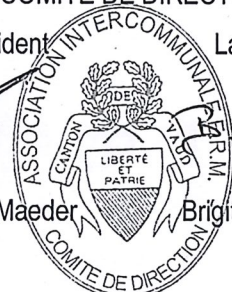
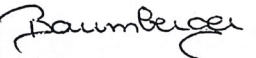
Afin de pouvoir trancher pour l'une ou l'autre variante, il est nécessaire d'obtenir une validation des points ci-dessus. En effet, la question du débit de dimensionnement est particulièrement sensible sur la dimension de certains ouvrages, notamment ceux de décantation.

Par ailleurs, vu la planification cantonale micropolluants, qui prévoit une réalisation du traitement des micropolluants pour l'ERM d'ici 2025, il est important d'avoir une assurance sur le débit de dimensionnement. Ceci afin de pouvoir mener à bien l'avant-projet « micropolluants » permettant de préparer et déposer le dossier de consultation (Phase A) auprès de la DGE et de l'OFEV en 2018 (conformément à l'aide à l'exécution de l'OFEV sur le financement des mesures concernant le traitement des micropolluants, 2016).

Au vu de ce qui précède, le Comité de l'ERM sollicite la DGE pour une validation formelle des hypothèses de dimensionnement proposées ci-dessus d'ici fin 2017 afin de poursuivre les études en cours.

L'ERM ainsi que le bureau Triform se tiennent à disposition pour présenter les points ci-dessus au cours d'une séance à convenir.

En vous remerciant de votre collaboration et dans l'attente de vos nouvelles, nous vous prions d'agréer, Madame, nos salutations distinguées.

COMITE DE DIRECTION  
Le Président Le Secrétaire  
  
  
Christian Maeder Brigitte Baumberger  


Annexe : mentionnée

Copie : Bureau Triform SA, M. Raphaël Casazza

Copies ERM : 5xCD/TR/JM

**COPIE**

ERM  
Rue de Lausanne 72  
1110 Morges

Réf. : CAJ/alb

Epalinges, le 12 décembre 2017

Personne de contact :  
Claude-Alain Jaquerod  
☎ : 021 - 316 71 85

### Validation des hypothèses de dimensionnement du projet d'extension et renouvellement « STEP ERM 2040 »

Madame, Monsieur,

En réponse à votre courrier du 9 novembre 2017, nous vous faisons part ci-dessous de notre position.

La DGE adhère au principe d'un dimensionnement optimisé sur la base d'une modélisation calée sur les mesures et pouvant s'écarter des calculs théoriques normalisés. La démarche utilisée, basée notamment sur une évaluation des charges rejetées, nous paraît adéquate.

Nous soutenons également le concept de modification du réseau qui devrait permettre de réduire les déversements d'eaux mixtes excédentaires dans les cours d'eau en amont et d'acheminer ces eaux à la STEP pour un traitement centralisé dans un ouvrage adapté.

Toutes les eaux traitées biologiquement devront faire l'objet d'un traitement avancé des micropolluants, nous n'admettons pas un dimensionnement plus restreint (et par conséquent un by-pass) de ce traitement.

Quant au choix du débit de dimensionnement de 300 l/s et aux performances des traitements à mettre en œuvre, nous faisons les remarques suivantes :

- La fiabilité et la précision de l'évaluation réalisée (notamment mesures de débit, hypothèses de modélisation) doivent être prises en compte. A défaut de pouvoir vérifier dans le détail la solidité de cette évaluation, nous ne pouvons que nous fier à vos mandataires, qui ont assuré lors de la séance du 10 avril que la marge de sécurité était suffisante.
- Les normes de rejet (concentrations et rendements) s'appliquent à la globalité du volume d'eau acheminé à la STEP, y compris les eaux pluviales ne subissant qu'un traitement partiel, et ceci en tout temps, sauf lors de situations exceptionnelles telles que de très fortes précipitations.

COPIE

- La conception et le dimensionnement des deux filières doivent permettre d'assurer un niveau de traitement suffisant pour garantir le respect des dites normes aux conditions ci-dessus. Cette exigence déterminera les performances attendues du traitement des eaux pluviales. Les performances à assurer par le traitement des micropolluants devront également tenir compte du fait qu'en moyenne environ 4% (selon vos mandataires) de la charge sera rejetée sans traitement efficace.
- Le respect des exigences légales devra être vérifié à l'aide d'un dispositif de mesure et prélèvement conçu de manière à mesurer les flux entrants et sortants de manière représentative.
- En cas de non-respect des normes de rejet, des mesures d'amélioration devront être apportées.
- Le traitement des eaux pluviales ne dispensera en rien les communes de réaliser les travaux de séparation des eaux et d'élimination des eaux claires parasites nécessaires et/ou planifiés. La présence d'un traitement des eaux pluviales à la STEP ne doit pas entraîner de modification des concepts d'évacuation des eaux validés dans les PGEE (en particulier pour les eaux de chaussée, qui devront si nécessaire être traitées dans les secteurs en séparatif).

Sous réserve de la prise en compte des remarques ci-dessus, nous pouvons valider la proposition soumise.

Nous attirons votre attention sur le fait que vous devez également tenir compte, dans l'aménagement du site, d'une possible évolution de la STEP au-delà de l'horizon actuel de planification de 2040.

Tout en restant à votre disposition, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur, nos salutations distinguées.



Florence Dapples  
Cheffe de division



Claude-Alain Jaquerod  
Chef de section

**Copie à :**

- Triform SA, M. Raphaël Casazza, Bd. De Pérolles 55, 1700 Fribourg

## Annexe 5

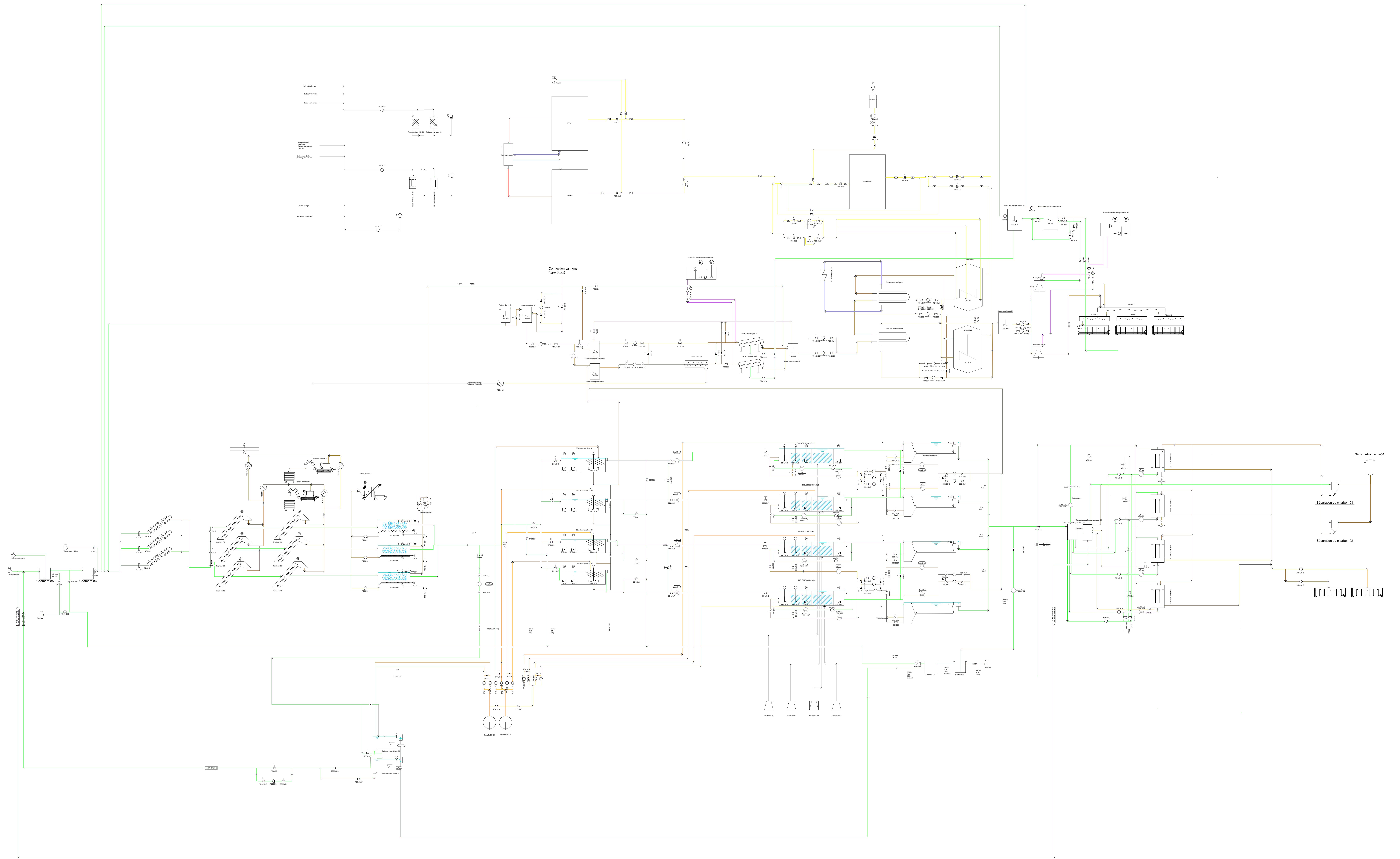
### Schéma des flux futurs





## Annexe 6

### Schéma TI et liste d'équipements



STEP ERM MORGES		Dossier	
113008_303_ERM		113008.303	
		No Plan / Plannumer	
		Total	
Dessiné etc	Visé etc	Format B1	Adress du projet/Projectadresse
07/06/2021		triform	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

Projet: 113008\_303\_ERM

EH: 88000

Débit journalier moyen [m3/j]: 16800

## Bâtiment de service

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
1	BS1..1	Services auxiliaires	Bâtiment de service	Locaux d'exploitation	20		

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Biologie

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
2	BB0.81.1	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
3	BB0.81.2	Pompe extraction des boues	Biologie	Décantation finale	6		
4	BB0.81.3	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
5	BB0.81.4	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
6	BB1.81.1	Pompe recirculation interne	Biologie	Activation avec élimination d'a	3		
7	BB1.83.1	Soufflante	Biologie	Activation avec élimination d'a	30		
8	BB1.91.1	Décanteur secondaire	Biologie	Décantation finale	3		
9	BB1.96.1	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
10	BB1.96.2	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
11	BB1.96.3	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
12	BB1.96.4	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
13	BB2.81.1	Pompe recirculation interne	Biologie		3		
14	BB2.81.2	Pompe extraction des boues	Biologie	Décantation finale	6		
15	BB2.81.3	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
16	BB2.83.2	Soufflante	Biologie	Activation avec élimination d'a	30		
17	BB2.91.2	Décanteur secondaire	Biologie	Décantation finale	3		
18	BB2.96.1	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
19	BB2.96.2	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
20	BB2.96.3	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
21	BB2.96.4	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
22	BB3.81.1	Pompe recirculation interne	Biologie		3		
23	BB3.81.2	Pompe extraction des boues	Biologie	Décantation finale	6		
24	BB3.81.3	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
25	BB3.83.3	Soufflante	Biologie	Activation avec élimination d'a	30		
26	BB3.91.3	Décanteur secondaire	Biologie	Décantation finale	3		
27	BB3.96.1	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
28	BB3.96.2	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
29	BB3.96.3	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
30	BB3.96.4	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1		
31	BB4.81.1	Pompe recirculation interne	Biologie	Activation avec élimination d'a	3		
32	BB4.81.2	Pompe recirculation des boues	Biologie	Décantation finale	5		
33	BB4.81.3	Pompe extraction des boues	Biologie	Décantation finale	6		
34	BB4.83.4	Soufflante	Biologie	Activation avec élimination d'a	30		
35	BB4.91.4	Décanteur secondaire	Biologie	Décantation finale	3		

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

36	BB4.96.1	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1	
37	BB4.96.2	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1	
38	BB4.96.3	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1	
39	BB4.96.4	Brasseur biologie	Biologie	Activation avec élimination d'a	1	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Décanteur primaire

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
40	DP1.96.1	Agitateur coagulation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
41	DP1.96.2	Agitateur floculation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
42	DP1.96.3	Brasseur DPC	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
43	DP2.96.1	Agitateur coagulation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
44	DP2.96.2	Agitateur floculation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
45	DP2.96.3	Brasseur décantation lamellaire	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
46	DP3.96.1	Agitateur coagulation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
47	DP3.96.2	Agitateur floculation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
48	DP3.96.3	Brasseur décantation lamellaire	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
49	DP4.96.1	Agitateur coagulation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
50	DP4.96.2	Agitateur floculation	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		
51	DP4.96.3	Brasseur décantation lamellaire	Décanteur primaire	Décantation primaire	1		

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Micropolluants

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
52	MP0.81.2	Pompe alimentation et lavage	Micropolluants		16		
53	MP0.82.1	Compresseur	Micropolluants		30		
54	MP1.81.1	Pompe alimentation et lavage	Micropolluants		16		
55	MP1.81.2	Pompe retour charbon	Micropolluants		16		
56	MP2.81.1	Pompe alimentation et lavage	Micropolluants		16		
57	MP2.81.2	Pompe retour charbon	Micropolluants		16		
58	MP3.81.1	Pompe alimentation et lavage	Micropolluants		16		
59	MP4.81.1	Pompe alimentation et lavage	Micropolluants		16		

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Prétraitement

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
60	PT0.65.1	Laveur_sable	Prétraitement	Dessablage	1,6		
61	PT0.80.1	Presse à déchets	Prétraitement	Degrillage	6		
62	PT0.80.2	Presse à déchets	Prétraitement	Degrillage	6		
63	PT0.81.10	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
64	PT0.81.11	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
65	PT0.81.12	Benne à boues	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
66	PT0.81.13	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
67	PT0.81.14	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
68	PT0.81.15	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
69	PT0.81.16	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
70	PT0.81.17	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
71	PT0.81.18	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
72	PT0.81.21	Pompe flottants	Prétraitement	Dessablage	0,5		
73	PT0.81.22	Pompe flottants	Prétraitement	Dessablage	0,5		
74	PT0.81.23	Vis de transport refus	Prétraitement	Degrillage	1,1		
75	PT0.81.24	Vis de transport refus	Prétraitement	Degrillage	1,1		
76	PT0.81.7	Vis de transport refus	Prétraitement	Degrillage	1,1		
77	PT0.81.8	Pompe coagulant	Prétraitement	Dosage de précipitant	0,1		
78	PT0.81.9	Vis de transport refus	Prétraitement	Degrillage	1,1		
79	PT0.89.1	Pont roulant	Prétraitement	Locaux d'exploitation	5	DD	
80	PT0.97.1	Station floculation épaisseuse	Prétraitement	Dosage de précipitant	2		
81	PT0.97.2	Station floculation deshydratant	Prétraitement	Dosage de précipitant	2		
82	PT1.80.1	Degrilleur	Prétraitement	Degrillage	1,1		
83	PT1.80.1	Tamiseur	Prétraitement	Degrillage	1,5		
84	PT1.81.1	Pompe extraction sable	Prétraitement	Dessablage	2		
85	PT1.83.1	Compresseur air dessableur	Prétraitement	Dessablage	7		
86	PT1.85.1	Racleur flottant DP	Prétraitement	Dessablage	0,2		
87	PT1.87.1	Vis dessableur	Prétraitement	Dessablage	0,55		
88	PT2..1	Séparation du charbon	Prétraitement		2		
89	PT2..2	Séparation du charbon	Prétraitement		2		
90	PT2.80.2	Degrilleur	Prétraitement	Degrillage	1,1		
91	PT2.80.2	Tamiseur	Prétraitement	Degrillage	0,5		
92	PT2.81.2	Pompe extraction sable	Prétraitement	Dessablage	2		
93	PT2.83.1	Compresseur air dessableur	Prétraitement	Dessablage	7		



# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

94	PT2.85.1	Racleur flottant DP	Prétraitement	Dessablage	0,2	
95	PT2.87.1	Vis dessableur	Prétraitement	Dessablage	0,55	
96	PT3.80.3	Dégrilleur	Prétraitement	Dégrillage	1,1	
97	PT3.80.3	Tamiseur	Prétraitement	Dégrillage	1,5	
98	PT3.81.3	Pompe extraction sable	Prétraitement	Dessablage	2	
99	PT3.83.1	Compresseur air dessableur	Prétraitement	Dessablage	7	
100	PT3.85.1	Racleur flottant DP	Prétraitement	Dessablage	0,2	
101	PT3.87.1	Vis dessableur	Prétraitement	Dessablage	0,55	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Relevage

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
102	RE.81.1	Vis d'archimèdes	Relevage	Relevage des eaux	40	VF	
103	RE.81.2	Vis d'archimèdes	Relevage	Relevage des eaux	40	VF	
104	RE.81.3	Vis d'archimèdes	Relevage	Relevage des eaux	55	VF	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Services généraux

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
105	SG0.82.1	Compresseur	Services généraux			1	
106	SG0.82.2	Compresseur	Services généraux			1	
107	SG0.82.3	Compresseur	Services généraux			1	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Traitement des boues

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
108	TB0.80.1	Chaudière (à gaz)	Traitement des boues		1		
109	TB0.81.1	Pompe eaux putrides	Traitement des boues	Déshydratation	1		
110	TB0.81.10	Pompes boue épaissie	Traitement des boues	Stabilisation	5		
111	TB0.81.11	Pompes boue épaissie	Traitement des boues	Stabilisation	5		
112	TB0.81.12	Pompe boues tierces	Traitement des boues	Moyens d'exploitation	6		
113	TB0.81.2	Pompe eaux putrides	Traitement des boues	Déshydratation	1		
114	TB0.81.3	Pompe dosage floculation	Traitement des boues	Dosage de précipitant	0,1		
115	TB0.81.4	Pompe dosage floculation	Traitement des boues	Dosage de précipitant	0,1		
116	TB0.81.5	Pompe dosage floculation	Traitement des boues	Dosage de précipitant	0,1		
117	TB0.81.6	Pompe dosage floculation	Traitement des boues	Dosage de précipitant	0,1		
118	TB0.81.8	Vis de transport refus strainpr	Traitement des boues	Elimination des particules gros	1,1		
119	TB0.81.9	Pompe boues tierces	Traitement des boues	Moyens d'exploitation	6		
120	TB0.82.2	Compresseur	Traitement des boues		1		
121	TB0.82.3	Compresseur	Traitement des boues		1		
122	TB0.82.4	Compresseur	Traitement des boues		1		
123	TB0.82.5	Compresseur	Traitement des boues		1		
124	TB0.87.1	Convoyeur à vis	Traitement des boues	Déshydratation	2		
125	TB0.87.2	Convoyeur à vis	Traitement des boues	Déshydratation	2		
126	TB0.87.3	Convoyeur à vis	Traitement des boues	Déshydratation	2		
127	TB0.87.4	Convoyeur à vis	Traitement des boues	Déshydratation	2		
128	TB0.96.1	Brasseur boues mixtes	Traitement des boues		2		
129	TB0.96.2	Brasseur fosse boue épaissie	Traitement des boues	Stabilisation	3		
130	TB0.96.3	Brasseur fosse eau putride	Traitement des boues	Déshydratation	1		
131	TB0.96.4	Brasseur fosse eau putride	Traitement des boues	Déshydratation	1		
132	TB0.96.5	Brasseur stockeur boues	Traitement des boues	Déshydratation	1		
133	TB0.96.6	Brasseur boues mixtes	Traitement des boues		1		
134	TB0.96.7	Brasseur boues mixtes	Traitement des boues		2		
135	TB0.96.8	Brasseur boues mixtes	Traitement des boues		2		
136	TB1.81.2	Pompes boues mixtes	Traitement des boues		5		
137	TB1.81.3	Pompe boue digérée	Traitement des boues	Déshydratation	5		
138	TB1.81.4	Pompes sortie digesteur	Traitement des boues	Stabilisation	5		
139	TB1.81.5	Pompes recirculation boues c	Traitement des boues	Stabilisation	5		
140	TB1.93.1	Table d'égouttage	Traitement des boues	Pré-épaississement des boue	3		
141	TB1.93.1	Deshydratation	Traitement des boues	Déshydratation	35		

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

142	TB1.96.1	Brasseur digesteur	Traitement des boues	Stabilisation	9	
143	TB2.81.2	Pompes boues mixtes	Traitement des boues		5	
144	TB2.81.3	Pompes sortie digesteur	Traitement des boues	Stabilisation	5	
145	TB2.81.4	Pompe boue digérée	Traitement des boues	Déshydratation	5	
146	TB2.81.5	Pompes recirculation boues c	Traitement des boues	Stabilisation	5	
147	TB2.93.1	Strainpress	Traitement des boues	Elimination des particules gros	5	
148	TB2.93.2	Deshydratation	Traitement des boues	Déshydratation	35	
149	TB2.93.2	Table d'égouttage	Traitement des boues	Pré-épaississement des boue	3	
150	TB2.96.1	Brasseur digesteur	Traitement des boues	Stabilisation	9	

# Liste des équipements - Consommateurs

113008\_303\_ERM

## Traitement eau diluée

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Puissance [kW]	Variateur de fréquence (VF), démarrage doux (DD)	Commentaire
151	TED0.81.	Pompe retour TED	Traitement eau diluée	Dessablage	3		
152	TED1.91.	Traitement eau diluée	Traitement eau diluée		2		
153	TED2.91.	Traitement eau diluée	Traitement eau diluée		2		

# Liste des équipements - Instrumentation

113008\_303\_ERM

Projet: 113008\_303\_ERM

EH: 88000

Débit journalier moyen [m3/j]: 16800

## Biologie

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Type de vanne	Actionneur	Commentaire
1	BB0.11.2	Débitmètre	Biologie				
2	BB1.11.1	Débitmètre	Biologie				
3	BB1.11.2	Débitmètre	Biologie				
4	BB1.11.3	Débitmètre	Biologie				
5	BB1.11.4	Débitmètre	Biologie				
6	BB2.11.1	Débitmètre	Biologie				
7	BB2.11.2	Débitmètre	Biologie				
8	BB2.11.3	Débitmètre	Biologie				
9	BB2.11.4	Débitmètre	Biologie				
10	BB3.11.1	Débitmètre	Biologie				
11	BB3.11.2	Débitmètre	Biologie				
12	BB3.11.3	Débitmètre	Biologie				
13	BB3.11.4	Débitmètre	Biologie				
14	BB4.11.1	Débitmètre	Biologie				
15	BB4.11.2	Débitmètre	Biologie				
16	BB4.11.3	Débitmètre	Biologie				
17	BB4.11.4	Débitmètre	Biologie				

# Liste des équipements - Instrumentation

113008\_303\_ERM

## Micropolluants

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Type de vanne	Actionneur	Commentaire
18	MP0.11.1	Débitmètre	Micropolluants				
19	MP0.11.2	Débitmètre	Micropolluants				
20	MP1.11.1	Débitmètre	Micropolluants				
21	MP2.11.1	Débitmètre	Micropolluants				
22	MP3.11.1	Débitmètre	Micropolluants				
23	MP4.11.1	Débitmètre	Micropolluants				



# Liste des équipements - Instrumentation

113008\_303\_ERM

## Traitement eau dilluée

No ligne	Code TRI	Description	Partie	Section	Type de vanne	Actionneur	Commentaire
24	TED0.89.	Débitmètre	Traitement eau dilluée				
25	TED1.12.	Mesure de niveau	Traitement eau dilluée				
26	TED2.12.	Mesure de niveau	Traitement eau dilluée				

# Annexe 7

## Notes de dimensionnement

## 113008.301 STEP ERM Morges - Dimensionnement boues activées

Equivalent habitants	88000 EH
Débit de dimensionnement biologie	360 l/s

## Charges entrée

	Valeur spécifique [g/(EH*j)]	Charge entrée STEP [kg/j]	Retour [%] <sup>4</sup>	Charge retour [kg/j]	Charge entrée DP [kg/j]	Réduction DP [%] <sup>3</sup>	Charge entrée biologie [kg/j]
DCO total <sup>1</sup>	120	10 560	0%	0	10 560	36%	6 765
DCO dissout <sup>2</sup>	42	3 661	0%	0	3 661	0%	3 661
DCO particulaire <sup>2</sup>	78	6 899	0%	0	6 899	55%	3 105
MES <sup>1</sup>	70	6 160	0%	0	6 160	55%	2 772
Kjeldahl-N <sup>1</sup>	11	968	20%	194	1 162	10%	1 045
NH <sub>4</sub> -N <sup>3</sup>	7	616	20%	123	739	0%	739
NO <sub>3</sub> -N	0	0	0%	0	0	0%	0
Ptot <sup>1</sup>	1.8	158	2%	3	162	10%	145

<sup>1</sup>ATV 198<sup>2</sup>Valeur refraction. DWA-A 131, 2016<sup>3</sup>Estimation selon DWA-A 131, 2016<sup>4</sup>Estimation retour: voir bilans

## Débit

			l/s
Débit max dimensionnement	Q <sub>M</sub>	1296 [m <sup>3</sup> /h]	360
Débit temps sec moyen	Q <sub>TRW, aM</sub>	623 [m <sup>3</sup> /h]	173
Débit temps sec de pointe	Q <sub>TRW, 14</sub>	1069 [m <sup>3</sup> /h]	297
Débit temps sec simulé <sup>5</sup>	Q <sub>TS, VSA</sub>	600 [m <sup>3</sup> /h]	167
Débit journalier	Q <sub>d, konz</sub>	14960 [m <sup>3</sup> /j]	173
Débit moyen*			

<sup>5</sup>Formule VSA appliquée à la courbe des débits (Hydrique) QTS = 0.5\*(Qj,20%+Qj,50%)

## Exploitation

Age de boues choisi	t <sub>TS</sub>	11.0 [j]
SVI	SVI	125 [l/kg]
Dosage externe source C	C <sub>CSB, dos</sub>	0 [mg/l]
Température dim. Nitrification /dénitrifica	T	10 [°C]
Température moyenne	T <sub>aM</sub>	17 [°C]

## Résultats dimensionnement DWA-A 131 2016

Age de boues théorique	t <sub>TS, Bem</sub>	8.34 [j]
Production de boues	Ü <sub>Sd</sub>	3 561 [kg/j]
Boues dans les bassin	M <sub>TS, BB</sub>	39 169 [kg]
Concentration des boues	TS <sub>BB</sub>	3.0 [kg/m <sup>3</sup> ]
Volume Bassin BA (t <sub>TS</sub> théorique)	V <sub>BB</sub>	10 217 [m <sup>3</sup> ]
Volume Bassin BA (t <sub>TS</sub> choisi)	V <sub>BB</sub>	13 000 [m <sup>3</sup> ]
Volume décanteur secondaire	V <sub>NB</sub>	4 500 [m <sup>3</sup> ]

## Géométrie choisie

## Géométrie décanteur primaire (lamellaire)

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>VK</sub>	8 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>VK, u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>VK, tot</sub>	5.5 [m]
Volume utile	V <sub>VK</sub>	1408 [m <sup>3</sup> ]

## Géométrie boues activées

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>BB</sub>	75 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>BB, u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>BB, tot</sub>	5.5 [m]
Volume utile	V <sub>BB</sub>	13200 [m <sup>3</sup> ]
Sécurité au dimensionnement (t <sub>TS</sub> théorique)		29 [%]

## Géométrie décanteur secondaire

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>NB</sub>	34 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>NB, u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>NB, tot</sub>	5.2 [m]
Volume utile	V <sub>NB</sub>	5658 [m <sup>3</sup> ]
Sécurité au dimensionnement		27 [%]

## Exigences de sortie

Phosphate en sortie	C <sub>P, AN</sub>	0.5 [mg/l]
Ammonium en sortie	S <sub>NH4, AN</sub>	0 [mg/l]

2 mg/l exigence, mais 0 mg/l pour calcul --&gt; âge des boues poussé à 11j

Efficacité décantation primaire<sup>6</sup>

η in %	Durchflusszeit bezogen auf den mittleren Trockenwetterzufluss Q <sub>T, aM</sub>		
	0,75 h - 1 h	1,5 h - 2 h	> 2,5 h
C <sub>CSB</sub>	30	35	40
X <sub>CSB</sub>	45	55	60
X <sub>TS</sub>	50	60	65
C <sub>NH</sub>	10	10	10
C <sub>P</sub>	10	10	10

## Autres paramètres

Type de racler décantation secondaire	Racleurs à lame
---------------------------------------	-----------------

POUR AGE DE BOUES THEORIQUE AVEC PF = 1.5

## Paramètres résultants

## Décantation primaire

Temps de séjour à Q <sub>TRW, aM</sub>	2.3 [h]
Temps de séjour min à Q <sub>M</sub>	1.1 [h]
Sécurité au dimensionnement	- [%]

## Boues activées

Age de boues effectif	t <sub>TS, Bem</sub>	11.2 [d]
Concentration des boues (Q <sub>max</sub> )	TS <sub>BB</sub>	3.0 [kg/m <sup>3</sup> ]

## Décanteur secondaire

Charge (débit) volumique boues à Q <sub>M</sub>	q <sub>SV</sub>	450 [l/(m <sup>2</sup> /h)]
Charge (débit) superficielle à Q <sub>M</sub>	q <sub>A</sub>	1.19 [m/h]
Temps de séjour à Q <sub>TRW, aM</sub>		9.1 [h]
Temps de séjour min à Q <sub>M</sub>		4.4 [h]

## 113008.301 STEP ERM Morges - Dimensionnement boues activées

Equivalent habitants	88000 EH
Débit de dimensionnement biologie	360 l/s

## Charges entrée

	Valeur spécifique [g/(EH*j)]	Charge entrée STEP [kg/j]	Retour [%] <sup>4</sup>	Charge retour [kg/j]	Charge entrée DP [kg/j]	Réduction DP [%] <sup>3</sup>	Charge entrée biologie [kg/j]
DCO total <sup>1</sup>	120	10 560	0%	0	10 560	36%	6 765
DCO dissout <sup>2</sup>	42	3 661	0%	0	3 661	0%	3 661
DCO particulaire <sup>2</sup>	78	6 899	0%	0	6 899	55%	3 105
MES <sup>1</sup>	70	6 160	0%	0	6 160	55%	2 772
Kjeldahl-N <sup>1</sup>	11	968	20%	194	1 162	10%	1 045
NH <sub>4</sub> -N <sup>3</sup>	7	616	20%	123	739	0%	739
NO <sub>3</sub> -N	0	0	0%	0	0	0%	0
Ptot <sup>1</sup>	1.8	158	2%	3	162	10%	145
Capacité acide (à mesurer) S <sub>K5,ZB</sub>					A vérifier		10 mmol/l

<sup>1</sup>ATV 198<sup>2</sup>Valeur refraction. DWA-A 131, 2016<sup>3</sup>Estimation selon DWA-A 131, 2016<sup>4</sup>Estimation retour: voir bilans

## Débit

			l/s
Débit max dimensionnement	Q <sub>M</sub>	1296 [m <sup>3</sup> /h]	360
Débit temps sec moyen	Q <sub>TW,am</sub>	623 [m <sup>3</sup> /h]	173
Débit temps sec de pointe	Q <sub>TW,14</sub>	1069 [m <sup>3</sup> /h]	297
Débit temps sec simulé <sup>5</sup>	Q <sub>TS,VSA</sub>	600 [m <sup>3</sup> /h]	167
Débit journalier	Q <sub>d,konz</sub>	14960 [m <sup>3</sup> /j]	173
Débit moyen*			

<sup>5</sup>Formule VSA appliquée à la courbe des débits (Hydrique) QTS = 0.5\*(Qj,20%+Qj,50%)

## Exploitation

Age de boues choisi	t <sub>TS</sub>	12.0 [j]
SVI	SVI	125 [l/kg]
Dosage externe source C	C <sub>CSB,dos</sub>	0 [mg/l]
Température dim. Nitrification/dénitrifica T		17 [°C]
Température moyenne	T <sub>am</sub>	17 [°C]
Type dénitrification	Pré-dénitrification	
Partie pour la dénitrification	VD/VBB	0.59
Nitrate à la sortie	S <sub>NO3,AN</sub>	11 [mg/l]

pour chercher x=1!

<sup>6</sup> DWA-A 131, 2016

## Exigences de sortie

Phosphate en sortie	C <sub>p,AN</sub>	0.5 [mg/l]
Ammonium en sortie	S <sub>NH4,AN</sub>	0 [mg/l]

2 mg/l exigence, mais 0 mg/l pour calcul --&gt; âge des boues poussé à 11j

Efficacité décantation primaire<sup>6</sup>

p <sub>7</sub> in %	Durchflusszeit bezogen auf den mittleren Trockenwetterzufluss Q <sub>TW,am</sub>		
	0,75 h - 1 h	1,5 h - 2 h	> 2,5 h
C <sub>CSB</sub>	30	35	40
X <sub>CSB</sub>	45	55	60
X <sub>TS</sub>	50	60	65
C <sub>NH</sub>	10	10	10
C <sub>p</sub>	10	10	10

## Résultats dimensionnement DWA-A 131 2016

Age de boues théorique (nitrification)	t <sub>TS,Bem</sub>	4.20 [j]
Production de boues	Ü <sub>s,d</sub>	3 271 [kg/j]
Boues dans les bassin	M <sub>TS,BB</sub>	39 248 [kg]
Concentration des boues	T <sub>SB</sub>	3.0 [kg/m <sup>3</sup> ]
Volume Bassin BA (t <sub>TS</sub> choisi)	V <sub>BB</sub>	13 000 [m <sup>3</sup> ]
Volume décanteur secondaire	V <sub>NB</sub>	4 500 [m <sup>3</sup> ]
TAC sortie biologie	S <sub>K5,AB</sub>	5 [mmol/l]
	x	1.00
Elimination attendue de l'azote		79%
Rercirculation total dénitrification	RF	4.28 [-]

si x&lt;1: adapter nitrate sortie, pour arriver à

## Autres paramètres

Type de racleur décantation secondaire	Racleurs à lame
--	-----------------

## Géométrie choisie

## Géométrie décanteur primaire (lamellaire)

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>VK</sub>	8 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>VK,u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>VK,tot</sub>	5.5 [m]
Volume utile	V <sub>VK</sub>	1408 [m <sup>3</sup> ]

## Géométrie boues activées

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>BB</sub>	75 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>BB,u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>BB,tot</sub>	5.5 [m]
Volume utile	V <sub>BB</sub>	13200 [m <sup>3</sup> ]
Sécurité au dimensionnement (t <sub>TS</sub> théorique)		29 [%]

## Géométrie décanteur secondaire

Nombre de ligne	a	4 [-]
Longueur	l <sub>NB</sub>	34 [m]
Largeur (1 ligne)	b <sub>NB,u</sub>	8 [m]
Profondeur	h <sub>NB,tot</sub>	5.2 [m]
Volume utile	V <sub>NB</sub>	5658 [m <sup>3</sup> ]
Sécurité au dimensionnement		27 [%]

## Paramètres résultants

## Décantation primaire

Temps de séjour à Q <sub>TW,am</sub>	2.3 [h]
Temps de séjour min à Q <sub>M</sub>	1.1 [h]
Sécurité au dimensionnement	- [%]

## Boues activées

Age de boues effectif	t <sub>TS,Bem</sub>	12.2 [d]
Concentration des boues (Q <sub>max</sub> )	T <sub>SB</sub>	3.0 [kg/m <sup>3</sup> ]

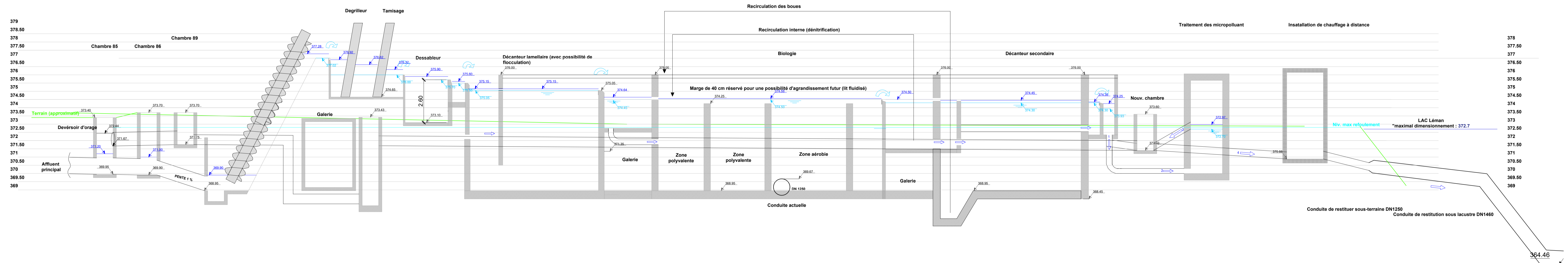
## Décanteur secondaire

Charge (débit) volumique boues à Q <sub>M</sub>	q <sub>SV</sub>	450 [l/(m <sup>2</sup> /h)]
Charge (débit) superficielle à Q <sub>M</sub>	q <sub>A</sub>	1.19 [m/h]
Temps de séjour à Q <sub>TW,am</sub>		9.1 [h]
Temps de séjour min à Q <sub>M</sub>		4.4 [h]

## Annexe 8

### Profil hydraulique

Mandant Auftraggeber		STEP ERM		<b>ERM</b>	
Echelle/Massstab 1:100		<b>Projet / Renouvellement et extension STEP région morgienne</b>			
Dossier 113008.303		<b>Profil hydraulique - Variante A2+</b>			
No Plan/Plannummer PH_307					
Format 1220 x 297 [mm]					
Ingénieur responsable/ Verantwortlicher Ingenieur Moritz Brennecke moritz.brennecke@triform.ch		<b>triform</b>			
Auteur du projet <b>Triform SA</b> Fax 026 347 22 88 www.triform.ch triform@triform.ch		Fribourg Bd. de Pérolles 55 1700 Fribourg Tél. 026 347 22 77		Lausanne Av. de Montchoisi 5 1006 Lausanne Tél. 021 312 07 34	
<b>PROJET</b>					
<b>Modifications/Anderungen</b>					
Nr	Date/Datum	Deess/Ziel	Visa	Désignation/Beschreibung	
0	04.07.2018	sm	mho	-	
A	22.10.2018	mbr	mho	-	
B	15.12.2022	mbr	-	-	
C	15.12.2022	mbr	-	Correction cote niveau DO entrée	
<b>Références externes/Externe Referenzen</b>					
No Plan/Plannummer	Auteur/Verfasser	Date/Datum	Désignation/Beschreibung		
<p>— Ligne d'eau débit maximal (et une ligne hors service)</p> <p>— Ligne d'eau débit nul</p>					
<small>L:\2013\projets\113008\erm_morgien_dao\301-399\proj\113008_303_erm\113008_303_ph103.dwg</small>					



## Annexe 9

# Planning intentionnel des phases de travaux

N°	Nom de la tâche	Durée	Fin	2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030		2031		2032		2033		2034			
				S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2		
0	<b>113008_303_08_Ra05i_Planning_rca_mbr</b>	<b>3168.83</b>	<b>21.12.33</b>																								
52	<b>REALISATION</b>	<b>1838 jrs</b>	<b>21.12.33</b>																								
53	<b>Phase 1 - Parc Vertou: Edicule, cheminement piétons et arbres</b>	<b>68 jrs</b>	<b>30.10.25</b>																								
61	<b>Phase 2 - STEP: Installation chantier et provisoires</b>	<b>164 jrs</b>	<b>03.08.26</b>																								
91	<b>Phase 3 - Exutoire + By-Pass STEP (conduites), démolition exploitation</b>	<b>80 jrs</b>	<b>15.12.26</b>																								
112	<b>Phase 4 - Bâtiment prétraitement / boues</b>	<b>730 jrs</b>	<b>03.01.30</b>																								
129	<b>Phase 5 - Bassin biologique (en 4 sous-étapes)</b>	<b>1060 jrs</b>	<b>14.08.31</b>																								
178	<b>Phase 6 - Démolition Nord</b>	<b>42 jrs</b>	<b>23.10.31</b>																								
193	<b>Phase 7 - Construction Nord (MP + ADM)</b>	<b>370 jrs</b>	<b>06.07.33</b>																								
234	<b>Phase 8 - Démolition bât service et finitions</b>	<b>100 jrs</b>	<b>21.12.33</b>																								
241	<b>Phase 9 - Parc Vertou: Finitions aménagement paysagères</b>	<b>60 jrs</b>	<b>21.12.33</b>																								



## Annexe 10

### Etude géotechnique ABA-GEOL



GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT

COMMUNE DE MORGES

# Etude hydrogéologique

**Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne**

Parcelle 2022 et –DP 120, Coord. moy. : 2°528'800 / 1°152'100

VD05193

OCTOBRE 2022

## SITUATION GENERALE

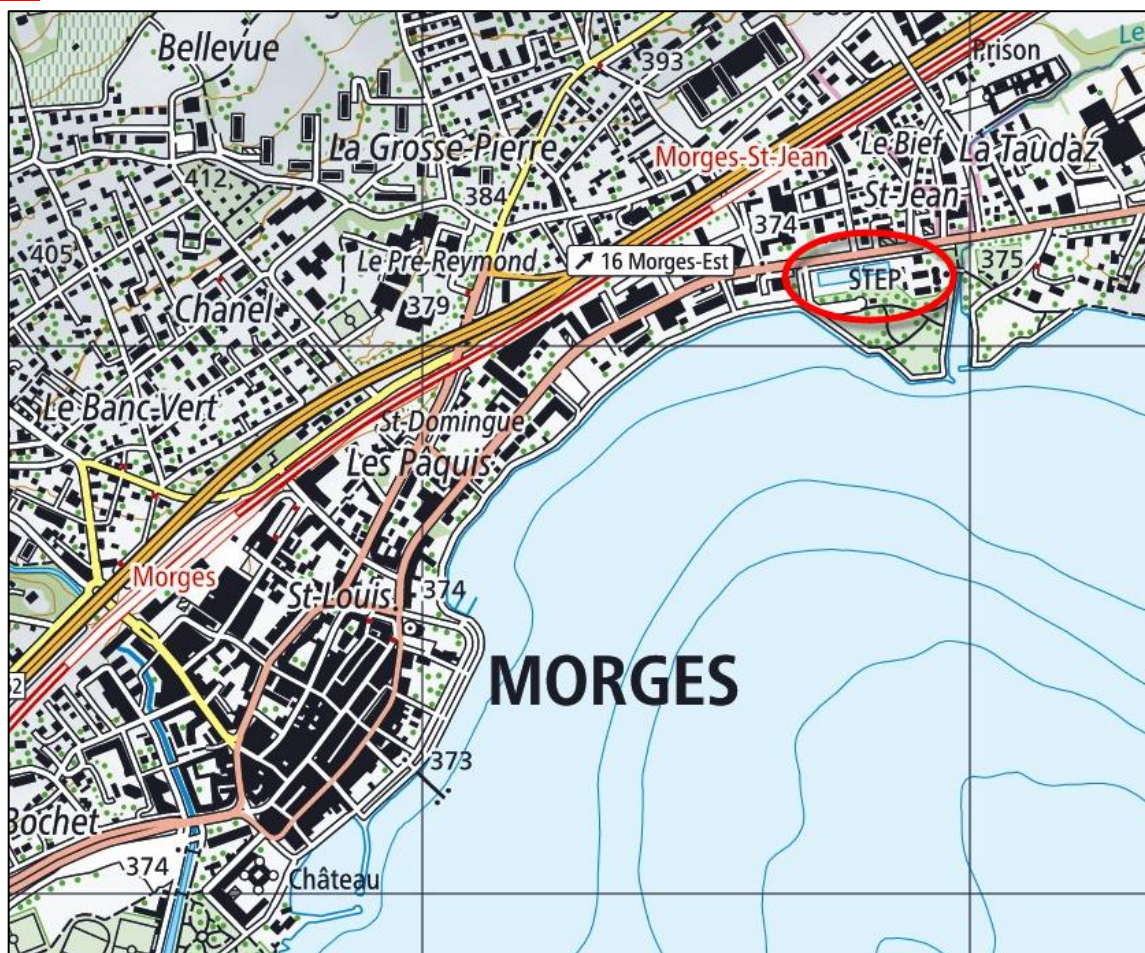


Figure 1 : Situation générale (source : Office fédéral de la topographie swisstopo © – graduation de 1 km)

<b>Version</b>	1
<b>Document</b>	RA1_hydro_VD05193
<b>Date</b>	25.10.2022
<b>Élaboration</b>	ABA-GEOL SA / FX Rue du Grand-Pré 26 1700 Fribourg
<b>Relecture</b>	A. Vallotton, géologue et hydrogéologue dipl.
<b>Collaboration</b>	F.-X. Fragnière, géologue MSc A. Vallotton, géologue et hydrogéologue dipl.
<b>Distribution</b>	Bureau Triform SA, Fribourg

## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TRAVAUX EXECUTES</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROJET</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>FORAGES / SONDAGES</b>	<b>9</b>
	5.1 Forage carotté	9
	5.2 Forages / sondages existants	9
<b>6</b>	<b>COUPE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>CARTE PIEZOMETRIQUE</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>RISQUE DE CONNEXION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINES</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>GESTION DES EAUX SOUTERRAINES</b>	<b>11</b>
	9.1 Evaluations de l'effet de barrage	12
	9.2 Perméabilités	12
	9.3 Mesures constructives	12
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>13</b>

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan de situation et carte piézométrique

Annexe 2 : Relevé détaillé du forage carotté

Annexe 3 : Extraits de cartes

## 1 INTRODUCTION

Mandant : Suite à notre offre du 05.08.22, ABA-GEOL SA a été mandatée par l'Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM) par courrier du 10.08.22.

Mandat : Réalisation d'une étude hydrogéologique ayant pour objet de :

- préciser la géologie sur le site de l'ERM à Morges au moins jusqu'à la profondeur des futurs pieux avec un forage carotté
- Décrire les conditions géologiques et hydrogéologiques
- Décrire les mesures provisoires et définitives de gestion des eaux souterraines prises en phase de chantier / terrassement (blindage de fouille, soutènement, pompage, ...) et évaluer leurs impacts.
- Evaluer l'effet de barrage du projet en phase d'exploitation en prenant en considération les éventuels blindages définitifs et fondations profondes.
- Décrire les mesures constructives permettant d'assurer la circulation des eaux souterraines et de ne pas modifier les niveaux piézométriques à l'état définitif (imperméabilisation du sous-sol, rehaussement des fondations, mesures d'équilibrage de la nappe, by-pass, etc.).

Objet : Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne (annexe 1)

Situation : Commune de Morges, rue de Lausanne 72, parcelles 2022 et DP 120  
Coordonnées géographiques moyennes : 2'528'800 / 1'152'100 (Figure 1)

Bases de l'étude: Relevé d'un forage carotté profond, élaboration d'une carte piézométrique.

Remarque: Le présent rapport hydrogéologique résume les investigations accomplies et les mesures proposées. Toutes les recommandations restent à confirmer lors du projet définitif et de l'ouverture effective des fouilles.

Généralités:

Le site étudié (annexe 3) :

- est répertorié dans l'Atlas Géologique de la Suisse, 1 :25'000, feuille Morges, avec terrains constitués de remblai (Figure 3) ;
- est répertorié en zone de danger naturel (zone de danger indicatif d'inondation);
- est situé en zone Z1 de risque sismique;
- est inscrit au cadastre des sites pollués en tant que décharge / remblai, pollué avec investigation nécessaire ;
- est située à proximité d'un site pollué répertorié (aire d'exploitation : station-service);
- figure en secteur Au de protection des eaux souterraines;
- est répertorié en partie en sol de fondation de type F1 (couche alluviale superficielle de sols de fondation des classes C ou D d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 m reposant sur une couche plus rigide de classe A ou B) et en partie F1 (structures sensibles et dépôts organiques (p.ex. : tourbes, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m).

Contexte :

Le projet de construction de la STEP de Morges se situe en secteur Au de protection des eaux. Il est supposé l'existence de 2 nappes d'eau souterraine, l'une proche de la surface et polluée et l'autre vers 30 m profondeur sous des limons lacustres. Cas échéant, on évitera de mettre en relation ces 2 nappes d'eau souterraine.

De plus, en secteur Au de protection des eaux, est interdit de mettre en place des installations au-dessous du niveau piézométrique de la nappe (OEaux, Ordonnance sur la protection des eaux, Annexe 4, pt. 211, al. 2) ou d'infiltrer des eaux pluviales altérées dans le sol. L'autorité peut accorder des dérogations de cas en cas lorsque la capacité d'écoulement des eaux du sous-sol est réduite de 10% au plus par rapport à l'état non influencé par les installations.

## 2 TRAVAUX EXECUTES

- Organisation, suivi et levé d'un forage carotté profond ;
- Nivellement des piézomètres du site au GPS de précision ;
- Elaboration d'une carte piézométrique ;
- Elaboration d'une coupe géologique et hydrogéologique du site ;
- Description des mesures provisoires et définitives de gestion des eaux souterraines prises en phase de chantier / terrassement (blindage de fouille, soutènement, pompage, ...) et évaluation leurs impacts ;
- Evaluation de l'effet de barrage du projet en phase d'exploitation en prenant en considération les éventuels blindages définitifs et fondations profondes ;
- Description des mesures constructives permettant d'assurer la circulation des eaux souterraines et de ne pas modifier les niveaux piézométriques à l'état définitif (imperméabilisation du sous-sol, rehaussement des fondations, mesures d'équilibrage de la nappe, by-pass, etc.) ;
- Proposition d'un cahier des charges pour le suivi hydrogéologique ;
- Rédaction du présent document.

L'étude a été menée sur la base sur les documents suivants :

- Cahier des charges (offre ABA-GEOL SA du 05.08.22) validé par la DGE, par courriel du 30.06.22 (M. Tomson)
- Plan d'implantation VARIANTE A2+, provisoire avant-projet, daté du 08.06.22, échelle 1 : 500, élaboré par Triform SA
- Coupes d'implantation VARIANTE A2+, provisoire avant-projet, daté du 08.06.22, échelles 1 : 200 et 1 : 500, élaboré par Triform SA
- Rapport ABA-GEOL SA, étude géotechnique préliminaire, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05139, 27.07.18.
- Rapport ABA-GEOL SA, étude environnementale, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05193, 31.07.19.
- Rapport ABA-GEOL SA, étude géotechnique de projet, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05139, 15.08.19.
- Rapport ABA-GEOL SA, Etude environnementale, Art.3 OSites – estimation de mise en danger – investigations OLED, VD05193, 27.09.22.
- OEaux, Ordonnance sur la protection des eaux, du 28 octobre 1998, état le 1er juin 2018.

### 3 PROJET

Le projet prévoit la construction (Cf. Figure 2 ci-dessous) :

- De 4 lignes d'épuration (décanteurs secondaires, bassins biologiques, décanteurs primaires),
- D'un bâtiment boues et pompage + prétraitement,
- D'un bâtiment d'exploitation et administratif,
- D'un bâtiment de traitement des micropolluants.

Les lignes d'épuration et les nouveaux bâtiments reposeront sur un radier environ 7.0 m sous le terrain naturel.

En résumé, la phase de chantier prévoit les étapes ci-dessous

- Mise en place d'une enceinte de palplanches provisoire
- Mise en place de pieux de fondations (la nécessité de pieux est en phase d'étude)
- Pompage et traitement des eaux de la nappe supérieure
- Creuse et évacuation des remblais, au minimum jusqu'au terrain naturel préexistant
- Construction et mise en place d'un masque drainant au-dessous et autour des constructions
- Retrait des palplanches

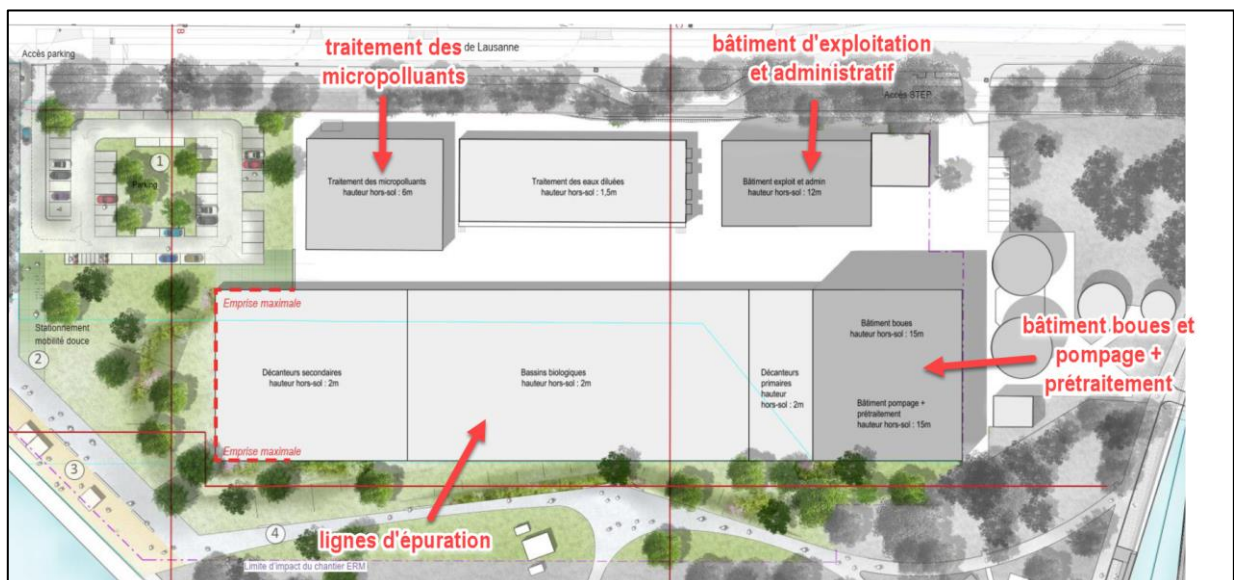


Figure 2 : Situation du projet, Nord vers le haut sans échelle



## 4 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

La **carte géologique** (feuille Morges) indique la présence de remblai au droit de l'actuelle et future STEP (Figure 3). Cette carte, dont le levé s'est fait entre 1960 à 1970, n'indique pas encore le parc de Vertou. Le remblayage de cette zone s'est fait ultérieurement. On voit d'ailleurs que la partie Sud du projet est implantée dans le lac.

Les forages effectués lors des précédentes études indiquent grosso modo la succession suivante :

- 0.0 à 3.5 m remblai
- 3.5 à 25 m limons lacustres
- Dès 25 m moraine ou fluvio-glaciaire d'épaisseur inconnue, puis rocher molassique

Hydrogéologiquement, les remblais sont saturés dès 2-3 m de profondeur, jusqu'au toit des limons lacustres. La forte épaisseur de limons crée un horizon imperméable. Et au-dessous, la présence d'une nappe d'eau souterraine doit être vérifiée, ce qui constitue un des buts de la présente étude.

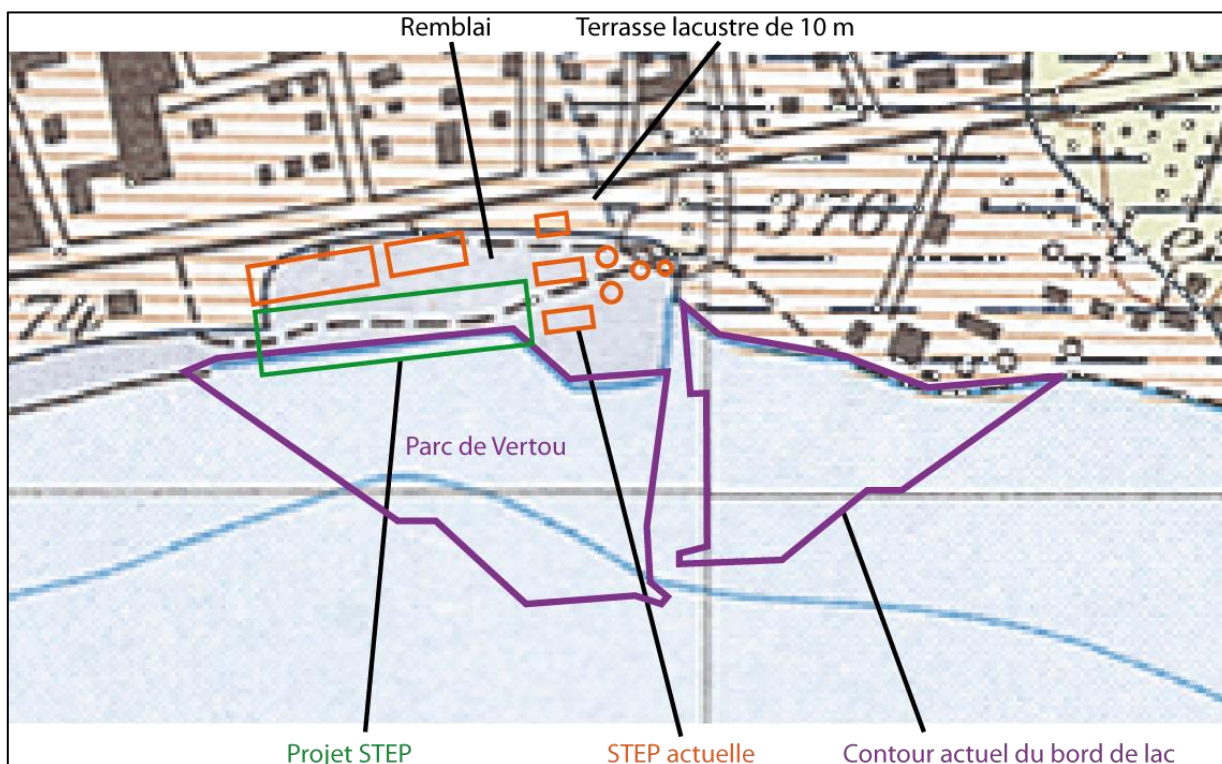


Figure 3 : Carte géologique avec STEP actuelle, projet de la future STEP et du contour actuel du bord de lac, Nord vers le haut sans échelle

## 5 FORAGES / SONDAGES

### 5.1 Forage carotté

Un forage carotté a été réalisé par l'entreprise Implenia entre le 29.08.22 et le 05.09.22. Sa situation figure en annexe 1 et le relevé géologique détaillé aux annexes 2.

Ce forage a rencontré les successions géologiques suivantes :

- 0 à 3.5 m Remblai de décharge
- 3.5 m à 30.0 m Limons lacustres
- 30.0 à 43.2 m Moraine
- 43.2 à 47.6 m Molasse

Le remblai de décharge était saturé entre environ 2.0 et 3.5 m de profondeur, les limons lacustres peu humides, la moraine très peu humide à sèche et aucune venue d'eau dans la Molasse.

Aucune zone saturée n'ayant été repérée sous les limons lacustres, il a été décidé, d'entente avec M. Tomson (DGE – Division EAU – Section Eaux souterraines) de ne pas équiper ce forage d'un piézomètre. Le trou de forage a donc été rebouché et un bouchon d'argile a été posé entre 5.0 et 8.0 m de profondeur.

### 5.2 Forages / sondages existants

Le forage carotté discuté ci-dessus confirme les données des forages exécutés sur le site lors de nos précédentes études. La situation des forages existant figure en annexe 1. Les relevés détaillés peuvent être consultés dans nos précédents rapport cité ci-dessus (§1).

## 6 COUPE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Nous faisons figurer ci-dessous la coupe transversale numéro 6 du projet avec notre interprétation géologique et hydrogéologique (Figure 4). Le tracé de la coupe figure en annexe 1.

On notera les points suivants :

- Il n'y a pas de nappe d'eau souterraine sous les limons lacustres.
- La nappe d'eau souterraine située dans les remblais est de faible épaisseur (env. 2.0 m).
- La base du projet correspond au minimum à la base du remblai. Les radier reposeront sur les limons lacustres naturels en place.
- Le projet traversera la totalité de la nappe superficielle d'eau souterraine.

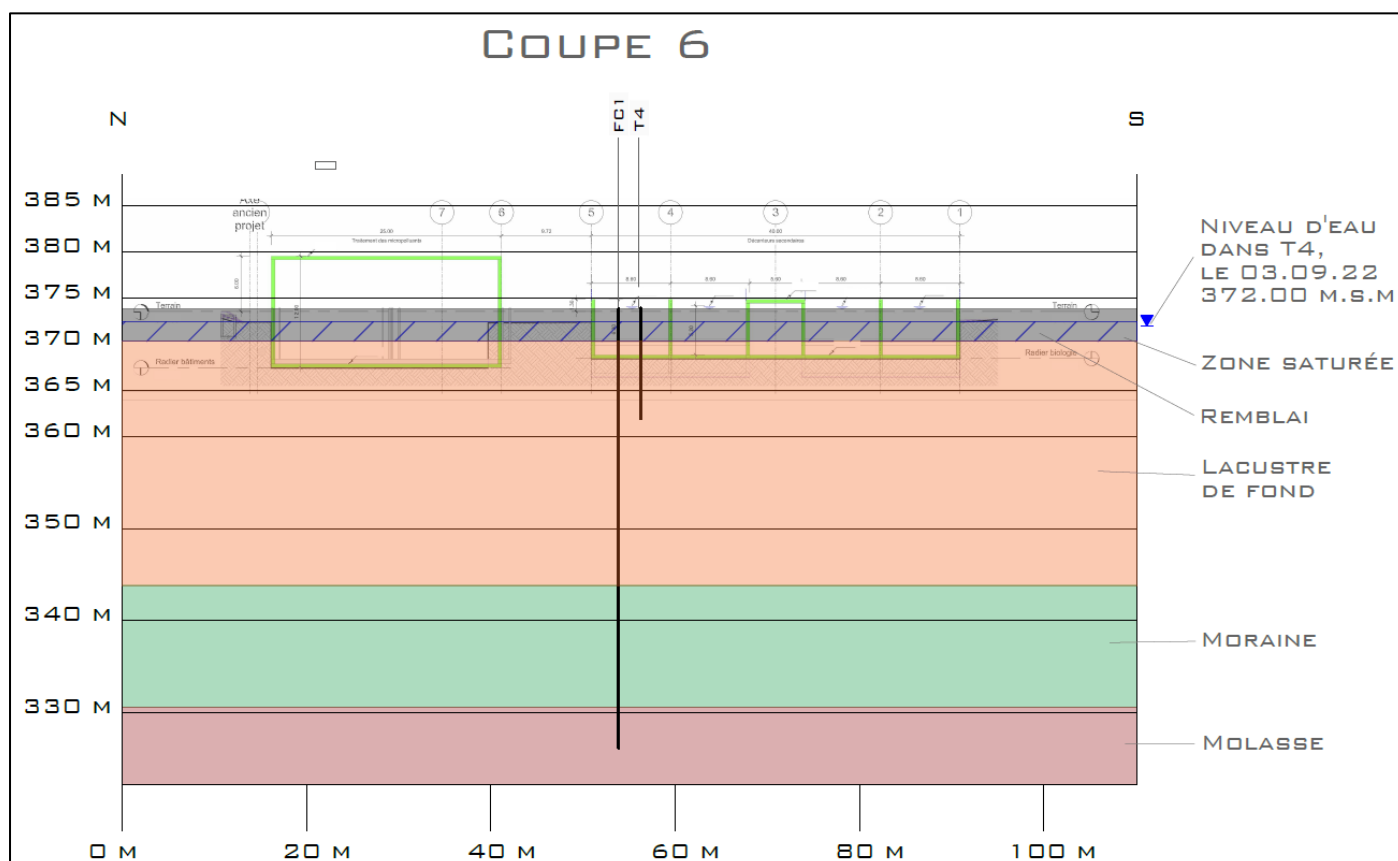


Figure 4 : Coupe transversale numéro 6 du projet avec interprétation géologique et hydrogéologique

## 7 CARTE PIEZOMETRIQUE

Nous faisons figurer en annexe 1 une carte piézométrique établie avec les niveaux d'eau mesurés le 07.09.22 dans les 3 piézomètres en place du site (T3, T4, D2). Ce même jour, nous avons également posé le piézomètre T9. Ce dernier était sec.

On notera les points suivants :

- Le gradient hydraulique est d'environ 0.15 %, ce qui est très faible.
- L'écoulement des eaux souterraines se fait en direction du Nord-Ouest (du lac vers les terres).
- Le piézomètre T9, situé le plus à l'amont, n'a pas montré de zone saturée et était sec le 07.09.22.

Compte tenu de ce qui précède, il semblerait qu'il n'y ait pas d'écoulement d'eau souterraine de l'amont vers le lac. Le niveau de l'eau souterraine fluctue donc avec les variations saisonnières du niveau du lac et les sens des écoulements d'eau souterraine pourraient s'inverser lorsque le lac est bas.

## 8 RISQUE DE CONNEXION DES NAPPES D'EAU SOUTERRAINES

L'absence d'une nappe d'eau souterraine inférieure élimine le risque de by-pass avec la nappe d'eau souterraine supérieure.

De ce fait, il n'y a pas de restriction pour la longueur des pieux de fondations prévues sous la future STEP.

## 9 GESTION DES EAUX SOUTERRAINES

Concernant la gestion des eaux souterraines en phase de chantier, il est prévu les étapes ci-dessous.

- Mise en place d'une enceinte de palplanches provisoire
- Pompage et traitement des eaux de la nappe supérieure
- Construction et mise en place d'un masque drainant au-dessous et autour des constructions
- Retrait des palplanches

## 9.1 Evaluations de l'effet de barrage

Comme démontré ci-dessus (§6, Figure 4), le projet traversera toute la tranche d'eau de la nappe d'eau souterraine. L'effet de barrage est donc total. Pour rappel, les pieux sont situés sous les radiers en zone non saturée. Le projet tel que prévu réduit de plus de 10% l'écoulement des eaux souterraines. Des mesures de compensation doivent être mises en œuvre.

## 9.2 Perméabilités

Les terrains saturés étant situés dans des remblais, les perméabilités sont très hétérogènes et peuvent localement probablement varier de élevé à faible.

En 2019, des prélèvements d'eau souterraine pour la gestion des eaux en phase de chantier ont été effectués dans les piézomètres T1, T3 et T4. Considérant les rabattements mesurés après pompage, les matériaux rencontrés en milieu saturés et le contexte géologique, la perméabilité moyenne doit se situer entre  $5 \times 10^{-5}$  et  $5 \times 10^{-6}$ . Pour les recommandations constructives ci-dessous, nous considérerons le cas défavorable, à savoir la perméabilité la plus élevée ( $5 \times 10^{-5}$ ).

## 9.3 Mesures constructives

Afin de garantir les circulations d'eaux souterraines, nous recommandons de poser une couche de graviers propre ( $\varnothing$  40 – 60 mm, perméabilité de  $10^{-3}$  m/s) d'épaisseur supérieure à 10 cm sous les radiers et sur les côtés, entourée d'un géotextile tissé perméable afin de maintenir les écoulements des eaux souterraines et rétablir la situation antérieure.

### Vérification de la mesure compensatoire

*Nappe d'eau souterraine dans remblais :*

- Epaisseur : 2.0 m (E1)
- Largeur : 175 m (L1)
- Perméabilité moyenne :  $5 \times 10^{-5}$  m/s (k1)

*Mesure de compensation composée de gravier propre :*

- Epaisseur : 0.1 m (E2)
- Largeur : 175 m (L2)
- Perméabilité :  $1 \times 10^{-3}$  m/s (k2)

La formule ci-dessous étant respectée, la mise en place d'une couche très perméable au-dessous et sur les côtés des fondations permettra donc de maintenir l'écoulement des eaux souterraines sans réduction par rapport à l'état non influencé par les installations.

- $E2 \times L2 \times k2 \geq E1 \times L1 \times k1$  [m<sup>3</sup>/s]

## 10 CONCLUSIONS

Sur la base des investigations menées à ce jour au droit du site, et sur la base des éléments à disposition, nous pouvons fournir l'avis hydrogéologique suivant.

- L'absence d'une nappe d'eau souterraine inférieure élimine le risque de by-pass avec la nappe d'eau souterraine supérieure.

De ce fait, il n'y a pas de restriction pour la longueur des pieux de fondations prévues sous la future STEP. La mise en place d'une couche très perméable au-dessous et sur les côtés des fondations permettra de maintenir l'écoulement des eaux souterraines sans réduction par rapport à l'état non influencé par les installations.

Nous rappelons que les indications et conclusions fournies, dans le présent rapport, sont basées sur notre expérience et nos connaissances à ce jour, ainsi que sur l'interprétation que nous sommes à même de faire sur les résultats des levés de terrains et des données récoltées. Elles ne sont, en outre, applicables qu'au droit du secteur étudié et ne concernent pas d'autres questions géologiques et hydrogéologiques.

ABA-GEOL SA

F.-X. Fragnière

A. Vallotton



Plan de situation  
et carte piézométrique

Mandat : VD05193

Echelle : 1 : 1'000

Format : A4

Lieu : Morges

Dessin

Date

Coord. : 2'528'800 / 1'152'100

FX

18.09.22



ABA-GEOL SA  
PAYERNE  
FRIBOURG  
SPIEZ

Fichier : Plan sit\_VD05193.dwg

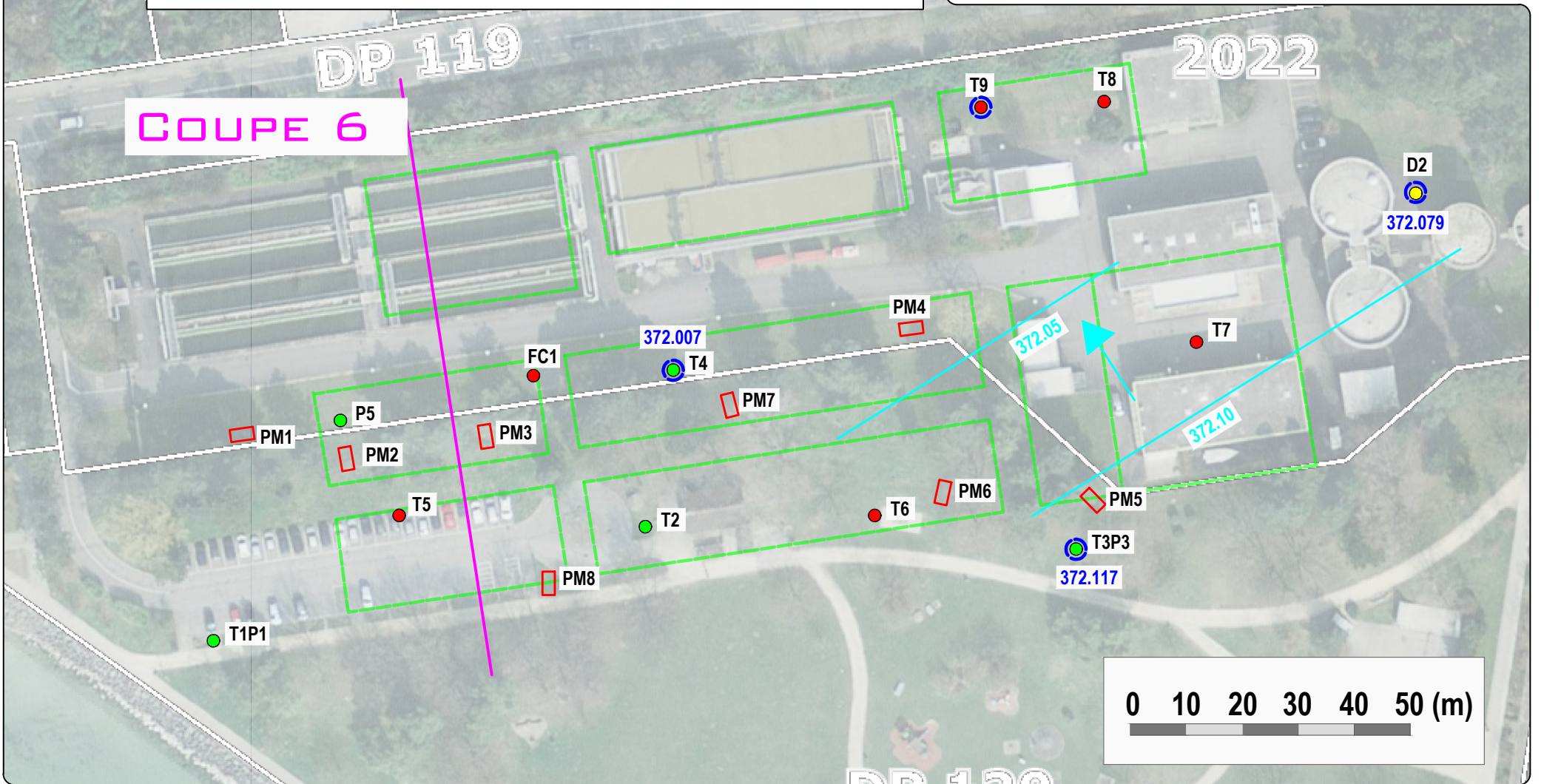
- Projet
  - Piézomètre
  - Sondages / forages 2004
  - Sondages / forages 2018
  - Sondages 2019
  - Sondages / forages 2022
- T = sondage à la tarière mécanique  
P = essai au pénétromètre dynamique lourd  
FC ou D = forage carotté  
PM = sondage pelle mécanique

372.007 Altitude de l'eau souterraine le 07.09.22 [m.s.m.]

372.05 Carte piézométrique du 07.09.22, altitude [m.s.m.] et direction d'écoulement



COUPE 6





ABA-GEOL SA

VD05193

## FORAGE GEOTECHNIQUE

METH. DE FORAGE : Forage carotté

CLIENT : Comité de Drection ERM

SONDAGE : FC1

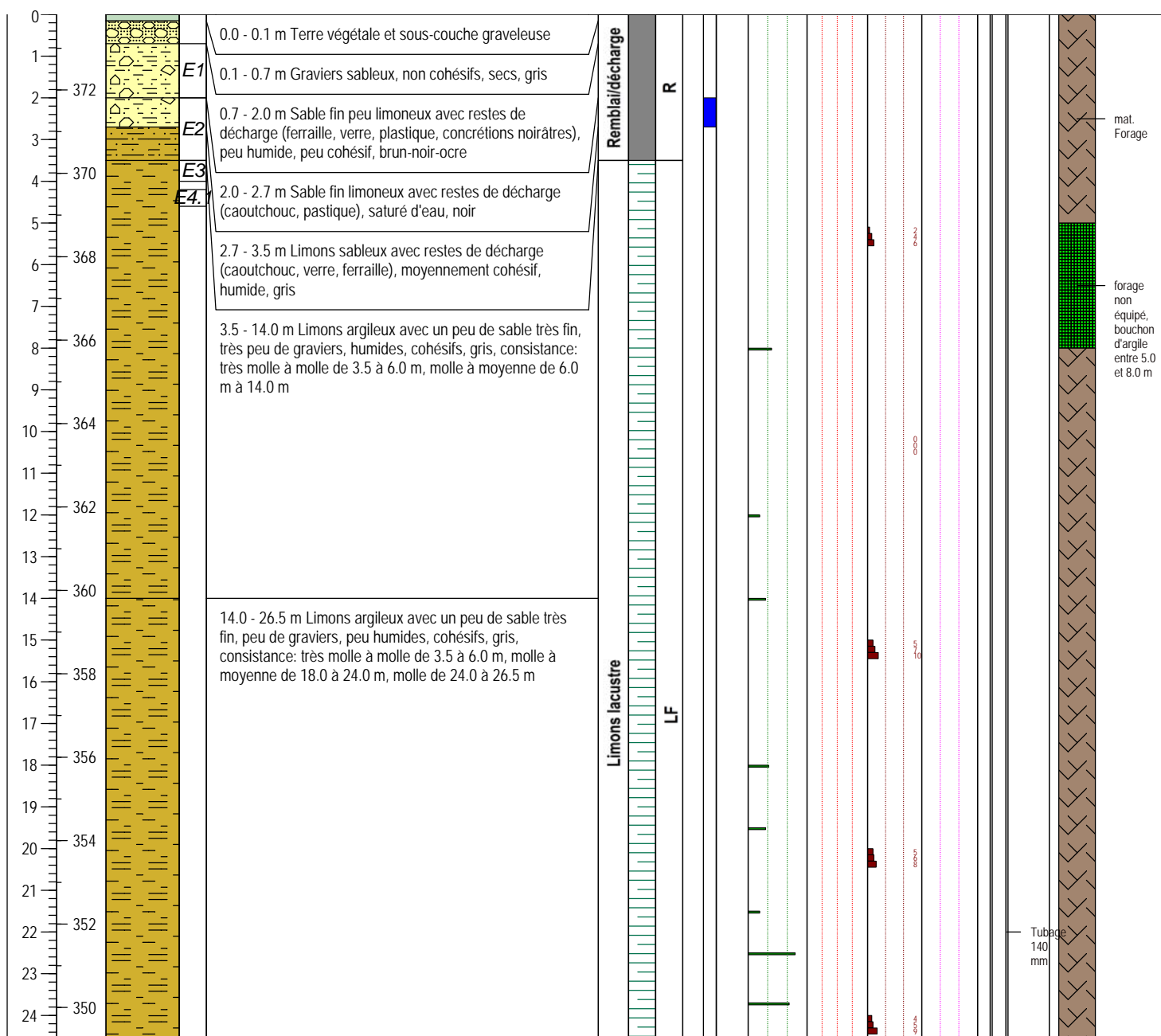
COMMUNE : Morges

COORDONNEES : 2'528'790.9 / 1'152'105.8 / 373.81 [m s. m.]

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT  
INFO@ABAGEOL.CH  
WWW.ABAGEOL.CH

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m s. m.]	PROFIL GEOLOGIQUE	ECHANTILLON N°	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	STRATIGRAPHIE	GEOTYPE	Venues d'eau/zones saturées	Date mesure niveau eau:	0.3 Scissom. de poche [kg/cm2]	0.7	1.5 Pénétromètre poche [kg/cm2]	4.5	20 SPT	40	25 ROD [%]	75	TUBAGES	EQUIPEMENT FORAGE
				Géologue : FX Dessiné par : YC Contrôlé par : FX Date : Septembre 2022 Entr. forage : Implenia Diam. init. forage : 0.14														HORS-SOL [m]: FERMETURE:







VD05193

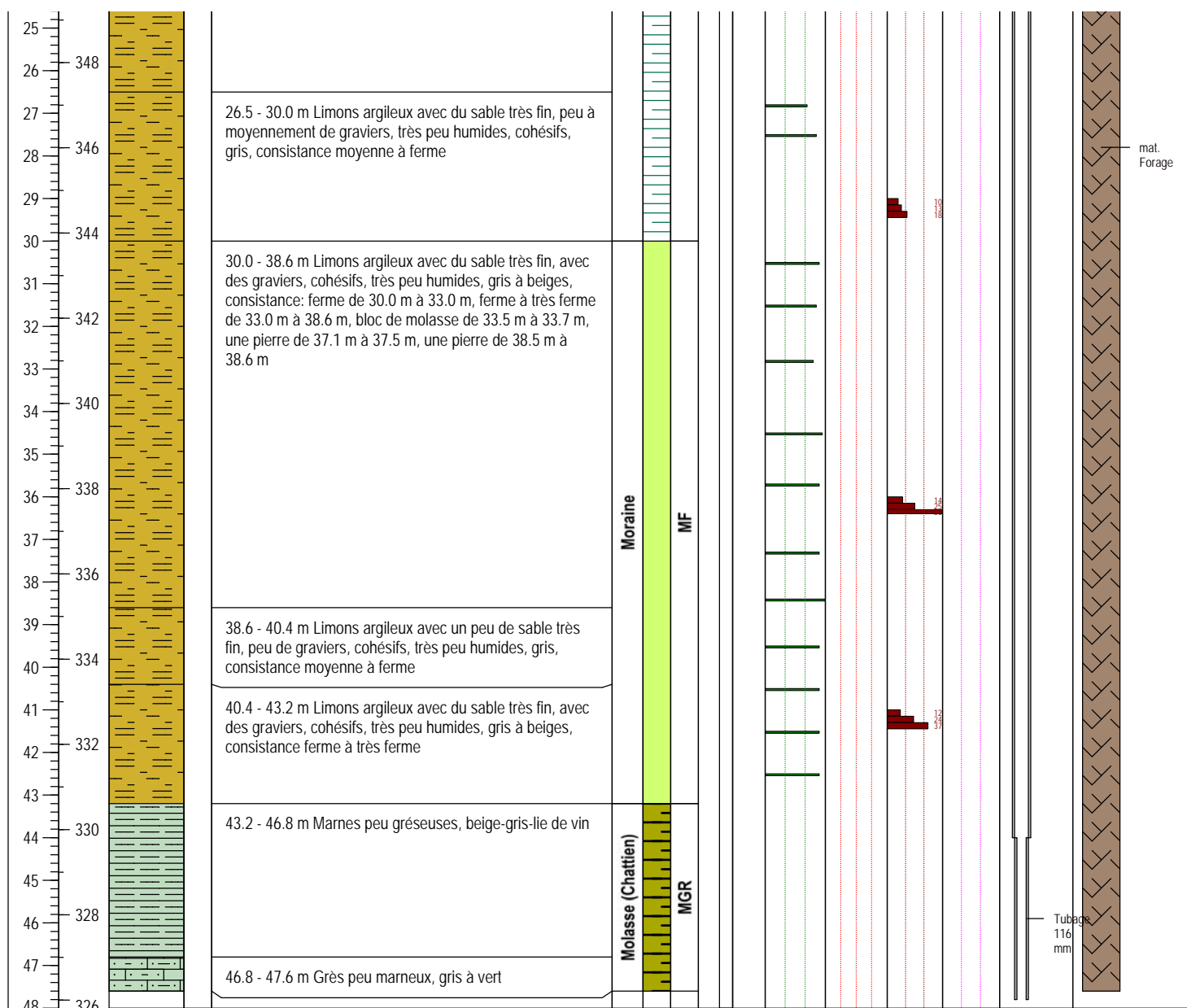
## FORAGE GEOTECHNIQUE

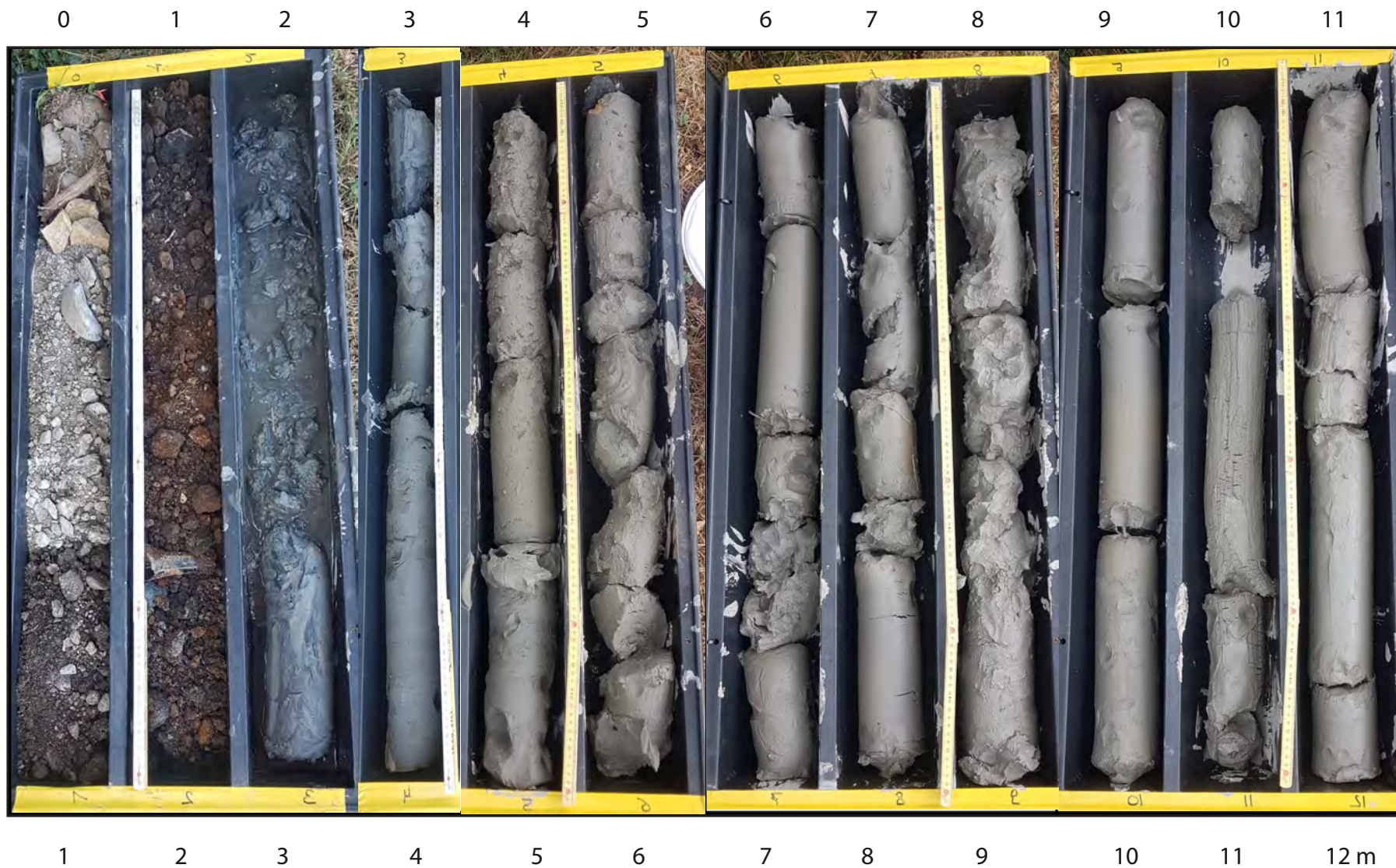
METH. DE FORAGE : Forage carotté  
 CLIENT : Comité de Drection ERM  
 SONDAGE : FC1  
 COMMUNE : Morges  
 COORDONNEES : 2'528'790.9 / 1'152'105.8 / 373.81 [m s. m.]

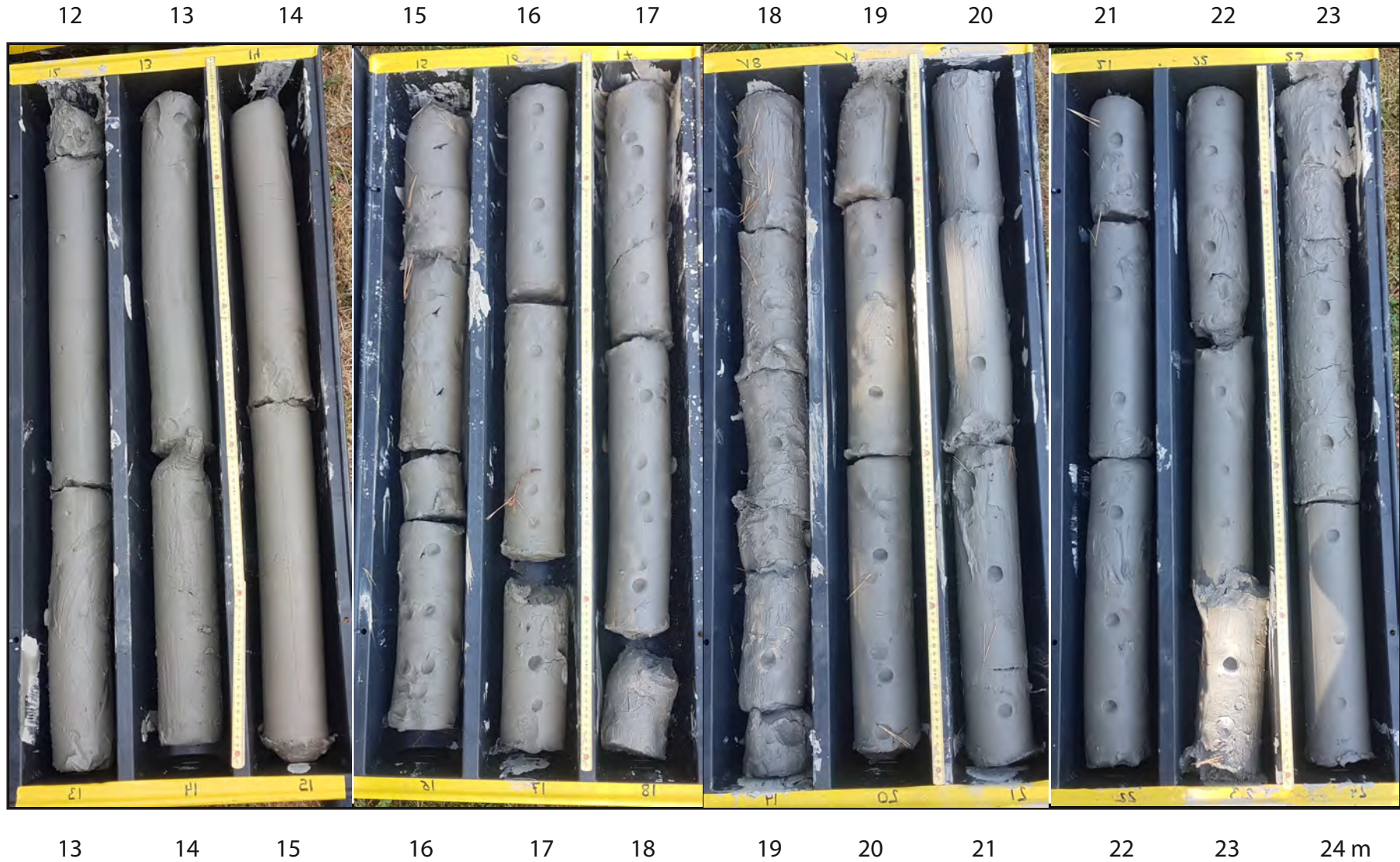
GEOLOGIE  
 HYDROGEOLOGIE  
 GEOTECHNIQUE  
 ENVIRONNEMENT  
 INFO@ABAGEOL.CH  
 WWW.ABAGEOL.CH

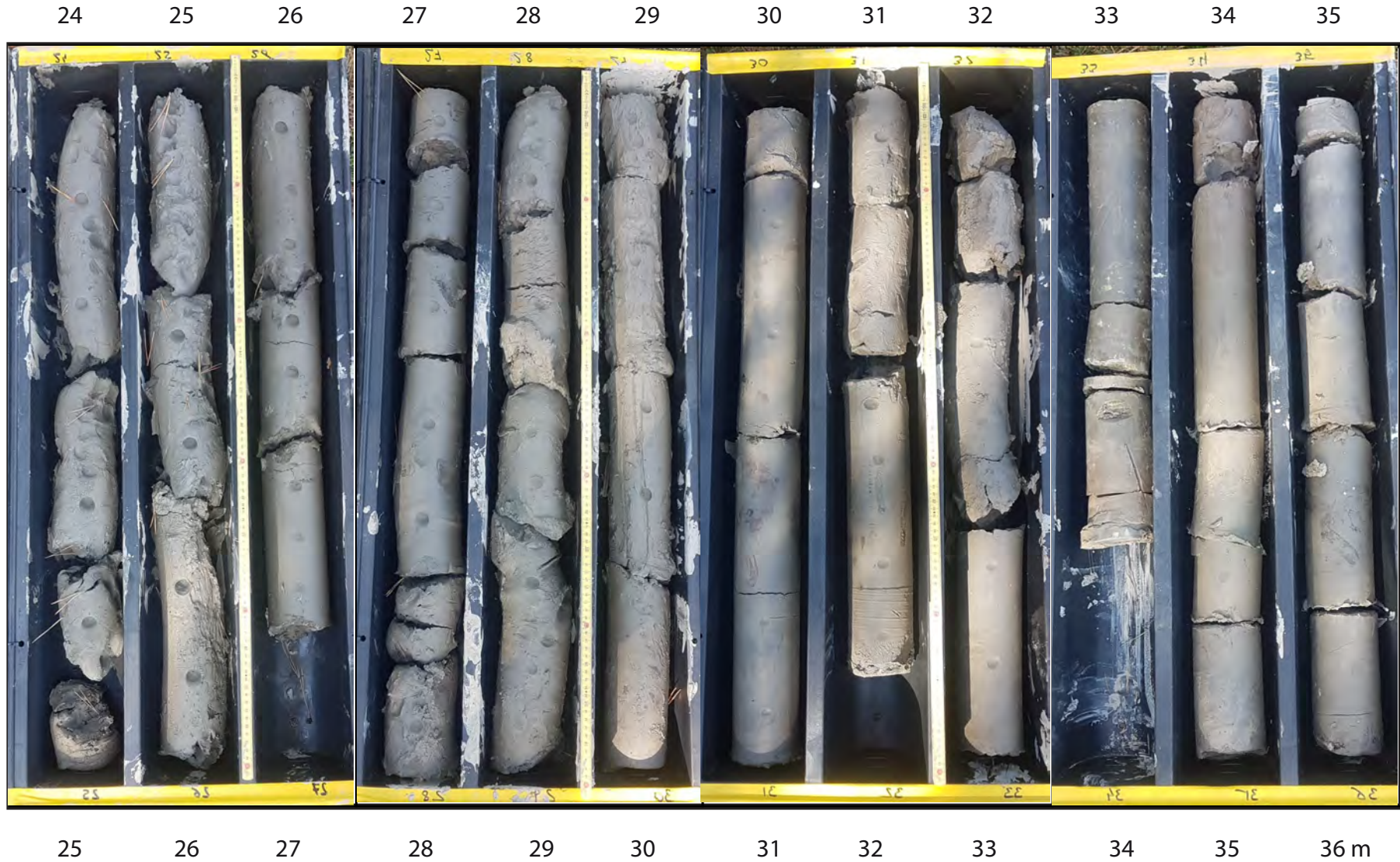
Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

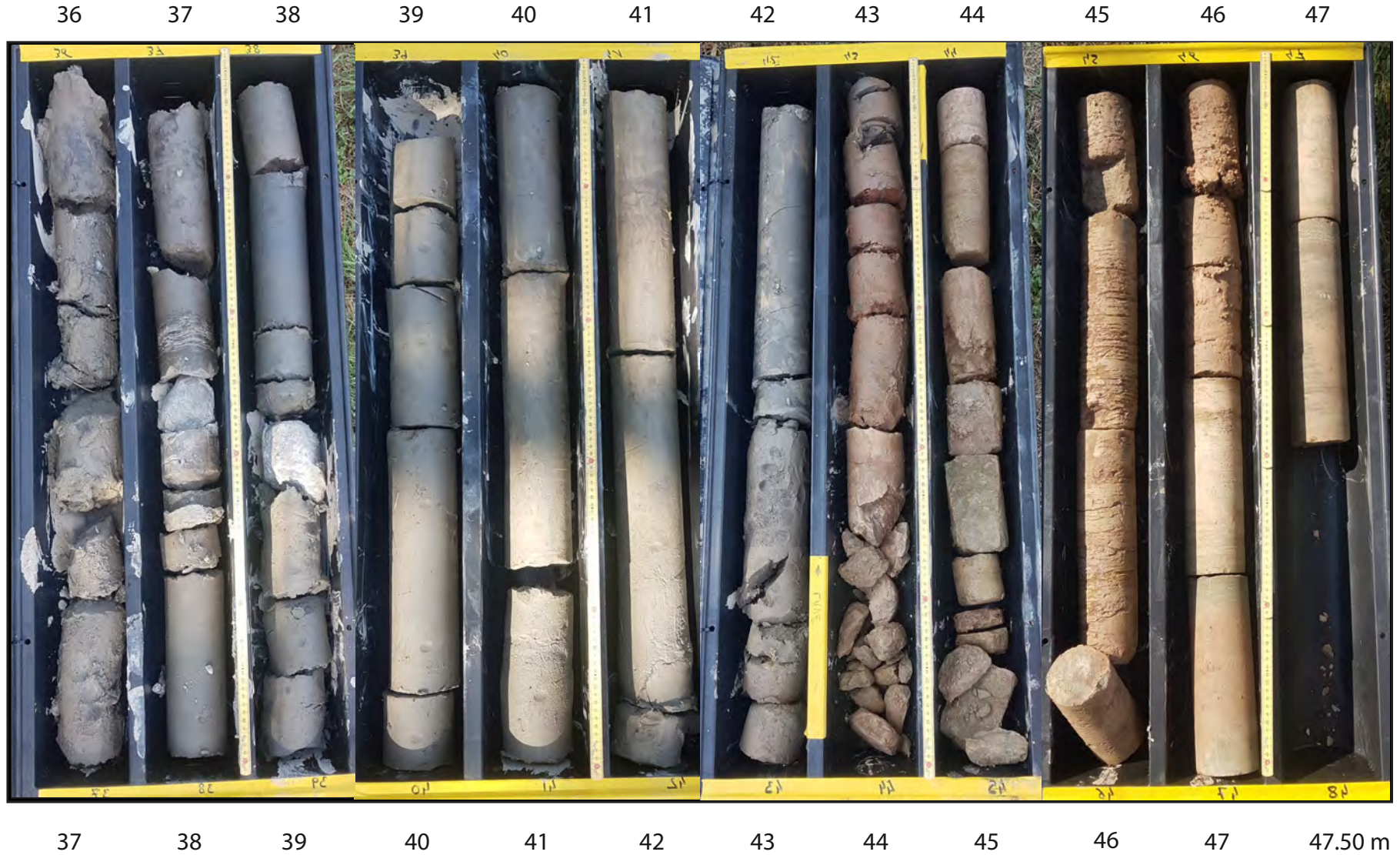
PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m s. m.]	PROFIL GEOLOGIQUE	ECHANTILLON N°	Géologue : FX	STRATIGRAPHIE	GEOTYPE	Venues d'eau/zones saturées	Date mesure niveau eau:	Scissom. de poche [kg/cm2] 0.3 0.7	Pénétrömètre poche [kg/cm2] 1.5 4.5	SPT 20 40	RQD [%] 25 75	TUBAGES	EQUIPEMENT FORAGE HORS-SOL [m]: FERMETURE:
				Dessiné par : YC										











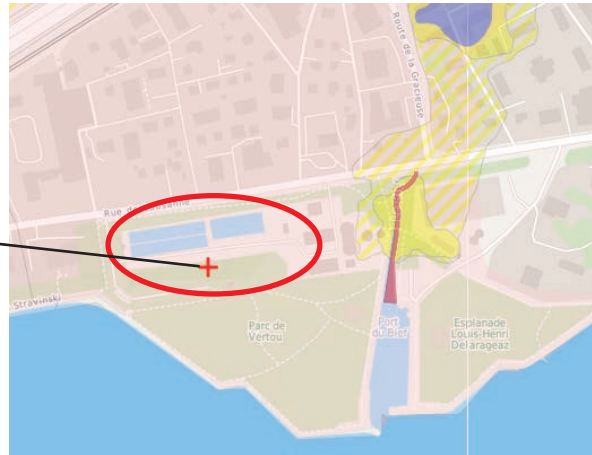
Situation approx. du site



<b>Extraits de cartes</b>		Mandat : VD05193	
		Echelle : variable	
		Format : A4	
Lieu : Morges		Dessin	Création
Coord. : 528'800 / 152'100		FX	16.09.22
	<b>Payerne</b>	0266601200	
	<b>Fribourg</b>	0264245310	
	<b>Spiez</b>	0336548010	
		Fichier:	

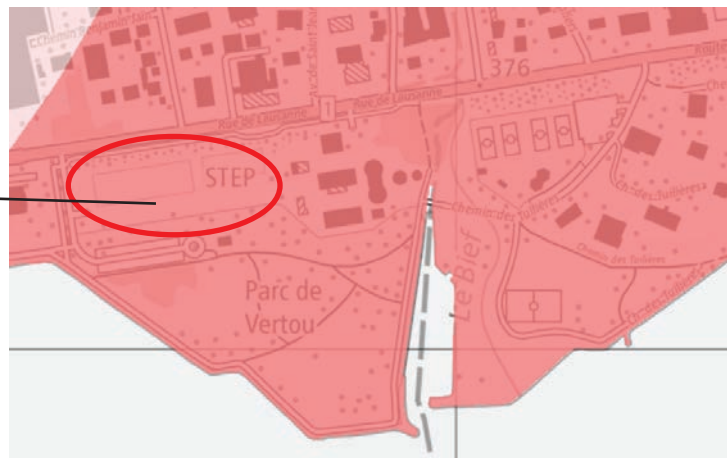
**Carte des dangers de crues**

rose = Danger indicatif



**Carte de protection de protection des eaux**

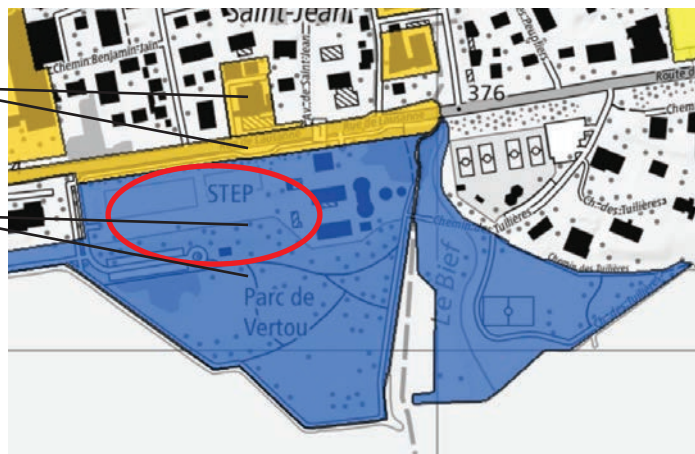
Secteur Au



**Cadastre des sites pollués**

Sites pollués, activités = station-service

Site pollué, activités = remblai / décharge





GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT

COMMUNE DE MORGES

# Etude environnementale

## Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne

Parcelle 2022 et –DP 120, Coord. moy. : 2'528'800 / 1'152'100

Art.3 OSites – estimation de mise en danger – investigations OLED

VD05193

OCTOBRE 2022

## SITUATION GENERALE

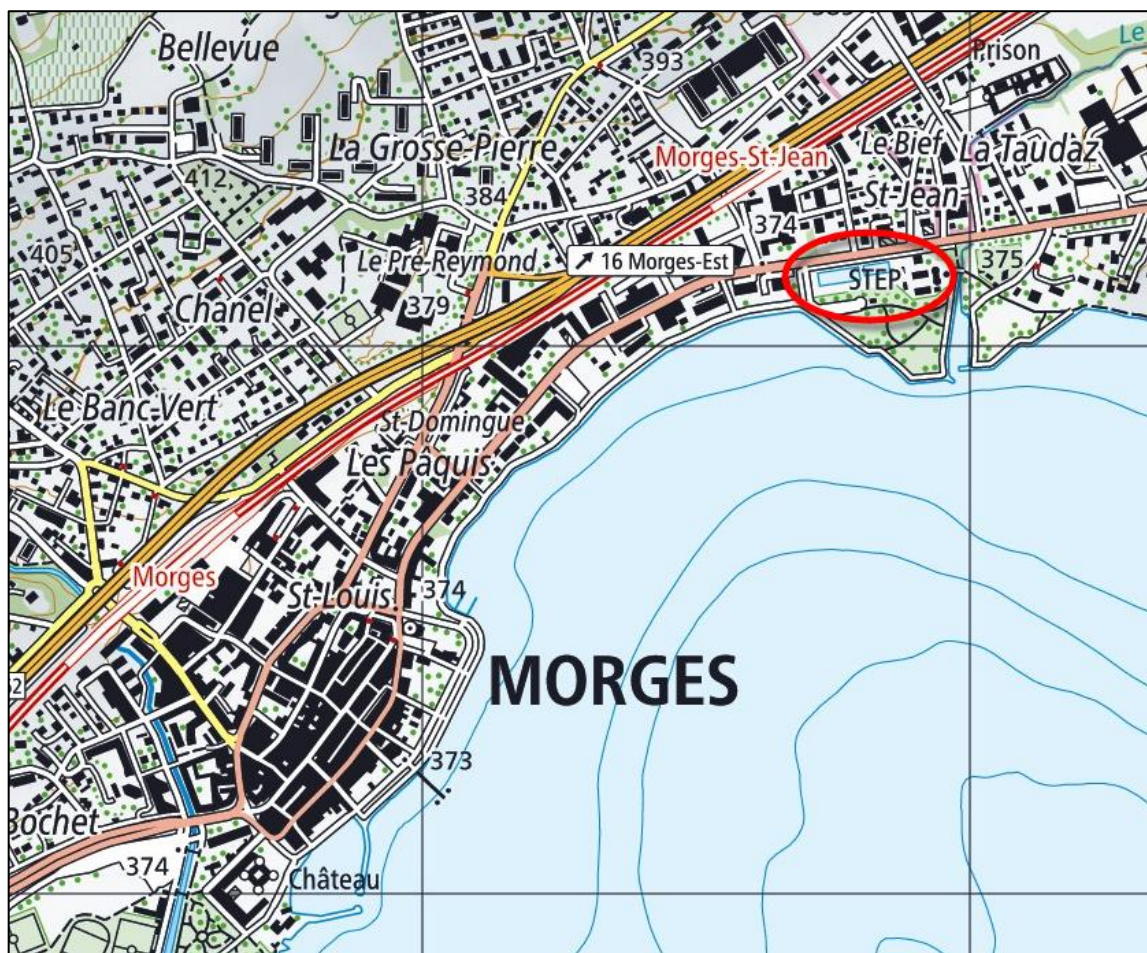


Figure 1 : Situation générale (source : Office fédéral de la topographie swisstopo © – graduation de 1 km)

<b>Version</b>	1
<b>Document</b>	RA1_mise_danger_oled_VD05193
<b>Date</b>	25.10.2022
<b>Élaboration</b>	ABA-GEOL SA / FX Rue du Grand-Pré 26 1700 Fribourg
<b>Relecture</b>	A. Vallotton, géologue et hydrogéologue dipl.
<b>Collaboration</b>	F.-X. Fragnière, géologue MSc A. Vallotton, géologue et hydrogéologue dipl.
<b>Distribution</b>	Bureau Triform SA, Fribourg



## TABLE DES MATIERES

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>TRAVAUX EXECUTES</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PROJET</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>FORAGES / SONDAGES</b>	<b>10</b>
	5.1 Forage carotté 2022	10
	5.2 Forages à la tarière mécanique 2022	10
	5.3 Forages / sondages existants	10
<b>6</b>	<b>COUPE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>CARTE PIEZOMETRIQUE</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>PRELEVEMENTS D'ECHANTILLONS ET ANALYSES DE LABORATOIRE</b>	<b>12</b>
	8.1 Echantillons solides	12
	8.1.1 Compilation des résultats d'analyses	13
	8.1.2 Concentration du chrome et du nickel dans les sédiments lacustres du Léman	14
	8.1.3 Type de matériaux, situation par rapport au projet et filière d'évacuation	15
	8.1.4 Commentaires	15
	8.2 Echantillons liquides	16
	8.2.1 Commentaires	17
<b>9</b>	<b>ESTIMATION DE LA MISE EN DANGER</b>	<b>17</b>
	9.1 Article 3 OSites	17
	9.2 Eaux de surface	17
	9.3 Eaux souterraines	18
	9.4 Sols	18
	9.5 Air	19
	9.6 Commentaires et respect article 3 OSites	19
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>22</b>

---

## LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Plan de situation et carte piézométrique
- Annexe 2 : Relevés détaillés du forage carotté et des forages à la tarière mécanique
- Annexe 3 : Extraits de cartes
- Annexe 4 : Protocoles d'échantillonnages
- Annexe 5 : Compilations des résultats d'analyses 2018-2019-2022
- Annexe 6 : Compilation type de matériaux, localisation par rapport au projet et filières d'évacuation
- Annexe 7 : Résultats de laboratoire, analyses 2022

## 1 INTRODUCTION

Mandant : Suite à notre offre du 05.08.22, ABA-GEOL SA a été mandatée par l'Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM) par courrier du 10.08.22.

Mandat : Réalisation d'une étude environnementale ayant pour objet de :

- compléter la précédente étude environnementale ABA-GEOL SA de 2019
- compiler les données concernant la gestion des déchets de chantier
- vérifier le respect de l'art. 3 OSites
- et notamment estimer la mise en danger par les travaux de construction pour tous les biens à protéger (eaux souterraines, eaux de surface, sol, air) en prenant en considération les questions énumérées dans le paragraphe 3.2.2 du module de l'aide à l'exécution « Gestion générale des sites pollués-Projets de construction et sites pollués » (OFEV 2016)

Objet : Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne (annexe 1)

Situation : Commune de Morges, rue de Lausanne 72, parcelles 2022 et DP 120  
Coordonnées géographiques moyennes : 2'528'800 / 1'152'100 (Figure 1)

Bases de l'étude: Relevés d'un forage carotté profond et de cinq forages à la tarière mécanique et 12 analyses OLEF de laboratoire.

Remarque: Le présent rapport environnemental résume les investigations accomplies et les mesures proposées. Toutes les recommandations restent à confirmer lors du projet définitif et de l'ouverture effective des fouilles.

### Généralités:

Le site étudié (annexe 3) :

- est répertorié dans l'Atlas Géologique de la Suisse, 1 :25'000, feuille Morges, avec terrains constitués de remblai (Figure 3) ;
- est répertorié en zone de danger naturel (zone de danger indicatif d'inondation);
- est situé en zone Z1 de risque sismique;
- est inscrit au cadastre des sites pollués en tant que décharge / remblai, pollué avec investigation nécessaire ;
- est située à proximité d'un site pollué répertorié (aire d'exploitation : station-service);
- figure en secteur Au de protection des eaux souterraines;
- est répertorié en partie en sol de fondation de type F1 (couche alluviale superficielle de sols de fondation des classes C ou D d'une épaisseur comprise entre 5 et 30 m reposant sur une couche plus rigide de classe A ou B) et en partie F1 (structures sensibles et dépôts organiques (p.ex. : tourbes, craie lacustre) d'une épaisseur supérieure à 10 m).

### Contexte :

Le projet de construction de la STEP de Morges se situe sur un ancien remblai inscrit au cadastre cantonal des sites pollués sous le nom de « Esplanade du Bief ». Le statut de ce site étant : site pollué nécessitant une investigation (« pollué, investigation nécessaire »).

A ce jour, aucune investigation OSites n'a été faite pour ce site.

Il convient dès lors de respecter l'article 3 OSites dont nous détaillerons les teneurs ci-dessous.

## **2 TRAVAUX EXECUTES**

- Organisation, suivi et levé d'un forage carotté profond,
- Exécution de 5 nouveaux forages à la tarière mécanique,
- Prélèvements d'échantillons solides dans les forages pour analyses OLED de laboratoire,
- Compilation des données de laboratoire avec les précédentes analyses,
- Nivellement des forages et des piézomètres du site au GPS de précision,
- Elaboration d'une carte piézométrique,
- Elaboration d'une coupe géologique et hydrogéologique du site,
- Rédaction du présent document.

L'étude a été menée sur la base sur les documents suivants :

#### *Cahier des charges et plans*

- Cahier des charges (offre ABA-GEOL SA du 05.08.22) validé par la DGE, par courriel du 30.06.22 (M. Tomson).
- Plan d'implantation VARIANTE A2+, provisoire avant-projet, daté du 08.06.22, échelle 1 : 500, élaboré par Triform SA
- Coupes d'implantation VARIANTE A2+, provisoire avant-projet, daté du 08.06.22, échelles 1 : 200 et 1 : 500, élaboré par Triform SA

#### *Rapports précédents*

- Rapport ABA-GEOL SA, étude géotechnique préliminaire, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05139, 27.07.18.
- Rapport ABA-GEOL SA, étude environnementale, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05193, 31.07.19.
- Rapport ABA-GEOL SA, étude géotechnique de projet, projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05139, 15.08.19.
- Rapport ABA-GEOL SA, Etude hydrogéologique, Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05193, 27.09.22.

#### *Bases légales*

- OSites, Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués du 26 août 1998, (Etat le 1er mai 2017)
- OLED, Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets du 4 décembre 2015 (Etat le 1er avril 2022)
- OEaux, Ordonnance sur la protection des eaux, du 28 octobre 1998, état le 1er juin 2018.
- OFEV (éd.) 2016: Projets de construction et sites pollués. Un module de l'aide à l'exécution « Gestion générale des sites pollués ». L'environnement pratique n°1616.

### 3 PROJET

Le projet prévoit la construction (Figure 2) :

- De 4 lignes d'épuration (décanteurs secondaires, bassins biologiques, décanteurs primaires),
- D'un bâtiment boues et pompage + prétraitement,
- D'un bâtiment d'exploitation et administratif,
- D'un bâtiment de traitement des micropolluants.

Les lignes d'épuration et les nouveaux bâtiments reposeront sur un radier environ 7.0 m sous le terrain naturel.

En résumé, la phase de chantier prévoit les étapes ci-dessous :

- Mise en place d'une enceinte de palplanches provisoire
- Mise en place de pieux de fondations (la nécessité de pieux est en phase d'étude)
- Pompage et traitement des eaux de la nappe supérieure
- Creuse et évacuation des remblais, au minimum jusqu'au terrain naturel préexistant
- Construction et mise en place d'un masque drainant au-dessous et autour des constructions
- Retrait des palplanches

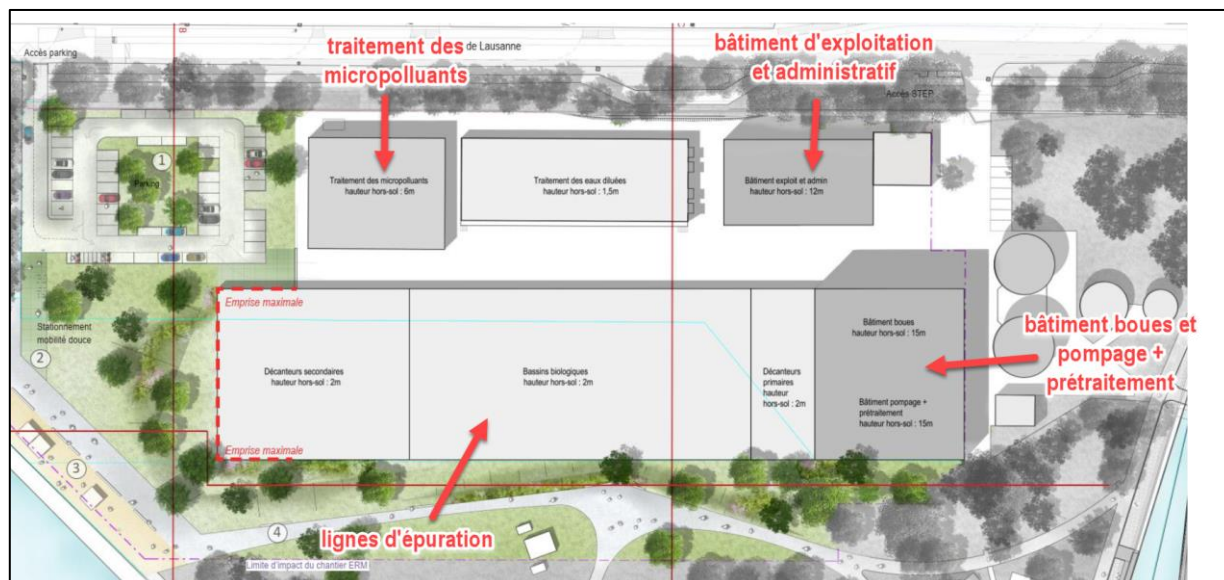


Figure 2 : Situation du projet, Nord vers le haut sans échelle

## 4 CONTEXTE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

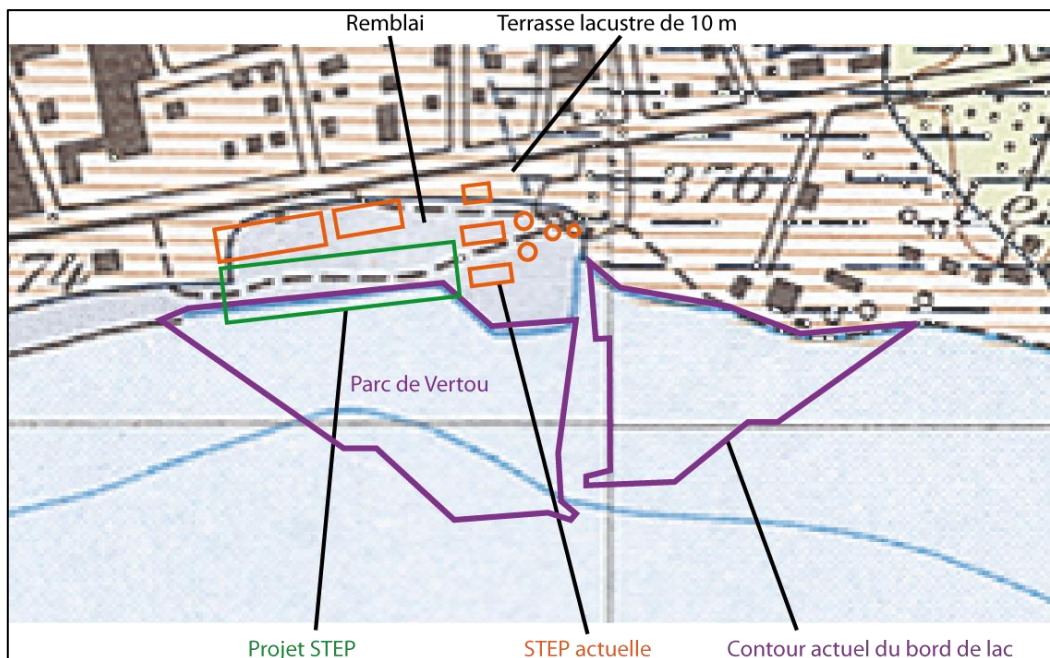
La **carte géologique** (feuille Morges) indique la présence de remblai au droit de l'actuelle et future STEP (Figure 3). Cette carte, dont le levé s'est fait entre 1960 à 1970, n'indique pas encore le parc de Vertou. Le remblayage de cette zone s'est fait ultérieurement. On voit d'ailleurs que la partie Sud du projet est implantée dans le lac.

Les forages effectués lors des précédentes études indiquent grosso modo la succession suivante :

- 0.0 à 3.5 m remblai
- 3.5 à 25 m limons lacustres
- Dès 25 m moraine ou fluvio-glaciaire d'épaisseur inconnue, puis rocher molassique

La situation des forages existant figure en annexe 1. Les relevés détaillés peuvent être consultés dans nos précédents rapport cité ci-dessus (§1).

Hydrogéologiquement, les remblais sont saturés dès 2-3 m de profondeur, jusqu'au toit des limons lacustres. La forte épaisseur de limons crée un horizon imperméable. Et au-dessous, la présence d'une nappe d'eau souterraine doit être vérifiée, ce qui constitue un des buts de cette étude.



**Figure 3 : Carte géologique avec la STEP actuelle, le projet de la future STEP et le contour actuel du bord de lac, Nord vers le haut, sans échelle.**

## 5 FORAGES / SONDAGES

### 5.1 Forage carotté 2022

Un forage carotté a été réalisé par l'entreprise Implenia entre le 29.08.22 et le 05.09.22. Sa situation figure en annexe 1 et le relevé géologique détaillé aux annexes 2.

Ce forage a rencontré les successions géologiques suivantes :

- 0 à 3.5 m Remblai de décharge
- 3.5 m à 30.0 m Limons lacustres
- 30.0 à 43.2 m Moraine
- 43.2 à 47.6 m Molasse

Le remblai de décharge était saturé entre environ 2.0 et 3.5 m de profondeur, les limons lacustres peu humides, la moraine très peu humide à sèche et aucune venue d'eau dans la Molasse.

Aucune zone saturée n'ayant été repérée sous les limons lacustres, il a été décidé, d'entente avec M. Tomson (DGE) de ne pas équiper ce forage d'un piézomètre. Le trou de forage a donc été rebouché et un bouchon d'argile a été posé entre 5.0 et 8.0 m de profondeur.

### 5.2 Forages à la tarière mécanique 2022

Cinq forages à la tarière mécanique ont été réalisés par ABA-GEOL SA le 07.09.22. Leur situation figure en annexe 1 et les relevés géologiques détaillés aux annexes 2.

Globalement, ces forages ont rencontré les successions géologiques suivantes :

- 0 à 3.5 m Remblai de décharge
- 3.5 m à 7.0 m Limons lacustres

### 5.3 Forages / sondages existants

Le forage carotté discuté ci-dessus confirme les données des forages exécutés sur le site lors de nos précédentes études. La situation des forages existant figure en annexe 1. Les relevés détaillés peuvent être consultés dans nos précédents rapport cité ci-dessus (§1).



## 6 COUPE GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

Nous faisons figurer ci-dessous la coupe transversale numéro 6 du projet avec notre interprétation géologique et hydrogéologique (Figure 4). Le tracé de la coupe figure en annexe 1.

On notera les points suivants :

- Il n'y a pas de nappe d'eau souterraine sous les limons lacustres.
- La nappe d'eau souterraine située dans les remblais est de faible épaisseur (env. 2.0 m).
- La base du projet correspond au minimum à la base du remblai. Les radier reposeront sur les limons lacustres.
- Le projet traversera la totalité de la nappe d'eau souterraine.

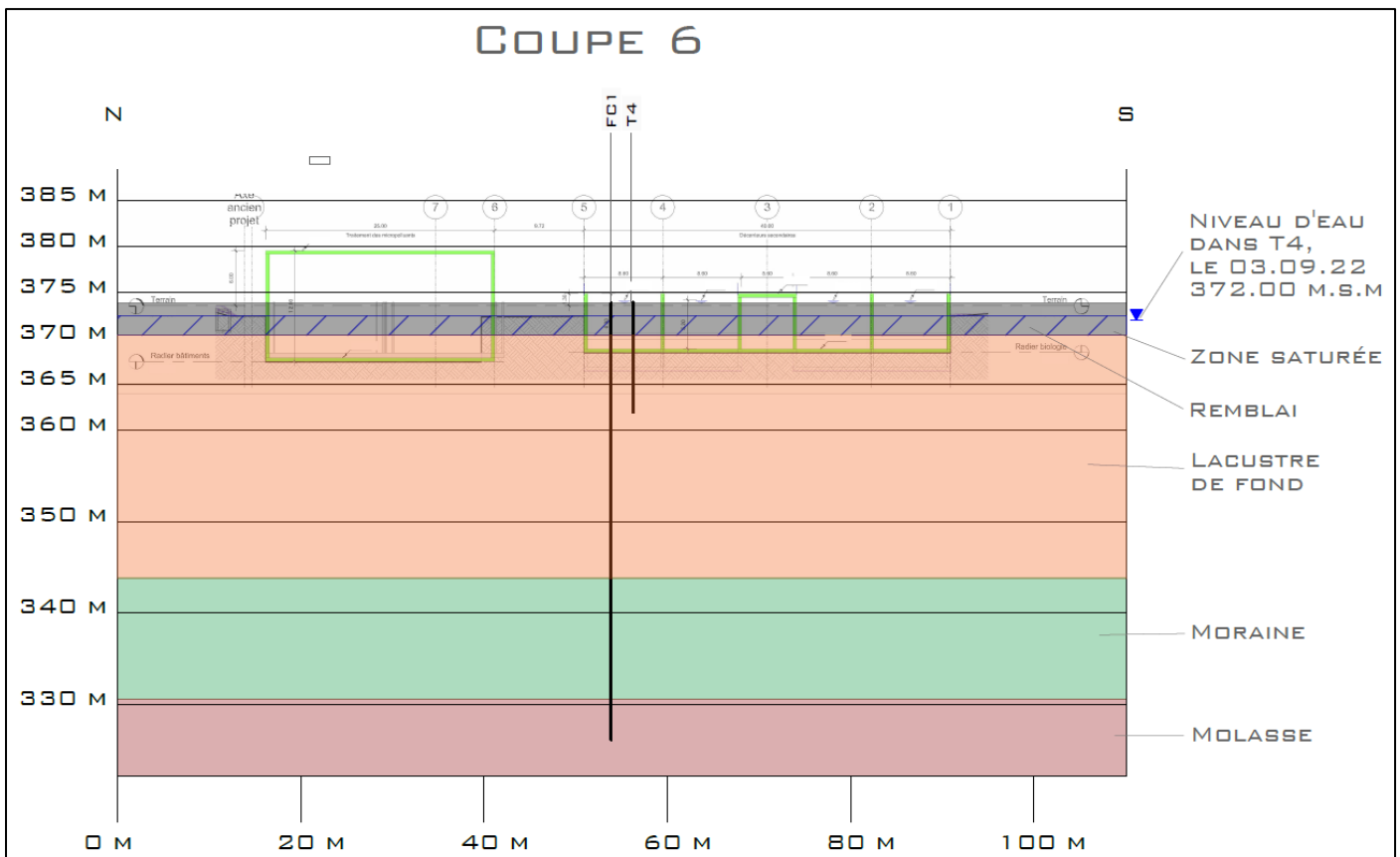


Figure 4 : Coupe transversale numéro 6 du projet avec interprétation géologique et hydrogéologique

## 7 CARTE PIEZOMETRIQUE

Nous faisons figurer en annexe 1 une carte piézométrique établie avec les niveaux d'eau mesurés le 07.09.22 dans les 3 piézomètres en place du site (T3, T4, D2). Ce même jour, nous avons également posé le piézomètre T9. Ce dernier était sec.

On notera les points suivants :

- Le gradient hydraulique est d'environ 0.15 %, ce qui est très faible.
- L'écoulement des eaux souterraines se fait en direction du Nord-Ouest (du lac vers les terres).
- Le piézomètre T9, situé le plus à l'amont, n'a pas montré de zone saturée et était sec le 07.09.22.

Compte tenu de ce qui précède, il semblerait qu'il n'y ait pas d'écoulement d'eau souterraine de l'amont vers le lac. Le niveau de l'eau souterraine fluctue donc avec les variations saisonnières du niveau du lac et les sens des écoulements d'eau souterraine pourrait s'inverser lorsque le lac est bas.

## 8 PRELEVEMENTS D'ECHANTILLONS ET ANALYSES DE LABORATOIRE

### 8.1 Echantillons solides

Neuf échantillons du sous-sol ont été prélevés le 07.09.22 dans les sondages T5 à T9, puis envoyés au laboratoire Wessling AG pour une analyse OLED (programme complet pour décharge de type B).

Un échantillon du coffre sous bitume a été prélevé le 07.09.22 dans les sondages T5 et T7, puis envoyés au laboratoire Wessling AG pour une analyse OLED (programme complet pour décharge de type B).

Deux échantillons de bitume ont été prélevés le 07.09.22 dans les sondages HAP1 et HAP2, puis envoyés au laboratoire Wessling AG pour une analyse HAP dans le liant bitumineux.

La situation des points d'échantillonnage est reportée en annexes 1, les protocoles d'échantillonnages en annexe 4 et les résultats d'analyses en annexes 7.

### 8.1.1 Compilation des résultats d'analyses

Nous faisons figurer en annexe 5 un tableau résumant tous les résultats d'analyses sur les solides effectuées en 2018-2019 et 2022.

- Les principaux polluants du site sont les HAP, l'ammonium, les métaux lourds, le carbone organique (TOC400), le carbone organique dissous (COD), et les hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>.
- 21 échantillons ont été prélevés pour des analyses OLED complètes, 17 dans la décharge et 4 du terrain naturel.
- Sur les 17 échantillons de décharge,
  - 8 (T1P1, E1, E2, E3, E4, E6, T5, T8) montrent que les matériaux devront être évacués en décharge de type B,
  - 7 (T2, T3P3, E5, E7, E8, ech2, ech 7.1) montrent que les matériaux devront être évacués en décharge de type E,
  - 2 (T4, ech1) montrent que les matériaux devront être évacués en traitement.
- Les 4 échantillons du terrain naturel montrent que les matériaux devront être évacués en décharge de type B.
- Concernant le dépassement de la limite pour décharge E (T4 et ech1), il s'agit du benzo(a)pyrène pour T4 et du carbone organique (TOC400) pour ech1, avec des dépassements relativement faibles de l'ordre de 20 à 30%.
- Concernant le terrain naturel pollué (ech3, ech4, ech6.1, ech7.2), il s'agit de faibles dépassements des limites pour la décharge A, de l'ordre de 10 à 50%, à savoir entre 46 et 68 mg/kg pour le chrome et entre 57 et 78 mg/kg pour le nickel.
- **Concernant les bitumes (HAP1 et HAP2)**, les teneurs en HAP sont inférieures à 250 mg/kg dans le liant et doivent donc autant que possible être valorisés comme matières premières pour la fabrication de matériaux de construction (art.20 OLED, Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets). Ces bitumes pourraient également être évacués en décharge de type B.
- **Concernant le coffre sous les bitumes**, il présente un dépassement de la limite décharge A pour les hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, mais satisfait aux exigences de l'annexe 3, ch. 2 OLED. Ils doivent donc autant que possible être valorisés intégralement selon l'article 19, chiffre 2 de l'OLED.

### 8.1.2 Concentration du chrome et du nickel dans les sédiments lacustres du Léman

Selon l'étude citée ci-dessous, les teneurs en chrome et nickel retrouvés dans les limons lacustres à la STEP de Morges ne sont pas une exception au sein des sédiments du lac Léman.

- « *Micropolluants métalliques et organiques dans les sédiments superficiels du Léman, campagne 2015, par Jean-Luc LOIZEAU et al. Département F.-A. Forel des sciences de l'environnement et de l'eau, Université de Genève, 2017* ».

On constate en effet sur les cartes ci-dessous (Figure 5 et Figure 6) que les sédiments superficiels lacustres peuvent avoir des concentrations de 80 à 90 mg/kg de chrome, et 80 à 90 mg/kg de nickel dans la région de Morges. Ces métaux sont amenés par les rivières puis se déposent au grès des courants lacustres.

A noter que ces valeurs sont plus élevées que celles mesurées dans nos échantillons.

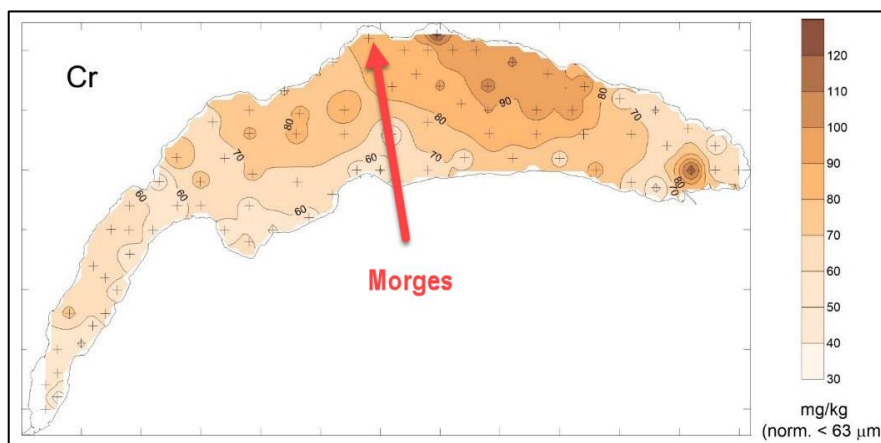


Figure 5 : extrait Loizeau et al. 2017, Distribution spatiale des concentrations normalisées en chrome dans les sédiments superficiels du Léman, Nors vers le haut, sans échelle.

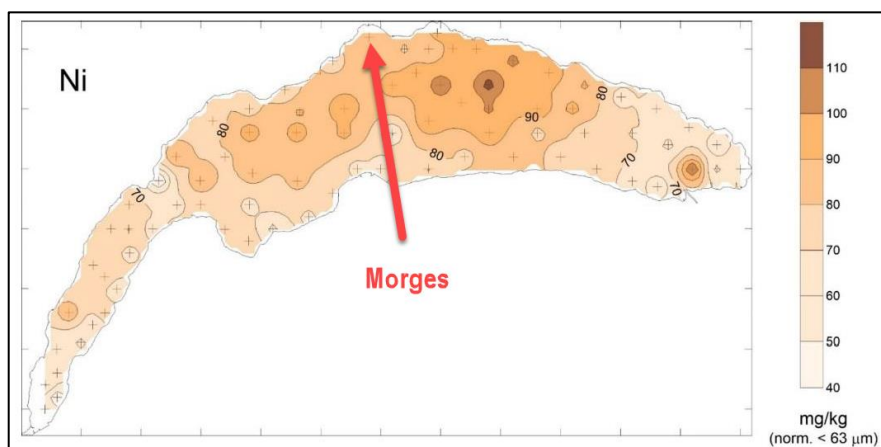


Figure 6 : extrait de Loizeau et al. 2017, Distribution spatiale des concentrations normalisées en nickel dans les sédiments superficiels du Léman, Nors vers le haut, sans échelle.

### 8.1.3 Type de matériaux, situation par rapport au projet et filière d'évacuation

Nous faisons figurer en annexe 6 une compilation du type de matériaux échantillonnés, de leur situation par rapport au projet et des filières d'évacuation préconisées. Il en ressort les tendances ci-dessous qui pourraient d'ailleurs être utilisées pour effectuer le tri en phase de chantier.

#### *Critères pour évacuation en décharge B*

- Le remblai de décharge macroscopiquement peu pollué (sable limono-graveleux, avec restes de ferrailles, céramiques, peu humide à sec, beige à brun).

#### *Critères pour évacuation en décharge E*

- Le remblai de décharge macroscopiquement très pollué (Sable ou limons avec déchets, brun foncé à noir, sec ou saturé).
- La zone saturée de la décharge, baignant le plus souvent dans un lixiviat noirâtre.

#### *Matériaux situés au-dessus des futurs radiers*

- Il s'agit des remblais de la décharge ou des limons sablonneux saturé avec peu de restes de décharge (zone de transition avec les limons lacustres sous-jacents). Ces matériaux seront évacués en décharge B ou E selon les critères ci-dessus.

#### *Matériaux situés au-dessous des futurs radiers*

- Il s'agit de limons argileux lacustres peu humides gris (terrain naturel) d'aspect non pollué.
- Ces matériaux présentent des teneurs en chrome et nickel légèrement trop élevées pour être considérés comme propres (satisfaisant l'annexe 3, ch.1 OLED).

### 8.1.4 Commentaires

Il conviendra également de trier les zones ne comportant pas ou très peu de débris anthropogènes, et plutôt graveleuses, afin de vérifier si ces matériaux peuvent être réutiliser sur place ou valoriser. On retrouve en effet dans certains sondages, une faible épaisseur (env. 0.5 m) de ce type de matériaux qui devrait représenter un volume assez faible.

Concernant les dépassements de la limite pour décharge E (ech1 et T4), il ne sera à notre avis pas possible en phase de chantier de déterminer visuellement les zones devant être évacués en traitement. Il semble plus pragmatique de dire qu'il s'agit de 2 échantillons sur 9 montrant des dépassements plutôt faibles de la limite pour décharge E. Des analyses en cours de chantier ou à l'entrée de la décharge permettront au besoin de rediriger les matériaux vers la bonne décharge et de satisfaire ainsi aux exigences OLED.

Concernant la problématique du chrome et du nickel dans le terrain naturel nous proposons, au vu du contexte décrit ci-dessus (§8.1.2), que ces matériaux soient laissés en place, à savoir sous les futurs radiers. Dans tous les cas ils ne seront pas la raison d'un futur assainissement.

## 8.2 Echantillons liquides

En 2019, 3 échantillons d'eau souterraine ont été prélevés en 3 points (T1, T3 et T4) et envoyés au laboratoire Wessling AG pour une analyse selon OEaux, annexe 3.2, chap. 2, colonne 1 (Ordonnance sur la protection des eaux).

Nous faisons figurer ci-dessous un tableau résumant les résultats d'analyses OEaux, avec uniquement les paramètres détectés (Figure 7).

	Unité	T1	T3	T4	Valeurs limites OEaux, annexe 3.2, chap. 2, col. 2
Valeur pH		7.2	7.1	7.2	6.5 à 9
Température	°C	15.2	13.9	14.7	max. 60°C et max. 40°C dans les égouts après mélange
Transparence (méth. Snellen)	cm	<10	<10	<10	pdvl*
Substances non dissoutes totales	mg/l	16000	11000	8600	pdvl*
Arsenic	mg/l	0.2	0.21	0.24	0.1
Plomb	mg/l	1.1	1.9	1	0.5
Cadmium	mg/l	0.0042	0.0053	0.0072	0.1
Chrome	mg/l	1.3	1	0.28	2
Cobalt	mg/l	0.26	0.23	0.078	0.5
Cuivre	mg/l	1.3	1.7	0.93	1
Molybdène	mg/l	0.018	0.017	0.018	1
Nickel	mg/l	1.5	1.3	0.57	2
Zinc	mg/l	2.1	3	13	2
Hydrocarbures totaux	mg/l	nd	0.1	nd	20
*pdvl = pas de valeur limite					
nd = non détecté					

Figure 7 : Tableau récapitulatif des résultats d'analyses OEaux

### 8.2.1 Commentaires

Les échantillons T1, T3, T4 présentent un dépassement des valeurs limites pour le déversement des eaux dans les eaux usées et devraient par conséquent être :

- traitées sur place,
- ou évacuées comme déchet spécial (par exemple : CRIDEC à Eclépens).

La gestion de ces eaux devra se faire selon la norme SIA 431.

## 9 ESTIMATION DE LA MISE EN DANGER

### 9.1 Article 3 OSites

Nous rappelons ici la teneur de l'art. 3 de l'Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (OSites, RS 814.680) qui dispose que les sites pollués ne peuvent être modifiés par la création ou la transformation de constructions et d'installations que :

- a) s'ils ne nécessitent pas d'assainissement et si le projet n'engendre pas de besoin d'assainissement ; ou
- b) si le projet n'entrave pas de manière considérable l'assainissement ultérieur des sites ou si ces derniers, dans la mesure où ils sont modifiés par le projet, sont assainis en même temps.

### 9.2 Eaux de surface

- Le projet se situe à 50-100 m du lac Léman et du cours d'eau Le Bief. Pour rappel, le projet prévoit l'évacuation des remblais sous les bassins et bâtiments ainsi que la mise en place d'un masque drainant permettant l'écoulement de la nappe d'eau souterraine supérieure. La situation actuelle ne devrait donc pas être perturbée.
- Au final, le projet permettra d'évacuer une partie des remblais pollués, ce qui est bénéfique pour les eaux de surface (exfiltration de la nappe d'eau souterraine dans le lac).
- Les eaux de surface ne sont donc à notre avis pas menacées par le projet.
- Aucune investigation complémentaire n'était prévue dans notre cahier des charges pour l'estimation de la mise en danger – eaux de surface.

## 9.3 Eaux souterraines

- Le projet se situe en secteur Au de protection des eaux souterraines et traversera totalement la nappe d'eau souterraine supérieure.
- La mise en place d'une couche très perméable au-dessous et sur les côtés des fondations permettra de maintenir l'écoulement des eaux souterraines sans réduction par rapport à l'état non influencé par les installations.
- On retrouve au droit du projet la succession géologique suivante : remblai - limons lacustres – moraine – rocher. La nappe d'eau souterraine située dans le remblai est de faible épaisseur (env. 2.0 m). Et il n'y a pas de nappe d'eau souterraine sous les limons lacustres. (Figure 4).
- Les analyses OEaux de la nappe d'eau supérieure montrent une eau souterraine déjà polluée, notamment par les métaux lourds (Figure 7).
- L'absence d'une nappe d'eau souterraine inférieure élimine le risque de by-pass avec la nappe d'eau souterraine supérieure (Figure 4).
- La base du projet correspond au minimum à la base du remblai. Les radier reposeront sur les limons lacustres (terrain naturel). La totalité du remblai sous les futures constructions sera évacué. Les limons lacustres présentent des teneurs en chrome et nickel légèrement trop élevés pour être considérés comme propres (satisfaisant l'annexe 3, ch.1 OLED), ce qui est apparemment commun pour les sédiments du lac Léman. Ces matériaux ne vont dans tous les cas pas déclencher un besoin d'assainissement dans le futur.
- Au vu de la configuration décrite ci-dessus, le projet, en évacuant un volume considérable de matériaux très pollués, va très probablement améliorer les conditions pour l'eau souterraines.
- Les eaux souterraines ne sont donc à notre avis pas péjorées par le projet.

## 9.4 Sols

- La zone du projet comporte des sols ayant déjà fait l'objet d'analyses selon OSol en 2019 par le bureau Triform SA.
- Au vu des résultats une partie des sols pourra être réutilisée sur place (faiblement pollué).
- La partie polluée (estimation env. 500 m<sup>3</sup>) et les parties qui ne seront pas utilisées seront évacués en décharge de type B.
- Les sols ne sont à notre avis pas menacés par le projet.



- Aucune investigation complémentaire n'était prévue dans notre cahier des charges pour l'estimation de la mise en danger – sols.

## 9.5 Air

- Selon l'article 11 de l'OSites : 2 Un site pollué nécessite un assainissement du point de vue de la protection des personnes contre la pollution atmosphérique si l'air interstitiel dépasse la valeur de concentration mentionnée à l'annexe 2 et si les émissions dégagées par le site atteignent des lieux dans lesquels des personnes peuvent se trouver régulièrement pendant une période prolongée.
- La problématique ici est donc d'éviter que des gaz de décharge ne puissent atteindre des sous-sols, s'y concentrer et mettre en danger les personnes y travaillant.
- Le projet comporte des sous-sols entre les bassins (galeries techniques) et sous le bâtiment boues, pompage et prétraitement (locaux techniques). Il s'agit de locaux utilisés par le technicien, environ 1 fois par jour pendant 1 heure.
- Les sous-sols sont situés sous le niveau de la nappe d'eau souterraine, sont donc étanches, ne comporte pas de regards au sol ni sauts-de-loup, et sont ventilés depuis une conduite extérieure située au-dessus du niveau du terrain naturel.
- Au vu de ce qui précède, les gaz de décharge ne peuvent selon nous pas atteindre des lieux dans lesquels des personnes peuvent se trouver régulièrement pendant une période prolongée.
- Aucune investigation complémentaire n'était prévue dans notre cahier des charges pour l'estimation de la mise en danger – air.

## 9.6 Commentaires et respect article 3 OSites

Le projet tel que décrit ci-dessus respecte l'article 3 OSites, notamment la lettre b.

- Le projet n'entrave pas de manière considérable l'assainissement ultérieur du site.
- Le site du projet est assaini par les terrassements prévus.

Nous répondons ci-dessous aux questions énumérées dans le paragraphe 3.2.2 du module de l'aide à l'exécution « Gestion générale des sites pollués-Projets de construction et sites pollués » (OFEV 2016) (Figure 8).

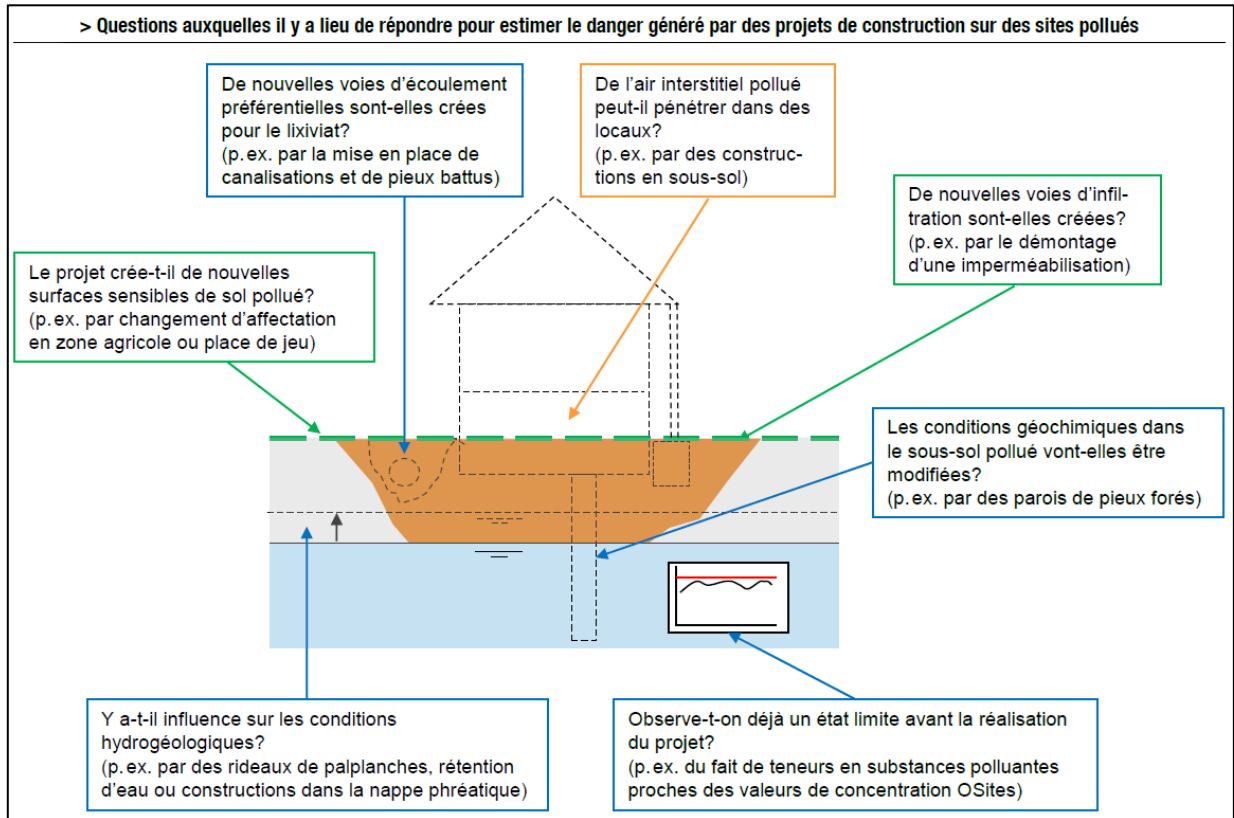


Figure 8 : Schéma tiré de « Gestion générale des sites pollués-Projets de construction et sites pollués » (OFEV 2016)

## Questions

*De nouvelles voies d'écoulement préférentielles sont-elles créées pour le lixiviat ? (p.ex. par la mise en place de canalisations et de pieux battus)*

- Non. Cette problématique est traitée au §9.3.

*De l'air interstitiel pollué peut-il pénétrer dans des locaux ? (p.ex. par des constructions en sous-sol)*

- Non. Cette problématique est traitée au §9.5.

*De nouvelles voies d'infiltration sont-elles créées ? (p.ex. par le démontage d'une imperméabilisation)*

- Non, (cf. §3).

*Les conditions géochimiques dans le sous-sol pollué vont-elles être modifiées ? (p.ex. par des parois de pieux forés)*

- Non. Il est prévu des palplanches provisoires. Les pieux seront exécutés dans des terrains non saturés en ayant aucun lien avec les biens à protéger.

*Observe-t-on déjà un état limite avant la réalisation du projet ? (p.ex. du fait de teneurs en substances polluantes proches des valeurs de concentration OSites)*

- Les analyses d'eau souterraines effectuées dans le corps de la décharge (à considérer comme lixiviât de décharge), montrent effectivement des dépassements de l'annexe 1 de l'OSites.
- Toutefois, comme expliqué ci-dessous (§9.3), le projet, en évacuant un volume considérable de matériaux très pollués, va très probablement améliorer les conditions pour l'eau souterraines.

*Y a-t-il influence sur les conditions hydrogéologiques ? (p.ex. par des rideaux de palplanches, rétention d'eau ou constructions dans la nappe phréatique)*

- Non, cette problématique est traitée au §9.3 et fait d'ailleurs l'objet d'un rapport hydrogéologique (ABA-GEOL SA, Etude hydrogéologique, Projet de renouvellement de la STEP de la région morgienne, VD05193, 27.09.22.)

*Le projet crée-t-il de nouvelles surfaces sensibles de sol pollué ? (p.ex. par changement d'affectation en zone agricole ou place de jeu)*

- Non.

## 10 CONCLUSIONS

Sur la base des investigations menées à ce jour au droit du site, et sur la base des éléments à disposition, nous pouvons fournir l'avis environnemental suivant.

Les nouvelles analyses OLED ainsi que les compilations de toutes les analyses effectuées sur le site devraient permettre d'élaborer un plan de gestion des déchets (§ 8). Ce document sera élaboré par le bureau Triform SA et devra être joint au dossier de demande de permis de construire (§ 8).

La problématique du chrome et nickel dans les limons lacustres devra être discutée avec la DGE, notamment avant l'élaboration du plan de gestion des déchets.

Les résultats de l'estimation de la mise en danger liée aux travaux de construction sont positifs. Aucun bien à protéger n'est à notre avis menacé par le projet (§ 9).

L'article 3 OSites est donc respecté :

- Le projet n'entrave pas de manière considérable l'assainissement ultérieur du site.
- Le site du projet est assaini par les terrassements prévus.

Nous rappelons que les indications et conclusions fournies, dans le présent rapport, sont basées sur notre expérience et nos connaissances à ce jour, ainsi que sur l'interprétation que nous sommes à même de faire sur les résultats des levés de terrains et des données récoltées. Elles ne sont, en outre, applicables qu'au droit du secteur étudié et ne concernent pas d'autres questions géologiques et hydrogéologiques.

ABA-GEOL SA

F.-X. Fragnière

A. Vallotton



Plan de situation  
et carte piézométrique

Mandat : VD05193

Echelle : 1 : 1'000

Format : A4

Lieu : Morges

Dessin

Date

Coord. : 2'528'800 / 1'152'100

FX

18.09.22



ABA-GEOL SA  
PAYERNE  
FRIBOURG  
SPIEZ

Fichier : Plan sit\_VD05193.dwg

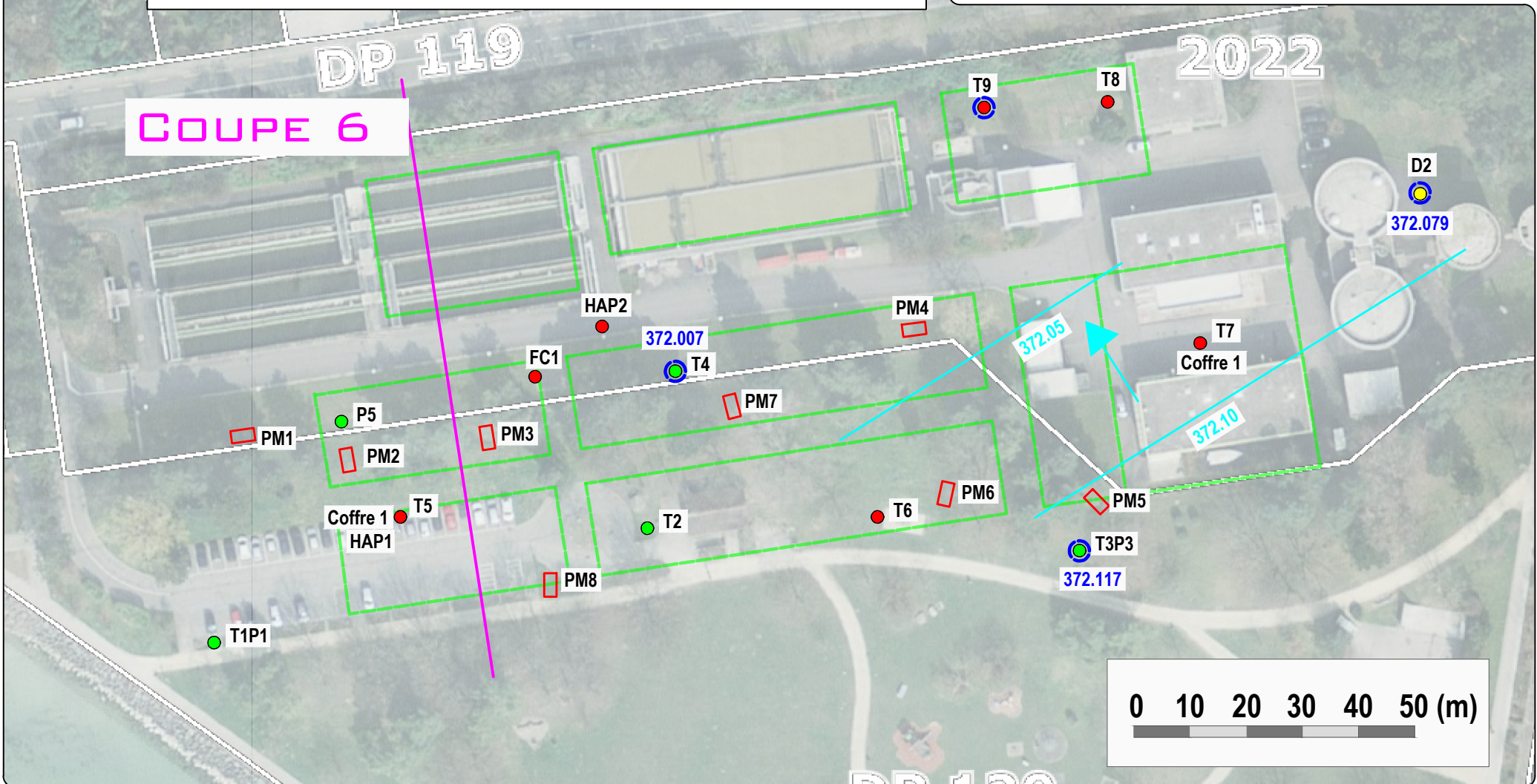
- Projet
  - Piézomètre
  - Sondages / forages 2004
  - Sondages / forages 2018
  - Sondages 2019
  - Sondages / forages 2022
- T = sondage à la tarière mécanique  
P = essai au pénétromètre dynamique lourd  
FC ou D = forage carotté  
PM = sondage pelle mécanique

372.007 Altitude de l'eau souterraine le 07.09.22 [m.s.m.]

372.05 Carte piézométrique du 07.09.22, altitude [m.s.m.] et direction d'écoulement



**COUPE 6**





VD05193

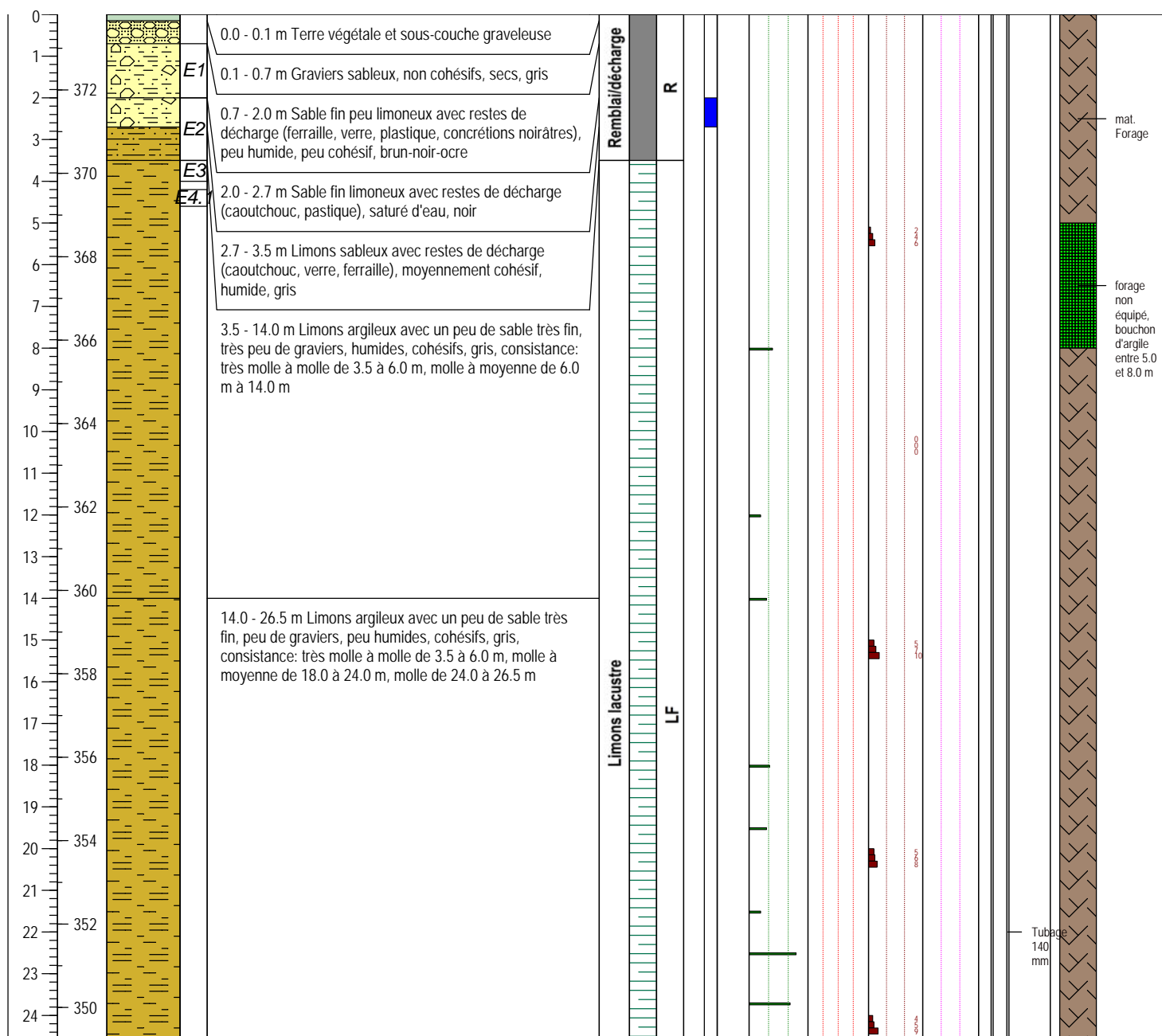
## FORAGE GEOTECHNIQUE

METH. DE FORAGE : Forage carotté  
 CLIENT : Comité de Drection ERM  
 SONDAGE : FC1  
 COMMUNE : Morges  
 COORDONNEES : 2'528'790.9 / 1'152'105.8 / 373.81 [m s. m.]

GEOLOGIE  
 HYDROGEOLOGIE  
 GEOTECHNIQUE  
 ENVIRONNEMENT  
 INFO@ABAGEOL.CH  
 WWW.ABAGEOL.CH

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m s. m.]	PROFIL GEOLOGIQUE	ECHANTILLON N°	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	STRATIGRAPHIE	GEOTYPE	Venues d'eau/zones saturées	Date mesure niveau eau:	0.3 Scissom. de poche [kg/cm2]	0.7	1.5 Pénétromètre poche [kg/cm2]	4.5	20 SPT	40	25 RQD [%]	75	TUBAGES	EQUIPEMENT FORAGE
				Géologue : FX Dessiné par : YC Contrôlé par : FX Date : Septembre 2022 Entr. forage : Implenia Diam. init. forage : 0.14														HORS-SOL [m]: FERMETURE:





ABA-GEOL SA

VD05193

**FORAGE GEOTECHNIQUE**

METH. DE FORAGE : Forage carotté

CLIENT : Comité de Drection ERM

SONDAGE : FC1

COMMUNE : Morges

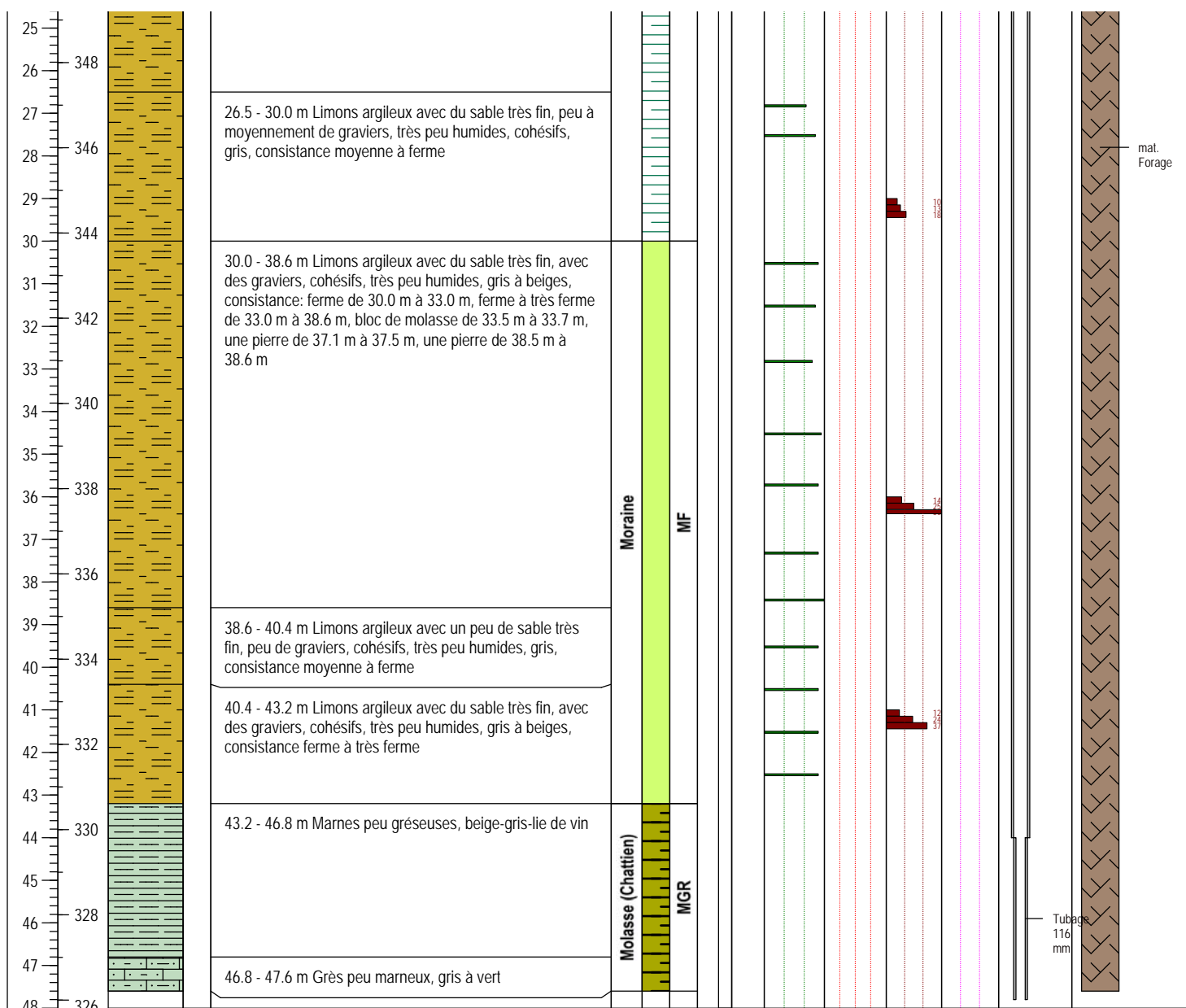
COORDONNEES : 2'528'790.9 / 1'152'105.8 / 373.81 [m s. m.]

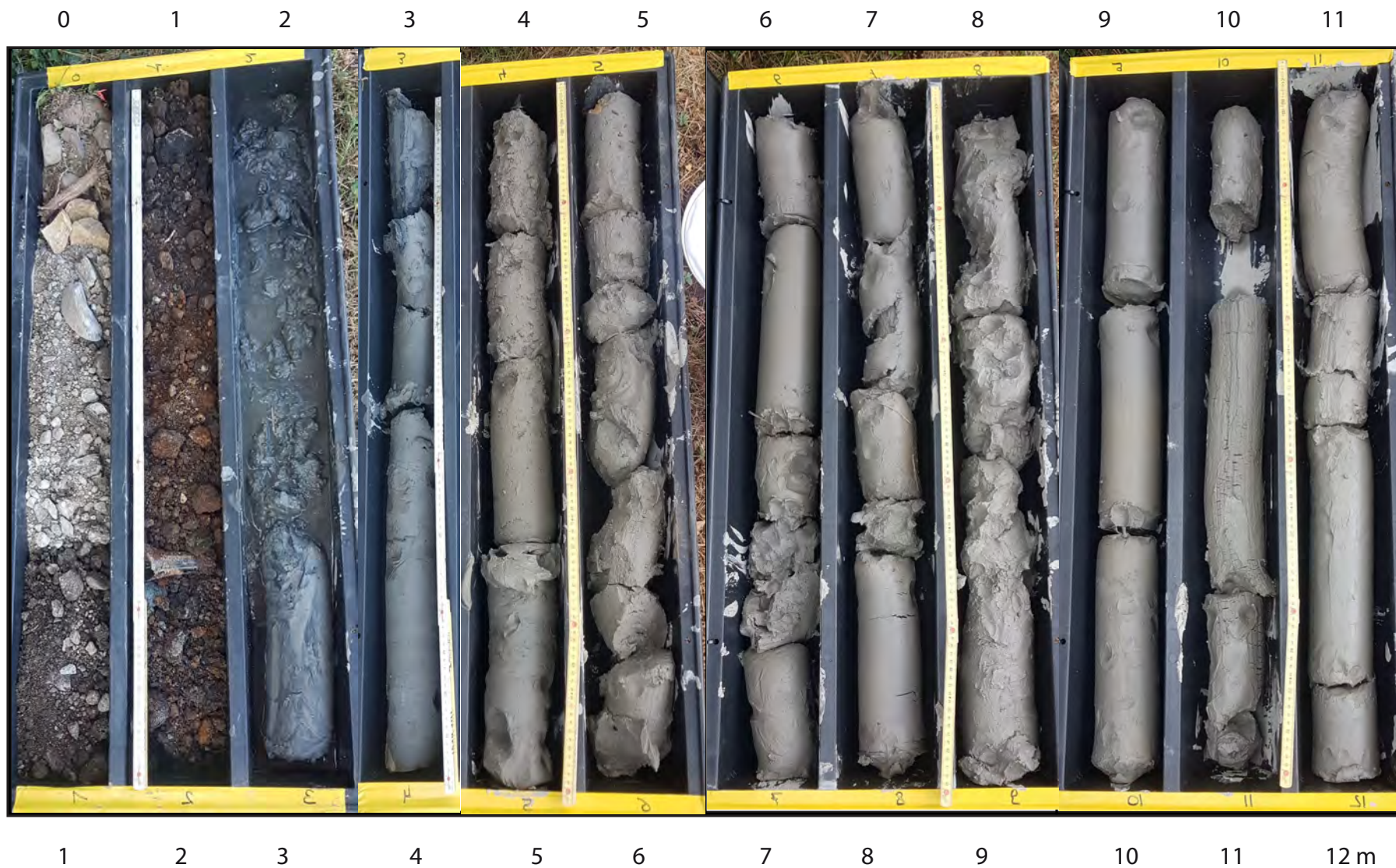
Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT

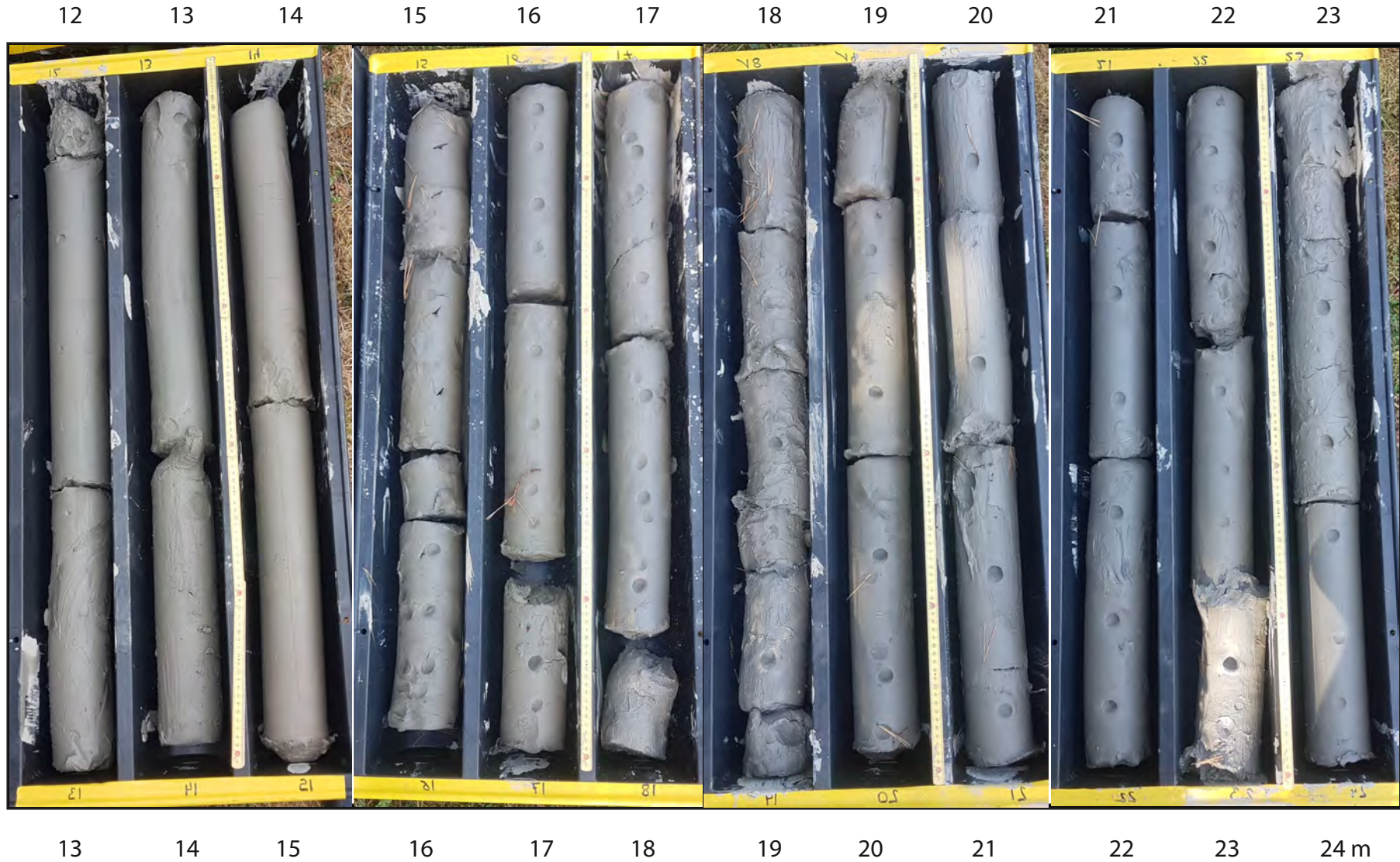
INFO@ABAGEOL.CH  
WWW.ABAGEOL.CH

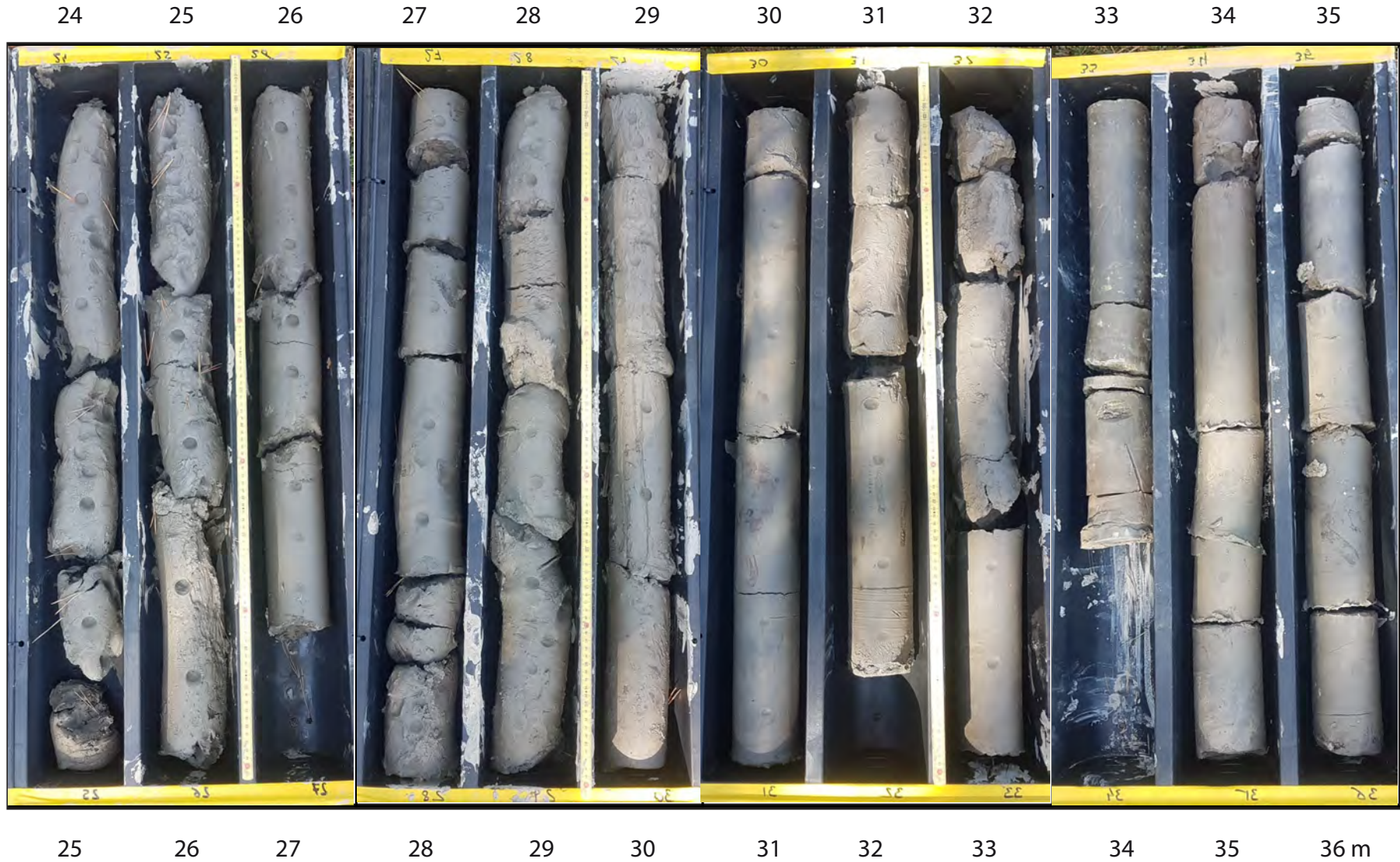
PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m s. m.]	PROFIL GEOLOGIQUE	ECHANTILLON N°	Géologue : FX	STRATIGRAPHIE	GEOTYPE	Venues d'eau/zones saturées	Date mesure niveau eau:	0.3 Scissom. de poche [kg/cm2] 0.7	1.5 Pénétrömètre poche [kg/cm2] 4.5	20 SPT 40	25 RQD [%] 75	TUBAGES	EQUIPEMENT FORAGE HORS-SOL [m]: FERMETURE:
				Dessiné par : YC										

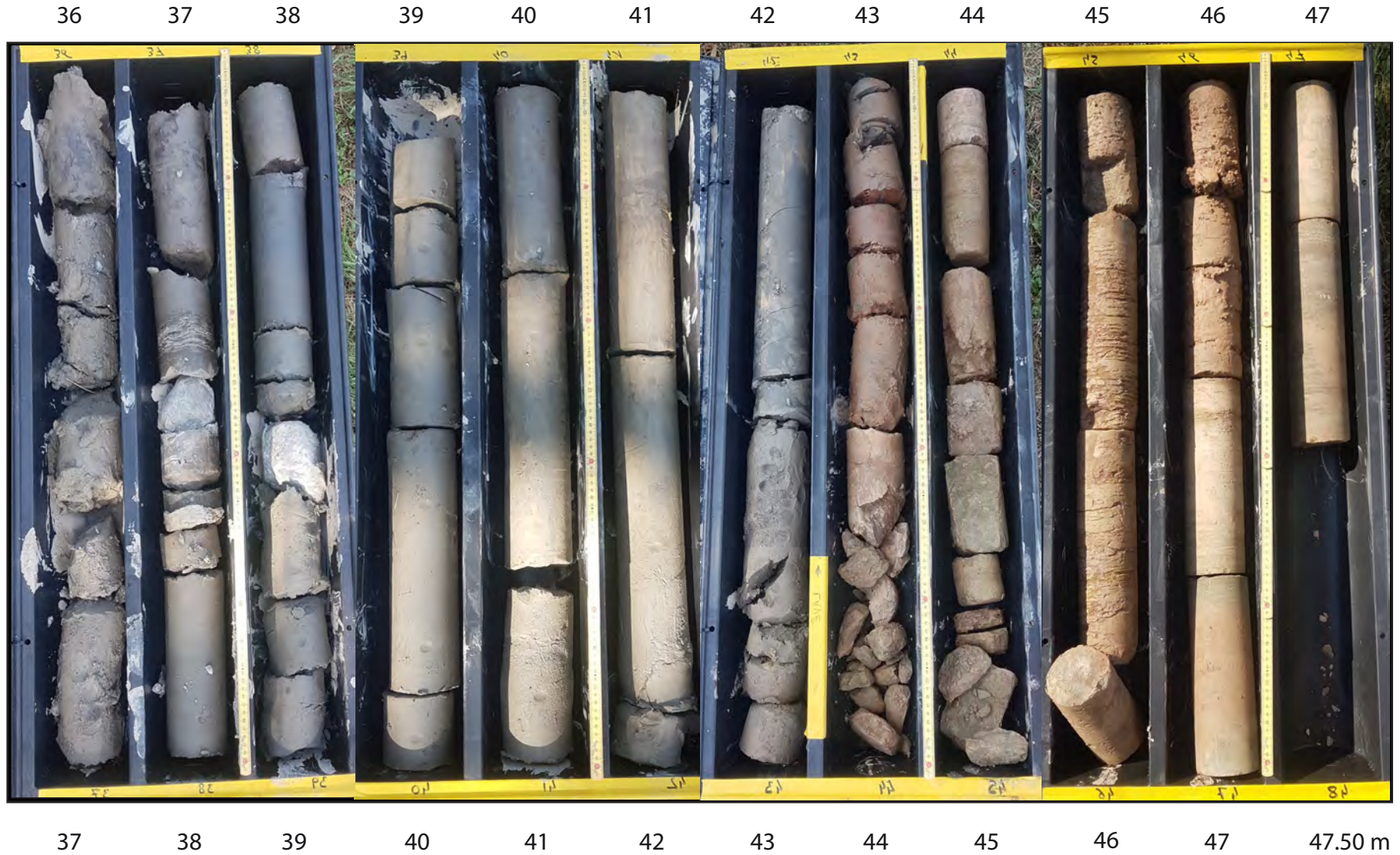














ABA-GEOL SA

VD05193

## SONDAGE A LA TARIERE MECANIQUE

CLIENT : Comité de direction ERM

SONDAGE : T5

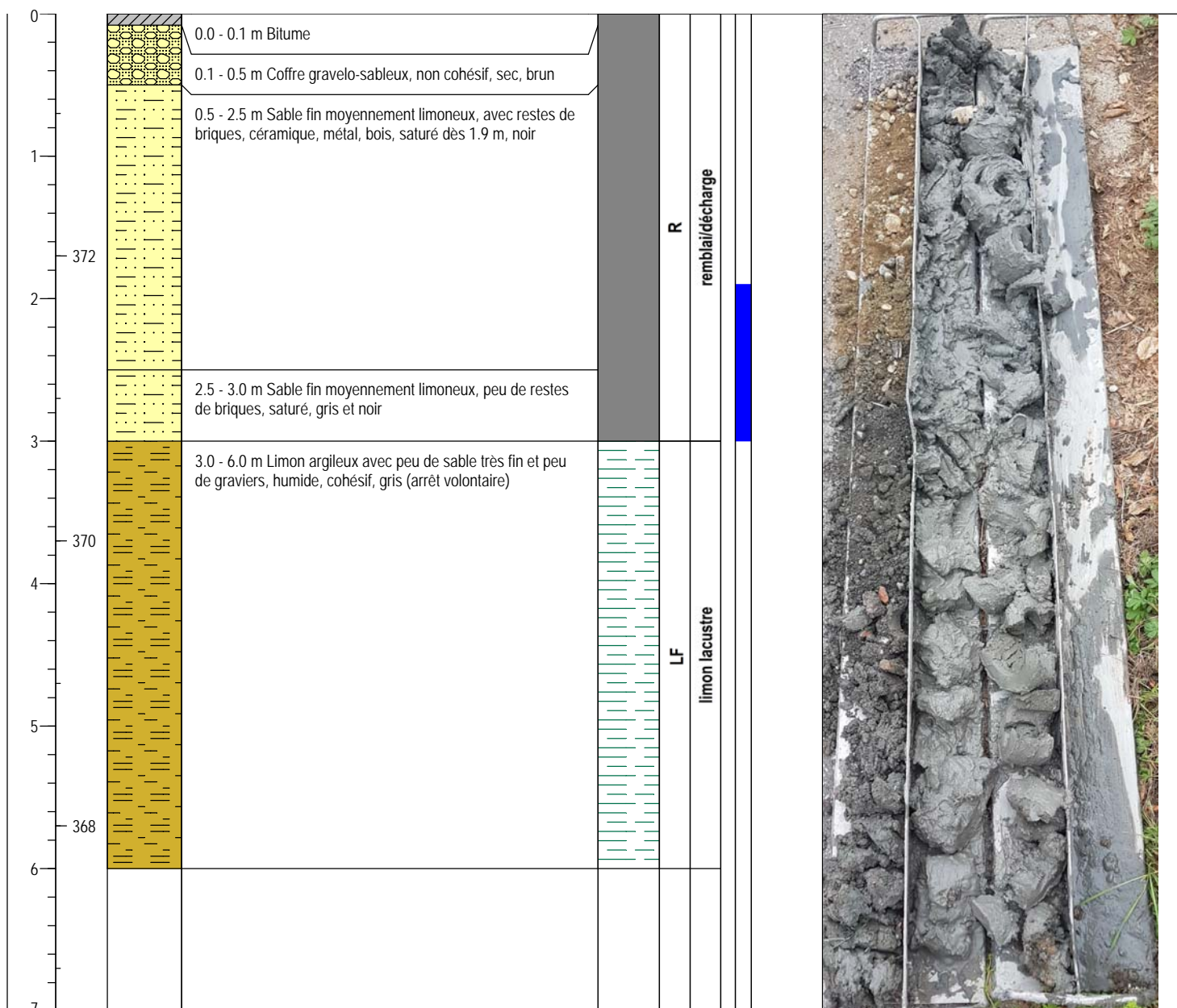
COMMUNE : Morges

COORDONNEES : 2528767 / 1152080.7 / 373.7 [m.s.m]

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT  
INFO@ABAGEOL.CH  
WWW.ABAGEOL.CH



PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m.s.m]	PROFIL GEOLOGIQUE	Géologue : FX Fragnière	GEOTYPE	STRATIGRAPHIE	VENUES D'EAU / ZONES SAT.	EQUIPEMENT PIEZO	NV. D'EAU :	Niveau d'eau 1.89 m TN après retrait tiges:
			Dessiné par : FX						
DESCRIPTION LITHOLOGIQUE									

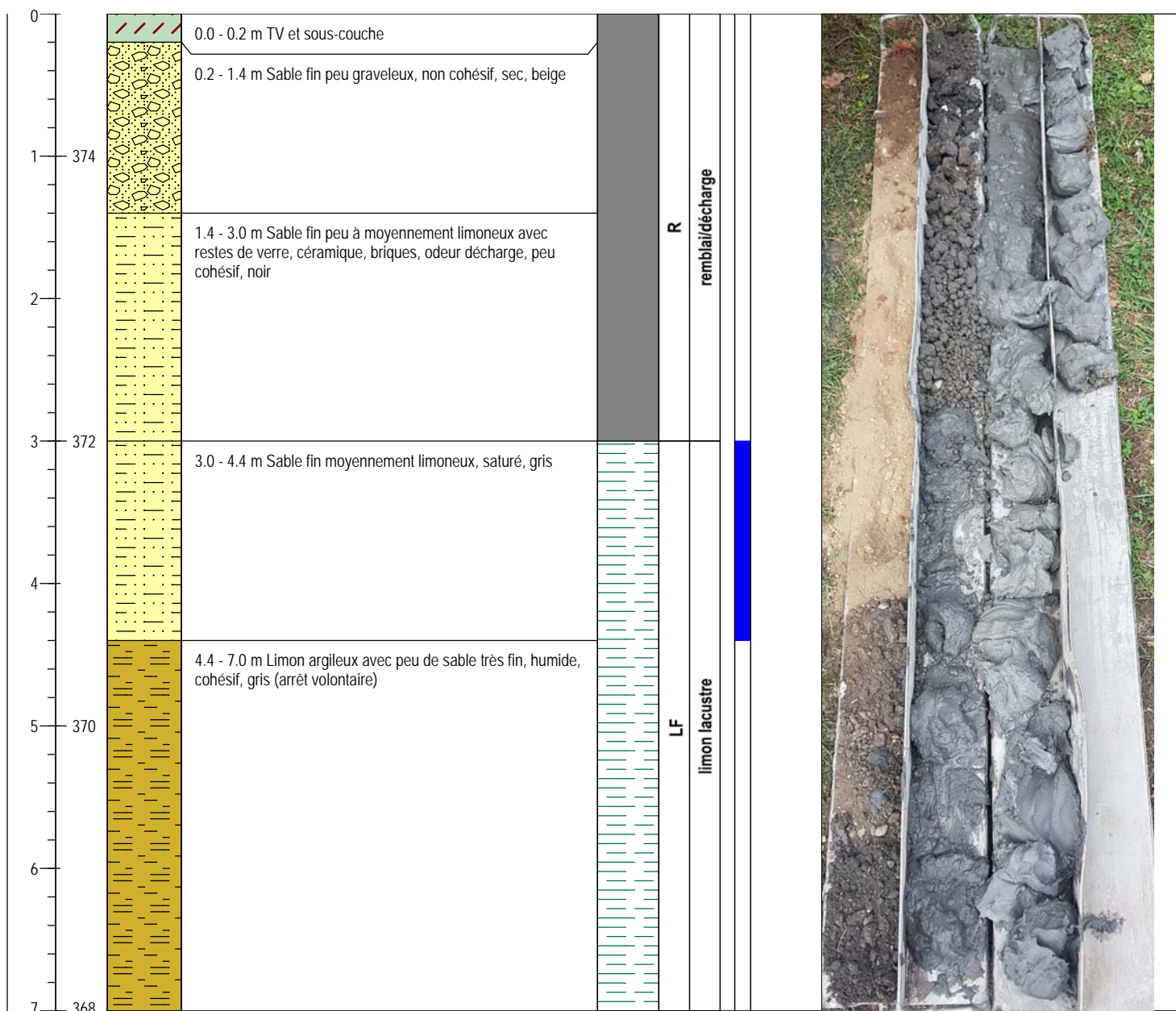


## SONDAGE A LA TARIERE MECANIQUE

CLIENT : Comité de direction ERM  
 SONDAGE : T6  
 COMMUNE : Morges  
 COORDONNEES : 2528852 / 1152081.2 / 375 [m.s.m]

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m.s.m]	PROFIL GEOLOGIQUE	Géologue : FX Fragnière	GEOTYPE	STRATIGRAPHIE	VENUES D'EAU / ZONES SAT.	EQUIPEMENT PIEZO	NV. D'EAU :	Niveau d'eau : 3.10 m TN
			Dessiné par : FX						Niveau d'eau après retrait tiges :
DESCRIPTION LITHOLOGIQUE									Début sondage  PHOTO  Fin sondage





## SONDAGE A LA TARIERE MECANIQUE

CLIENT : Comité de direction ERM

SONDAGE : T7

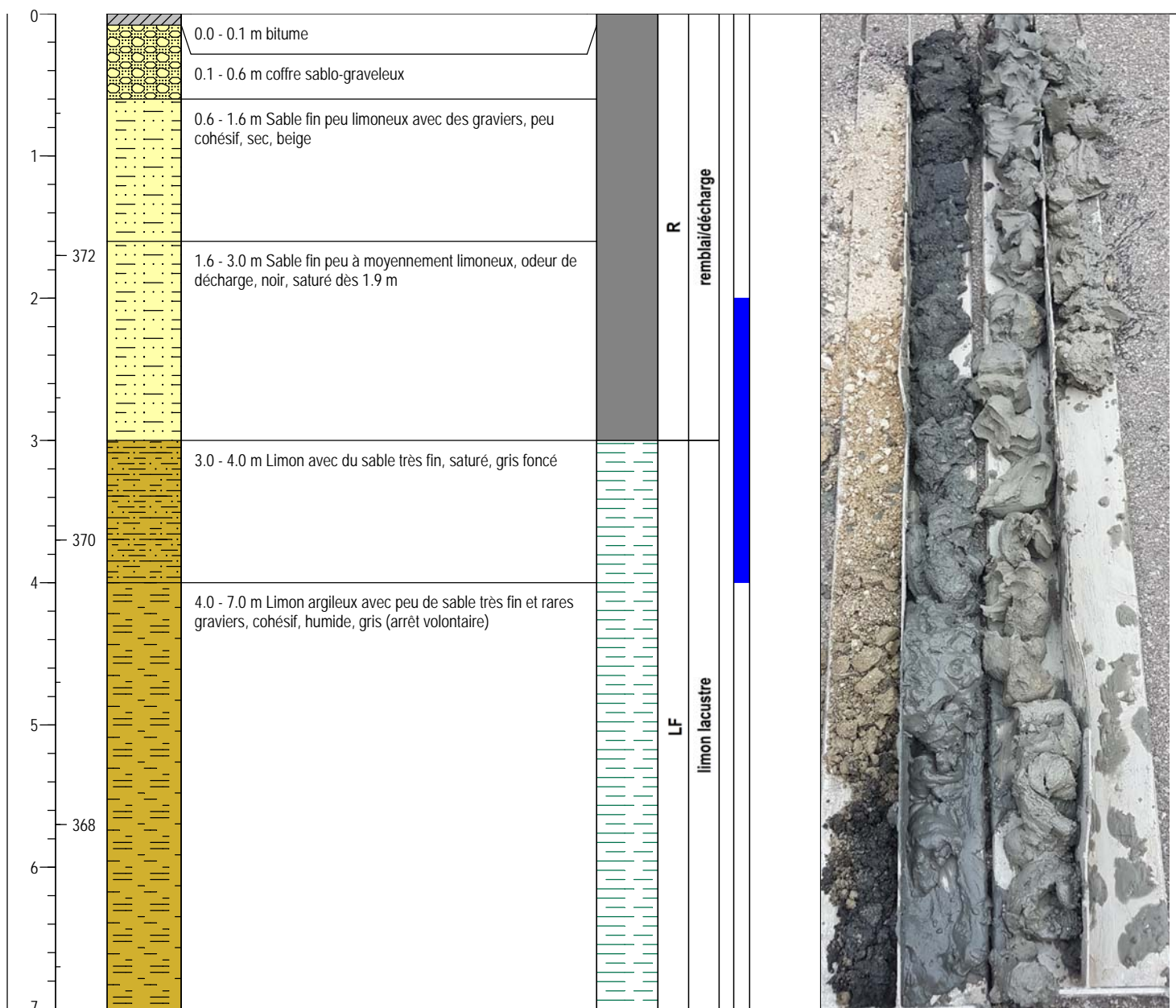
COMMUNE : Morges

COORDONNEES : 2528909.7 / 1152112.2 / 373.7 [m.s.m]

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT  
INFO@ABAGEOL.CH  
WWW.ABAGEOL.CH

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m.s.m]	PROFIL GEOLOGIQUE	Géologue : FX Fragnière	GEOTYPE	STRATIGRAPHIE	VENUES D'EAU / ZONES SAT.	EQUIPEMENT PIEZO	NV. D'EAU :	Niveau d'eau 2.0 m TN après retrait tiges:
			Dessiné par : FX						
			Date : 07.09.22						
			Entr. forage : ABA-GEOL SA						
			Diam. forage : 0.1						





ABA-GEOL SA

VD05193

## SONDAGE A LA TARIERE MECANIQUE

CLIENT : Comité de direction ERM

SONDAGE : T8

COMMUNE : Morges

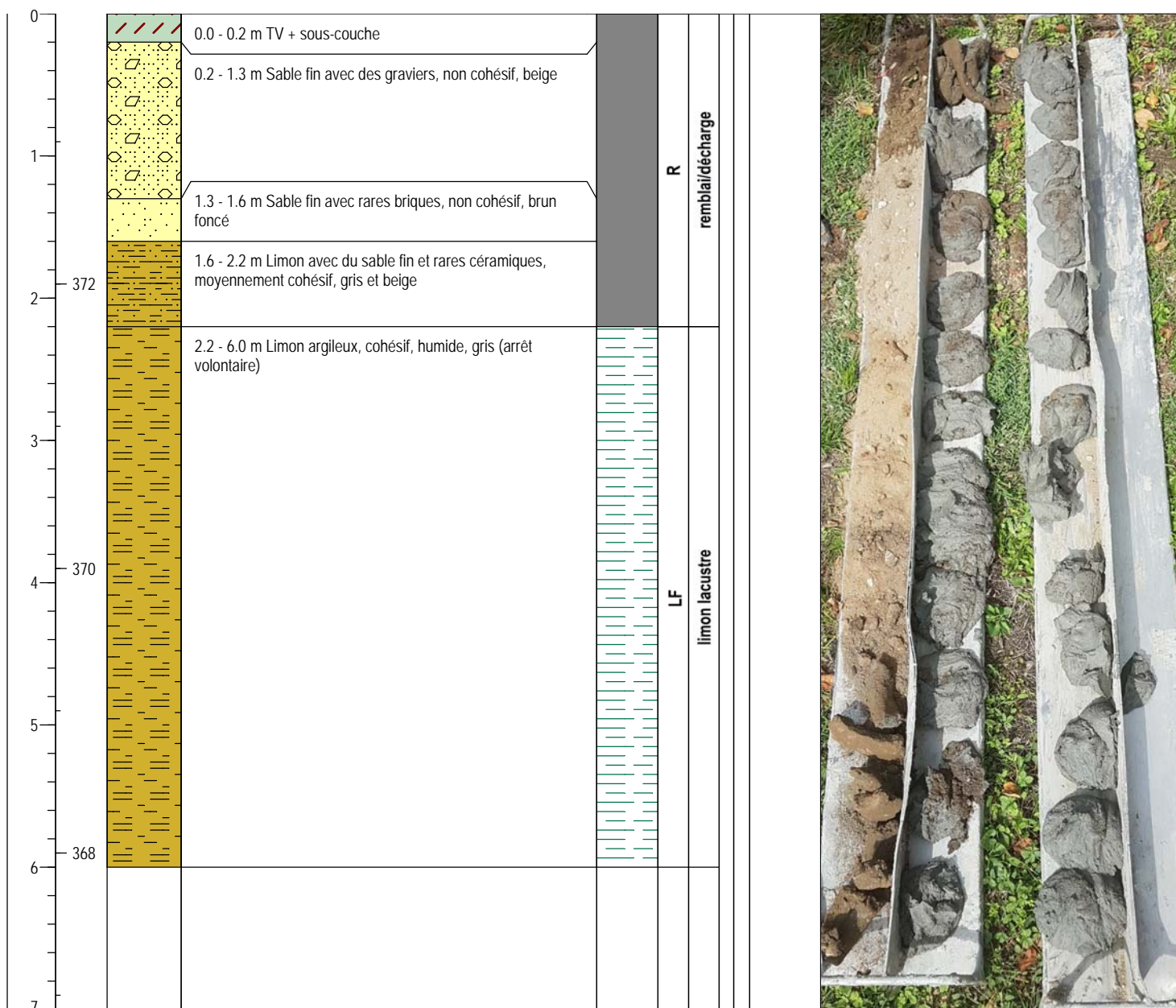
COORDONNEES : 2528892.9 / 1152155.2 / 373.9 [m.s.m]

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

GEOLOGIE  
HYDROGEOLOGIE  
GEOTECHNIQUE  
ENVIRONNEMENT

INFO@ABAGEOL.CH  
WWW.ABAGEOL.CH

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m.s.m]	PROFIL GEOLOGIQUE	Géologue : FX Fragnière	GEOTYPE	STRATIGRAPHIE	VENUES D'EAU / ZONES SAT.	EQUIPEMENT PIEZO	NV. D'EAU :	Niveau d'eau sec à 6 m TN après retrait tiges:
			Dessiné par : FX						
DESCRIPTION LITHOLOGIQUE									





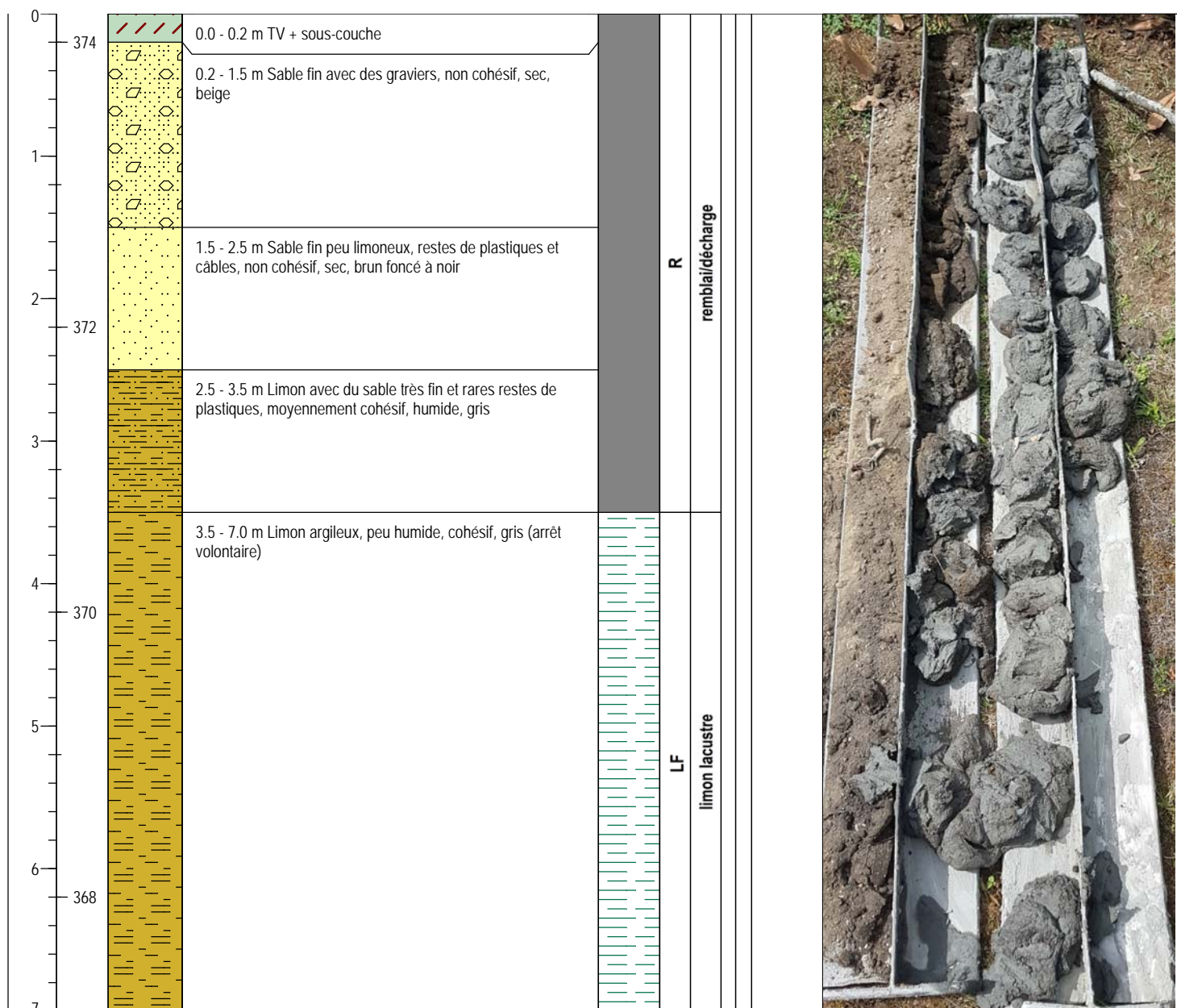
## SONDAGE A LA TARIERE MECANIQUE

CLIENT : Comité de direction ERM  
 SONDAGE : T9  
 COMMUNE : Morges  
 COORDONNEES : 2528870.8 / 1152153.8 / 374.2 [m.s.m]

GEOLOGIE  
 HYDROGEOLOGIE  
 GEOTECHNIQUE  
 ENVIRONNEMENT  
 INFO@ABAGEOL.CH  
 WWW.ABAGEOL.CH

Altitude GPS (préc. ± 5 cm)

PROFONDEUR [m]	ALTITUDE [m.s.m]	PROFIL GEOLOGIQUE	Géologue : FX Fragnière	GEOTYPE	STRATIGRAPHIE	VENUES D'EAU / ZONES SAT.	EQUIPEMENT PIEZO	NV. D'EAU :	Niveau d'eau sec à 7 m TN après retrait tiges:
			Dessiné par : FX						
DESCRIPTION LITHOLOGIQUE			<p>← Début sondage PHOTO →</p> <p>↘ Fin sondage ↗</p>						






Situation approx. du site

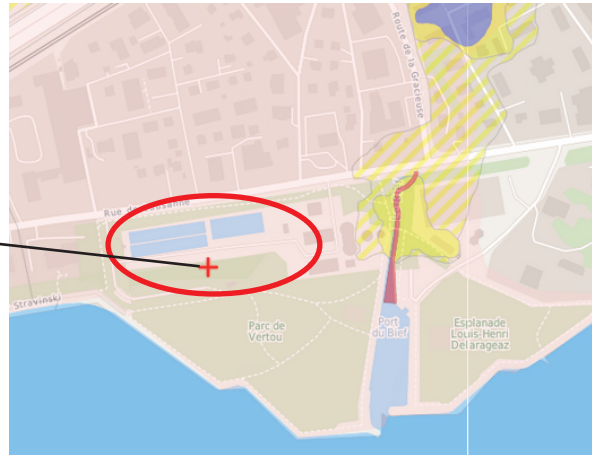


**Extraits de cartes**

Mandat : VD05193			
Echelle : variable			
Format : A4			
Lieu : Morges	Dessin : FX	Création : 16.09.22	Publicat. :
Coord. : 528'800 / 152'100			
	<b>Payerne</b> 0266601200		
	<b>Fribourg</b> 0264245310		
	<b>Spiez</b> 0336548010		
Fichier :			

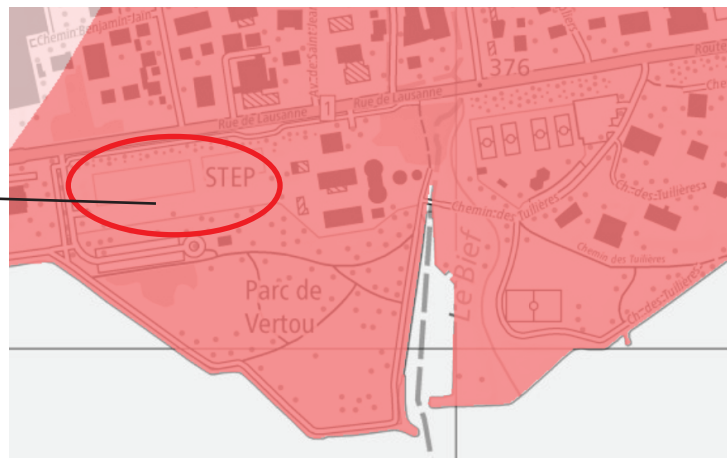
**Carte des dangers de crues**

rose = Danger indicatif



**Carte de protection de protection des eaux**

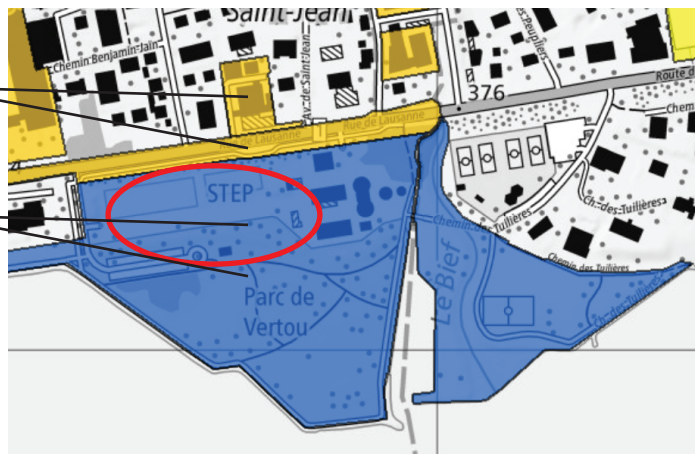
Secteur Au



**Cadastre des sites pollués**

Sites pollués, activités = station-service

Site pollué, activités = remblai / décharge



Nom de l'échantillon	Date prélèvement	Lieu de prélèvement					Profondeurs de prélèvement [m]	Type de matériau (év. profondeur)	Prélèvement pour analyse OLED complète					Date	Signature		
		Coordonnées moyennes	Point de prélèvement	Type de sondage	Prof. sondage (depuis terrain naturel) [m]	Taille du sondage [m]			Météo, température	Méthode	Récipient	Opérateur	Date de livraison au laboratoire			Quantité de matériel prélevé	
ech 1	29.08.2022	2°528'790.9 / 1°152'105.8	FC1	Forage carotté	47.60 m	0.14	0.7 à 2.0	Sable fin peu limoneux avec restes de décharge (ferraille, verre, plastique, concrétions noirâtres), peu humide, peu cohésif, brun-noir-ocre	sec, 25°	Composite	Bidon (10 l)	FX	30.08.2022	~ 10 kg	10.09.2022	FX	
ech 2		2°528'790.9 / 1°152'105.8	FC1		47.60 m	0.14	2.0 à 3.5										Sable fin et limons gris avec restes de décharge (caoutchouc, pastique), saturé d'eau, noir
ech 3		2°528'790.9 / 1°152'105.8	FC1		47.60 m	0.14	3.5 à 4.0										Limon argileux gris
ech 4		2°528'790.9 / 1°152'105.8	FC1		47.60 m	0.14	4.2 à 4.6										Limon argileux gris
ech 5.1	07.09.2022	2°528'767.0 / 1°152'080.7	T5	Forage tarière mécanique	6.00 m	0.1	2.5 à 3.0	Sable limoneux avec peu déchets, gris à noir									
ech 6.1		2°528'852.0 / 1°152'081.2	T6		7.00 m	0.1	5.0 à 5.5	Limon argileux gris									
ech 7.1		2°528'909.7 / 1°152'112.2	T7		7.00 m	0.1	1.6 à 3.0	Sable limoneux, odeur de décharge, saturé noir									
ech 7.2		2°528'909.7 / 1°152'112.2	T7		7.00 m	0.1	4.0 à 4.5	Limon argileux gris									
ech 8.2		2°528'892.9 / 1°152'155.2	T8		6.00 m	0.1	1.6 à 2.2	Limon sableux avec rares restes de céramiques, beige									
coffre 1		2°528'767.0 / 1°152'080.7	T5		6.00 m	0.1	0.1 à 0.5	Coffre sablo-graveleux									
		2°528'909.7 / 1°152'112.2	T7		7.00 m	0.1	0.1 à 0.6										
HAP 1		2°528'767.0 / 1°152'080.7	HAP 1		Marteau / burin	0.10 m	0.05 x 0.05	0 à 0.1	Bitume	Bidon (2.5 l)	~ 5 kg						
HAP 2	2°528'803.0 / 1°152'115.0	HAP 2	0.10 m	0.05 x 0.05		0 à 0.1	Bitume										

Paramètres	Unité	2018				2019								2022										Evacuation décharge A	Evacuation décharge B	Evacuation décharge E	Traitement			
		T1P1	T2	T3P3	T4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ech1	ech2	ech3	ech4	ech 5.1	ech 6.1	ech 7.1	ech 7.2	ech 8.2	Coffre 1	HAP 1	HAP 2	Limite Décharge A		Limite décharge B	Limite décharge E	
Naphtalène	mg/kg MS	<0.05	0.08	0.12	0.55	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Acénaphylène	mg/kg MS	<0.05	0.12	0.19	0.22	0,35	0,11	0,08	<0,05	1,3	0,13	0,23	0,86	0,25	0,05	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,38	<0,05	0,07	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Acénaphène	mg/kg MS	<0.05	<0.05	0.05	<0.05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	1,0	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Fluorène	mg/kg MS	<0.05	0.11	0.18	0.05	0,24	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	0,06	2,7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Phénanthrène	mg/kg MS	0.07	1.1	2.4	1.2	2,6	0,66	0,3	0,17	2,0	0,31	1,0	20	0,29	0,2	<0,05	<0,05	0,23	0,11	1,1	<0,05	0,1	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Anthracène	mg/kg MS	<0.05	0.33	1.2	0.69	0,67	0,51	0,12	0,08	1,1	0,16	0,38	8,2	0,33	0,11	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	0,51	<0,05	0,07	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Fluoranthène	mg/kg MS	0.15	2.2	3.9	16	3,8	1,6	0,85	0,4	7,8	0,79	2,7	19	0,85	0,54	0,08	0,06	0,59	0,23	2,3	0,06	0,3	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Pyrène	mg/kg MS	0.12	1.7	3	21	3,2	1,5	0,8	0,38	7,1	0,75	2,3	17	0,79	0,45	0,07	0,05	0,42	0,17	1,8	<0,05	0,24	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0.07	1.1	1.8	10	1,6	0,84	0,5	0,26	4,0	0,48	1,2	6,9	0,94	0,38	0,06	<0,05	0,27	0,09	1,2	<0,05	0,16	<0,05	<0,5	0,83	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Chrysène	mg/kg MS	0.08	0.93	1.4	9.2	1,6	0,89	0,57	0,31	4,5	0,51	1,3	6,6	1,0	0,39	0,06	<0,05	0,28	0,1	1,3	<0,05	0,18	<0,05	<0,5	2,6	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0.1	1.2	1.7	19	2,1	1,0	0,89	0,4	7,4	0,75	1,7	8,4	0,83	0,33	0,06	<0,05	0,3	0,09	1,3	<0,05	0,19	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0.06	0.57	0.89	10	1,0	0,58	0,37	0,2	3,2	0,34	0,94	4,2	0,78	0,33	0,06	<0,05	0,29	0,08	1,2	<0,05	0,19	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<b>0.08</b>	<b>0.98</b>	<b>1.4</b>	<b>13</b>	<b>1.4</b>	<b>0.78</b>	<b>0.57</b>	<b>0.26</b>	<b>5.1</b>	<b>0.49</b>	<b>1.2</b>	<b>6.4</b>	<b>0.97</b>	<b>0.37</b>	<b>0.16</b>	<b>0.07</b>	<b>0.31</b>	<b>0.13</b>	<b>1.2</b>	<0,05	<b>0.21</b>	<0,05	<0,5	<b>0.91</b>	<b>0.3</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	pdvl	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0.05	0.18	0.23	2.5	0,3	0,16	0,13	0,07	1,0	0,11	0,26	1,0	0,27	0,08	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS	<0.05	0.57	0.71	7.6	0,91	0,49	0,4	0,18	3,7	0,34	0,84	3,6	0,82	0,27	0,12	<0,05	0,23	0,05	0,88	<0,05	0,15	<0,05	<0,5	<0,5	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS	0.05	0.65	0.79	8.3	0,99	0,56	0,46	0,2	4,6	0,4	0,95	3,9	1,0	0,27	0,12	0,05	0,21	0,05	0,76	<0,05	0,15	<0,05	<0,5	1,0	pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>	<b>0.78</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>120</b>	<b>21</b>	<b>9.7</b>	<b>6</b>	<b>2.9</b>	<b>53</b>	<b>5.6</b>	<b>15</b>	<b>110</b>	<b>9.1</b>	<b>3.8</b>	<b>0.79</b>	<b>0.23</b>	<b>3.3</b>	<b>1.1</b>	<b>14</b>	<b>0.06</b>	<b>2.0</b>	-/-	-/-	<b>5.3</b>	<b>3</b>	<b>25</b>	<b>250</b>	pdvl	
PCB n° 28	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,02	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
PCB n° 52	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0064	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
PCB n° 101	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0132	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
PCB n° 138	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0158	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
PCB n° 153	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0117	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
PCB n° 180	mg/kg MS	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,004	<0,01	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
<b>Somme des 6 PCB</b>	<b>mg/kg MS</b>	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	<b>0.0471</b>	-/-	-/-	-/-			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
<b>Somme des 6 PCB (x4,3)</b>	<b>mg/kg MS</b>	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	<b>0.203</b>	-/-	-/-	-/-			<b>0.1</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	pdvl
Cyanures totaux (CN)	mg/kg MS	<b>0.087</b>	<b>0.74</b>	<b>2.3</b>	<b>0.39</b>	<0,05	<b>0.08</b>	<b>0.14</b>	<0,05	<b>1.3</b>	<0,05	<b>0.19</b>	<b>0.59</b>	<b>0.198</b>	<b>0.098</b>	<0,05	<b>0.161</b>	<b>0.09</b>	<0,05	<b>0.22</b>	<0,05	<0,05	<0,05			<b>0.5</b>	pdvl	pdvl	pdvl	
Fluorures (F)	mg/l E/L	<b>0.35</b>	<b>0.28</b>	<b>0.33</b>	<b>0.95</b>	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>	<b>0.32</b>	<b>0.14</b>	<b>0.56</b>	<b>0.25</b>	<b>0.21</b>	<b>0.22</b>	<b>0.48</b>	<b>0.19</b>	<b>0.28</b>	<b>0.24</b>	<b>0.25</b>	<b>0.22</b>	<0,1	<b>0.26</b>	<b>0.2</b>	<0,1			pdvl	<b>2</b>	pdvl	pdvl	
Nitrites (NO2)	mg/l E/L	<b>0.08</b>	<0,005	<0,005	<b>0.012</b>	<b>0.014</b>	<b>0.036</b>	<b>0.012</b>	<0,005	<0,005	<b>0.009</b>	<b>0.029</b>	<b>0.007</b>	<0,005	<b>0.011</b>	<0,005	<0,005	<b>0.006</b>	<0,005	<b>0.008</b>	<0,005	<0,005	<0,005			pdvl	<b>1</b>	pdvl	pdvl	
Ammonium (NH4)	mg/l E/L	<b>0.32</b>	<b>2.6</b>	<b>2.1</b>	<b>0.015</b>	<b>0.32</b>	<b>0.25</b>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<b>3</b>	<b>2.6</b>	<0,01	<b>1.1</b>	<b>0.10</b>	<b>0.15</b>	<b>1.7</b>	<b>0.34</b>	<b>5.3</b>	<b>0.48</b>	<0,01	<b>0.035</b>			pdvl	<b>0.5</b>	pdvl	pdvl	
Azote ammoniacal (NH4-N)	mg/l E/L	0.25	2	1.6	0.012	0.25	0.2	<0,0078	<0,0078	<0,0078	<0,0078	2.3	2	<0,0078	0.86	0.081	0.12	1.3	0.26	4.1	0.37	<0,0078	0.027			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005			pdvl	<b>0.02</b>	<b>0.3</b>	pdvl	
Chrome (VI)	mg/l E/L	<0.005	<0.005	<0.005	0.018	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl	
Chrome (VI)	mg/kg MS	<0.05	<0.05	<0.05	<b>0.18</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05			<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.5</b>	pdvl	
Antimoine (Sb)	mg/kg MS	<1.0	<b>1.6</b>	<b>1.1</b>	<b>4.5</b>	<b>3.1</b>	<b>2.2</b>	<b>1.4</b>	<1.0	<b>14</b>	<b>4.7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>1.4</b>	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<b>1.4</b>	<1.0			<b>3</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	pdvl	
Arsenic (As)	mg/kg MS	<b>7.3</b>	<b>11</b>	<b>9.8</b>	<b>19</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8.5</b>	<b>22</b>	<b>9.5</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>41</b>	<b>7.8</b>	<b>8.7</b>	<b>11</b>	<b>8.6</b>	<b>10</b>	<b>6.6</b>	<b>9.9</b>	<b>9.6</b>	<b>5.4</b>			<b>15</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	pdvl	
Plomb (Pb)	mg/kg MS	<b>20</b>	<b>87</b>	<b>53</b>	<b>120</b>	<b>160</b>	<b>130</b>	<b>58</b>	<b>16</b>	<b>470</b>	<b>71</b>	<b>170</b>	<b>110</b>	<b>960</b>	<b>52</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>73</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>17</b>	<b>31</b>	<b>6.9</b>			<b>50</b>	<b>500</b>	<b>2000</b>	pdvl	
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.7</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.3</b>	<b>1.1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.1</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<0,1			<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	pdvl	
Chrome (Cr)	mg/kg MS	<b>120</b>	<b>90</b>	<b>80</b>	<b>140</b>	<b>62</b>	<b>61</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>140</b>	<b>59</b>	<b>48</b>	<b>67</b>	<b>160</b>	<b>43</b>	<b>46</b>	<b>52</b>	<b>48</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>68</b>	<b>48</b>	<b>13</b>			<b>50</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	pdvl	
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	<b>46</b>	<b>78</b>	<b>76</b>	<b>220</b>	<b>150</b>	<b>86</b>	<b>68</b>	<b>25</b>	<b>630</b>	<b>84</b>	<b>110</b>	<b>140</b>	<b>910</b>	<b>55</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>55</b>	<b>30</b>	<b>82</b>	<b>31</b>	<b>34</b>	<b>7.8</b>			<b>40</b>	<b>500</b>	<b>5000</b>	pdvl	
Nickel (Ni)	mg/kg MS	<b>92</b>	<b>61</b>	<b>58</b> </																										

Paramètres	Unité	2018				2019								2022										Evacuation décharge A	Evacuation décharge B	Evacuation décharge E	Traitement		
		T1P1	T2	T3P3	T4	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ech1	ech2	ech3	ech4	ech 5.1	ech 6.1	ech 7.1	ech 7.2	ech 8.2	Coffre 1	HAP 1	HAP 2	Limite Décharge A		Limite décharge B	Limite décharge E
Carbone organique (TOC400)	mg/kg MS	<5000	<5000	5900	22000	10000	5000	8000	<5000	22000	5000	10000	11000	58000	<5000	<5000	<5000	<5000	<5000	21000	<5000	<5000	<5000			pdvl	20000	50000	pdvl
Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	2.7	3.5	4	2.2	2.6	1.7	1.5	0.8	1.3	1.2	3.6	4	2.6	1.8	0.58	0.8	3.1	0.61	22	1.0	<0.5	<0.5			pdvl	20	pdvl	pdvl
Perte au feu (550°C)	% masse MS																									pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	24	180	370	690	91	85	29	<10	350	40	86	290	2800	68	<10	18	35	16	230	<10	<10	72			50	500	5000	pdvl
Benzène	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			0.1	1	1	pdvl
Toluène	mg/kg MS	<0.01	0.023	0.011	0.045	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Éthylbenzène	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
m/p-Xylène	mg/kg MS	0.023	0.034	0.022	0.079	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
o-Xylène	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	0.022	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
<b>Somme BTEX</b>	<b>mg/kg MS</b>	<b>0.023</b>	<b>0.057</b>	<b>0.033</b>	<b>0.16</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>			<b>1</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	pdvl
Dichlorométhane	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Trichloroéthylène (tri)	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
Tétrachloroéthylène (per)	mg/kg MS	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			pdvl	pdvl	pdvl	pdvl
<b>Somme HCC (OLED)</b>	<b>mg/kg MS</b>					<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>			<b>0.1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	pdvl
Hydrocarbures aliphatiques C5-C10	mg/kg MS	<0.5	<0.5	<0.5	0.87	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5			1	10	100	pdvl
<b>pdvl = pas de valeur limite</b>																													

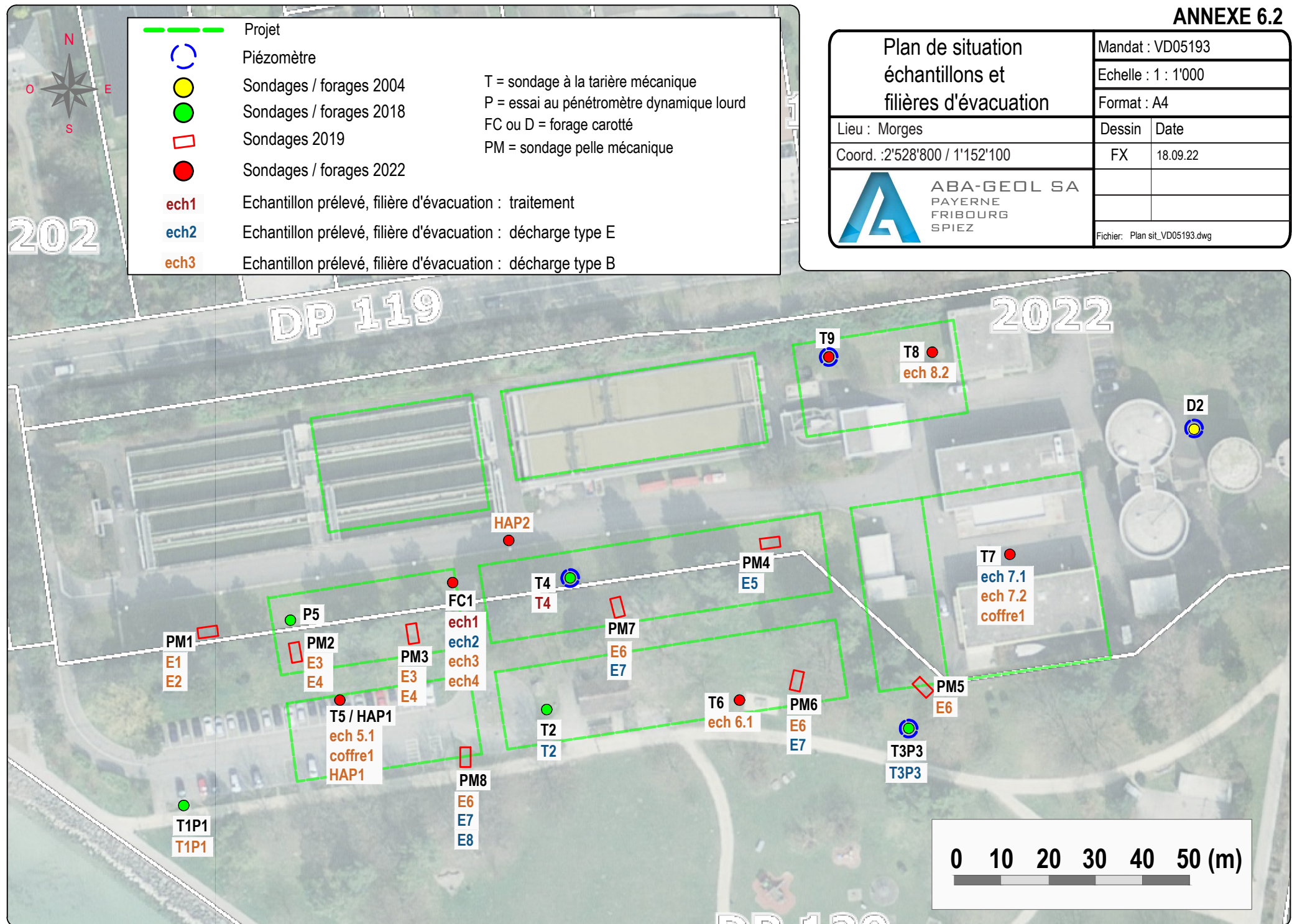
Année	Nom échantillon	Forage	Altitude forages [m.s.m.]	Profondeur prélèvement [m]		Altitude prélèvement [m.s.m.]		Situation par rapport au projet	Type matériaux	Description	Aspect	Décharge	Type d'analyses			
2018	T1P1	T1P1	373.5	0.2	à	2.3	373.3	à	371.2	Proche des lignes d'épuration	remblai, décharge	Remblai sablo-limoneux avec rares briques, verres et plastiques, odeur d'hydrocarbures, burn	Moyennement pollué	B	OLED complète	
	T2	T2	374.54	0.2	à	2.4	374.34	à	372.14	Au droit des lignes d'épuration		Remblai sablo-limoneux avec rares briques, verres et plastiques, odeur d'hydrocarbures, gris à noir	Très pollué	E		
	T3P3	T3P3	375.06	0.2	à	3	374.86	à	372.06	Proche des décanteurs primaires		Remblai sablo-limoneux avec rares briques, verres et plastiques, odeur d'hydrocarbures, brun à noir		Traitement		
	T4	T4	373.91	0.2	à	1.7	373.71	à	372.21	Au droit des lignes d'épuration		Remblai sablo-limoneux avec rares briques, verres et plastiques, odeur d'hydrocarbures, brun à noir				
2019	E1	PM1	373.78	0.7	à	1.9	373.08	à	371.88	Proche des lignes d'épuration	au-dessus du radier	Sables limoneux, trace de rouille, peu de ferrailles et de briques, humides, bruns	Peu pollué	B		
	E2	PM1	373.78	1.9	à	2.5	371.88	à	371.28			Limons sableux avec des matières de décharges (ferraille, etc.), saturés, gris	Moyennement pollué			
	E3	PM2	375.35	0.3	à	2.1	375.05	à	373.25	Au droit des lignes d'épuration		Sables limoneux avec des graviers et des pierres, rares briques, secs, beiges.	Peu pollué			
		PM3	375.31	0.3	à	1.9	375.01	à	373.41							
	E4	PM2	375.35	1.9	à	2.5	373.45	à	372.85			Sables moyennement limoneux, rares briques, humides, bruns.				
		PM3	375.31	1.9	à	3.3	373.41	à	372.01							
	E5	PM4	373.81	0.3	à	2.3	373.51	à	371.51	Au droit des décanteurs primaires		Sables limoneux peu graveleux, restes de verres, brique, porcelaines, fers et odeur de décharge, brun foncé à noir et rouille.	Très pollué		E	
	E6	PM5	374.49	0.3	à	1.6	374.19	à	372.89	Au droit des décanteurs primaires		Sables peu limoneux avec des graviers et des pierres, rares briques, peu cohésifs, sec, brun clair.	Peu pollué		B	
		PM6	376.08	0.3	à	2.2	375.78	à	373.88							
		PM7	376.03	0.3	à	2	375.73	à	374.03							
		PM8	374.23	0.3	à	1.2	373.93	à	373.03							
	E7	PM6	376.08	2.2	à	3.6	373.88	à	372.48	Au droit des lignes d'épuration		Sables limoneux, restes de verres, briques, tuyaux et odeur de décharge, noirs, humides.	Très pollué	E		
PM7		376.03	2	à	3.9	374.03	à	372.13								
E8	PM8	374.23	1.2	à	2.3	373.03	à	371.93	Au droit des lignes d'épuration	Limons sableux mélangé à du sable noir, avec restes de verres et de fers, odeur de décharge, gris, très humides.	Très pollué	Traitement				
		374.23	2.3	à	3.3	371.93	à	370.93								
2022	ech1	FC1	373.81	0.7	à	2	373.11	à	371.81	Au droit des lignes d'épuration	au-dessus du radier	Sable fin peu limoneux avec restes de décharge (ferraille, verre, plastique, concrétions noirâtres), peu humide, peu cohésif, brun-noir-ocre	Moyennement pollué	B		
	ech2	FC1	373.81	2	à	3.5	371.81	à	370.31			Sable fin et limons gris avec restes de décharge (caoutchouc, pastique), saturé d'eau, noir			E	
	ech3	FC1	373.81	3.5	à	4	370.31	à	369.81			sous les radiers	terrain naturel	Limon argileux gris	Non pollué	B?
	ech4	FC1	373.81	4.2	à	4.6	369.61	à	369.21	Limon argileux gris						
	ech 5.1	T5	373.7	2.5	à	3	371.2	à	370.7	au-dessus du radier		remblai, décharge	Sable limoneux avec peu déchets, gris à noir	Moyennement pollué	B	
	ech 6.1	T6	375	5	à	5.5	370	à	369.5	sous les radiers		terrain naturel	Limon argileux gris	Non pollué	B?	
	ech 7.1	T7	373.7	1.6	à	3	372.1	à	370.7	Au droit du bâtiment pompage		au-dessus du radier	remblai, décharge	Sable limoneux, odeur de décharge, saturé noir	Très pollué	E
	ech 7.2	T7	373.7	4	à	4.5	369.7	à	369.2				sous les radiers	terrain naturel	Limon argileux gris	Non pollué
	ech 8.2	T8	373.9	1.6	à	2.2	372.3	à	371.7	Au droit du bâtiment administratif		au-dessus du radier	remblai, décharge	Limon sableux avec rares restes de céramiques, beige	Peu pollué	B
	Coffre 1	T5	373.7	0.1	à	0.5	373.6	à	373.2	Au droit des lignes d'épuration			Coffre	Coffre sablo-graveleux	Non pollué	B
		T7	373.7	0.1	à	0.6	373.6	à	373.1	Au droit du bâtiment pompage						
	HAP 1	HAP 1	373.7	0	à	0.1	373.7	à	373.6	Au droit des lignes d'épuration		au-dessus du radier	Bitume	Bitume	Pollué	B
HAP 2	HAP 2	373.7	0	à	0.1	373.7	à	373.6								

**Projet**

- Projet
- Piézomètre
- Sondages / forages 2004
- Sondages / forages 2018
- Sondages 2019
- Sondages / forages 2022
- ech1** Echantillon prélevé, filière d'évacuation : traitement
- ech2** Echantillon prélevé, filière d'évacuation : décharge type E
- ech3** Echantillon prélevé, filière d'évacuation : décharge type B

T = sondage à la tarière mécanique  
 P = essai au pénétromètre dynamique lourd  
 FC ou D = forage carotté  
 PM = sondage pelle mécanique

Plan de situation échantillons et filières d'évacuation		Mandat : VD05193	
		Echelle : 1 : 1'000	
		Format : A4	
Lieu : Morges		Dessin	Date
Coord. : 2'528'800 / 1'152'100		FX	18.09.22
ABA-GEOL SA PAYERNE FRIBOURG SPIEZ			
		Fichier: Plan sit_VD05193.dwg	



WESSLING AG  
Werkstrasse 27 · 3250 Lyss BE  
Tel. +41 (0)32 387 6747 · Fax +41 (0)32 387 6746  
info@wessling.ch · www.wessling.ch

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE  
ABA-GEOL SA  
Monsieur François-Xavier Fragnière  
Rte du Grand Pré 26  
1700 Fribourg

Commande n°.: ULS-06050-22  
Interlocuteur: I. Lehning  
Ligne directe: +41 32 387 67 56  
E-Mail: [Isabelle.Lehning@wessling.ch](mailto:Isabelle.Lehning@wessling.ch)

**Lyss, le 12.09.2022**

## Rapport no. ULS22-007465-1

### STEP de Morges, VD05193

ech1, ech2, ech3



ISO/IEC 17025

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).

Rapport no. ULS22-007465-1  
 Lyss, le 12.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech1 22-129494-01	ech2 22-129494-02	ech3 22-129494-03
Lixiviat 24 h			02.09.2022	02.09.2022	02.09.2022

#### Propriétés générales

Solubilité dans l'eau	% masse MB	0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Matière sèche	% masse MB	0.1	74	83	86

#### Substances organiques moyennement et peu volatiles

##### HAP

Naphtalène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Acénaphtylène	mg/kg MS	0.05	0.25	0.05	<0.05
Acénaphthène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fluorène	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Phénanthrène	mg/kg MS	0.05	0.29	0.2	<0.05
Anthracène	mg/kg MS	0.05	0.33	0.11	<0.05
Fluoranthène	mg/kg MS	0.05	0.85	0.54	0.08
Pyrène	mg/kg MS	0.05	0.79	0.45	0.07
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0.05	0.94	0.38	0.06
Chrysène	mg/kg MS	0.05	1.0	0.39	0.06
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	0.83	0.33	0.06
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	0.78	0.33	0.06
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0.05	0.97	0.37	0.16
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0.05	0.27	0.08	<0.05
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS	0.05	0.82	0.27	0.12
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS	0.05	1.0	0.27	0.12
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>9.1</b>	<b>3.8</b>	<b>0.79</b>

##### PCB

PCB n° 28	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.002
PCB n° 52	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.002
PCB n° 101	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.002
PCB n° 138	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.004
PCB n° 153	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.004
PCB n° 180	mg/kg MS		<0.004	<0.01	<0.004
<b>Somme des 6 PCB</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>
<b>Somme des 6 PCB (x4,3)</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Cyanures totaux (CN)	mg/kg MS	0.05	0.198	0.098	<0.05
Fluorures (F)	mg/l E/L	0.1	0.48	0.19	0.28
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	mg/l E/L	0.005	<0.005	0.011	<0.005
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l E/L	0.01	<0.01	1.1	0.10
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l E/L	0.0078	<0.0078	0.86	0.081
cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### Chrome VI

Chrome (VI)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Chrome (VI)	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05

##### Métaux et autres éléments

Antimoine (Sb)	mg/kg MS	1	11	1.4	<1.0
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	41	7.8	8.7
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	960	52	13
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.1	1.1	0.3	0.1
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	160	43	46
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1	910	55	25
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	410	56	57
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0.05	0.26	0.09	<0.05
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	920	240	57



Rapport no. ULS22-007465-1  
Lyss, le 12.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech1 22-129494-01	ech2 22-129494-02	ech3 22-129494-03
<b>Paramètres organiques globaux</b>					
Carbone organique (TOC400)	mg/kg MS	5000	58000	<5000	<5000
Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	0.5	2.6	1.8	0.58
Perte au feu (550°C)	% masse MS	1	13	2.3	1.5
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	10	2800	68	<10
<b>Substances organiques volatiles</b>					
Benzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Toluène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Éthylbenzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
m/p-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
o-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Somme BTEX</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-	-/-
Dichlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Trichloroéthylène (tri)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tétrachloroéthylène (per)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Somme HCC (OLED)</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-	-/-
Hydrocarbures aliphatiques C5-C10	mg/kg MS	0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Rapport no. ULS22-007465-1  
Lyss, le 12.09.2022

## Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	22-129494-01	22-129494-02	22-129494-03
Date de réception:	30.08.2022	30.08.2022	30.08.2022
<b>Désignation</b>	<b>ech1</b>	<b>ech2</b>	<b>ech3</b>
Type d'échantillons:	Sol	Sol	Sol
Prélèvement:	29.08.2022	29.08.2022	29.08.2022
Prélèvement par:	Client	Client	Client
Début des analyses:	30.08.2022	30.08.2022	30.08.2022
Fin des analyses:	12.09.2022	12.09.2022	12.09.2022

## Méthodes

### Paramètres

Lixiviat (eau, 1:10) solide séché/broyé

Lixiviat (eau, 1:10) solide brut

Chrome (VI)

Chrome (VI) sur eau / lixiviat

Minéralisation à l'eau régale

Métaux/Éléments (ICP-OES/ICP-MS) sur matière solide

Matières sèches

Carbone organique dissous (COD) sur eau/lixiviat

Cyanures totaux dans les solides

Perte au feu de la matière sèche sur matière solide

Ammonium sur eau / lixiviat

Cyanures libres dans l'eau / lixiviat

Solubilité dans l'eau d'un solide

Anions dissous dans l'eau/lixiviat

HAP (16)

Polychlorobiphényles (PCB)

Composés organiques volatils dans les solides

Différentiation du carbone total en fonction de la température

Hydrocarbures C10-C40

### Norme

WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22mod.)<sup>A</sup>

WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22)<sup>A</sup>

DIN 38405 D24<sup>A</sup>

DIN 38405 D24 (1987-05)<sup>A</sup>

DIN ISO 11466 mod. (1997-06)<sup>A</sup>

DIN EN ISO 11885 / DIN EN ISO 17294-2 (2009-09 / 2005-02)<sup>A</sup>

DIN ISO 11465 (1996-12)<sup>A</sup>

DIN EN 1484 (1997-08)<sup>A</sup>

DIN ISO 11262 mod.<sup>A</sup>

DIN EN 12879 (2001-02)<sup>A</sup>

DIN 38406 E5-1 (1983-10)<sup>A</sup>

DIN 38405-13<sup>A</sup>

DIN 38409 H1 (1987-01)<sup>A</sup>

DIN EN ISO 10304 mod.<sup>A</sup>

ISO 18287 mod.<sup>A</sup>

ISO 10382 mod.<sup>A</sup>

DIN EN ISO 22155 mod. (2013-05)<sup>A</sup>

DIN 19539 (2016-12)<sup>A</sup>

DIN EN ISO 16703<sup>A</sup>

### Laboratoire

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

Laboratoire Lyss CH (CH)

A = procédé de mesure accrédité (ISO 17025)

MB = matière brute

MS = matière sèche

LQ = limite de quantification

E/L = eau / lixiviat

G = gaz

nd = non détecté

LB = liant bitumineux

Rapport no. ULS22-007465-1  
Lyss, le 12.09.2022

## Commentaires

22-129494-01, 02, 03

Commentaires des résultats:

PCB: En raison des interférences de la matrice, la limite de quantification a été augmentée.

Des compléments d'information sur les principes d'analyses, par exemple les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Ce document a été créé électroniquement et est également valable sans signature.

Heinrich Kalt

Directeur, Dr. rer. nat

WESSLING AG  
Werkstrasse 27 · 3250 Lyss BE  
Tel. +41 (0)32 387 6747 · Fax +41 (0)32 387 6746  
info@wessling.ch · www.wessling.ch

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE  
ABA-GEOL SA  
Monsieur François-Xavier Fragnière  
Rte du Grand Pré 26  
1700 Fribourg

Commande n°.: ULS-06091-22  
Interlocuteur: I. Lehning  
Ligne directe: +41 32 387 67 56  
E-Mail: Isabelle.Lehning@wessling.ch

**Lyss, le 12.09.2022**

## Rapport no. ULS22-007470-1

### STEP de Morges VD05193

ech4



ISO/IEC 17025

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).

Rapport no. ULS22-007470-1  
Lyss, le 12.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech4 22-130199-01
Lixiviat 24 h			02.09.2022

#### Propriétés générales

Solubilité dans l'eau	% masse MB	0.2	<0.2
Matière sèche	% masse MB	0.1	82

#### Substances organiques moyennement et peu volatiles

##### HAP

Naphtalène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Acénaphtylène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Acénaphène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Fluorène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Phénanthrène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Fluoranthène	mg/kg MS	0.05	0.06
Pyrène	mg/kg MS	0.05	0.05
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Chrysène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0.05	0.07
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS	0.05	<0.05
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS	0.05	0.05
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>0.23</b>

##### PCB

PCB n° 28	mg/kg MS	0.002	<0.002
PCB n° 52	mg/kg MS	0.002	<0.002
PCB n° 101	mg/kg MS	0.002	<0.002
PCB n° 138	mg/kg MS	0.002	<0.002
PCB n° 153	mg/kg MS	0.002	<0.002
PCB n° 180	mg/kg MS	0.002	<0.002
<b>Somme des 6 PCB</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>
<b>Somme des 6 PCB (x4,3)</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Cyanures totaux (CN)	mg/kg MS	0.05	0.161
Fluorures (F)	mg/l E/L	0.1	0.24
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	mg/l E/L	0.005	<0.005
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l E/L	0.01	0.15
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l E/L	0.0078	0.12
cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### Chrome VI

Chrome (VI)	mg/l E/L	0.005	<0.005
Chrome (VI)	mg/kg MS	0.05	<0.05

##### Métaux et autres éléments

Antimoine (Sb)	mg/kg MS	1	<1.0
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	11
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	18
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.1	0.1
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	52
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1	30
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	65
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0.05	<0.05
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	64

Rapport no. ULS22-007470-1  
Lyss, le 12.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech4 22-130199-01
---	-------	----	----------------------

**Paramètres organiques globaux**

Carbone organique (TOC400)	mg/kg MS	5000	<5000
Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	0.5	0.8
Perte au feu (550°C)	% masse MS	1	2.0
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	10	18

**Substances organiques volatiles**

Benzène	mg/kg MS	0.01	<0.01
Toluène	mg/kg MS	0.01	<0.01
Éthylbenzène	mg/kg MS	0.01	<0.01
m/p-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01
o-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01
<b>Somme BTEX</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>
Dichlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0.01	<0.01
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg MS	0.01	<0.01
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0.01	<0.01
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01
Trichloroéthylène (tri)	mg/kg MS	0.01	<0.01
Tétrachloroéthylène (per)	mg/kg MS	0.01	<0.01
<b>Somme HCC (OLED)</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>
Hydrocarbures aliphatiques C5-C10	mg/kg MS	0.5	<0.5

Rapport no. ULS22-007470-1  
Lyss, le 12.09.2022

## Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	22-130199-01
Date de réception:	31.08.2022
<b>Désignation</b>	<b>ech4</b>
Type d'échantillons:	Sol
Prélèvement:	29.08.2022
Prélèvement par:	Client
Début des analyses:	31.08.2022
Fin des analyses:	12.09.2022

## Méthodes

Paramètres	Norme	Laboratoire
Solubilité dans l'eau d'un solide	DIN 38409 H1 (1987-01) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Matières sèches	DIN ISO 11465 (1996-12) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Cyanures totaux dans les solides	DIN ISO 11262 mod. <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Anions dissous dans l'eau/lixiviat	DIN EN ISO 10304 mod. <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Ammonium sur eau / lixiviat	DIN 38406 E5-1 (1983-10) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Cyanures libres dans l'eau / lixiviat	DIN 38405-13 <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Minéralisation à l'eau régale	DIN ISO 11466 mod. (1997-06) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Chrome (VI) sur eau / lixiviat	DIN 38405 D24 (1987-05) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Chrome (VI)	DIN 38405 D24 <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Métaux/Elements (ICP-OES/ICP-MS) sur matière solide	DIN EN ISO 11885 / DIN EN ISO 17294-2 (2009-09 / 2005-02) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Différentiation du carbone total en fonction de la température	DIN 19539 (2016-12) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Carbone organique dissous (COD) sur eau/lixiviat	DIN EN 1484 (1997-08) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Perte au feu de la matière sèche sur matière solide	DIN EN 12879 (2001-02) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Hydrocarbures C10-C40	DIN EN ISO 16703 <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Composés organiques volatils dans les solides	DIN EN ISO 22155 mod. (2013-05) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
HAP (16)	ISO 18287 mod. <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Polychlorobiphényles (PCB)	ISO 10382 mod. <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Lixiviat (eau, 1:10) solide brut	WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)
Lixiviat (eau, 1:10) solide séché/broyé	WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22 mod.) <sup>A</sup>	Laboratoire Lyss CH (CH)

A = procédé de mesure accrédité (ISO 17025)  
 MB = matière brute  
 MS = matière sèche  
 LQ = limite de quantification  
 E/L = eau / lixiviat  
 G = gaz  
 nd = non détecté  
 LB = liant bitumineux

Des compléments d'information sur les principes d'analyses, par exemple les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Ce document a été créé électroniquement et est également valable sans signature.

Heinrich Kalt  
 Directeur, Dr. rer. nat

WESSLING AG  
Werkstrasse 27 · 3250 Lyss BE  
Tel. +41 (0)32 387 6747 · Fax +41 (0)32 387 6746  
info@wessling.ch · www.wessling.ch

WESSLING AG, Werkstrasse 27, 3250 Lyss BE  
ABA-GEOL SA  
Monsieur François-Xavier Fragnière  
Rte du Grand Pré 26  
1700 Fribourg

Commande n°.: ULS-06362-22  
Interlocuteur: I. Lehning  
Ligne directe: +41 32 387 67 56  
E-Mail: [Isabelle.Lehning@wessling.ch](mailto:Isabelle.Lehning@wessling.ch)

**Lyss, le 20.09.2022**

## Rapport no. ULS22-007754-1

### STEP de Morges, VD05193

ech5.1, ech6.1, ech7.1, ech7.2, ech8.2, coffre1, hap1, hap2



ISO/IEC 17025

Les résultats d'analyses se fondent uniquement sur les échantillons à notre disposition. Ce rapport ne peut être reproduit partiellement qu'avec l'autorisation préalable de WESSLING AG (DIN EN ISO/IEC 17025).



Rapport no. ULS22-007754-1  
Lyss, le 20.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech 5.1 22-135227-01	ech 6.1 22-135227-02	ech 7.1 22-135227-03	ech 7.2 22-135227-04
Lixiviat 24 h			13.09.2022	13.09.2022	13.09.2022	13.09.2022

#### Propriétés générales

Solubilité dans l'eau	% masse MB	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Matière sèche	% masse MB	0.1	81	78	70	78

#### Substances organiques moyennement et peu volatiles

##### HAP

Naphtalène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Acénaphtylène	mg/kg MS		0.06	<0.05	0.38	<0.05
Acénaphthène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Fluorène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	0.13	<0.05
Phénanthrène	mg/kg MS		0.23	0.11	1.1	<0.05
Anthracène	mg/kg MS		0.09	<0.05	0.51	<0.05
Fluoranthène	mg/kg MS		0.59	0.23	2.3	0.06
Pyrène	mg/kg MS		0.42	0.17	1.8	<0.05
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		0.27	0.09	1.2	<0.05
Chrysène	mg/kg MS		0.28	0.1	1.3	<0.05
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		0.3	0.09	1.3	<0.05
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		0.29	0.08	1.2	<0.05
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		0.31	0.13	1.2	<0.05
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS		0.06	<0.05	0.26	<0.05
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS		0.23	0.05	0.88	<0.05
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg MS		0.21	0.05	0.76	<0.05
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>3.3</b>	<b>1.1</b>	<b>14</b>	<b>0.06</b>

##### PCB

PCB n° 28	mg/kg MS		<0.002	<0.002	<0.02	<0.002
PCB n° 52	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002	0.0064	<0.002
PCB n° 101	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002	0.0132	<0.002
PCB n° 138	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002	0.0158	<0.002
PCB n° 153	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002	0.0117	<0.002
PCB n° 180	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
<b>Somme des 6 PCB</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>0.0471</b>	<b>-/-</b>
<b>Somme des 6 PCB (x4,3)</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>0.203</b>	<b>-/-</b>

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### Chrome VI

Chrome (VI)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Chrome (VI)	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

##### Métaux et autres éléments

Antimoine (Sb)	mg/kg MS	1	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	8.6	10	6.6	9.9
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	73	20	60	17
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	48	50	42	68
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1	55	30	82	31
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	52	60	46	78
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0.05	0.06	<0.05	0.13	<0.05
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	75	66	140	70

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Fluorures (F)	mg/l E/L	0.1	0.25	0.22	<0.1	0.26
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	mg/l E/L	0.005	0.006	<0.005	0.008	<0.005
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l E/L	0.01	1.7	0.34	5.3	0.48
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l E/L	0.0078	1.3	0.26	4.1	0.37
cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Cyanures totaux (CN)	mg/kg MS	0.05	0.09	<0.05	0.22	<0.05

Rapport no. ULS22-007754-1  
 Lyss, le 20.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech 5.1 22-135227-01	ech 6.1 22-135227-02	ech 7.1 22-135227-03	ech 7.2 22-135227-04
<b>Paramètres organiques globaux</b>						
Carbone organique (TOC400)	mg/kg MS	5000	<5000	<5000	21000	<5000
Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	0.5	3.1	0.61	22	1.0
Perte au feu (550°C)	% masse MS	1	2.3	2.1	5.3	2.6
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	10	35	16	230	<10
<b>Substances organiques volatiles</b>						
Benzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Toluène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Éthylbenzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
m/p-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
o-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Somme BTEX</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-	-/-	-/-
Dichlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Trichloroéthylène (tri)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	0.015	<0.01
Tétrachloroéthylène (per)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
<b>Somme HCC (OLED)</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-	<b>0.015</b>	-/-
Hydrocarbures aliphatiques C5-C10	mg/kg MS	0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

Rapport no. ULS22-007754-1  
Lyss, le 20.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech 8.2 22-135227-05	Coffre 1 22-135227-06	HAP 1 22-135227-07	HAP 2 22-135227-08
Lixiviât 24 h			13.09.2022	13.09.2022		

#### Propriétés générales

Solubilité dans l'eau	% masse MB	0.2	<0.2	<0.2		
Matière sèche	% masse MB	0.1	78	97	100	100

#### Substances organiques moyennement et peu volatiles

##### HAP

Naphtalène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.5	<0.5
Acénaphthylène	mg/kg MS		0.07	<0.05	<0.5	<0.5
Acénaphthène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.5	<0.5
Fluorène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.5	<0.5
Phénanthrène	mg/kg MS		0.1	<0.05	<0.5	<0.5
Anthracène	mg/kg MS		0.07	<0.05	<0.5	<0.5
Fluoranthène	mg/kg MS		0.3	<0.05	<0.5	<0.5
Pyrène	mg/kg MS		0.24	<0.05	<0.5	<0.5
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS		0.16	<0.05	<0.5	0.83
Chrysène	mg/kg MS		0.18	<0.05	<0.5	2.6
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS		0.19	<0.05	<0.5	<0.5
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS		0.19	<0.05	<0.5	<0.5
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS		0.21	<0.05	<0.5	0.91
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.5	<0.5
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	mg/kg MS		0.15	<0.05	<0.5	<0.5
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg MS		0.15	<0.05	<0.5	1.0
<b>Somme des HAP</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>2.0</b>	<b>-/-</b>	<b>-/-</b>	<b>5.3</b>

##### PCB

PCB n° 28	mg/kg MS		<0.002	<0.002		
PCB n° 52	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002		
PCB n° 101	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002		
PCB n° 138	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002		
PCB n° 153	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002		
PCB n° 180	mg/kg MS	0.002	<0.002	<0.002		
<b>Somme des 6 PCB</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>		
<b>Somme des 6 PCB (x4,3)</b>	<b>mg/kg MS</b>		<b>-/-</b>	<b>-/-</b>		

#### Métaux, métaux lourds et autres éléments

##### Chrome VI

Chrome (VI)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005		
Chrome (VI)	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05		

##### Métaux et autres éléments

Antimoine (Sb)	mg/kg MS	1	1.4	<1.0		
Arsenic (As)	mg/kg MS	1	9.6	5.4		
Plomb (Pb)	mg/kg MS	1	31	6.9		
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0.1	0.1	<0.1		
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1	48	13		
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1	34	7.8		
Nickel (Ni)	mg/kg MS	1	57	13		
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0.05	0.15	<0.05		
Zinc (Zn)	mg/kg MS	5	62	21		

#### Cations, anions et éléments non métalliques

Fluorures (F)	mg/l E/L	0.1	0.2	<0.1		
Nitrites (NO <sub>2</sub> )	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005		
Ammonium (NH <sub>4</sub> )	mg/l E/L	0.01	<0.01	0.035		
Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> -N)	mg/l E/L	0.0078	<0.0078	0.027		
cyanure (libre) (CN)	mg/l E/L	0.005	<0.005	<0.005		
Cyanures totaux (CN)	mg/kg MS	0.05	<0.05	<0.05		

Rapport no. ULS22-007754-1  
Lyss, le 20.09.2022

Désignation d'échantillon N° d'échantillon	Unité	LQ	ech 8.2 22-135227-05	Coffre 1 22-135227-06	HAP 1 22-135227-07	HAP 2 22-135227-08
---	-------	----	-------------------------	--------------------------	-----------------------	-----------------------

#### Paramètres organiques globaux

Carbone organique (TOC400)	mg/kg MS	5000	<5000	<5000		
Carbone organique dissous (COD)	mg/l E/L	0.5	<0.5	<0.5		
Perte au feu (550°C)	% masse MS	1	2.3	<1.0		
Hydrocarbures C10-C40	mg/kg MS	10	<10	72		

#### Substances organiques volatiles

Benzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Toluène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Éthylbenzène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
m/p-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
o-Xylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
<b>Somme BTEX</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-		
Dichlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
cis-1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Trichloroéthylène (tri)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
Tétrachloroéthylène (per)	mg/kg MS	0.01	<0.01	<0.01		
<b>Somme HCC (OLED)</b>	<b>mg/kg MS</b>		-/-	-/-		
Hydrocarbures aliphatiques C5-C10	mg/kg MS	0.5	<0.5	<0.5		

Rapport no. ULS22-007754-1  
Lyss, le 20.09.2022

## Informations sur les échantillons

Echantillon-n°	22-135227-01	22-135227-02	22-135227-03	22-135227-04	22-135227-05
Date de réception:	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022
<b>Désignation</b>	<b>ech 5.1</b>	<b>ech 6.1</b>	<b>ech 7.1</b>	<b>ech 7.2</b>	<b>ech 8.2</b>
Type d'échantillons:	Sol	Sol	Sol	Sol	Sol
Prélèvement:	07.09.2022	07.09.2022	07.09.2022	07.09.2022	07.09.2022
Prélèvement par:	Client	Client	Client	Client	Client
Début des analyses:	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022
Fin des analyses:	20.09.2022	20.09.2022	20.09.2022	20.09.2022	20.09.2022
Echantillon-n°	22-135227-06	22-135227-07	22-135227-08		
Date de réception:	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022		
<b>Désignation</b>	<b>Coffre 1</b>	<b>HAP 1</b>	<b>HAP 2</b>		
Type d'échantillons:	Sol	Sol	Sol		
Prélèvement:	07.09.2022	07.09.2022	07.09.2022		
Prélèvement par:	Client	Client	Client		
Début des analyses:	08.09.2022	08.09.2022	08.09.2022		
Fin des analyses:	20.09.2022	20.09.2022	20.09.2022		

## Méthodes

### Paramètres

Lixiviat (eau, 1:10) solide séché/broyé  
Lixiviat (eau, 1:10) solide brut  
Chrome (VI)  
Chrome (VI) sur eau / lixiviat  
Minéralisation à l'eau régale  
Métaux/Elements (ICP-OES/ICP-MS) sur matière solide  
Matières sèches  
Carbone organique dissous (COD) sur eau/lixiviat  
Cyanures totaux dans les solides  
Perte au feu de la matière sèche sur matière solide  
Ammonium sur eau / lixiviat  
Cyanures libres dans l'eau / lixiviat  
Solubilité dans l'eau d'un solide  
Anions dissous dans l'eau/lixiviat  
HAP (16)  
Polychlorobiphényles (PCB)  
Composés organiques volatils dans les solides  
Différentiation du carbone total en fonction de la température  
Hydrocarbures C10-C40

### Norme

WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22mod.)<sup>A</sup>  
WES 1532 (3.3.350, BAFU-F22)<sup>A</sup>  
DIN 38405 D24<sup>A</sup>  
DIN 38405 D24 (1987-05)<sup>A</sup>  
DIN ISO 11466 mod. (1997-06)<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 11885 / DIN EN ISO 17294-2 (2009-09 / 2005-02)<sup>A</sup>  
DIN ISO 11465 (1996-12)<sup>A</sup>  
DIN EN 1484 (1997-08)<sup>A</sup>  
DIN ISO 11262 mod.<sup>A</sup>  
DIN EN 12879 (2001-02)<sup>A</sup>  
DIN 38406 E5-1 (1983-10)<sup>A</sup>  
DIN 38405-13<sup>A</sup>  
DIN 38409 H1 (1987-01)<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 10304 mod.<sup>A</sup>  
ISO 18287 mod.<sup>A</sup>  
ISO 10382 mod.<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 22155 mod. (2013-05)<sup>A</sup>  
DIN 19539 (2016-12)<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 16703<sup>A</sup>

### Laboratoire

Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)  
Laboratoire Lyss CH (CH)

A = procédé de mesure accrédité (ISO 17025)

MB = matière brute

MS = matière sèche

LQ = limite de quantification

E/L = eau / lixiviat

G = gaz

nd = non détecté

LB = liant bitumineux

Rapport no. ULS22-007754-1  
Lyss, le 20.09.2022

## Commentaires

22-135227-03

Commentaires des résultats:

PCB, PCB n° 28: En raison des interférences de la matrice, la limite de quantification a été augmentée.

22-135227-08

Commentaires des résultats:

HAP\*, Benzo(a)pyrène: En raison de l'augmentation des taux de recouvrement des standards internes, les résultats sont soumis à une incertitude de mesure plus élevée.

HAP\*, Dibenzo(a,h)anthracène: En raison de l'augmentation des taux de recouvrement des standards internes, les résultats sont soumis à une incertitude de mesure plus élevée.

HAP\*, Indéno(1,2,3,c,d)pyrène: En raison de l'augmentation des taux de recouvrement des standards internes, les résultats sont soumis à une incertitude de mesure plus élevée.

HAP\*, Benzo(g,h,i)pérylène: En raison de l'augmentation des taux de recouvrement des standards internes, les résultats sont soumis à une incertitude de mesure plus élevée.

HAP\*, Somme des HAP: En raison de l'augmentation des taux de recouvrement des standards internes, les résultats sont soumis à une incertitude de mesure plus élevée.

Des compléments d'information sur les principes d'analyses, par exemple les incertitudes de mesure, sont disponibles sur demande.

Ce document a été créé électroniquement et est également valable sans signature.

Heinrich Kalt

Directeur, Dr. rer. nat

# Annexe 11

## Concept énergétique

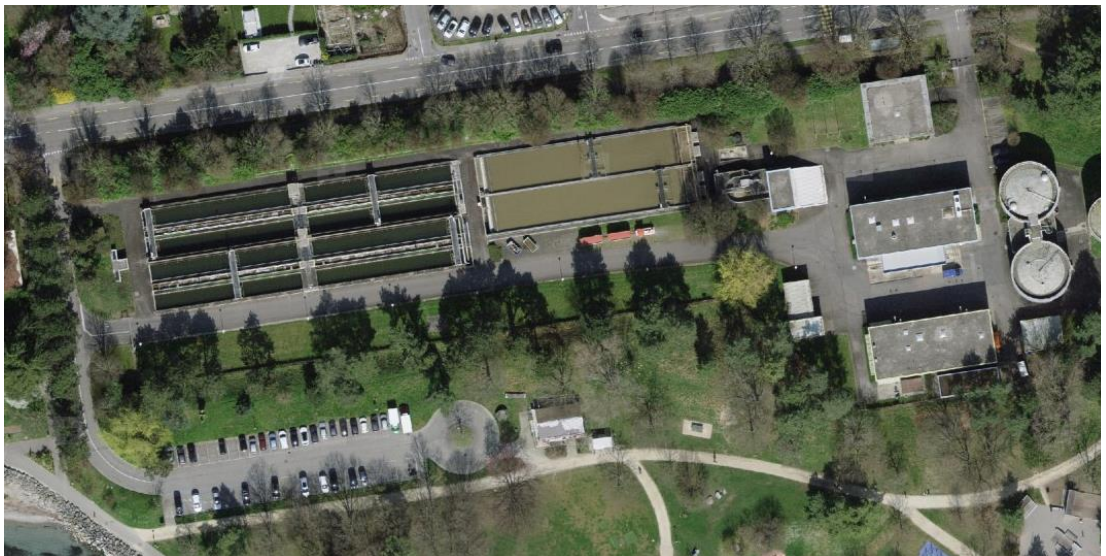


Ryser Ingenieure AG

Engestrasse 9  
Postfach  
3001 Bern  
T 031 560 03 03  
info@rysering.ch  
www.rysering.ch

## Association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne **STEP ERM – Concept énergétique**

### Etude de variantes



Berne, 20 janvier 2023, Version 2, Projet n° 4052.606

Wasser ist unser Element  
wir tragen Sorge dazu



## Table des matières

[page](#)

<b>0</b>	<b>Glossaire</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Situation initiale</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Mandat</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Données de base</b>	<b>4</b>
3.1	Bibliographie	4
3.2	Conditions cadres	4
3.3	Situation actuelle	5
3.3.1	Analyse biogaz	6
3.4	Situation nouvelle STEP	6
3.5	Valeurs projetées en 2035 et en 2050	7
<b>4</b>	<b>Etude de variante</b>	<b>8</b>
4.1	Biogaz : Combustion ou injection	8
4.2	Descriptions des variantes	8
4.2.1	Caractéristiques des variantes	8
4.3	Evaluation qualitative	11
4.4	Analyse financière	12
4.5	Choix de la meilleure variante	14
<b>5</b>	<b>Pré-dimensionnement de la place pour le CCF</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Energie solaire</b>	<b>16</b>
6.1	Potentiel de production	16
6.2	Rentabilité	18
6.3	Choix du scénario	18
<b>7</b>	<b>Concept énergétique</b>	<b>19</b>
7.1	Vue d'ensemble	19
7.2	Electricité	19
7.2.1	Approvisionnement en électricité	19
7.2.2	Gestion de l'électricité	20
7.2.3	Alimentation électrique de secours	20
7.3	Approvisionnement en chaleur	21
7.4	Gazomètre	22
<b>8</b>	<b>OSTRAL</b>	<b>23</b>
8.1	Description	23
8.2	Scénario contingentement	23
8.2.1	Diminuer la quantité d'eaux usées à traiter	23
8.2.2	Mise hors service d'installations ou exploitation réduite des installations	24
8.3	Scénario délestage du réseau	24

## 9 Recommandations

25

### **Annexe 1 :**

- Email de Romande Energie du 07 décembre 2022 concernant le rachat de la chaleur résiduelle

### **Annexe 2 :**

- Calculs de rentabilité des trois variantes

### **Annexe 3 :**

- Schéma des flux de la variante retenue

### **Annexe 4 :**

- Production mensuelle d'électricité

## 0 Glossaire

Biogaz	gaz produit lors de la digestion des boues d'épuration, contenant environ 65 % de CH <sub>4</sub> et 35 % de CO <sub>2</sub>
Bio-méthane	biogaz prêt à être injecté dans le réseau de gaz naturel après avoir été purifié en éliminant le CO <sub>2</sub> ; le bio-méthane contient > 96 % de CH <sub>4</sub>
CAD	chauffage à distance
CCF	couplage chaleur-force
CH <sub>4</sub>	méthane
CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
ERM	Epuration Région Morgienne
$\eta$	rendement
kW <sub>el/th</sub>	puissance électrique/thermique en kilowatt
kWh <sub>el/th</sub>	quantité d'énergie électrique/thermique en kWh
m <sup>3</sup>	mètre cube (mesure du gaz à des conditions effectives)
Nm <sup>3</sup>	normo mètre cube (mesure à des conditions standards)
PAC	pompe à chaleur
PCI	pouvoir calorifique inférieur
RPC	Rétribution à prix coûtant
STEP	station d'épuration
TS	temps sec

## 1 Situation initiale

Après près de 50 ans de fonctionnement, la station d'épuration (STEP) de la région morgienne sera assainie afin d'augmenter sa capacité de traitement biologique et également pour répondre aux normes actuelles de rejet des micropolluants. La mise en service de la nouvelle STEP est prévue aux alentours de 2028 et aura une capacité de 88'000 EH<sub>DCCO</sub>, représentant un dimensionnement pour l'horizon 2050.

La STEP actuelle traite une charge biochimique de 51'300 EH<sub>DCCO</sub> et digère ses boues fraîches dans deux digesteurs, exploités en série. Seul le premier digesteur est chauffé à une température de 36°C et le gaz est stocké dans un gazomètre séparé. Le biogaz produit est ensuite valorisé thermiquement et électriquement à l'aide d'un couplage chaleur-force (CCF).

L'objectif de la stratégie énergétique est de fournir les bases pour définir et planifier les éléments de valorisation du biogaz et de l'approvisionnement en chaleur et de montrer le potentiel de production d'électricité d'une installation photovoltaïque.

## 2 Mandat

Ryser Ingenieure AG a été mandaté le 11 juillet 2022 par l'association intercommunale pour l'épuration des eaux usées de la région morgienne (ERM) pour l'élaboration de la présente étude de variantes.

## 3 Données de base

### 3.1 Bibliographie

- [A] Rapport de gestion 2020
- [B] Visite du site, 22 juillet 2022
- [C] VSA, Energie dans les stations d'épuration, 2008
- [D] Schéma de flux de dimensionnement futur (2040), Triform, 2018

### 3.2 Conditions cadres

Le Tableau 1 fournit les valeurs de base et les paramètres calculés ou estimés pour l'étude de variantes. Les coûts indiqués dans le rapport sont hors TVA, ont une précision de ±30% et ne prennent pas en compte l'inflation des prix des derniers mois.

Tableau 1 Paramètres caractéristiques de l'étude de variantes, valeurs 2020.

Paramètre	Valeur	Source	Remarques
Demande chimique en oxygène (DCO) (85% quantile)	51'300 EH	[A]	120 g/DCO/EH
PCI biogaz	≈6 kWh/m <sup>3</sup>	Ingénieur	Contenu CH <sub>4</sub> : 65 % PCI CH <sub>4</sub> : 10.15 kWh/Nm <sup>3</sup>
PCI gaz naturel	9.1 kWh/m <sup>3</sup>	Ingénieur	
Boues fraîches, entrée de digestion	60 m <sup>3</sup> /j	[A]	
Production de biogaz	536'500 m <sup>3</sup> /an	[A]	
Potentiel énergétique du biogaz	3'220 MWh/an	Ingénieur	Production de biogaz en 2020 x PCI biogaz
Puissance électrique du CCF	180 kW	[B]	
Puissance thermique du CCF	253 kW	[B]	
Production de chaleur du CCF	1'550 MWh/an	Ingénieur	Rendement thermique théorique du CCF : 48 %
Appoint en gaz naturel	4'800 m <sup>3</sup> /an	[A]	
Production de chaleur par la chaudière à gaz	44'000 kWh/an	Ingénieur	Appoint en gaz naturel x PCI gaz naturel
Durée de vie CCF	15 ans	Ingénieur	
Production d'électricité du CCF	987 MWh/an	[A]	
Consommation électrique de la STEP	995 MWh/an	[A]	
Prix de reprise du bio-méthane	0.15 CHF/kWh	Ville de Morges	Information datant 28.10.2022
Prix d'électricité acheté	0.29 CHF/kWh	Romande Energie	Prix 2023 (énergie, réseau et taxe) sans TVA
Prix de reprise de l'électricité solaire	0.18 CHF/kWh	Romande Energie	Prix 2023, production ≤100 KVA

### 3.3 Situation actuelle

Les conclusions suivantes peuvent être tirées grâce au rapport de gestion 2020 [A] et à la visite de la STEP [B] :

- La STEP est munie d'une chaudière à gaz assurant la redondance lors d'une panne du groupe CCF et de chauffage d'appoint. La chaudière datant de 1991, elle a atteint sa durée de vie.
- La STEP est indépendante en chaleur à hauteur d'environ 95%, le reste de la chaleur est fourni par la chaudière à gaz, directement reliée au réseau de gaz de la ville de Morges.
- Toute l'électricité produite est injectée dans le réseau. Jusqu'à maintenant et grâce à la RPC, la vente d'électricité et son rachat est économiquement plus favorable que l'utilisation directe par la STEP. Le CCF ne percevra plus de RPC fin 2029.
- Le CCF a été mis en service en 2009. Il sera maintenu en exploitation jusqu'à la fin de la RPC.
- Ni la production de chaleur, ni les besoins exacts en chaleur de la STEP ne sont connus, les valeurs pour 2035 et 2050 sont estimées (cf. chapitre 3.5).

### 3.3.1 Analyse biogaz

Lors de cette étude, trois analyses du biogaz datant de 2009 (1 analyse) et 2014 (2 analyses) ont été remises. L'analyse de 2009 a révélé une teneur en méthane d'environ 63%, ce qui correspond à une valeur attendue pour ce type de biogaz. Par contre, les deux analyses de 2014 ont montré une teneur moyenne en méthane de 44%, ce qui est très bas pour un biogaz de STEP.

Nous conseillons à la STEP de réaliser de nouvelles analyses afin d'avoir des valeurs actuelles et, le cas échéant, étudier la raison de ce taux et y remédier dans la mesure du possible. Dans la présente étude, un taux de méthane théorique de 65% a été utilisé.

### 3.4 Situation nouvelle STEP

Au vu de la situation actuelle, les considérations de la présente étude sont basées sur les hypothèses suivantes :

- La chaudière à gaz ayant atteint sa durée de vie, le système de chauffage assurant la redondance et l'appoint doit être refait à neuf.
- Comme le CCF aura atteint sa durée de vie, une nouvelle filière de valorisation du biogaz peut être envisagée.
- Comme la digestion est sauvegardée, un approvisionnement en chaleur pour le chauffage des boues doit être assuré.
- Le bâtiment d'exploitation sera entièrement reconstruit.

### 3.5 Valeurs projetées en 2035 et en 2050

Le Tableau 2 met en évidence les valeurs projetées après l'assainissement de la STEP en 2035 et celles en 2050.

Tableau 2 Valeurs projetées en 2035 et en 2050

Paramètre	Unité	Valeur 2035	Valeur 2050	Remarque / Hypothèse
Débit par temps sec ( $Q_{TS}$ )	l/s	145	175	
DCO (85% quantile)	EH	72'000	88'000	Source : [D]
Matière sèche	$t_{MS}/an$	2'100	2'570	Source : [D] 80 g/EH/j
Matière organique	$t_{OMS}/an$	1'470	1'800	Source : [D] 70 % matière organique
Boues entrée digesteur	$m^3/an$	35'000	43'000	Source : [D] Siccité de 6 %
Production de biogaz spécifique	$l/kg_{OMS}$	500	500	[C]
Production de biogaz	$m^3/an$	735'000	900'000	Calculée
Production de chaleur	MWh/an	2'100	2'600	Estimation : $\eta_{thermique}$ : 48 %
Production d'électricité	MWh/an	1'400	1'700	Estimation : $\eta_{electrique}$ : 32 %
Demande en chaleur des digesteurs	MWh/an	980	1'200	[C] : 28 kWh/ $m^3_{boues}/an$
Demande en chaleur des bâtiments	MWh/an	100	100	Estimation : 75 kWh/ $m^2/an$
Demande en chaleur totale	MWh/an	1'100	1'300	Valeur arrondie
Demande en chaleur été	kWh/mois	80'000	90'000	Besoin des digesteurs
Demande en chaleur hiver	kWh/mois	110'000	125'000	Besoin des digesteurs et bâtiments
Demande en électricité	MWh/an	2'300	2'800	Données de Triform

## 4 Etude de variante

### 4.1 Biogaz : Combustion ou injection

La digestion des boues mixtes produit un gaz, appelé biogaz, pouvant contenir jusqu'à environ 65 % de méthane (CH<sub>4</sub>) et 35 % de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Il existe principalement deux variantes de valorisation du biogaz produit :

- **Valorisation électrique et thermique à l'aide d'un couplage chaleur-force (CCF) :** Le CCF brûle le biogaz dans un moteur à piston, lequel propulse le générateur qui produit de l'électricité. La chaleur du moteur et des gaz d'échappement est récupérée pour chauffer les digesteurs et les locaux selon leurs besoins. Si trop de chaleur est produite (par exemple en été), l'excédent est dissipé à l'aide d'un circuit de refroidissement de secours ou bien valorisé à d'autre fin (séchage de copeaux etc.)
- **Purification et injection dans le réseau de gaz naturel (injection) :** Le biogaz peut être vendu au fournisseur de gaz local, qui assure sa purification et son injection dans le réseau de gaz naturel. La STEP met à disposition un local vide ou bien simplement un radier dans le périmètre de la STEP pour l'unité de purification. Le fournisseur de gaz, s'occupe du prétraitement nécessaire et de la purification (élimination du CO<sub>2</sub>) ainsi que de l'injection dans le réseau de gaz naturel (avec odorisation du gaz préalable). Avec l'injection du biogaz dans le réseau, l'approvisionnement en chaleur pour la STEP n'est pas assuré. Un système de chauffage doit être planifié.

### 4.2 Descriptions des variantes

#### 4.2.1 Caractéristiques des variantes

Dans le cadre de ce projet, trois variantes pour la valorisation du biogaz sont étudiées :

1. Combustion de 100 % du biogaz dans un ou plusieurs CCF (**V1**)
2. Injection de 100 % du biogaz dans le réseau de gaz naturel de la ville de Morges et chauffage grâce à la valorisation de chaleur des eaux épurées (**V2**)
3. Mixte des variantes 1 et 2 : une partie du biogaz est utilisée dans un CCF et une partie est injectée (**V3**). Dans cette variante, un CCF à marche thermo-régulée serait prévue. C'est-à-dire que le CCF utiliserait la quantité de biogaz pour produire la chaleur nécessaire à la STEP et le reste serait injecté dans le réseau de gaz de la ville de Morges.



Tableau 3 Caractéristiques principales des trois variantes, horizon 2035

Paramètre	V1 : 100% CCF	V2 : 100% Injection	V3 : Mixte
Puissance maximale	300 kW <sub>el</sub>	-	150 kW <sub>el</sub>
Débit injecté (moyenne)	-	92 m <sup>3</sup> /h	40 m <sup>3</sup> /h
Quantité de bio-gaz purifiée	-	735'000 m <sup>3</sup> /an	350'000 m <sup>3</sup> /an
Production de chaleur CCF	2'100 MWh/an	-	1'100 MWh/an
Déperdition de chaleur	1'000 MWh/an	Non	Non
Production d'électricité CCF	1'400 MWh/an	-	740 MWh/an
Consommation d'électricité additionnelle à la STEP	-	500 MWh/an (injection et pompe à chaleur)	120 MWh/an (injection)
Chauffage	Chaudière à gaz : – Redondance – Appoint en hiver	Chaudière à gaz : – Redondance – Appoint en hiver	Chaudière à gaz : – Redondance – Appoint en hiver
Redondance chauffage	Oui	Oui	Oui
Efficacité énergétique totale	40% CCF	84% utilisateur final <sup>1</sup>	84% injection 80% CCF
Subventions	Oui, 20% des coûts d'investissement du CCF	Non	Oui, 20% des coûts d'investissement du CCF
Hypothèses :			
– Purification par perméation membranaire : 1% de perte de méthane ; 0.35 kWh <sub>el</sub> /Nm <sup>3</sup>			
– <sup>1</sup> η <sub>injection</sub> : 93% et η <sub>chaudière à gaz</sub> : 90%			

#### 4.2.2 Modification de la variante 1

Comme indiqué dans le Tableau 3, la variante 1 produit un excédent de chaleur d'environ 1'000 MWh/a qui est dissipé dans l'environnement. Afin de pallier à cette situation, le surplus de chaleur pourrait être injecté dans le réseau CAD de Lonay, actuellement en planification. A la suite de discussions et d'échanges avec Romande Energie, exploitant du futur réseau, et de l'intérêt montré, cette solution a été intégrée dans la suite du rapport.

Nouvelle description de la variante 1 (V1A) :

- Combustion de 100 % du biogaz dans un ou plusieurs CCF et injection de l'excédent de chaleur dans le réseau CAD de Lonay (V1A)

Romande Energie a également proposé de raccorder la STEP au réseau CAD pour qu'elle puisse bénéficier de la chaleur du CAD et pas seulement pour l'injection de la chaleur excé-

dentaire. Cette configuration permettrait à la STEP d'avoir une source de chaleur supplémentaire pour la redondance et l'appoint en hiver tout en se passant d'une chaudière à gaz, réduisant les coûts d'investissement et le besoin de place. Le coût de rachat pour la chaleur injectée proposé par Romande Energie est de 4.5 ct./kWh (Annexe 1).































Tableau 4 Caractéristiques principales des trois variantes, dont la variante 1 modifiée, horizon 2035. Les conséquences de la variante 1A sont écrites en gras.

Paramètre	V1A : 100% CCF	V2 : 100% Injection	V3 : Mixte
Puissance maximale	300 kW <sub>el</sub>	-	150 kW <sub>el</sub>
Débit injecté (moyenne)	-	92 m <sup>3</sup> /h	40 m <sup>3</sup> /h
Quantité de bio-gaz vendu	-	735'000 m <sup>3</sup> /an	350'000 m <sup>3</sup> /an
Production de chaleur CCF	2'100 MWh/an	-	1'100 MWh/an
Déperdition de chaleur	<b>Non</b>	Non	Non
Production d'électricité CCF	1'400 MWh/an	-	740 MWh/an
Consommation d'électricité additionnelle à la STEP	-	500 MWh/an (injection et pompe à chaleur)	120 MWh/an (injection)
Chauffage	<b>Réseau CAD :</b> - Redondance - Appoint en hiver	Chaudière à gaz : - Redondance - Appoint en hiver	Chaudière à gaz : - Redondance - Appoint en hiver
Redondance chauffage	Oui	Oui	Oui
Efficacité énergétique totale	80% CCF	84% utilisateur final <sup>1</sup>	84% injection 80% CCF
Subventions	Oui, 20% des coûts d'investissement du CCF	Non	Oui, 20% des coûts d'investissement du CCF
Hypothèses :			
- Purification par perméation membranaire : 1% de perte de méthane ; 0.35 kWh <sub>el</sub> /Nm <sup>3</sup>			
- <sup>1</sup> η <sub>injection</sub> : 93% et η <sub>chaudière à gaz</sub> : 90%			

### 4.3 Evaluation qualitative

Le Tableau 5 illustre l'évaluation qualitative des différentes variantes. Dans cette évaluation, l'hypothèse a été posée que les coûts d'investissement et d'entretien pour l'installation de purification de gaz étaient à la charge de la STEP, qui vendrait le biogaz purifié en bio-méthane à la ville de Morges.

Tableau 5 Evaluation qualitative

Paramètre	V1A :1 CCF	V2 : Injection	V3 : Mixte
Utilisation d'énergie renouvelable sur la STEP			
Coûts d'investissements			
Coûts d'exploitation			
Indépendance			
Totalité de l'énergie consommée			
Entretien			
Gestion des pics de consommation			
Possibilité d'alimentation électrique de secours			
Incitation à augmenter l'efficacité énergétique (chaleur)			
<b>TOTAL</b>			

#### Remarques sur l'évaluation qualitative

Dans la **variante 1**, le biogaz produit est entièrement transformé en énergie électrique et thermique à l'aide d'une centrale de cogénération. Le courant et la chaleur produits couvrent en premier lieu les besoins de la STEP. L'électricité excédentaire serait injectée dans le réseau et la chaleur excédentaire injectée dans le réseau de chauffage à distance de Lonay, ce qui permet de valoriser la totalité de l'énergie. Le CCF offre la possibilité d'alimenter la STEP en électricité de secours, si celui-ci est prévu pour un fonctionnement en îlot.

Dans la **variante 2**, le biogaz produit par la STEP est purifié en bio-méthane et injecté dans le réseau de gaz naturel de la ville de Morges. Dans cette variante, la chaleur nécessaire serait produite par une pompe à chaleur via la valorisation de chaleur des eaux épurées. Comme la totalité du biogaz est injectée dans le réseau et que la STEP produit ainsi moins d'électricité, cette variante rend la STEP dépendante aux variations de prix du marché. Elle est également liée contractuellement avec le fournisseur de gaz et donc certains aspects comme les malus en cas de panne de l'installation doivent être réglés de manière très précise lors de l'élaboration du contrat afin d'éviter toute surprise. Grâce à cette variante, toute la totalité de l'énergie est valorisée, sauf en cas de panne ou de service de l'installation de purification où le biogaz doit être brûlé à la torchère. Pour finir, la STEP ne dispose pas de possibilité d'alimentation électrique de secours et celui-ci doit être prévu en plus le cas échéant.

Dans la **variante 3**, seule une partie du biogaz est injectée dans le réseau. Avec cette variante, la STEP atteint un plus grand niveau de flexibilité qu'avec la variante 2, ce qui permet

d'être moins dépendant de facteurs extérieurs, comme les prix du marché. De plus, cette variante permet une grande valorisation de la quantité d'énergie produite par la STEP. Pour finir, le CCF offre la possibilité d'alimenter la STEP en électricité de secours, si celui-ci est prévu pour un fonctionnement en îlot.

#### **4.4 Analyse financière**

Le détail des calculs et des hypothèses se trouvent dans l'Annexe 2. Les coûts ont été calculés sur la base d'offre, de valeurs rencontrées dans d'autres projets et avec les coûts d'énergie (électricité, bio-méthane et reprise de l'électricité des panneaux solaires) de 2023.

Comme illustré dans le Tableau 6, la variante qui est le plus rentable est la variante 1, 100% CCF. Plusieurs raisons expliquent cette situation:

- Le CCF permet de produire de l'électricité directement consommée par la STEP, moins cher que l'électricité du réseau
- La reprise par Romande Energie de la chaleur excédentaire permet d'augmenter les recettes de la variante 1A.
- Le prix de reprise du bio-méthane à 15 ct/kWh proposé par la ville de Morges ne permet pas de compenser les coûts d'exploitation et d'amortir l'investissement
- Les coûts d'investissements pour l'installation de purification du biogaz sont plus élevés que les coûts d'investissements pour un CCF
- La variante mixte cumule les coûts d'investissement de deux petites installations. Que ce soit pour le CCF ou l'installation de purification de biogaz, la capacité de l'installation n'a que peu d'influence sur les coûts d'investissement.

Tableau 6 Analyse financière

Coûts d'investissement	Unité	V1: 1 CCF	V2: Injection + valorisation chaleur eaux usées	V3: Mixte (1 CCF)
CCF y.c. ventilation et fonctionnement en îlot	[CHF]	400'000		335'000
Filtre à charbon actif	[CHF]	50'000		50'000
Installation purification + Container + Transport	[CHF]		1'500'000	1'200'000
Pompe à chaleur (Hypothèse: échangeur à chaleur chez Romande Energie)	[CHF]		200'000	
Station de transferts du biogaz + fondation	[CHF]		50'000	50'000
Chaudière à gaz	[CHF]		50'000	50'000
Groupe électrogène	[CHF]		100'000	
Intégration MCR	[CHF]	40'000	80'000	100'000
Installations électriques	[CHF]	80'000	20'000	100'000
Installations CVS	[CHF]	50'000	50'000	100'000
Frais secondaires	[CHF]	100'000	150'000	200'000
Subvention de la Confédération CCF	[CHF]	-144'000		-77'000
<b>Coûts d'investissement avec subvention</b>	<b>[CHF]</b>	<b>576'000</b>	<b>2'200'000</b>	<b>2'185'000</b>
<b>Frais d'exploitation et d'entretien</b>				
coût du capital avec subvention	[CHF/a]	45'000	172'000	170'000
entretien CCF (8 CHF/h)	[CHF/a]	50'000		41'000
entretien installation purification biogaz (2%/an)	[CHF/a]		30'000	24'000
approvisionnement en chaleur supplémentaire	[CHF/a]	1'000	2'000	0
coût d'électricité STEP	[CHF/a]	43'000	377'000	162'000
coût d'électricité pompe à chaleur	[CHF/a]		75'000	
coût d'électricité purification du biogaz	[CHF/a]		70'000	34'000
<b>frais d'exploitation et d'entretien</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>139'000</b>	<b>726'000</b>	<b>431'000</b>
<b>Recettes</b>				
rémunération vente chaleur (4.5 ct./kWh)	[CHF/a]	47'000	0	0
rémunération vente électricité (18.6 ct./kWh)	[CHF/a]	99'000	34'000	34'000
rémunération de la vente du biogaz (15 ct./kWh)	[CHF/a]	0	660'000	315'000
<b>rémunérations</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>146'000</b>	<b>694'000</b>	<b>349'000</b>
<b>Recettes annuelles</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>7'000</b>	<b>-32'000</b>	<b>-82'000</b>

## Influence du prix de l'énergie

Les prix actuels de l'énergie sont très volatiles et l'analyse financière illustrée dans le Tableau 6 est basée sur les prix de l'énergie de 2023. Le diagramme de la Figure 1 montre l'influence que les prix de l'électricité ont sur les recettes annuelles pour les trois variantes. Dans ce diagramme, il est supposé que seul le prix de l'électricité acheté du réseau varie, les prix de reprise du bio-méthane et de l'électricité des panneaux solaires sont ceux de 2023.

Les aspects suivants peuvent être observés :

- Les recettes pour les variantes 2 et 3 sont beaucoup plus influencées par le changement de prix que la variante 1A, 100% CCF. Ceci peut s'expliquer par la grande autonomie énergétique de la STEP dans la variante 1A.
- La variante 100% injection est très sensible aux variations du prix de l'électricité
- Si le prix de l'électricité passe sous les 0.30 CHF/kWh, la variante 100% injection devient rentable
- Les prix de l'électricité en 2023 ont marqués une étape charnière pour les recettes concernant la purification et l'injection du bio-méthane

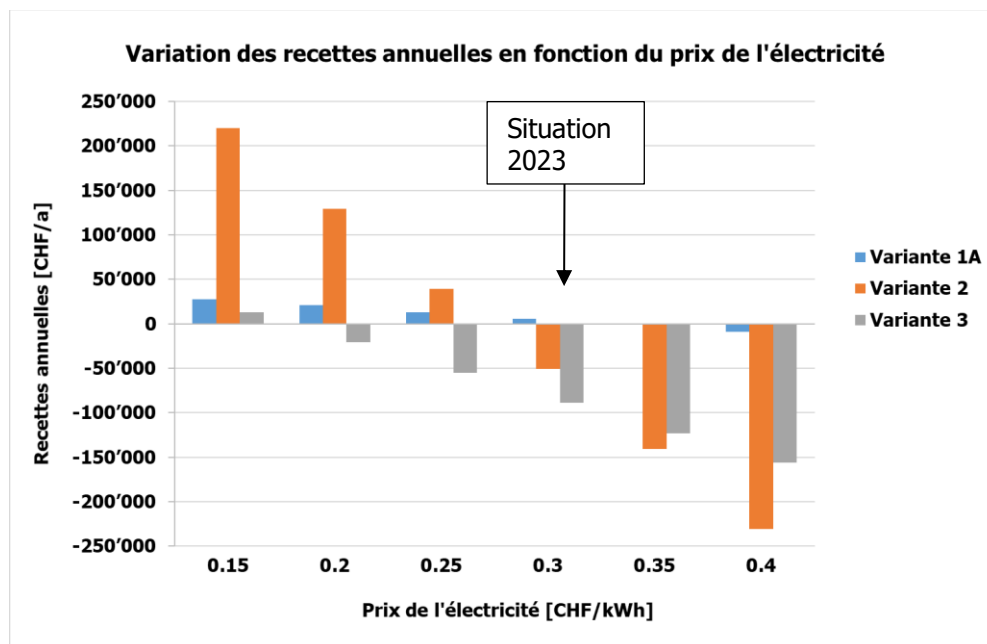


Figure 1 Variation des recettes en fonction du prix de l'électricité (tout compris) pour les trois variantes

#### 4.5 Choix de la meilleure variante

A l'heure actuelle, il est recommandé à la STEP ERM de poursuivre la variante 1A, valorisation complète du biogaz par un ou deux CCF et l'injection de la chaleur résiduelle dans le réseau de chauffage à distance de Lonay, pour les raisons suivantes :

- La rentabilité calculée dans le chapitre 4.4 prend en compte les prix de l'énergie de 2023. A cause de la volatilité actuelle des prix de l'énergie, il n'est pas possible de calculer la rentabilité d'une installation pour 2035.
- Par contre, l'autoconsommation de l'énergie proposée dans la variante 1A permet dans tous les cas à la STEP d'être moins impactée par les changements de prix (Figure 1)
- Le CCF est une technologie robuste avec une exploitation plus facile que celle d'une installation de purification du biogaz.
- Toute la chaleur est valorisée avec une autoconsommation et une injection dans le réseau CAD.
- Le raccordement au réseau CAD permet de bénéficier d'un chauffage d'appoint et de redondance à bas prix et demandant peu de place
- Le CCF peut être utilisé comme groupe électrogène

La variante valorisation complète du biogaz par un ou deux CCF et l'injection de la chaleur résiduelle dans le réseau de chauffage à distance de Lonay est choisie et est poursuivie pour la suite du rapport.

## 5 Pré-dimensionnement de la place pour le CCF

Dans la variante 1A, la totalité du biogaz est valorisée grâce à un ou deux CCF. Le pré-dimensionnement est réalisé pour deux petits CCF et non pour un grand CCF, le besoin de place étant un peu plus important pour deux petits CCF. Le choix entre 1 ou 2 CCF se fera plus tard dans le projet de l'ouvrage. Les dimensions (longueur et largeur) d'un CCF 160 kW<sub>el</sub> sont illustrées par la Figure 2.

Selon la disposition schématisée à la Figure 3, une place d'environ 7.3 x 7 m est à prévoir. Cette disposition est une proposition et peut-être optimisée en fonction des besoins.

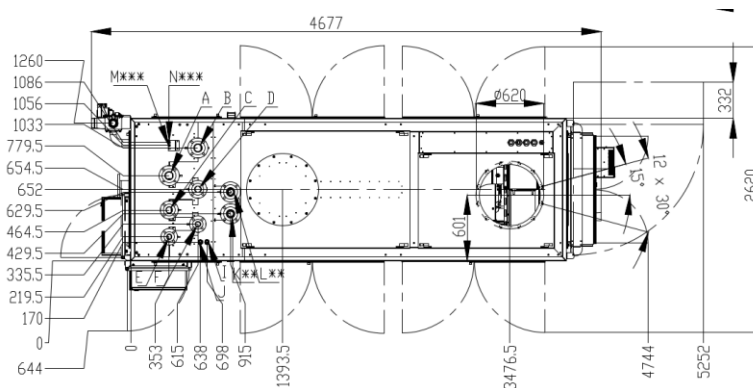


Figure 2 Dimension (longueur et largeur) d'un CCF 160 kW<sub>el</sub>

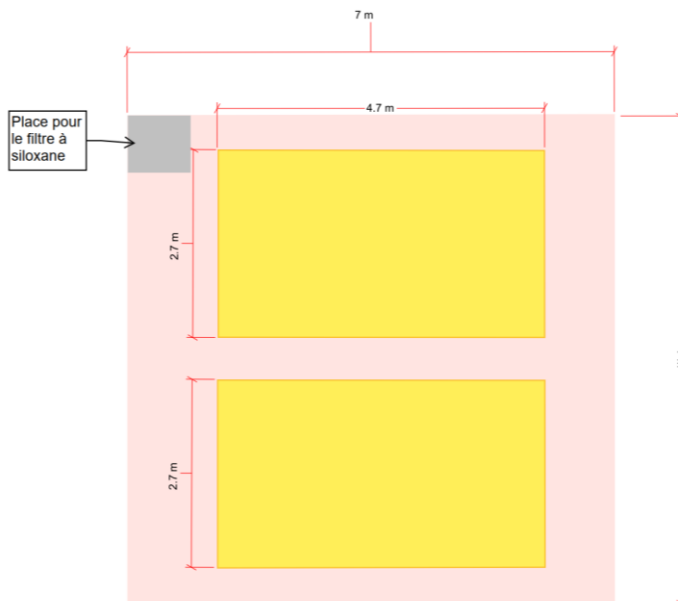


Figure 3 Disposition de 2 petits CCF de 160 kW<sub>el</sub>

## 6 Energie solaire

### 6.1 Potentiel de production

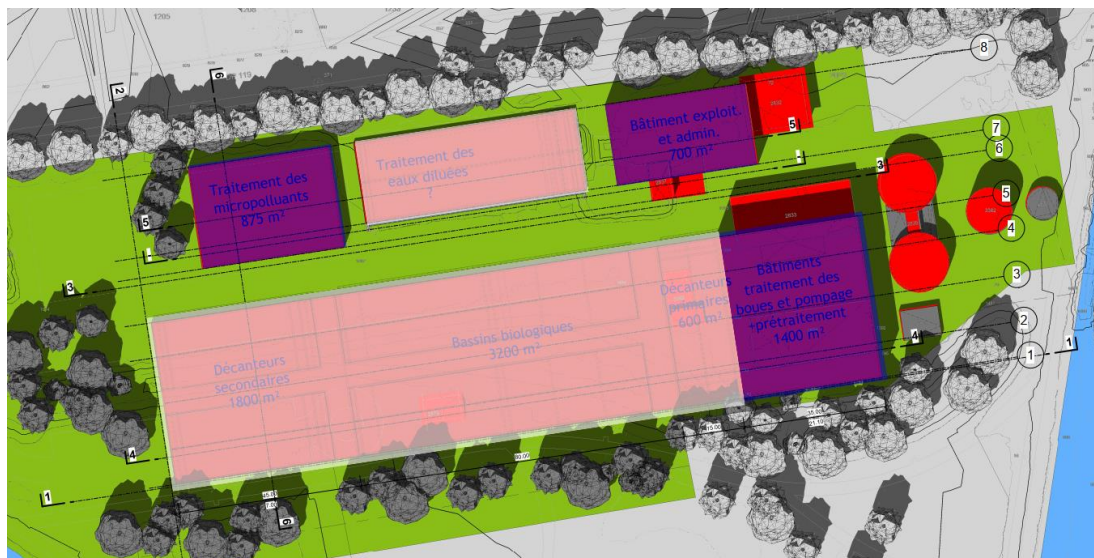


Figure 4 Surface de toit pouvant être recouverte. En bleu, les surfaces possédant un toit pouvant être recouvert après l'assainissement. En blanc, surface pouvant être recouverte avec un toit pliant.

La Figure 4 illustre les emplacements potentiels pouvant accueillir une installation photovoltaïque. Le Tableau 7 résume la potentiel de production avec un recouvrement typique de 75% sur les toits et un recouvrement de 85% avec un toit pliant. Le recouvrement de 75% prend en compte la présence d'obstacles (par exemple : ouvertures pour la lumière, ventilation) qui empêchent la pose de panneaux solaires ou encore les distances minimales jusqu'au bord du bâtiment à respecter et un chemin d'accès pour l'entretien.

Comme l'installation de panneaux solaires sur les bassins biologiques demandent une structure porteuse, qui n'a pas été prévue dans l'avant-projet, deux scénarios ont été étudiés :

1. Recouvrement de toutes les surfaces illustrées à la Figure 4.
2. Recouvrement de la surface de tous les toits sans toit pliant (en italique dans le Tableau 7).



Tableau 7 Surface et potentiel de production avec un recouvrement de 75% des toits du bâtiment administratif et du traitement des boues et 50% pour le toit des micropolluant. Un recouvrement de 85% des bassins biologiques est prévu avec un toit pliant.

Toit	Surface totale [m <sup>2</sup> ]	Puissance [kWp]	Potentiel de production [kWh/an]
<i>Bâtiment administratif</i>	530	108	108'000
<i>Micropolluant</i>	440	88	90'000
<i>Traitement des boues</i>	1'050	216	216'000
<b>Somme</b>	<b>2'020</b>	<b>412</b>	<b>414'000</b>
Bassin eaux diluées	1'000	160	150'000
Bassins biologiques	4'850	774	726'000
Décanteurs primaires			
Décanteurs secondaires			
<b>Somme</b>	<b>7'870</b>	<b>1'346</b>	<b>1'290'000</b>
<b>Hypothèses:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Surface module toit standard : 1.7 m<sup>2</sup></li> <li>– Pic de puissance : 340 Wp/module toit (réduction à cause de la haie d'arbres)</li> <li>– Pic de puissance toit pliant : env. 160 Wp/m<sup>2</sup></li> <li>– En Suisse : 1 Wp ≈ 1 kWh/an</li> </ul>			
<b>Remarque :</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le potentiel de production au mètre carré d'un toit solaire pliant est moins élevé que celui des panneaux solaires standards.</li> </ul>			

Le potentiel de production d'électricité par mois ainsi que les besoins en électricité futurs (horizon 2035) sont représentés dans le Tableau 8. Avec un recouvrement de tous les bassins, 56% des besoins annuels pourraient être théoriquement couverts alors qu'avec le scénario 2, 18% de l'électricité viendrait du solaire.

Tableau 8 Potentiel de production d'électricité par les panneaux solaires par mois (source : DETEC) et besoin en électricité. Les besoins électriques à l'horizon 2035 représentent 250% des besoins de 2020 (cf. 3.2)

Mois	Potentiel de production d'électricité [kWh/mois]		Besoin électrique 2035 [kWh/mois]
	Scénario 1	Scénario 2	
Janvier	42'000	13'000	192'000
Février	62'000	20'000	192'000
Mars	116'000	37'000	192'000
Avril	138'000	44'000	192'000
Mai	186'000	61'000	192'000
Juin	182'000	58'000	192'000
Juillet	158'000	51'000	192'000
Août	161'000	52'000	192'000
Septembre	112'000	36'000	192'000
Octobre	83'000	26'000	192'000
Novembre	32'000	10'000	192'000
Décembre	18'000	6'000	192'000
<i>arrondi</i> <b>Total [kWh/an]</b>	<b>1'290'000 (56%)</b>	<b>414'000 (18%)</b>	<b>2'300'000 (100%)</b> <i>-4'000</i>

## 6.2 Rentabilité

Le Tableau 9 illustre les différents coûts et bénéfices liés à l'installation de panneaux solaires. Le prix de revient du scénario 1 est plus élevé à cause de la structure porteuse et de la productivité moins grande de cette technologie. Toutefois, l'installation de panneaux solaires est dans les deux cas rentables.

Tableau 9 Rentabilité de l'installation de panneaux solaires

<b>Investissement</b>	<b>Unité</b>	<b>Scénario 1</b>	<b>Scénario 2</b>
Panneaux incl. montage, construction et sécurité contre les chutes	CHF	4'000'000	1'100'000
Coûts annexes	CHF	400'000	70'000
Travaux électriques et régulation	CHF	200'000	70'000
Réserve	CHF	200'000	70'000
<i>Investissement</i>	<i>CHF</i>	<i>4'800'000</i>	<i>1'310'000</i>
Subvention	CHF	-370'000	-125'000
<b>Investissement incl. subvention</b>	<b>CHF</b>	<b>4'430'000</b>	<b>1'185'000</b>
<b>Bénéfices</b>	<b>Unité</b>	<b>Scénario 2</b>	<b>Scénario 2</b>
Réduction facture électricité	CHF/a	348'000	124'000
Injection dans le réseau	CHF/a	23'000	
<b>Bénéfices</b>	<b>CHF/a</b>	<b>371'000</b>	<b>124'000</b>
<b>Dépenses</b>	<b>Unité</b>	<b>Scénario 2</b>	<b>Scénario 2</b>
Exploitation et entretien	CHF/a	20'000	6'000
Annuités	CHF/a	271'000	73'000
<b>Dépenses</b>	<b>CHF/a</b>	<b>291'000</b>	<b>79'000</b>
<b>Résultat</b>	<b>CHF/a</b>	<b>80'000</b>	<b>45'000</b>
Prix de revient	CHF/kWh	0.23	0.19
Coûts sans TVA, ±30%			
<b>Hypothèses :</b>			
– Taux d'intérêts : 2%			
– Durée de vie : 20 ans			
– Entretien : 0.5% du coût des panneaux solaires sur les toits			
– Entretien : 2 ct./kWh pour les panneaux solaires du toit pliant			
– Utilisation propre de l'électricité produite scénario 1 : 90%			
– Utilisation propre de l'électricité produite scénario 2 : 100%			

## 6.3 Choix du scénario

Il est conseillé à la STEP d'installer des panneaux photovoltaïques sur toutes les surfaces de toits et un toit solaire pliant. A cause de la récente montée des prix de l'électricité, la rentabilité des panneaux solaires a augmenté et comme, notamment, la demande en électricité augmente, leur rentabilité ne devrait pas diminuer ces prochaines années. De plus, des panneaux solaires permettraient d'avoir une plus grande autonomie énergétique et d'envoyer un message positif à la population. Pour la suite du projet, seul le scénario 1 est choisi et étudié.

## 7 Concept énergétique

### 7.1 Vue d'ensemble

Le schéma des flux d'énergie à l'horizon 2035 est représenté à la Figure 5 et en Annexe 3. Dans ce nouveau concept énergétique, le nouveau système de CCF (V1A) est au cœur de la valorisation du biogaz et de l'approvisionnement futur de la STEP ERM et des panneaux solaires sur toutes les surfaces (scénario 1) complètent la production d'électricité.

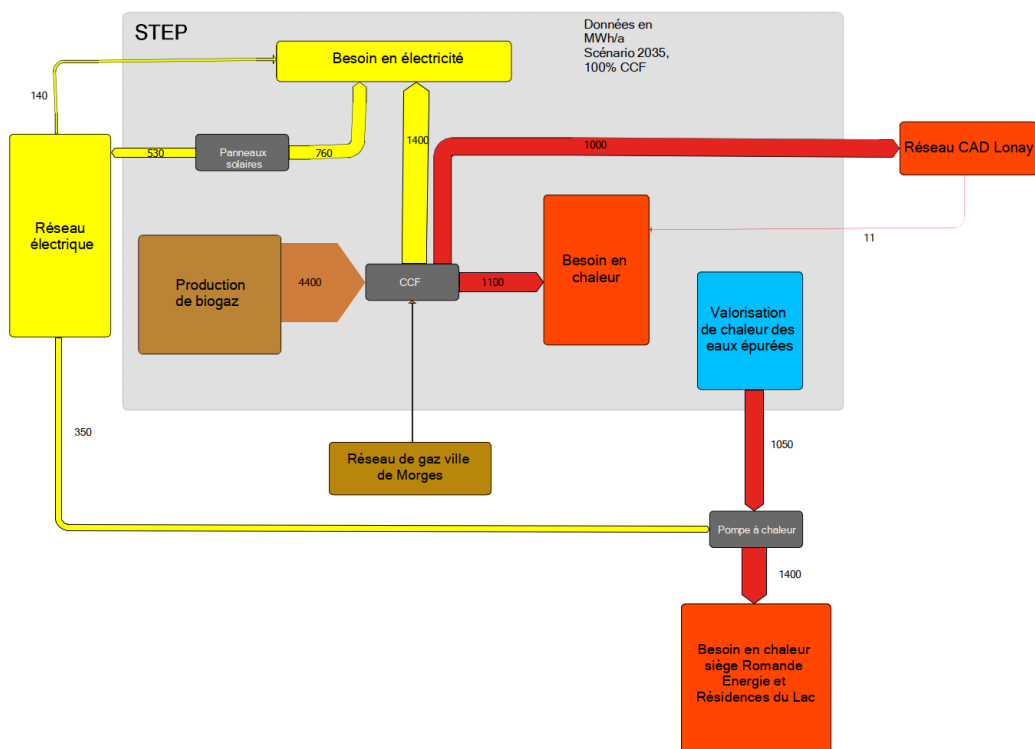


Figure 5 Schéma des flux d'énergie, projection 2035. Données en MWh/a, V1A et scénario 1.

### 7.2 Electricité

#### 7.2.1 Approvisionnement en électricité

L'approvisionnement en électricité est basé sur le CCF et les panneaux solaires complètent cette production.

Avec la mise en œuvre de la stratégie énergétique, l'approvisionnement en électricité se présenterait comme suit :

- Production propre d'électricité au moyen d'un CCF et de plusieurs installations solaires. La production électrique du CCF couvre environ 60% des besoins journaliers en 2035.
- L'électricité produite par la STEP est en grande partie consommée par celle-ci. L'exploitation du CCF est gérée de manière optimale afin de réduire les injections dans le réseau.
- La production d'électricité excédentaire est injectée dans le réseau.

- L'électricité supplémentaire nécessaire est fournie par Romande Energie, environ 25% en hiver (Annexe 4).
- Pas de changement de partenaire électrique

### 7.2.2 Gestion de l'électricité

L'exploitation d'une STEP nécessite de grandes quantités d'électricité, notamment pour l'aération des bassins biologiques. La consommation annuelle d'électricité à l'horizon 2035 de la STEP ERM sera de 2'300'000 kWh, ce qui correspond aux besoins d'environ 580 ménages moyens.

La gestion de l'électricité se basera sur les deux principes suivants :

- Il est actuellement financièrement plus avantageux à l'heure actuelle de maximiser la consommation propre d'électricité, car l'électricité (énergie, réseau et taxe) achetée auprès de Romande Energie en 2023 sera de 29 ct/kWh, ce qui est plus élevé que le coût de production par le CCF ou les installations solaires
- Il est conseillé d'adapter le système de commande du CCF en vue de diminuer la quantité d'électricité injectée dans le réseau et d'augmenter ainsi l'autoconsommation. C'est surtout le cas lorsqu'une installation solaire est installée, car la production des installations solaires atteint de grands pics au heures ensoleillées et ne produit rien la nuit. Le CCF peut prendre le relais et produire l'électricité nécessaire la nuit. Cette flexibilité est possible que si le CCF possède assez de capacité en pouvant être arrêté durant quelques heures la journée. Un schéma illustrant l'utilisation de la puissance via les panneaux solaires et via le CCF se trouve à la Figure 6.

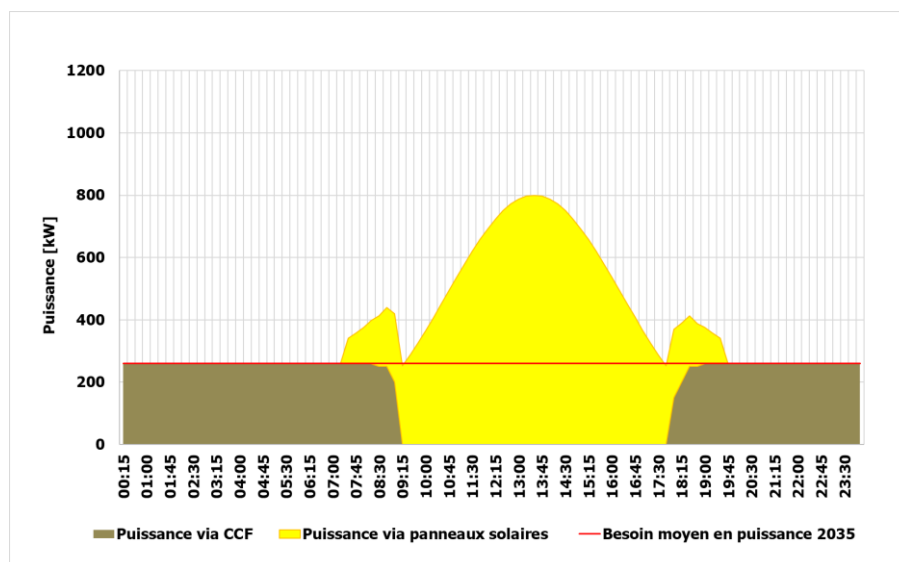














Figure 6 Puissance du CCF et des panneaux solaires sur tous les toits et un toit pliant durant une journée type en été. Production avec une orientation des panneaux ouest/est

### 7.2.3 Alimentation électrique de secours

Selon le guide du VSA « Sécurité fonctionnelle des STEP – Pratiques éprouvées », il est conseillé de « prévoir une alimentation (électrique) de secours pouvant pallier à une panne de courant de 8 à 12 heures. Pendant cette période, il s'agit d'éviter une pollution des eaux par des déversements d'eaux usées non épurées ou des rejets d'eaux insuffisamment épurées. »

Comme décidé lors de la réunion du 9 septembre 2022, la STEP ne va pas poursuivre la variante 100% injection du biogaz dans le réseau et va donc s'équiper à l'avenir d'un ou de deux CCF. Le CCF peut donc faire office de groupe électrogène de secours, si celui-ci est équipé. Cette option peut être demandée auprès du fournisseur lors de l'achat du nouveau CCF. Un autre type de groupe électrogène est celui qui fonctionne grâce à un carburant comme le diesel ou le mazout. L'évaluation qualitative des deux options illustrée dans le Tableau 10 montre que, dans le cas de la STEP ERM, un CCF fonctionnant un îlot serait une bonne option pour des questions de place, de coûts d'investissement et de valorisation de ressources renouvelables.

Tableau 10 Evaluation qualitative des groupes électrogènes

Paramètre	CCF en îlot*	Diesel ou mazout
Place		
Coûts d'investissements		
Simplicité		
Fiabilité		
Energie fossile		
<b>TOTAL</b>		
*Fonctionnant au biogaz		

Afin que le CCF puisse fonctionner lors d'une panne de courant, l'alimentation en carburant doit être assurée. Deux options se présentent :

1. **Gaz naturel du réseau de la ville de Morges** : Le CCF peut être équipé de deux entrées, une pour le biogaz et l'autre pour le gaz naturel. Lors d'une panne de courant, la vanne d'entrée du gaz naturel serait ouverte et celle du biogaz fermée, permettant d'alimenter le CCF en gaz naturel. Dès que le CCF fonctionne, la vanne d'entrée du biogaz peut s'ouvrir et la STEP peut continuer de produire du courant grâce au biogaz.
2. **Biogaz de la STEP** : Avec cette variante, il faut s'assurer qu'une réserve en biogaz soit en tout temps à disposition et qu'il soit bien acheminé jusqu'au CCF. Cette réserve devrait permettre l'exploitation du CCF durant 1 à 2h et les différentes valves et compresseurs doivent être équipés de batterie.

En plus d'un groupe électrogène, les panneaux solaires peuvent également participer à la production d'électricité de secours. Il faut pour cela qu'ils soient équipés pour fonctionner en îlot.

Il est conseillé à la STEP de choisir la variante production électrique de secours grâce au CCF en îlot, avec un raccordement au biogaz et au gaz naturel, comme celui-ci est déjà présent. Cette variante permet d'économiser de la place et des coûts. Si la STEP prévoit d'installer deux CCF, les deux doivent pouvoir fonctionner en îlot. Cette solution entraîne des coûts supplémentaires mais permet d'augmenter la redondance et la flexibilité de l'installation.

### 7.3 Approvisionnement en chaleur

Le nouvel approvisionnement en chaleur se présente comme suit :

- Nouvelle centrale de cogénération (une grande ou deux petites)
- Raccordement aux échangeurs à chaleur du CAD de Lonay pour la redondance et les jours de grands froids
- La chaleur est consommée pour les bâtiments et le chauffage des boues, l'excédent de chaleur, particulièrement important en été, est injecté dans le CAD de Lonay

Les caractéristiques techniques sont résumées ci-dessous :

Tableau 11 Besoin et production et utilisation de chaleur, projection 2035

<b>Besoin en chaleur</b>	
Digestion	980'000 kWh/a
Bâtiment	100'000 kWh/a
Total (valeur arrondie)	1'100'000 kWh/a
Besoin en hiver (pique de froid)	4'000 kWh/j
<b>Production / utilisation de chaleur</b>	
CCF*	2'100'000 kWh/a*
Autoconsommation par la STEP*	1'100'000 kWh/a*
Injectée dans le réseau CAD*	1'000'000 kWh/a*
*C'est valeurs sont des estimations, les valeurs dépendent de la centrale de cogénération et de son mode de fonctionnement.	

Les données sont basées sur des estimations et les conditions climatiques de l'année 2013. Les données annuelles dépendent fortement d'une part de la température (eaux usées pour les besoins en chaleur de la digestion et air pour les besoins en chaleur du bâtiment) et d'autre part du rendement thermique de la centrale de cogénération.

## 7.4 Gazomètre

Afin de pouvoir gérer l'électricité comme proposé à la Figure 6, un volume de gazomètre pouvant stocker la moitié du biogaz produit journalièrement devrait être prévu. Dans le cas de la STEP ERM, ce volume serait de 2'000 m<sup>3</sup> en 2035. Nous conseillons à la STEP d'augmenter le volume du gazomètre de 600 m<sup>3</sup> à 1'000 m<sup>3</sup> afin de gagner en flexibilité et ainsi pouvoir optimiser la consommation propre de l'énergie produite.

## 8 OSTRAL

### 8.1 Description

Les changements techniques et sociaux des dernières années et l'instabilité politiques ont mis en évidence un risque d'approvisionnement en électricité, ce qui a conduit la confédération à créer l'organisation « OSTRAL<sup>1</sup> ». Cette organisation est chargée de gérer l'approvisionnement électrique en cas de pénurie d'électricité et regroupe des entreprises d'approvisionnement en énergie qui sont responsables de la production d'électricité, du réseau de transport et du réseau de distribution.

Les mesures prévues par OSTRAL et nécessitant la mise en application d'une ordonnance sont les suivantes :

1. **Les restrictions de consommation :** Elles interdisent les consommations qui ne sont pas nécessaires, comme par exemple les éclairages à des fins publicitaires, les escaliers roulants ou les chauffages pour le confort à l'extérieur.
2. **Contingentement immédiat et contingentement :** tous les gros consommateurs sont tenus d'économiser une certaine quantité d'électricité. Sont considérés dans cette catégorie les consommateurs dont le besoin annuel en électricité est supérieur à 100'000 kWh (selon l'art. 11 de l'ordonnance sur l'approvisionnement en électricité).
3. **Le délestage du réseau:** L'alimentation en électricité est interrompue pendant plusieurs heures pour certains secteurs d'une zone de réseau de distribution. Les coupures ont lieu par rotation et concernent toutes les zones du réseau de distribution de la même manière.

Comme la STEP ERM est un gros consommateur selon la loi, les mesures 2 et 3 la concernent. Des discussions afin de régler plusieurs aspects sont encore en cours. Par exemple, il est pour l'instant pas encore connu si les normes de rejets seront adaptées en cas de situation de crise énergétique. Cette modification aurait un grand impact sur les possibilités d'économies d'électricité que la STEP pourrait réaliser.

### 8.2 Scénario contingentement

Afin de réduire la consommation d'électricité issue du réseau, il existe les possibilités suivantes :

- Diminuer la quantité d'eaux usées à traiter
- Mise hors service d'installations ou exploitation réduite ou modifiée des installations

#### 8.2.1 Diminuer la quantité d'eaux usées à traiter

Le contingentement impactera également les grandes entreprises, une diminution de la quantité d'eaux usées pourrait se faire automatiquement. Comme il n'existe aucune loi indiquant la quantité d'eaux usées que doit traiter une STEP, une partie de l'eau usée pourrait être déviée dans le bassin de rétention des eaux diluées et ensuite déversée dans le lac.

---

<sup>1</sup> Organisation für **Strom**versorgung in **Ausserordentlichen Lagen** = organisation pour l'approvisionnement en électricité en cas de crise

### **8.2.2 Mise hors service d'installations ou exploitation réduite des installations**

Les installations de désodorisation ne sont pas nécessaires pour le traitement de l'eau usée, leur mise hors service serait peu impactant.

Le traitement des micropolluants pourrait également être mis hors service. Cette mesure peut être prise que si les normes de rejets sont adaptées à une situation de pénurie d'électricité. Actuellement, la future STEP ERM n'a aucune obligation légale, selon l'ordonnance sur la protection des eaux, de traiter l'azote. La future nitrification pourrait donc être mise hors service et le traitement des eaux usées pourrait se faire sur 2 lignes et plus 4 lignes.

### **8.3 Scénario délestage du réseau**

Dans le bassin versant, 17 stations de pompes relèvent les eaux usées jusqu'à la STEP et selon l'ERM, la moitié des eaux usées arrivent de manière gravitaire. Dans le cas d'un délestage du réseau, la STEP ERM aura très rapidement une diminution de la quantité d'eau usée à traiter. Comme il est prévu de couper des quartiers, la diminution des eaux usées à traiter sera répercutée sur l'ensemble de la journée.

Pendant les périodes de délestage, la STEP pourra produire de l'électricité grâce au CCF équipé. Dans le cas de la variante 1, le CCF posséderait une puissance électrique de 300 kW. Si les mesures au chapitre 8.2 sont appliquées, le CCF disposerait d'assez de puissance pour traiter les eaux usées. Il faut pour cela s'assurer de disposer les quantités de biogaz nécessaires pour la durée du délestage.



## 9 Recommandations

A la suite de la présente étude, il est recommandé à la STEP ERM de poursuivre le concept énergétique élaboré pour l'horizon 2035 et résumé comme suit:

- Valorisation du biogaz via une **installation CCF** (1 ou 2 CCF) pour produire la chaleur et l'électricité
- **Raccordement au réseau CAD de Lonay** de Romande Energie pour l'injection de chaleur excédentaire et la redondance du chauffage
- Prévoir l'installation de **panneaux solaires** sur les surfaces disponibles et un toit pliant couvrant les bassins
- Production **d'électricité de secours** à l'aide du/des CCF et les installations solaires
- Sauvegarder le raccordement au gaz naturel afin de le brancher au CCF pour l'électricité de secours

En suivant ce concept énergétique, la STEP ERM assainie disposera d'un système énergétiques renouvelable produisant plus d'énergie que consommée. En chiffre:

- Production de toute la chaleur nécessaire à l'aide du CCF: 1.1 GWh/a
- Vente de chaleur excédentaire à Romande Energie : 0.9 GWh/a
- Production d'électricité CCF : 1.4 GWh/a
- Production d'électricité solaire : 1.1 GWh/a
- Production total électrique : 2.5 GWh/a
- Demande en électricité : 2.3 GWh/a

En ce qui concerne OSTRAL, la STEP ERM assainie est préparée à la pénurie d'électricité et disposera des moyens pour faire faces au contingentement et coupures d'électricité.

---

### ppa. Michael Steiner

Superviseur du projet  
Ing. dipl. en environnement EPFL

---

### i.A. Stéphanie Meyer

Cheffe de projet  
Ing. dipl. en environnement EPFL

Etat: Version 2 du 20 janvier 2023  
Auteur: Stéphanie Meyer, Ryser Ingenieure AG  
Email: Stephanie.meyer@rysering.ch  
Co-auteur: Michael Steiner  
Co-référent: Michael Steiner, Ryser Ingenieure AG

P:\4052.606 ERM\13-Vorstudie Bericht\221216\_Rapport Etude de variante.docx

# Annexe 1

Stéphanie Meyer

---

Von: De Bernard Joël <Joel.DeBernard@romande-energie.ch>  
Gesendet: Mittwoch, 7. Dezember 2022 11:16  
An: Stéphanie Meyer  
Cc: Caroline Villard; Olivier Narbel; dominique.mathey@erm-step.ch; Moritz Brennecke  
Betreff: Proposition tarifaire rachat chaleur CAD Lonay - STEP Morges

Bonjour Madame Meyer

Suite à nos discussion, et après études, voici ce que nous pouvons vous proposer pour la STEP de Morges :

- Rachat de la chaleur, sur une base de 900'000 kWh/an, à partir de 2027
  - o Régime de température 'votre côté – Côté CAD' : 80/53°C ; 77/50°C
  - o Votre production de chaleur étant majoritairement en été, il nous sera difficile de revenir plus bas que 50°C, car ECS seul.
  - o Tarif de rachat proposé : 4.5 cts/kWh. Non indexable.
- Inclus dans ce tarif :
  - o Nous proposons de fournir 2 échangeurs de 250-300 kW (à discuter), dans le but de
    - Rachat de votre chaleur
    - Possibilité d'injecter la chaleur (pour votre redondance seule ; pannes et maintenances), régime 75/45°C
    - Pilotage (régulation) de notre sous-station, systèmes de compteurs pour l'achat et la vente de chaleur
    - Conduites jusqu'aux échangeurs – traversée de la route simple (pas de pousse-tube)
    - Surdimensionnement des conduites de la branche
    - Vos installations : En sortie directe des échangeurs. Raccordement aux brides ou vannes.
  - o Tarifs pour la redondance :
    - Forfait de raccordement : 0 CHF
    - Forfait de puissance : 0 CHF/an.
    - Prix de l'énergie du CAD : 9.2cts/kWh, indexé selon la formule suivante :

$$PE_{\text{nouveau}} = PE_{\text{origine}} * \left\{ 80\% * \left[ a\% * \frac{C_{\text{boisN}}}{C_{\text{bois0}}} + b\% * \frac{C_{\text{pelletsN}}}{C_{\text{pellets0}}} + c\% * \frac{C_{\text{GazN}}}{C_{\text{Gaz0}}} + d\% * \frac{C_{\text{MazoutN}}}{C_{\text{Mazout0}}} \right] + 20\% * \frac{IPC_N}{IPC_0} \right\} \uparrow$$

Attention, vous devez conserver un moyen de dégrader le surplus de chaleur, dans le cas ou le réseau CAD est déjà entièrement en chaleur. Cela ne devrait pas se produire souvent, mais c'est une possibilité que nous n'arrivons pas à vous garantir.

Durée contractuelle : échéance au 31.12.2046

Meilleures salutations

**Joël de Bernard**

Responsable de projets CAD

**Romande Energie Services SA**

Avenue de la Gare 22

1028 Prévèrenge

Mobile : +41 79 224 46 52

joel.debernard@romande-energie.ch

[www.romande-energie.ch](http://www.romande-energie.ch)

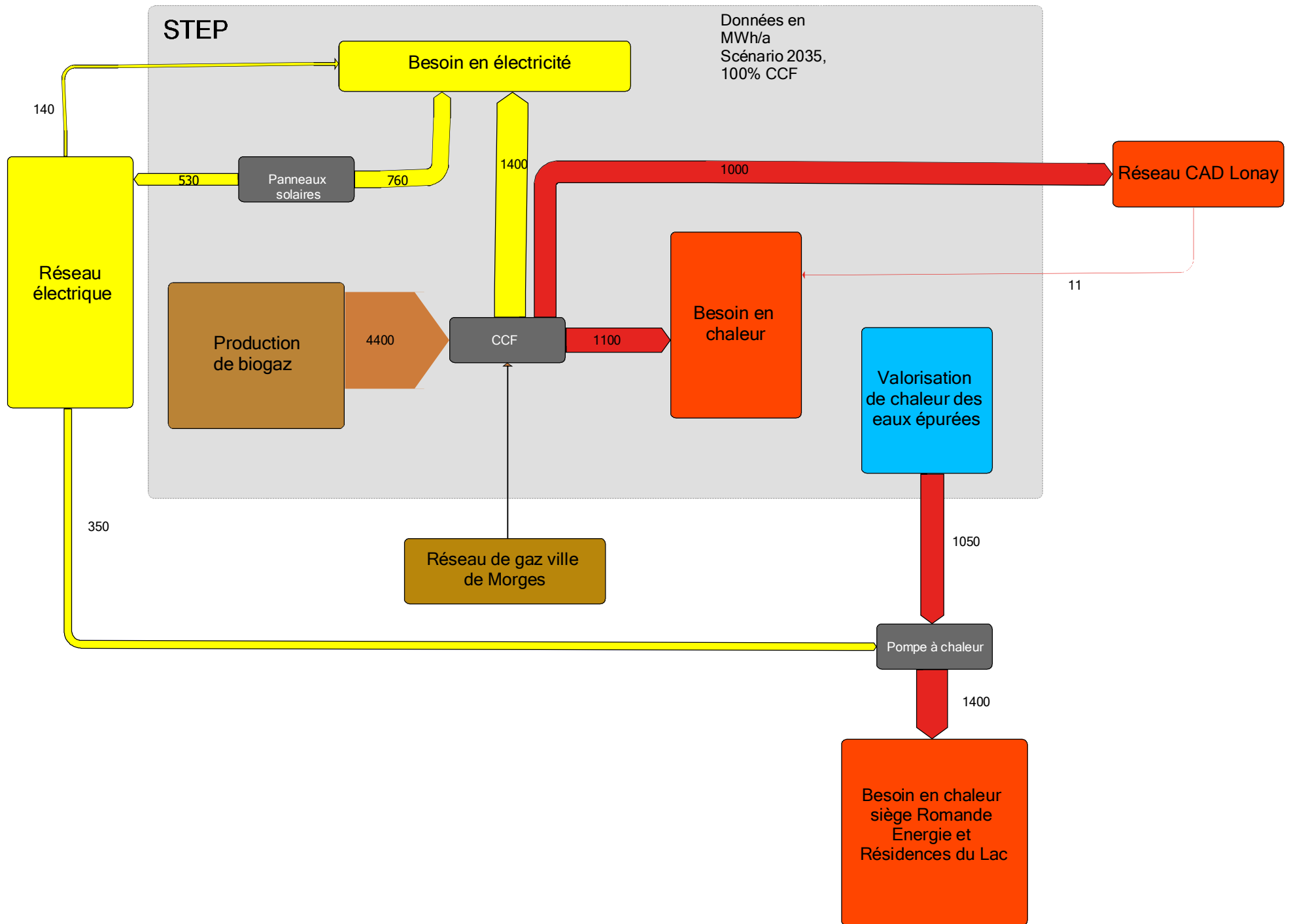


Ce message est uniquement destiné à la/aux personne/s à laquelle/auxquelles il est adressé. Toute divulgation, copie ou autre usage d'un message et de ses annexes par une personne non autorisée est strictement interdit. Si vous recevez un tel message par erreur, nous vous remercions d'en aviser l'expéditeur avant de le supprimer.

# Annexe 2

Etude de variante (Scénario 2035 avec panneaux solaires partout)	Unité	V1: CCF	V2: Injection + valorisation chaleur eaux usées	V3: Mixte (1 CCF)
Production électrique panneaux solaires	[kWh/a]		1'185'000	
Prod. électrique panneaux solaires auto-consommée	[kWh/a]	760'000	1'000'000	1'000'000
Volume biogaz purifié et injecté	[m <sup>3</sup> /a]	0	735'000	350'000
Puissance élec à 100%	[kW]	300	0	150
Rendement CCF élec. (moyenne)	[%]	32%		32%
Rendement CCF therm. (moyenne)	[%]	48%		48%
Durée de vie CCF/Purification du biogaz	[Années]	15	15	15
Taux d'intérêts	[%]	2	2	2
Annuités		0.078	0.078	0.078
Prix de vente biométhane	[CHF/kWh]	0	0.15	0.15
Prix d'achat du gaz naturel	[CHF/kWh]	0.15	0.15	0.15
Prix de reprise de l'électricité 2023	[CHF/kWh]	0.186	0.186	0.186
Prix d'achat de l'électricité (tout compris)	[CHF/kWh]	0.29	0.29	0.29
Prix d'achat de la chaleur	[CHF/kWh]	0.045	0.00	0.00
Besoin en électricité STEP	[kWh/a]	2'300'000	2'300'000	2'300'000
Besoin en électricité pompe à chaleur	[kWh/a]		260'000	
Besoin en électricité purification biogaz	[kWh/a]		243'000	116'000
Besoin en chaleur	[kWh/a]	1'050'000	1'050'000	1'050'000
Production électricité CCF	[kWh/a]	1'400'000	0	740'000
Production électrique auto-consommée	[kWh/a]	2'160'000	1'000'000	1'740'000
Production électrique injectée	[kWh/a]	532'000	185'000	185'000
Achat d'électricité STEP	[kWh/a]	147'000	1'300'000	560'000
Production de chaleur CCF	[kWh/a]	2'100'000	0	1'050'000
Déperdition de chaleur	[kWh/a]	1'050'000	0	0
Vente de biogaz	[kWh/a]	0	4'400'000	2'100'000
Achat de gaz	[kWh/a]	0	10'000	0
Achat de chaleur du CAD	[kWh/a]	10'000		
<b>Coûts d'investissement</b>	<b>Unité</b>	<b>V1: 1 CCF</b>	<b>V2: Injection + valorisation chaleur eaux usées</b>	<b>V3: Mixte (1 CCF)</b>
CCF y.c. ventilation et fonctionnement en îlot	[CHF]	400'000		335'000
Filtre à charbon actif	[CHF]	50'000		50'000
Installation purification + Container + Transport	[CHF]		1'500'000	1'200'000
Pompe à chaleur (Hypothèse: échangeur à chaleur chez Romande Energie)	[CHF]		200'000	
Station de transferts du biogaz + fondation	[CHF]		50'000	50'000
Chaudière à gaz	[CHF]		50'000	50'000
Groupe électrogène	[CHF]		100'000	
Integration MCR	[CHF]	40'000	80'000	100'000
Installations électriques	[CHF]	80'000	20'000	100'000
Installations CVS	[CHF]	50'000	50'000	100'000
Frais secondaires	[CHF]	100'000	150'000	200'000
Subvention de la Confédération CCF	[CHF]	-144'000		-77'000
<b>Coûts d'investissement avec subvention</b>	<b>[CHF]</b>	<b>576'000</b>	<b>2'200'000</b>	<b>2'185'000</b>
<b>Frais d'exploitation et d'entretien</b>				
coût du capital avec subvention	[CHF/a]	45'000	172'000	170'000
entretien CCF (8 CHF/h)	[CHF/a]	50'000		41'000
entretien installation purification biogaz (2%/an)	[CHF/a]		30'000	24'000
approvisionnement en chaleur supplémentaire	[CHF/a]	1'000	2'000	0
coût d'électricité STEP	[CHF/a]	43'000	377'000	162'000
coût d'électricité pompe à chaleur	[CHF/a]		75'000	
coût d'électricité purification du biogaz	[CHF/a]		70'000	34'000
<b>frais d'exploitation et d'entretien</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>139'000</b>	<b>726'000</b>	<b>431'000</b>
<b>Recettes</b>				
rémunération vente chaleur (4.5 ct./kWh)	[CHF/a]	47'000	0	0
rémunération vente électricité (18.6 ct./kWh)	[CHF/a]	99'000	34'000	34'000
rémunération de la vente du biogaz (15 ct./kWh)	[CHF/a]	0	660'000	315'000
<b>rémunérations</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>146'000</b>	<b>694'000</b>	<b>349'000</b>
<b>Recettes annuelles</b>	<b>[CHF/a]</b>	<b>7'000</b>	<b>-32'000</b>	<b>-82'000</b>

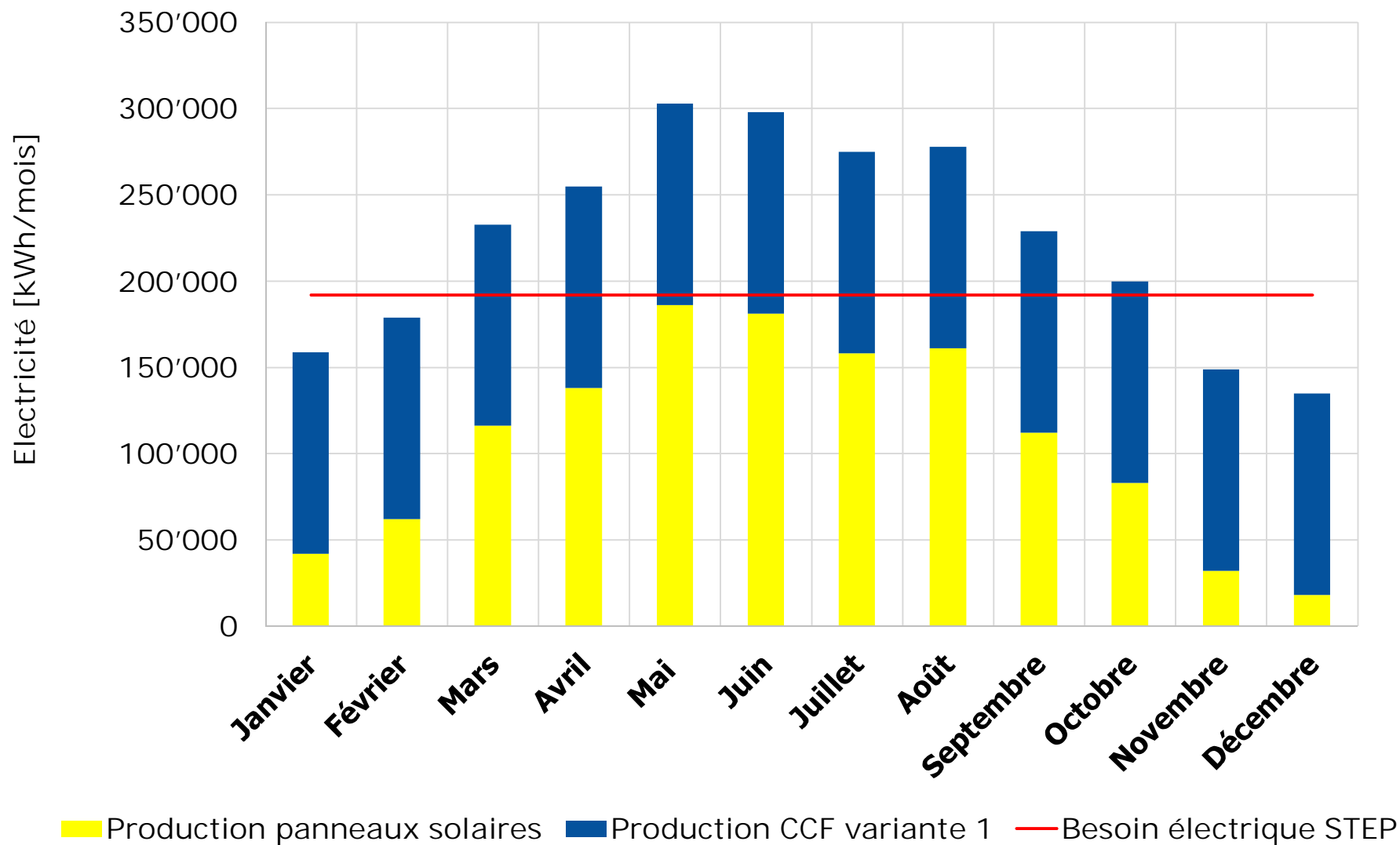
# Annexe 3





# Annexe 4

## Production mensuelle via panneaux solaires (fixe sur les toits et toit pliant) et le CCF et besoin mensuel en électricité, projection 2035



# Annexe 12

## Concept architectural

# STEP ERM MORGES - PROJET D'OUVRAGE

## concept architectural

### réflexion à la base :

Pourquoi une STEP ?

Depuis très longtemps, l'humain applique la politique de l'autruche. Il ne veut plus voir un certain nombre de choses qui le dérangent. Alors il jette, il enterre, il disperse, il pulvérise et ça dans tous les domaines.

Au sein de nos sociétés « développées », il le fait avec plus ou moins de réussite pour les déchets qui nous préoccupent ici.

Au début dans la nature, puis une cabane au fond du jardin, puis en zones peuplées, dans la rue en jetant par la fenêtre.

C'est devenu intenable. Alors on a cherché les moyens et on a trouvé le plus simple : transport par l'eau pour tout cacher dans les rivières, les lacs et les mers.

C'est le « tout-à-l'égout », expression entrée dans la langue française.

Et puis on ne pouvait plus continuer comme ça, alors : **STEP**

Elles ne sont pas vieilles, j'ai vu construire les 1ères !

On les a cachées, toujours pour les mêmes raisons, par des bâtiments, par de la végétation, par une mise à l'écart.

Maintenant notre société change. Elle aspire à la transparence.

Le principes du concept :

Transparence => montrer => éviter de camoufler, faire comprendre le processus.

Eau => transport => mouvement de l'eau sale à l'eau propre

Différencier l'aspect architectural de la technique (l'eau) et l'administration

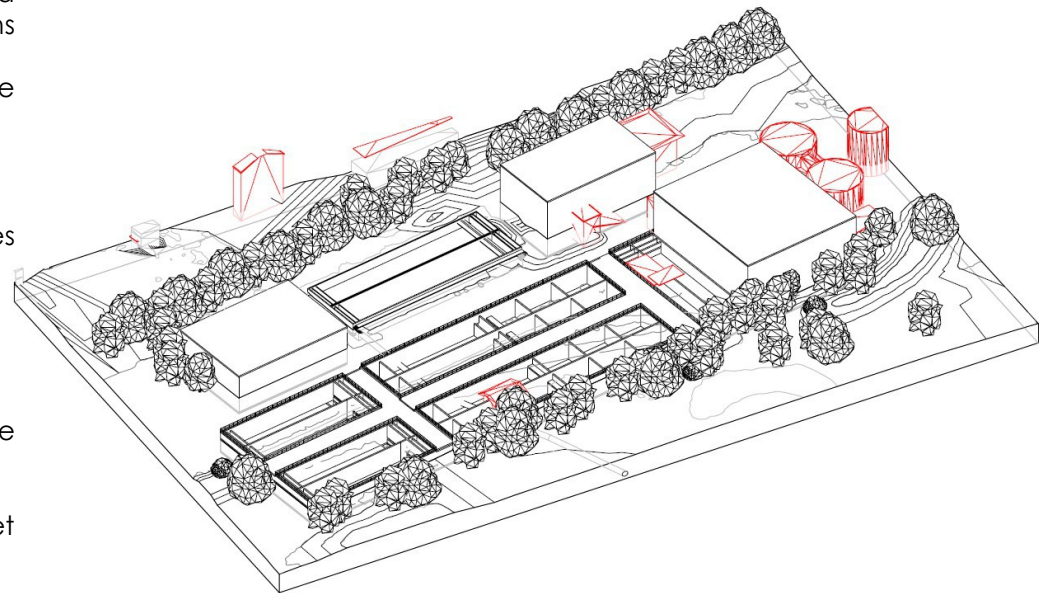
Énergie => autosuffisance

Couleur => matériaux => trajet

Différencier les bâtiments prétraitement et Micro-polluants (début et fin du processus)

Bâtiment administratif doit se détacher. Il doit être différent du bâti « eau »

Énergie => couleur verte (structure solaire)



# La couleur de l'eau, Nicolas Floc'h exposition 2022

L'exposition de Nicolas Floc'h consacrée à sa recherche La couleur de l'eau. Photographe des paysages sous-marins, il essaie de « rendre visible l'invisible » — capturer la couleur de l'eau en Baie de Somme mais aussi dans les océans, les mers, le long des fleuves — et aider ainsi à étudier des écosystèmes menacés. « La dimension picturale immersive du milieu marin, son apparente abstraction, en fait un espace complexe d'exploration de la couleur, de la lumière et du vivant qui la compose ».

Photographe, sculpteur, mais aussi chercheur, enseignant et plongeur, Nicolas Floc'h s'intéresse aux rouages de notre économie productive et aux transformations sociales et environnementales qui en découlent. Par une pratique de l'art nourrie de recherche scientifique et de collaborations, il met à l'épreuve les formes canoniques du monochrome et du ready-made pour observer les angles morts de nos représentations.

Le milieu sous-marin constitue pour lui un terrain privilégié d'exploration, de création mais aussi de médiation révélant l'impact du réchauffement climatique et de l'activité humaine sur les écosystèmes.

Nicolas Floc'h appréhende la masse d'eau comme un espace pictural, sensible et immersif, mais aussi en tant que fabuleux régulateur écologique, peuplé de phytoplancton qui participe aux échanges gazeux entre l'atmosphère et l'océan[1]. « La science permet d'affiner cette compréhension de la couleur qui n'est pas que picturale, formelle ou plastique. C'est une image visuellement abstraite mais fondamentalement concrète, une synthèse et, quelque part, une illustration figurant de grands enjeux de notre société et l'histoire du vivant. »

Les soixante relevés photographiques du littoral du Nord, présentés en grille, passent du brun au vert en adoptant des teintes ambrées, orangées, kaki, absinthe ou encore émeraude. Des variations étonnantes qui doivent beaucoup aux courants de l'estuaire, quand l'eau douce du fleuve devient saumâtre. Nous sommes loin des

dégradés des bleus méditerranéens explorés dans une autre série accrochée en ligne[2]. L'imaginaire commun des couleurs de l'eau s'enrichit ainsi des différents monochromes issus des mers, des fleuves et des océans du monde et qui dialoguent dans l'exposition. Un univers visuel étonnant et bigarré, dont l'artiste s'attache à saisir les nuances : des couleurs chaudes liées aux sédiments, matières organiques et inorganiques dissoutes, matières détritiques (résidus de matières), et des teintes allant du bleu au vert déterminées par la densité du phytoplancton.

## BIOGRAPHIE

Nicolas Floc'h est né en 1970 à Rennes. Il vit à Paris et enseigne à l'EESAB-Site de Rennes.

Ses installations, photographies, films, sculptures ou encore performances questionnent une époque de transition où les flux, la disparition et la régénération tiennent une place essentielle. À partir de projets au long cours, nourris d'expériences, de recherches scientifiques et de rencontres, naissent des œuvres ouvertes, ancrées dans le réel, où les processus évolutifs tiennent la première place. En 2022, Nicolas Floc'h sera résident de la Villa Albertine aux États-Unis afin de poursuivre et compléter son projet La couleur de l'eau.

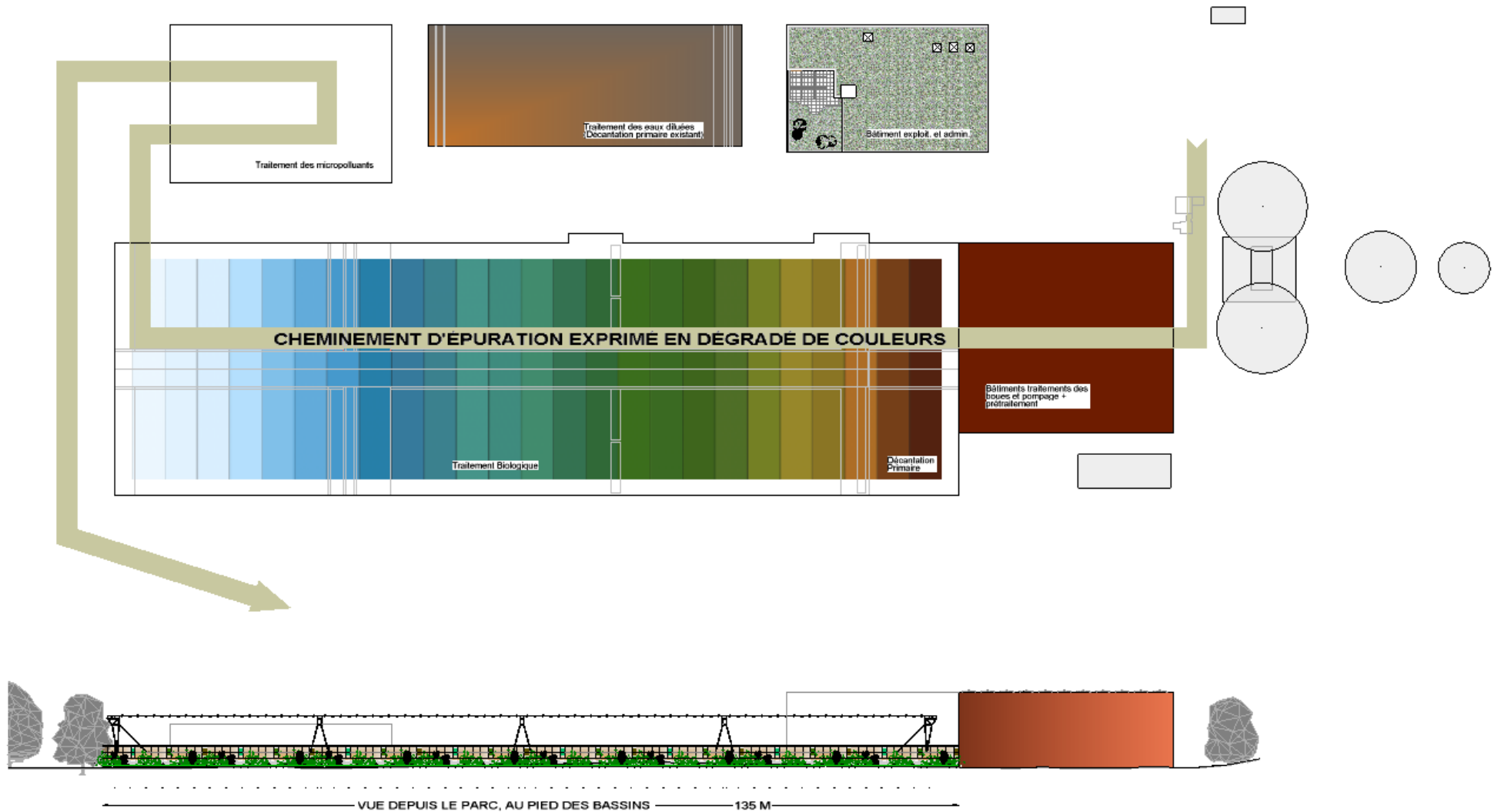
L'exposition a eu lieu à l'Espace Le Carré (Lille – 12 mai au 17 juillet 2022) et à artconnexion (Lille – 3 mai au 17 juillet 2022).

- Nicolas Floc'h : [www.nicolasfloch.net](http://www.nicolasfloch.net)
- <https://artconnexion.org/>

## La couleur de l'eau, images de l'exposition



# Expression du trajet de l'eau par des couleurs et matériaux du bâti



## Bâtiment du prétraitement, le début du processus



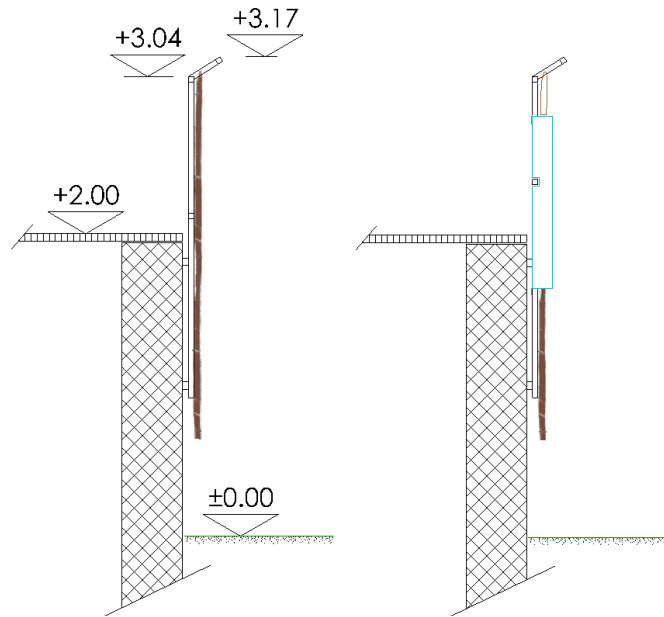
Béton teinté dans la masse



Aspect brut, non lisse



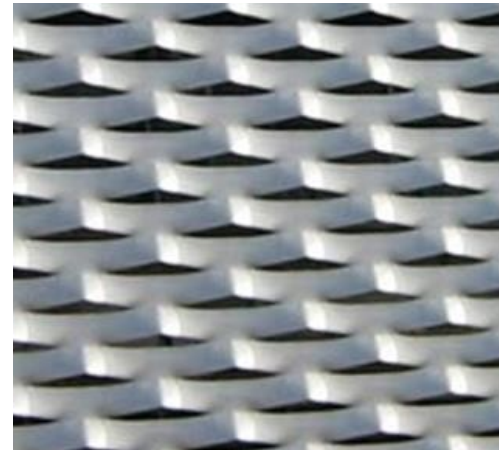
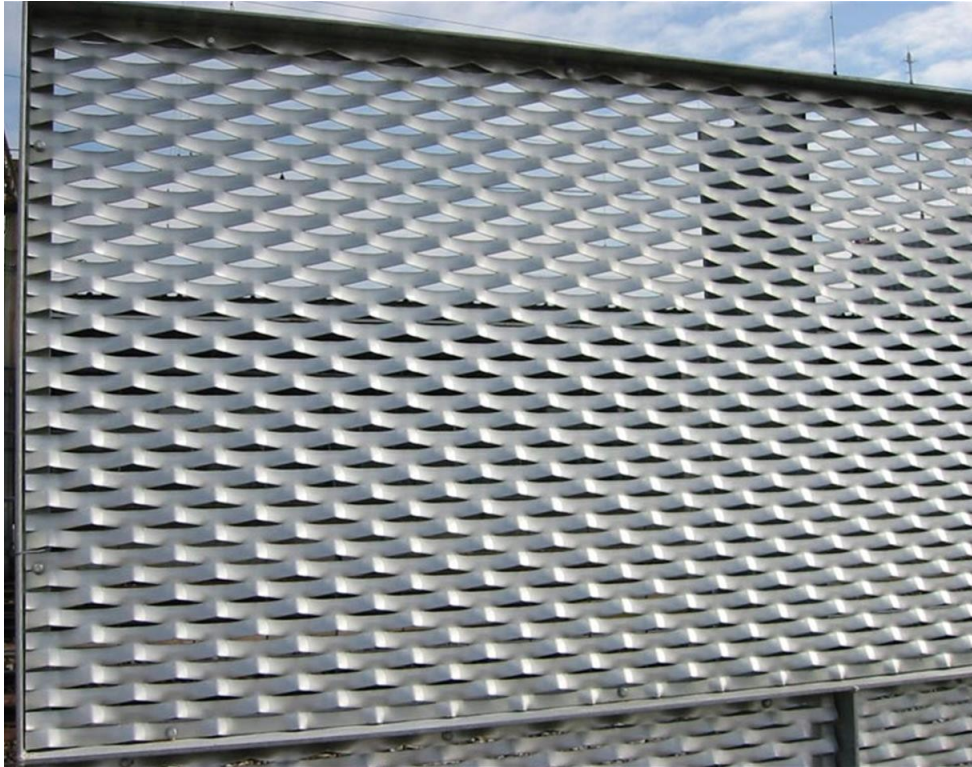
# Les murs sud et ouest des bassins



- trajet de l'eau suggéré sous forme de panneaux en dégradé de teintes.
- support végétal en ganivelles de châtaigner sans traitement.
- végétalisation partielle du mur.
- sécurisation des bassins pour empêcher l'accès.
- dissuader les tagueurs.



## Bâtiment du traitement des micro-polluants, la fin du processus



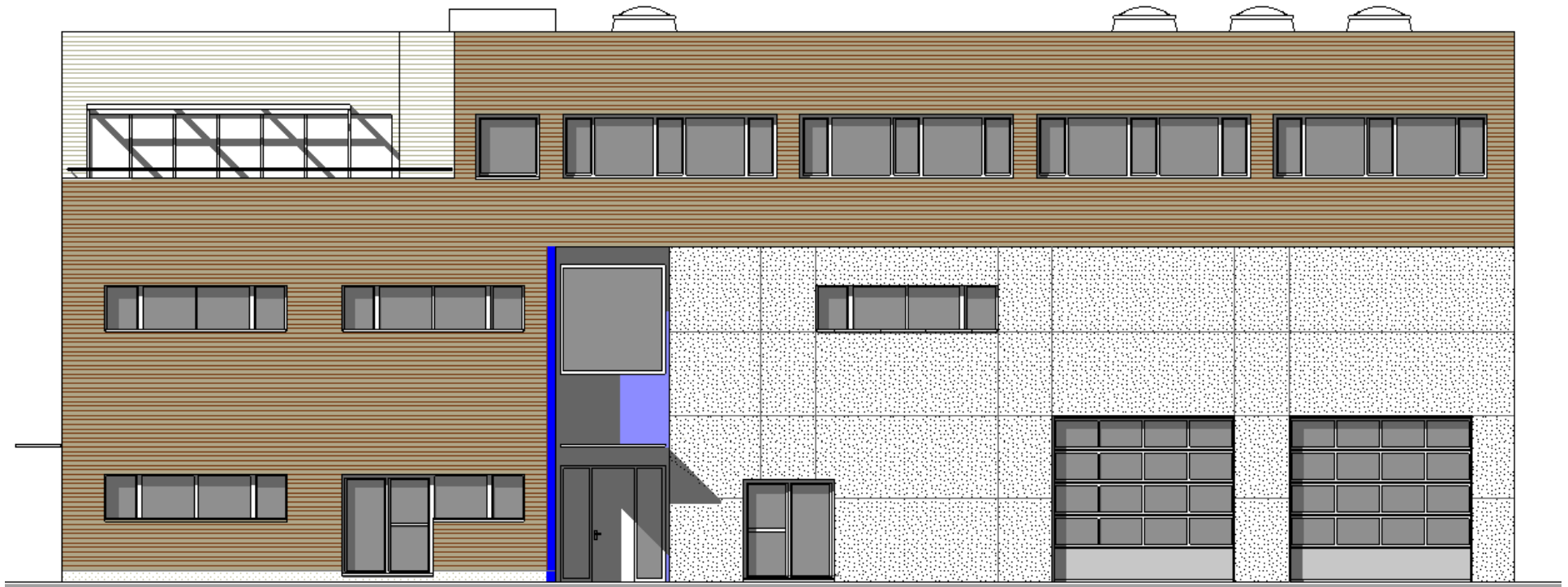
Tôle aluminium éloxé étirée  
Aspect net, clair, moderne.



## Bâtiment administratif

Du bois ajouré sans traitement pour les zones climat « travail bureau »

Du béton légèrement structuré pour les zones climat « travail exploitation »



Façade sud

# Bâtiment administratif



Façade nord

# Bâtiment administratif

Façade est



Façade ouest



## Annexe 13

### Essais œdométriques et calcul tassement bassins

## Rapport d'essais en laboratoire

Rapp.EL. 15813-1

### Client

Raison sociale : Association intercommunale pour  
l'épuration des eaux usées de la  
région morgienne  
p.a. Triform SA  
Nom, prénom : M. Casazza  
Adresse : Bd de Pérolles 55  
Ville : 1700 Fribourg

### Mandant

Raison sociale : ABA-GEOL SA  
Nom, prénom : F.-X. Fragnière  
Adresse : Rte du Grand-Pré 26  
Ville : 1700 Fribourg

### Echantillons

Provenance géographique : Morges  
Auteur des prélèvements : ABA-GEOL SA  
Date de prélèvement : Novembre 2022  
Conditions de prélèvement : Sondages carottés  
Date de réception des échantillons : 23.11.2022  
Conditionnement des échantillons : vrac, bidons, carotte

### Programme de mesures

Auteur du programme d'essais : F.-X. Fragnière, ABA-GEOL SA

Liste des essais commandés (avec mention de la norme en vigueur) :

- Teneur en eau (EN ISO 17892-1)
- Masse volumique apparente (EN ISO 17892-2)
- Essai oedométrique (EN ISO 17892-5)

### Remarques (Ecart aux normes, conditions particulières de travail, essais sous-traités, etc.)

- Néant.

### Annexes

- Liste des symboles utilisés (2 p.)
- Tableau.EL.15813-1, tableau des résultats d'essais (1 p.)
- Rapp.EL09.15813-1, résultats et courbe(s) oedométrique(s) (3p.)

Ecublens, le 16.12.2022

**DE CERENVILLE GEOTECHNIQUE SA**

Reproduction partielle interdite sans autorisation  
Rapp.MIS.15813-1 (RT, RQ) - V. 2.0

## Notation des résultats d'essais - symboles de mécanique des sols (selon norme SN 670 300)

### Conditionnement des échantillons:

CP	Carotte paraffinée
C	Carotte non paraffinée
VR	Echantillon en vrac
SP	Sac plastique
B	Bidon

### Caractéristiques d'état:

w	Teneur en eau [%]
$\rho$	Masse volumique du sol [t/m <sup>3</sup> ]
$\rho_d$	Masse volumique du sol sec [t/m <sup>3</sup> ]
$\rho_s$	Masse volumique des particules solides [t/m <sup>3</sup> ]
e	Indice de vide [-]
n	Porosité [-]
$S_r$	Degré de saturation [%]
$w_L$	Limite de liquidité d'Atterberg [%]
$w_P$	Limite de plasticité d'Atterberg [%]
$I_P$	Indice de plasticité d'Atterberg [%]
$I_L$	Indice de liquidité d'Atterberg [%]
Pp	Essai pas possible, teneur en sable trop élevée
MB	Valeur de bleu de méthylène, colorant [g] par [kg] de la fraction 0/2mm
LOI	« Loss On Ignition » (perte au feu), teneur en matière organique [%]

### Granulométrie:

$d_{10}, d_{60}$	Diamètre au-dessous duquel se trouve le 10 [%], resp. le 60 [%] de la masse du sol sec [mm]
$d_{max}$	Diamètre maximum des grains [mm]
$C_{cd}$	Coefficient de courbure [-]
$C_{ud}$	Coefficient d'uniformité [-]

### Résistance mécanique:

$\phi_u$	Angle de frottement apparent [°] (essai non drainé, rapide, UU ou CU)
$c_u$	Cohésion apparente [kPa]
$\phi'$	Angle de frottement effectif [°] (essai consolidé, drainé, lent, CD)
$c'$	Cohésion effective [kPa]
$\phi'_R$	Angle de frottement résiduel [°]
$c'_R$	Cohésion résiduelle [kPa]
$c_r$	Cohésion remaniée [kPa]
$c_{us}$	Résistance au scissomètre [kPa]
déf. ang.	Déformation angulaire à la valeur $c_{us}$ [°]
$q_{up}$	Résistance au pénétromètre de poche [kPa]
$q_u$	Résistance à la compression simple [MPa]
$\varepsilon$	Accourcissement spécifique à la valeur $q_u$ [%]
$q_t$	Essai de traction indirecte (essai brésilien) (sur roche) [MPa]
$q_d$	Résistance dynamique de pointe [MPa]
$I_s$	Indice de résistance de l'essai de résistance ponctuel (Point Load Test) (sur roche) [MPa]
$I_{s(50)}$	Indice de résistance de l'essai de résistance ponctuel (Point Load Test) correspondant à un diamètre de 50[mm] (sur roche) [MPa]



*Compressibilité:*

$m_v$	Coefficient de compressibilité [ $m^2/MN$ ] Indice 0-1 = de 0 à 0.1 [MPa]; 1-2 = de 0.1 à 0.2 [MPa]
$C_c$	Indice de compression [-]
$C_s$	Indice de gonflement [-]
$C_v$	Coefficient de consolidation [ $m^2/s$ ]
$\sigma'_{v0}$	Contrainte verticale effective appliquée à l'éprouvette (en place)
$\sigma'_p$	Contrainte verticale effective de préconsolidation
$\sigma_g$	Pression de gonflement

*Compactage:*

$W_{opt}$	Teneur en eau optimale (Proctor) [%]
$\rho_{d\ opt}$	Masse volumique optimale du sol sec [ $t/m^3$ ]
$S_{r\ opt}$	Degré de saturation correspondant à l'optimum de Proctor [%]
$W_c$	Energie de compactage [ $MJ/m^3$ ]
$CBR_1$	Coefficient CBR immédiatement après compactage [%]
$CBR_2$	Coefficient CBR selon ASTM (saturé) [%]
$CBR_{2p}$	Coefficient CBR avec le pénétromètre [%]

*Autres symboles couramment utilisés:*

$k$	Coefficient de perméabilité [ $m/s$ ]
$M_E$ ou $E_v$	Module de compressibilité à l'essai de plaque $M_E$ et $E_v$ [MPa]
$E$	Module d'élasticité [MPa] (module de Young)

*Correspondances avec les anciennes unités:*

1 [ $kg/cm^2$ ]	= 10 [ $t/m^2$ ]	= 98.1 [ $kN/m^2$ ]	ou [ $kPa$ ]	= 0.0981 [ $MN/m^2$ ]	ou [ $N/mm^2$ ]
1 [ $kg/dm^3$ ]	= 1 [ $t/m^3$ ]	= 9.81 [ $kN/m^3$ ]			
1 [ $kg\cdot m$ ]	= 9.81 [ $N\cdot m$ ]	= 9.81 [ $J$ ]			

Tableau.EL. 15813-1		Tableau récapitulatif des essais en laboratoire							
Mode opératoire	Echantillon	Echantillon n°	4.6	5.4	14.5				
		Sondage n°	FC1	FC1	FC1				
		prof.: de [m]	4.60	5.40	14.50				
		à [m]	5.00	5.60	15.00				
EL00		Conditionnement échantillon	VR / B	VR / B	C				
EL01		Classification USCS							
EL02	Caractéristiques de l'état du sol	w [%]	22.6	23.4	15.1				
EL03		$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	2.08	2.06	2.23				
		$\rho_d$ [t/m <sup>3</sup> ]	1.70	1.67	1.94				
		$\rho_s$ [t/m <sup>3</sup> ]							
		e [-]							
		S <sub>r</sub> [%]							
EL24		LOI [%]							
EL06	Granulométrie	Argile et limon < 0.063 [mm] [%]							
		Argile < 0.002 [mm] [%]							
		Limon 0.002 à 0.06 [mm] [%]							
EL05		Sable 0.06 à 2 [mm] [%]							
		Gravier 2 à 60 [mm] [%]							
		Pierre > 60 [mm] [%]							
	Ø max [mm]								
EL04	Limites Atterberg	w <sub>L</sub> [%]							
		w <sub>P</sub> [%]							
		I <sub>p</sub> [%]							
EL07	Cisaillement	c <sub>us</sub> pic [kPa]							
		déformation angulaire [°]							
		c <sub>us</sub> résiduel [kPa]							
EL08		$\phi_u$ [°]							
		c <sub>u</sub> [kPa]							
EL18		$\phi'$ [°]							
		c' [kPa]							
EL20		$\sigma_u$ [kPa]							
EL21		$\sigma'$ [kPa]							
EL09		Oedomètre	m <sub>v</sub> 0 - 0.1 [MPa] [m <sup>2</sup> /MN]	-	-	-			
	m <sub>v</sub> 0.1 - 0.2 [MPa] [m <sup>2</sup> /MN]		-	-	-				
	c <sub>c</sub> [-]		0.16	0.15	0.08				
	c <sub>s</sub> [-]		0.04	0.03	0.01				
EL11	Résistance	q <sub>u</sub> compression simple [MPa]							
		E à 50 [%] q <sub>u</sub> [MPa]							
EL12		q <sub>t</sub> traction indirecte [MPa]							
EIS08		I <sub>s</sub> Point Load Test [MPa]							
	I <sub>s(50)</sub> P. L. T. Ø 50 [mm] [MPa]								
EL13	Proctor	$\rho_{d\text{opt}}$ [t/m <sup>3</sup> ]							
		w <sub>opt</sub> [%]							
EL14	CBR	CBR <sub>1</sub> à 2.54 [mm] [%]							
		CBR <sub>1</sub> à 5.08 [mm] [%]							
EL16 EL17	Stabilisation	Dosage [%]							
		w <sub>opt</sub> [%]							
		$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]							
		q <sub>u</sub> 7 jours [MPa]							
		q <sub>u</sub> 28 jours [MPa]							
	Autre	Sous-traitance							
		Remarque							

Mandat: 15813-1

Provenance: Morges

Date d'essai: 30.11.2022

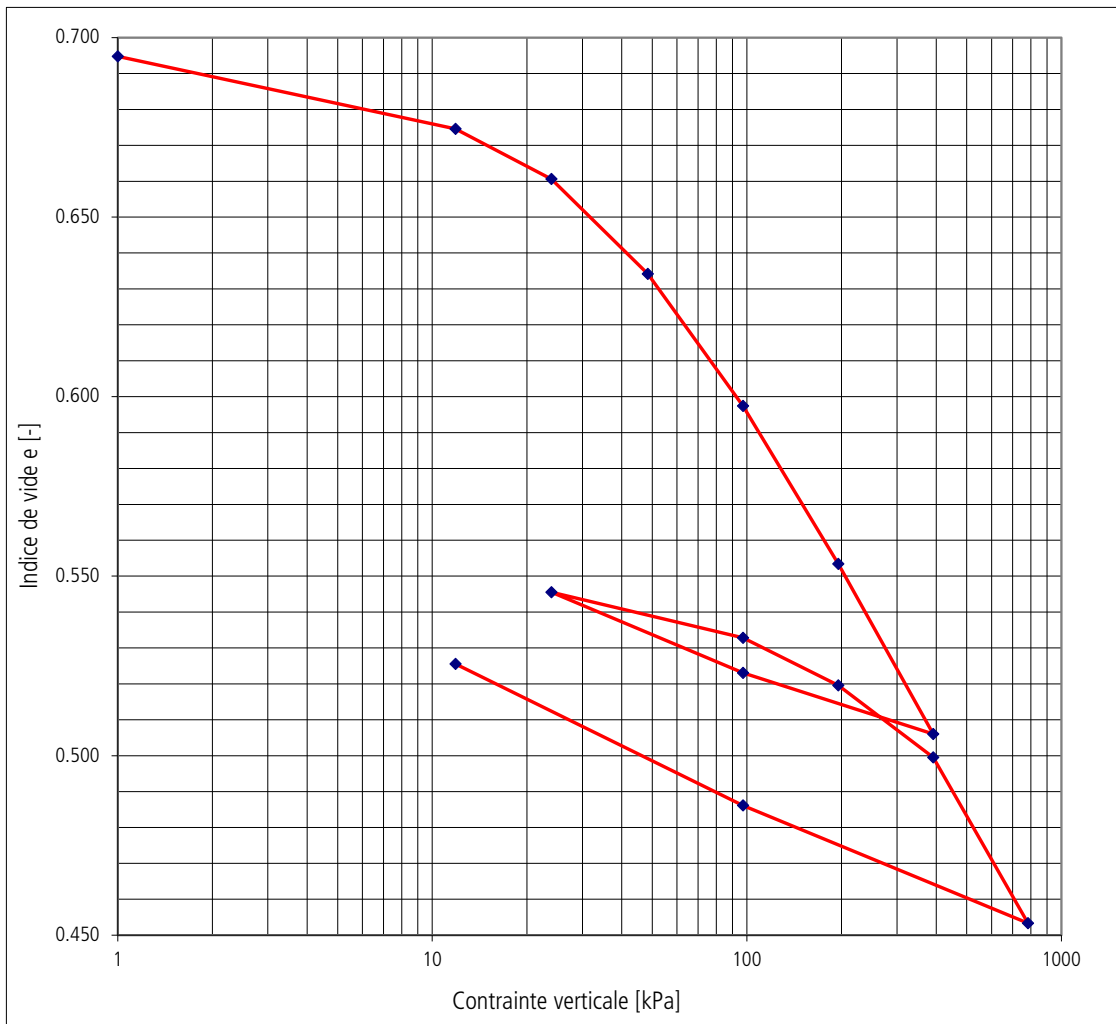
Sondage: FC1

Echantillon: E4.6

Exécuté par: JG

$w_{initiale}$  : 22.6 %       $e_{initial}$  : 0.69 [-]       $H_{initiale}$  : 20 [mm]  
 $\rho_a$  initiale : 2.08 [t/m<sup>3</sup>]       $S_r$  : - [%]       $\emptyset$  : 50.5 [mm]  
 $\rho_d$  initiale : 1.70 [t/m<sup>3</sup>]      RhoS estimé: 2.70 [t/m<sup>3</sup>]

Nature du sol
Limon argileux



$\sigma$ [kPa]	1	11.849	23.915	48.428	97.223	195.228	391.204	97.223	23.915	97.223	195.228	391.204	782.591	97.223	11.849
$e$ [-]	0.695	0.675	0.661	0.634	0.597	0.553	0.506	0.523	0.546	0.533	0.520	0.500	0.453	0.486	0.526
$M_{oed}$ [kPa]		911.691	1445.077	1539.727	2168.203	3559.711	6426.906	25994.677	4972.226	8913.777	11364.167	14828.885	12708.231	30374.041	3219.961
$c_v$ [m <sup>2</sup> /s]	1.62E-08	3.44E-08	3.62E-08	7.90E-08	9.29E-08	1.88E-07	5.97E-07	6.86E-08	3.49E-07	3.46E-07	6.96E-07	2.45E-07	5.62E-07	3.40E-08	1.01E-08
$k$ [m/s]	1.80E-10	2.40E-10	2.39E-10	3.73E-10	2.68E-10	3.02E-10	2.27E-10	1.36E-10	3.95E-10	3.07E-10	4.76E-10	1.99E-10	1.81E-10	1.03E-10	1.68E-10

Indices:	Compressibilité	$C_c$	0.16
	Gonflement	$C_s$	0.04

Paramètres d'essai: - Température moyenne : 21°C  
 - Résultats non corrigés pour la déformation de l'appareil

Mandat: 15813-1

Provenance: Morges

Date d'essai: 30.11.2022

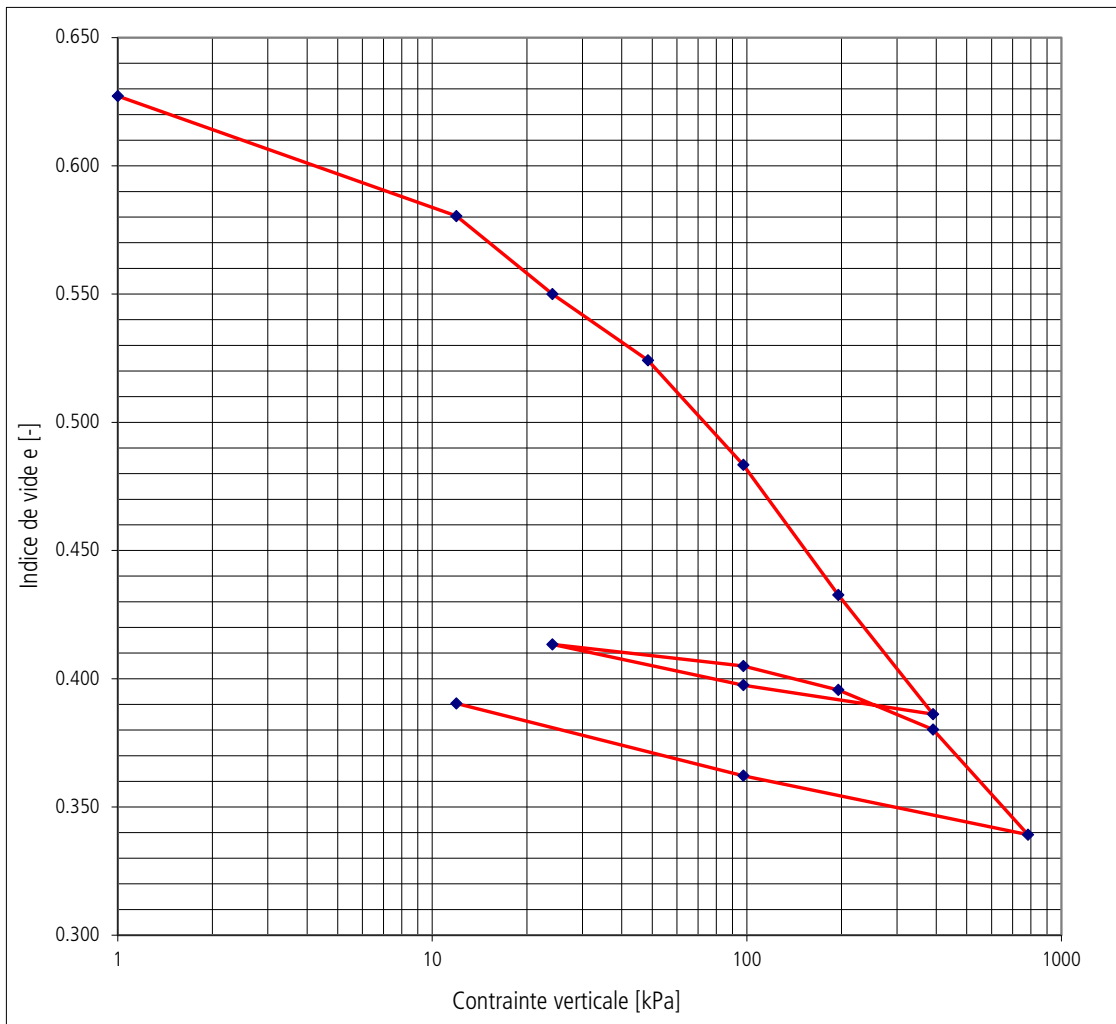
Sondage: FC1

Echantillon: E5.4

Exécuté par: JG

$w_{initiale}$ :	23.4 %	$e_{initial}$ :	0.63 [-]	$H_{initiale}$ :	20 [mm]
$\rho_a$ initiale :	2.06 [t/m <sup>3</sup> ]	Sr :	- [%]	$\emptyset$ :	50.5 [mm]
$\rho_d$ initiale :	1.67 [t/m <sup>3</sup> ]	RhoS estimé :	2.70 [t/m <sup>3</sup> ]		

Nature du sol
Limon argileux



$\sigma$ [kPa]	1	11.932	24.098	48.462	97.422	195.344	390.721	97.422	24.098	97.422	195.344	390.721	782.491	97.422	11.932
$e$ [-]	0.627	0.580	0.550	0.524	0.483	0.433	0.386	0.398	0.413	0.405	0.396	0.380	0.339	0.362	0.390
$M_{oed}$ [kPa]		380.255	631.848	1464.218	1830.803	2861.227	6025.218	35951.284	6458.971	12366.967	14704.428	17639.489	13186.476	39845.348	4136.879
$cV$ [m <sup>2</sup> /s]	2.82E-09	1.63E-08	7.22E-08	8.92E-08	8.45E-08	1.55E-07	1.41E-06	1.05E-07	2.30E-07	3.82E-07	3.99E-07	2.27E-07	1.26E-06	4.91E-08	1.15E-08
$k$ [m/s]	7.64E-11	2.63E-10	5.02E-10	5.01E-10	3.06E-10	2.66E-10	3.88E-10	1.61E-10	1.87E-10	2.62E-10	2.29E-10	1.78E-10	3.12E-10	1.16E-10	1.54E-10

Indices:	Compressibilité	$C_c$	0.15
	Gonflement	$C_s$	0.03

Paramètres d'essai: - Température moyenne : 21°C

- Résultats non corrigés pour la déformation de l'appareil

Mandat: 15813-1

Provenance: Morges

Date d'essai: 30.11.2022

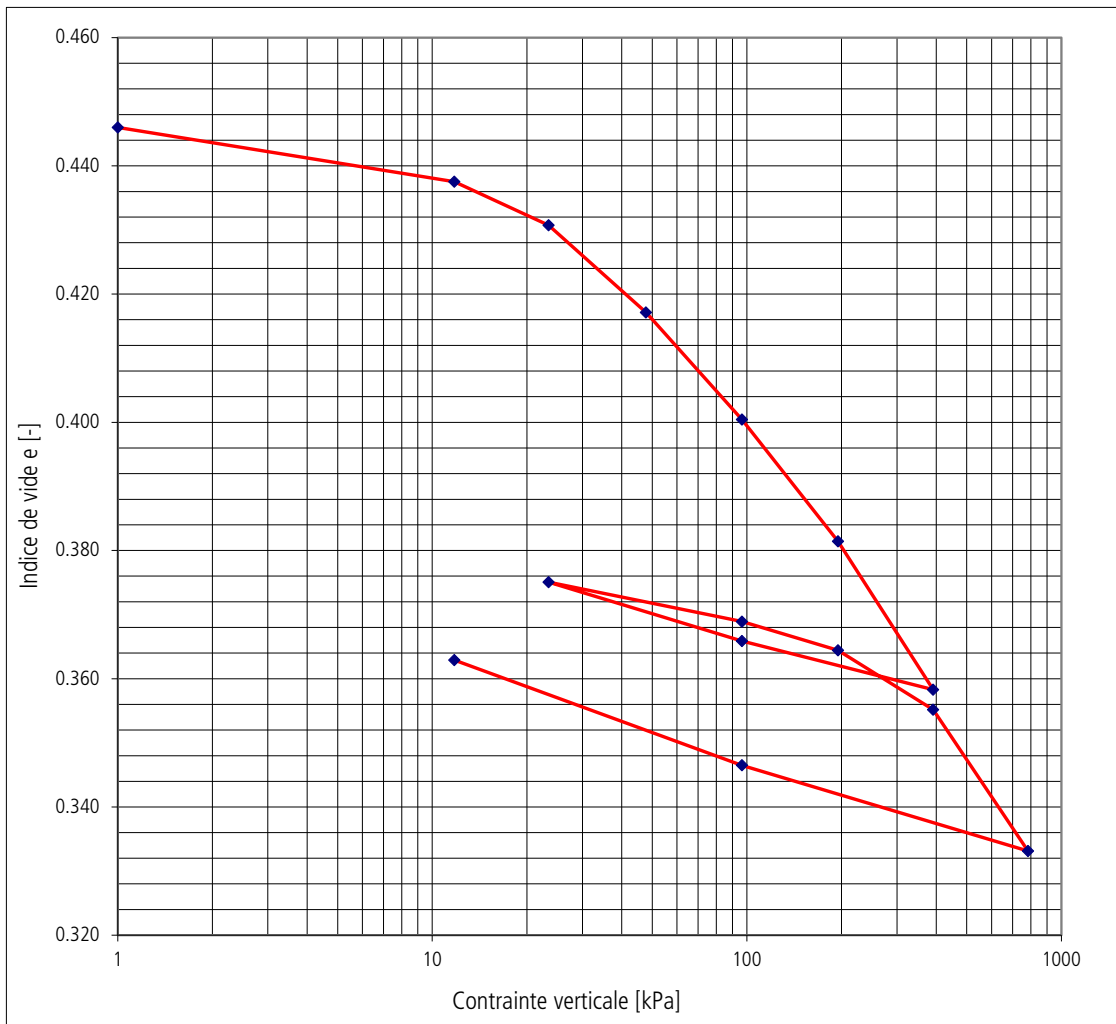
Sondage: FC1

Echantillon: E14.5

Exécuté par: JG

w <sub>initiale</sub> : 15.1 %	e <sub>initial</sub> : 0.45 [-]	H <sub>initiale</sub> : 20 [mm]
ρ <sub>a</sub> initiale : 2.23 [t/m <sup>3</sup> ]	Sr : - [%]	Ø : 50.5 [mm]
ρ <sub>d</sub> initiale : 1.94 [t/m <sup>3</sup> ]	RhoS estimé: 2.70 [t/m <sup>3</sup> ]	

Nature du sol
Limon



σ [kPa]	1	11.749	23.415	47.763	96.507	194.745	391.004	96.507	23.415	96.507	194.745	391.004	783.174	96.507	11.749
e [-]	0.446	0.438	0.431	0.417	0.400	0.381	0.358	0.366	0.375	0.369	0.364	0.355	0.333	0.347	0.363
M <sub>oed</sub> [kPa]		1837.482	2467.619	2562.810	4136.107	7235.237	11718.524	52692.567	10872.831	16354.497	30000.575	28935.991	24101.051	68440.235	6953.875
cV [m <sup>2</sup> /s]	4.00E-08	3.51E-07	1.67E-07	6.24E-07	1.13E-06	1.92E-06	3.31E-06	2.45E-07	2.19E-06	4.07E-06	4.09E-06	1.15E-06	2.07E-06	1.43E-07	2.79E-08
k [m/s]	2.19E-10	1.43E-09	6.59E-10	1.53E-09	1.58E-09	1.67E-09	6.25E-10	2.24E-10	1.34E-09	1.36E-09	1.42E-09	4.84E-10	2.99E-10	2.03E-10	1.51E-10

Indices:	Compressibilité	C <sub>c</sub>	0.08
	Gonflement	C <sub>s</sub>	0.01

Paramètres d'essai: - Température moyenne : 21°C

- Résultats non corrigés pour la déformation de l'appareil

# Données

Titre du projet : STEP Morges - fondations superficielles bassins

Numéro d'affaire : VD05139

Commentaires : Radier de 0.5 m d'épaisseur Rapport de rechargement = 10

Titre du calcul : ELS (Plaque n°1)

Dimension du projet : 3D

Seuil de décollement (kPa) : 5

Seuil de plastification (kPa) : 1000

Décollement/plastification automatique : Oui

## Définition des couches de sol

N°	Nom	Couleur	Zbase	Esol	v	Pente-x	Pente-y
1	Remblais		-3,50	2,00E03	0,33	0,000	0,000
2	Dépôts lacustres mous		-25,00	2,00E03	0,33	0,000	0,000
3	Dépôts lacustres durs		-35,00	1,50E04	0,33	0,000	0,000
4	Moraine		-45,00	2,50E04	0,33	0,000	0,000
5	Molasse		-50,00	1,00E05	0,33	0,000	0,000

Poids volumique du sol au dessus de la base de la plaque (kN/m3) : 20,00

Rapport Eur/E0 (sans unité) : 8,000

## Plaque - Rectangle

N°	E	v	e	zbase	X	Y	B	L	θ
1	1,00E07	0,15	0,50	-5,50	0,00	0,00	134,00	40,00	0,0

## Surcharge répartie - Rectangle

N°	Q	X	Y	B	L	θ
1	12,50	0,00	0,00	134,00	40,00	0,0
2	12,50	3,20	0,40	111,80	39,20	0,0
3	5,00	0,20	17,20	133,60	5,20	0,0

## Surcharge linéique - Ligne

N°	Q	X1	Y1	X2	Y2
1	85,00	0,20	0,20	0,20	39,60
2	85,00	3,00	0,20	3,00	39,60
3	95,00	37,20	0,20	37,20	39,60
4	95,00	37,20	0,20	37,20	39,60
5	85,00	43,40	0,20	43,40	39,60
6	70,00	48,00	0,20	48,00	39,60
7	85,00	80,20	0,20	80,20	39,60
8	85,00	91,90	0,20	91,90	39,60
9	85,00	103,50	0,20	103,50	39,60
10	85,00	115,00	0,20	115,00	39,60
11	85,00	118,50	0,20	118,50	39,60
12	85,00	133,80	0,20	133,80	39,60
13	70,00	0,20	0,20	133,80	0,20
14	70,00	0,20	8,40	133,80	8,40
15	100,00	0,20	17,00	133,80	17,00
16	100,00	0,20	22,60	133,80	22,60
17	70,00	0,20	31,20	133,80	31,20
18	70,00	0,20	39,80	133,80	39,80

Pas maximal (m) : 3,66

Utiliser un maillage rectangulaire si possible : Oui

Lisser les moments dans les coupes de résultats : Non

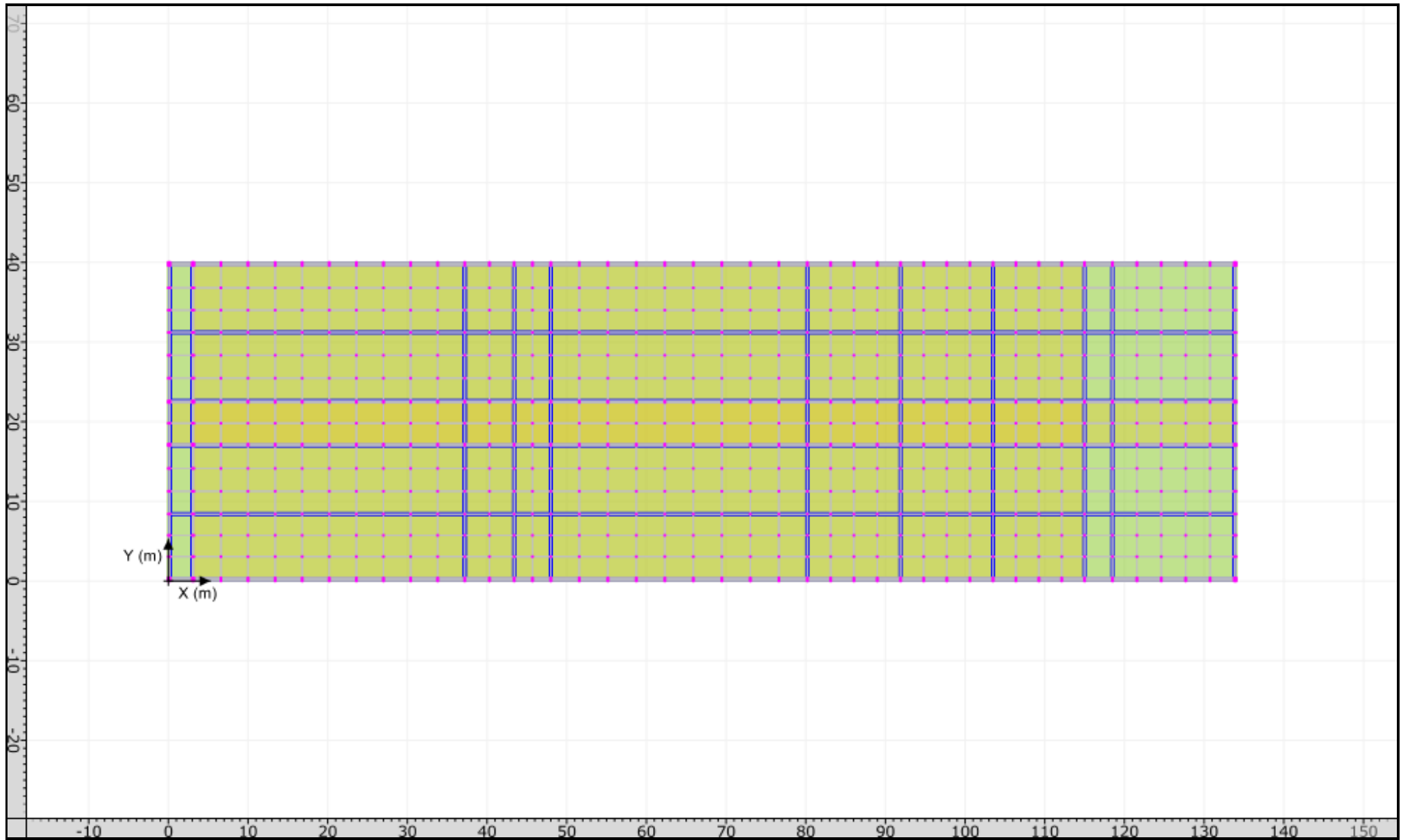


FoXta v4  
v4.1.12

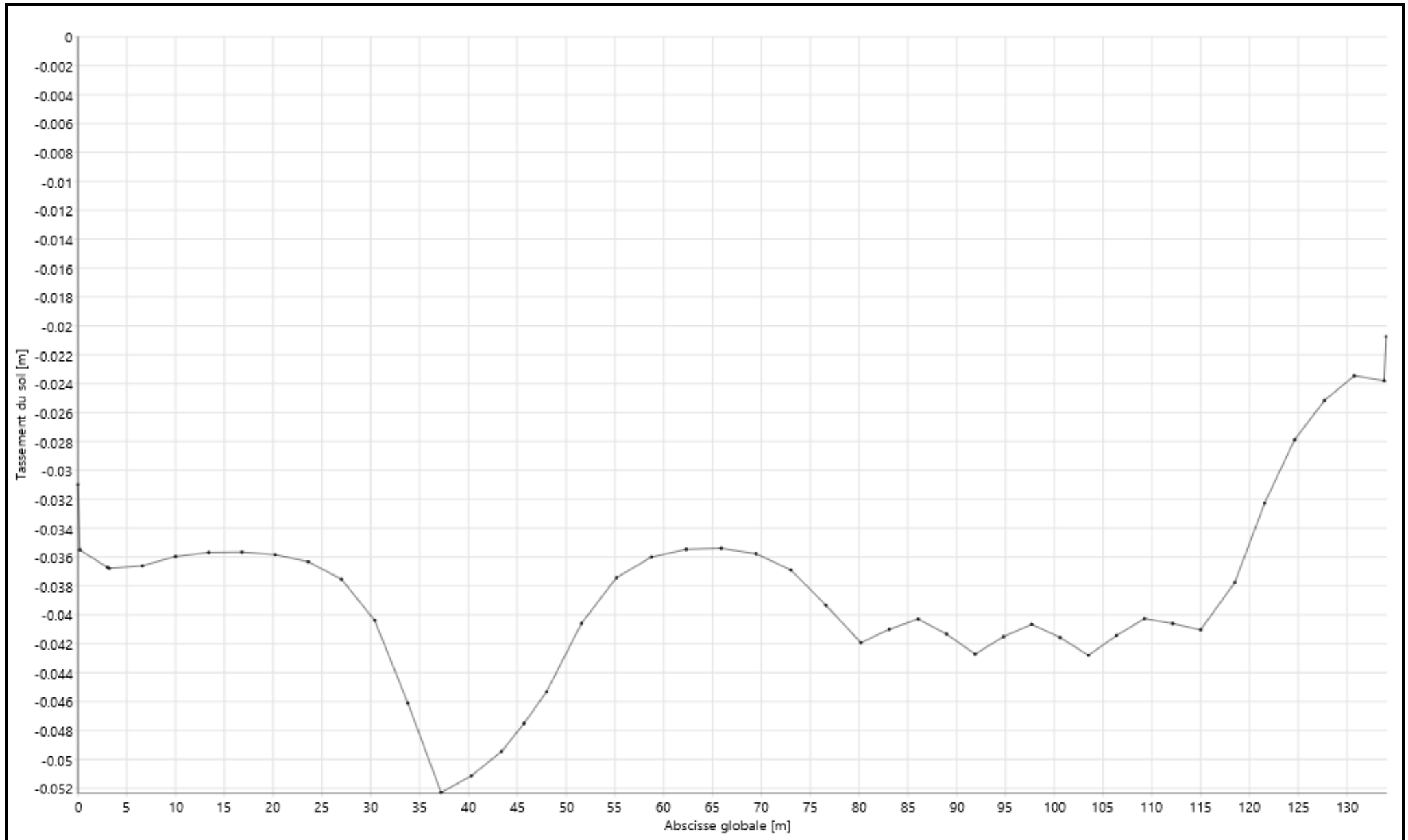
Imprimé le : 20/12/2022 - 11:27:14  
Calcul réalisé par : ABA-GEOL SA

Projet : VD05139\_tassements\_bassins\_radier\_0.5m\_rapport\_de\_consolidation\_oedom  
Module : Tasplaq (Plaque 1/1)  
Titre du calcul : ELS

# Onglet "Définition du maillage"



# Coupe / Tassement du sol / Y=20,00m





# Isovaleurs / Tassement du sol

