



**HAL**  
open science

# Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées

Jean-Sébastien Zabe

► **To cite this version:**

Jean-Sébastien Zabe. Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2018. dumas-02061037

**HAL Id: dumas-02061037**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02061037v1>**

Submitted on 7 Mar 2019

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

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

**JEAN-SEBASTIEN ZABE**

Mastère Spécialisé Eau Potable & Assainissement  
Promotion 2017 - 2018

**MS / EPA - 2018**

## **Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées**



**Organisme d'accueil :**



**Maîtres de stage :**

*Stéphane RENARD & Marc KOUCHBIN*

**Dates du stage :**

*02 mai 2018 au 02 novembre 2018*

**Date de soutenance :**

*21 novembre 2018*



## REMERCIEMENTS

Je commencerai mes remerciements par ceux adressés à Monsieur Marc Kouchbin, Directeur de TECHFINA France, pour avoir accepté de me prendre en stage au sein de son entreprise dès ma demande et pour m'avoir proposé un sujet de stage sur mesure à la hauteur de mes attentes voire au-delà.

Je tenais également à remercier Monsieur Stéphane Renard, mon maître de stage, avec qui j'ai passé beaucoup de temps au bureau et sur les stations pour fiabiliser et optimiser mes fiches. Il a partagé sans compter son expérience, son savoir-faire et son savoir-être.

Je remercie l'ensemble de l'équipe de TECHFINA France qui a fait preuve de prévenance et d'énormément de gentillesse pour que je me sente au mieux dans l'entreprise, de mon premier à mon dernier jour de stage. Toute l'équipe a pris le temps de répondre à mes questions et a participé à ma démarche en me faisant part de leurs observations avisées et bienveillantes.

Merci aussi à Monsieur Julien Laurent mon professeur référent ENGEES, qui a répondu à mes questions et qui a su me guider dans ma démarche d'approche.

Enfin, je tenais à remercier ma famille, plus précisément mon Épouse et mes deux petits garçons qui m'ont soutenu dans mes démarches et qui ont dû faire d'énormes sacrifices en mon absence à tout point de vue. Sans eux, cette année d'étude n'aurait pas été envisageable.

## RESUME

L'évolution constante des textes réglementaires, la sollicitation des clients, ainsi que la volonté de la Société TECHFINA France de toujours améliorer la qualité de ses prestations, l'ont poussée à entreprendre une démarche d'amélioration continue sur l'ensemble de son processus d'étude, de réalisation et de mise en route.

Le Traitement d'eau doit être force de conseils et de propositions dans les projets de conception ou de réhabilitation de stations de traitement d'eaux usées. Il est aussi et surtout le garant du parfait fonctionnement de la future station. C'est la raison pour laquelle, pour chaque projet, les critères de performance, de fiabilité, de simplicité et de coût sont recherchés et cela depuis l'étape de conception jusqu'à celle de la réception. Le concepteur doit faire preuve d'anticipation, d'écoute, et choisir ses équipements avec soin. Il doit aussi s'assurer que le génie civil est fait dans les règles de l'art, assurer une mise en route de qualité et former l'exploitant afin qu'il puisse prendre possession du procédé de traitement et être indépendant dès la réception.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail de fin d'étude :

### **« Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées »**

Plusieurs méthodes ont été nécessaires à la réalisation de cette étude. La première est celle du Lean Engineering avec son outil 6 SIGMA, pour redéfinir le besoin de l'entreprise et choisir les outils de fiabilisation. La seconde est la Sûreté de Fonctionnement avec son outil d'Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité (AMDEC) afin de renforcer et d'organiser le processus de fiabilisation. Grâce à un travail collaboratif avec les différents corps de métier de l'entreprise, les outils créés et mis en place comme les fiches de procédure ont permis de transcrire le savoir-faire de l'entreprise, de fiabiliser le processus de mise en route et d'envisager d'autres applications comme le suivi de l'évolution de l'exécution du chantier et un support d'aide à la formation de l'exploitant.

### **Mots Clés :**

Fiabilité ; Mise en service ; Mise en route ; Mise au point ; Lean Engineering ; 6 SIGMA ; Station de traitement des eaux usées ; Sûreté de Fonctionnement ; Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité ; AMDEC ; Procédure.

## SUMMARY

The constant evolution of laws, the request of customers and the desire of TECHFINA France to always improve the quality of its services, pushed it to undertake a continuous improvement process throughout its entire study process, its realization and start-up.

The waste water treatment plant(WWTP) designer must be a top advisor for projects of design or rehabilitation of WWTP. He is also and above all the guarantor of the perfect functioning of the future waste water treatment plant. This is why, for each project, criteria of performance, reliability, simplicity and cost are sought from the design stage to that of the reception. The designer must be proactive, attentive and choose his equipment carefully. He must ensure that the civil engineering is done in accordance with standard practice. He must also ensure a quality start and the training of the operator so that he can acquire the treatment process easily and be independent upon receipt of the plant.

This end-of-studies project falls within that context:

### **"Reliability of the start-up phase of an activated sludge treatment plant"**

Several methods were necessary to carry out this study. The first one is the Lean Engineering with its tool 6 SIGMA, to redefine the need of the company and choose the tools of reliability. The second one is the RAMS (reliability, availability, maintainability and safety) with its Failure Modes and Criticality Analysis Tool (FMEA) to reinforce and organize the reliability process. Thanks to a joint effort of the various company's departments, the tools created and implemented such as the procedure sheets, allowed to group the knowledge of the company, to make the starting process reliable and to consider other applications such as the monitoring of the evolution of the execution on the construction site and a support to make the operator's training easier.

### **Keywords:**

Reliability Commissioning; Getting started Focusing Lean Engineering; 6 SIGMA; Wastewater treatment plant; Operation Safety; Analysis of Failure Modes and their Criticality; FMEA; Procedure.

# SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES.....	7
ABREVIATIONS.....	8
GLOSSAIRE.....	9
AVANT – PROPOS.....	11
1 PRESENTATION DE LA SOCIETE TECHFINA.....	11
2 PRESENTATION DE L’ETUDE.....	12
PARTIE I / CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	14
1 MISE EN ROUTE D’UNE STATION D’EPURATION.....	14
1.1 DEFINITION DE LA MISE EN ROUTE.....	14
1.2 DESCRIPTION DES ETAPES.....	15
2 ANALYSE DES RISQUES DE DEFAILLANCE.....	16
3 CONCLUSION.....	17
PARTIE II / DEFINITION DU BESOIN & SOLUTION.....	19
1 PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE LEAN ENGINEERING.....	19
2 CHOIX DE LA METHODE D’ANALYSE « 6 SIGMA ».....	19
3 APPLICATION DE LA METHODE « 6 SIGMA ».....	21
3.1 ETAPE PREALABLE - CONSTITUTION DE L’EQUIPE DE TRAVAIL.....	21
3.2 <b>ETAPE 1 « DEFINE »</b> - DEFINITION DE L’OBJECTIF.....	21
3.3 <b>ETAPE 2 « MESURE »</b> - ATTENTES DE L’ENTREPRISE.....	22
3.4 <b>ETAPE 3 « ANALYSE »</b> - ANALYSE DE LA SITUATION.....	22
3.5 <b>ETAPE 4 « IMPROVE »</b> - SOLUTIONS D’AMELIORATION.....	23
3.6 <b>ETAPE 5 « CONTROL »</b> - VALIDATION DES SOLUTIONS.....	25
4 CONCLUSION.....	26
PARTIE III / SURETE DE FONCTIONNEMENT.....	27
1 STATION D’ETUDE.....	27
2 PRESENTATION DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT.....	32
2.1 DEFINITION.....	32
2.2 OBJECTIFS DE SÛRETE.....	32
2.3 OBJECTIFS DE MAINTENABILITE.....	33
2.4 OBJECTIFS DE FIABILITE.....	33
2.5 OBJECTIFS DE DISPONIBILITE.....	34
2.6 CONCLUSION.....	35
3 OUTIL D’ANALYSE AMDEC.....	35

<b>3.1</b>	<b>DEFINITION ET OBJECTIFS DE L'AMDEC</b> .....	35
<b>3.2</b>	<b>PROTOCOLE D'APPLICATION DE L'AMDEC</b> .....	36
<b>3.2.1</b>	<b>PREPARATION DE L'AMDEC</b> .....	38
<b>3.2.2</b>	<b>PHASE 1 – SITUATION</b> .....	38
<b>3.2.3</b>	<b>PHASE 2 – ANALYSE DU PROCESSUS INITIALE</b> .....	44
<b>3.2.4</b>	<b>PHASE 3 – ANALYSE DU PROCEDURE FIABILISE</b> .....	49
<b>4</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	52
	<b>PARTIE IV / RESULTATS OBTENUS</b> .....	53
<b>1</b>	<b>STRUCTURE DU SYSTEME DE FICHE</b> .....	53
<b>1.1</b>	<b>FICHE DE « LISTE DES EQUIPEMENTS PAR SYSTEME »</b> .....	53
<b>1.2</b>	<b>FICHE DE « MISE AU POINT DES EQUIPEMENTS »</b> .....	56
<b>1.3</b>	<b>FICHE DE « MISE AU POINT DU SOUS SYSTEME »</b> .....	59
<b>2</b>	<b>VALIDATION SUR SITE ET MODIFICATIONS</b> .....	62
<b>2.1</b>	<b>PREMIERE SESSION DE VALIDATION</b> .....	62
<b>2.2</b>	<b>SECONDE SESSION DE VALIDATION</b> .....	62
<b>2.3</b>	<b>TROISIEME SESSION DE VALIDATION</b> .....	63
<b>3</b>	<b>PISTES D'EVOLUTION</b> .....	63
	<b>CONCLUSION</b> .....	65
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	67
	<b>TABLE DES ANNEXES</b> .....	70

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Engagements de la Société TECHFINA dans la conception et la réalisation de ses installations .....	11
Figure 2: Chronologie de la mise en route – extrait du document du Synteau et inspiré du Fascicule 81 titre II.....	15
Figure 3: Synthèse des étapes de la méthode 6 SIGMA .....	20
Figure 4: Synthèse des avantages de la solution sous forme de fiches .....	25
Figure 5: Vue architecturale de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac .....	27
Figure 6: Vue aérienne des zones d'implantation de l'ancienne et de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac.....	28
Figure 7: Réseau d'assainissement de l'ancienne station de Choisy-Au-Bac .....	28
Figure 8: Réseau d'assainissement de la nouvelle station de Choisy-au-Bac.....	28
Figure 9: Synoptique du procédé de traitement de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac .....	30
Figure 10 : Diagramme des composantes d'un processus selon la démarche de Sûreté de Fonctionnement .....	32
Figure 11 : Diagramme des composantes de la disponibilité - Inspiré de l'ouvrage "Diagnostic des défaillances" de Gilles Zwingelstein.....	34
Figure 12/ Déroulement de l'AMDEC appliqué à l'étude .....	37
Figure 13: Schéma de décomposition fonctionnelle, inspirée de l'ouvrage de Gilles Zwingelstein « Diagnostic des défaillances.....	39
Figure 14: Décomposition fonctionnelle appliquée à la STEU de Choisy au Bac.....	40
Figure 15: Représentation de la défaillance fonctionnelle selon Gilles ZWINGELSTEIN 2009.....	43
Figure 16: Tableau AMDEC - représentation de la phase 1 - Situation .....	44
Figure 17: Arbre des causes de défaillance pour chaque composant .....	46
Figure 18: Tableau AMDEC - Représentation de la phase 2 - Analyse du procédé initial .....	49
Figure 19: Tableau AMDEC - Représentation de la phase 2 - Analyse du procédé fiabilisé .....	52
Figure 23: Objectifs des « Fiches équipements des sous-systèmes » .....	53
Figure 24: Matrice de la « Fiche Équipements des sous-systèmes » .....	55
Figure 25: Objectifs des « Fiches de mise au point des équipements ».....	56
Figure 26: Matrice de la « Fiche de mise au point des équipements » .....	58
Figure 27: Objectifs des « Fiches de mise au point des sous-systèmes » .....	59
Figure 28: Matrice de la « Fiches de mise au point des sous-systèmes » .....	61

## **ABREVIATIONS**

**AFNOR** : Association Française de **NOR**malisation

**AMDE** : Analyse des **Modes** de **DE**faillance

**AMDEC** : Analyse des **Modes** de **DE**faillance et de leur **Criticité**

**ARC** : Agglomération de la **Région** de **Compiègne**

**BE** : **Bureau** d'**Etude**

**BSR** : **Bassin** de **Stockage** et de **Restitution**

**CCTP** : **Cahier** des **Clauses** **Techniques** **Particulières**

**FNDAE** : **Fonds** **National** pour le **Développement** des **Adduction** d'**Eau**

**GMAO** : **Gestion** de **Maintenance** **Assistée** par **Ordinateur**

**IPR** : **Indice** de **Production** des **Risques**

**MES** : **Matières** **En** **Suspension**

**SdF** : **Sûreté** de **Fonctionnement**

**STEU** : **Station** de **Traitement** des **Eaux** **Usées**

## GLOSSAIRE

**Composant** : Appelé aussi matériel ou équipement. Ce sont les outils qui permettent d'assurer la fonction. Ce sont sur les composants que l'on effectuera de la maintenance, ils sont à l'origine de la défaillance [Diag. & Def.].

**Criticité d'une défaillance** : Combinaison de la sévérité (gravité) d'un effet et de la fréquence (occurrence) de son apparition, ou d'autres attributs d'une défaillance comme une mesure de la nécessité d'un traitement ou d'une atténuation [Af. 60812].

**Défaillance** : « Altération ou cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requises avec les performances définies dans les spécifications techniques » [Af. 60010].

**Diagnostic** : « Identification de la cause probable de la ou des défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test » [Af. 60010].

**Disponibilité** : « Aptitude d'un système à fonctionner lorsqu'on le sollicite » [Af. 60812].

**Effet d'une défaillance** : Conséquence du mode de défaillance en termes de fonctionnement, fonction ou état du dispositif [Af. – 60812].

**Fiabilité** : « Aptitude d'un système à accomplir sa mission dans des conditions données d'utilisation » [Af. 60812].

**Fonction** : Action d'une entité ou de l'un de ses composants, exprimée en terme de finalité

**Indice de Production des Risques** : Indice calculé en faisant le produit des différents critères de qualification de la défaillance (gravité, occurrence, détectabilité, remédiation). Il permet le classement des risques par ordre décroissant de sévérité.

**Maintenabilité** : « Aptitude d'un système à être entretenu ou remis en marche » [Af. 60812].

**Mesure préventive** : « Comprend l'ensemble des actions et mesures destinées à restaurer, en totalité ou partiellement, la marge de résistance des matériels non défaillants, lorsque ces tâches sont décidées en fonction du temps ou de la production, sans considération de l'état des matériels à cet instant » [Af 60010].

**Mesure correctives** : « Ensemble des activités ou mesures réalisées après la défaillance du bien ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement : ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement » [Af 60010].

**Mesures palliatives** : « Activités ou mesures correctives destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelées couramment dépannage, ces actions palliatives sont principalement constituées d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives » [Af 60010]

**Mesure curatives** : « Activités ou mesures correctives ayant pour objectif de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des actions ou mesures réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces actions peuvent être des réparations, des modifications ou des aménagements ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances » [Af 60010].

**Mode de défaillance** : « Un mode de défaillance est l'observation d'une panne ou de ce qui ne fonctionne pas correctement » [Af. 31010]. « Manière dont un dispositif tombe en panne » [Af.

60812]. Plus précisément, il s'agit d'un des états possibles d'une entité en panne pour une fonction requise donnée.

**Processus** : « Installation complexe assumant un objectif fonctionnel de haut niveau tel que la production de biens ou de services » [Diag. & Def.].

**Revamping** : Ensemble d'interventions sur une installation industrielle existante en vue de modifier et/ou accroître sa capacité de production ou de l'adapter à de nouvelles contraintes ou exigences techniques ou réglementaires.

**Risque** : Événement redouté évalué en terme de fréquence et de gravité. En sûreté de fonctionnement, il s'agit d'identifier les événements indésirables, d'évaluer la fréquence de leur survenue et de quoi elle dépend, d'évaluer la gravité de leurs survenues et de quoi elle dépend ; de prendre des décisions en fonction de leurs impacts sur le triplet « événement, fréquence, gravité » qu'on appelle risque.

**Sévérité** :

**Sous-système** : Élément composant le système assumant généralement une fonction [Diag. & Def.].

**Sûreté ou Sécurité** : « Aptitude d'un système à respecter l'utilisateur et son environnement » [Af. 31010].

**Systèmes** : Ensemble d'éléments interactifs ou reliés entre eux [Af 60812]. Ils permettent d'assurer les objectifs fonctionnels du processus et assurent une ou plusieurs fonctions bien définie(s) [Diag. & Def.].

# AVANT – PROPOS

## 1 PRESENTATION DE LA SOCIETE TECHFINA

La Société TECHFINA est née à Genève en Suisse en 1957. Son cœur de métier est le traitement des eaux usées et des boues résiduaires (urbaines et industrielles) à travers la réalisation d’installations partielles et/ou la réalisation de stations d’épuration clés en main.

Elle est composée de vingt-trois personnes, réparties sur trois sites : Genève (Suisse), Winterthur (Suisse) et Metz (France). Au-delà de leurs activités dans leur pays de domiciliation, les trois entités du groupe rayonnent sur tout le secteur francophone et jusqu’en Europe de l’Est.

TECHFINA FRANCE est composée d’une équipe de dix personnes, d’horizons et de formations complémentaires assurant en interne, l’ensemble des prestations de la conception jusqu’à la réception de l’installation par le Maître d’Ouvrage.

Porté par un slogan clair et en parfaite adéquation avec son activité ; « *Notre eau mérite d’être bien traitée* », le groupe affiche sa volonté d’excellence dans la réalisation de tous ses procédés et met en avant son profond intérêt pour le respect de l’environnement et la satisfaction de ses clients (figure 1).

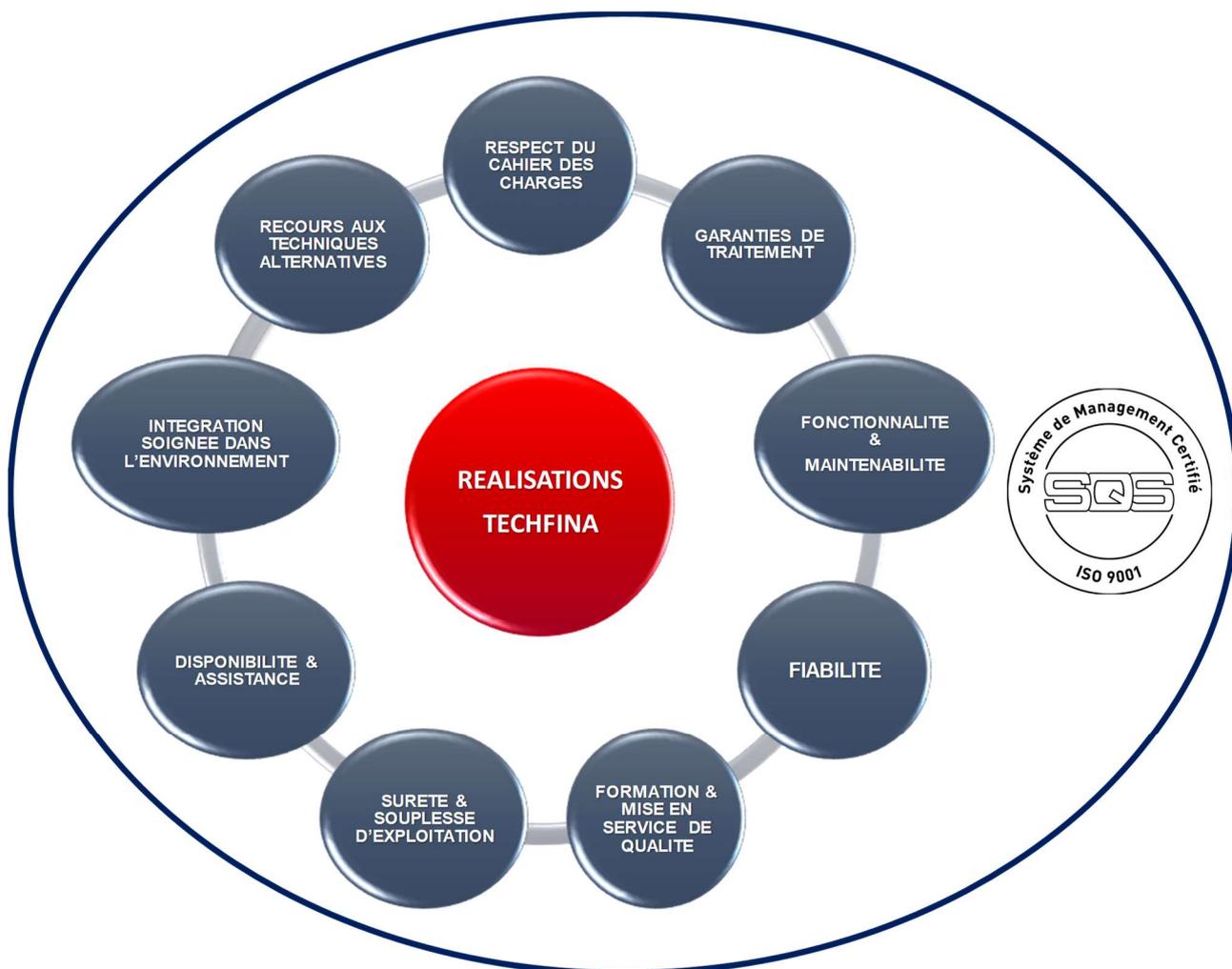


Figure 1: Engagements de la Société TECHFINA dans la conception et la réalisation de ses installations

## 2 PRESENTATION DE L'ETUDE

En tant que concepteur, le Traiteur d'Eau se trouve dans une position centrale dans le triptyque composé par le Maître d'Ouvrage, le Maître d'Œuvre et le Législateur. Il est le garant de la conception, de l'exécution, de la mise en service, du bon fonctionnement du procédé et bien entendu, du respect des objectifs de traitement des eaux usées et de la préservation du milieu récepteur. Grâce à sa longue expérience, à son exigence et à la mise en place d'un référentiel qualité SQS ISO 9001, TECHFINA France a toujours produit des installations de qualité et répondu très positivement aux attentes de ses clients.

Pour rester parmi les acteurs incontournables du marché, un remaniement des procédures internes de la société et la création de nouveaux outils s'avèrent nécessaires. Il est primordial de s'assurer du niveau de fiabilité des étapes de conception, de réalisation, de mise en service et d'anticiper l'évolution des contextes réglementaires, économiques et techniques.

La préservation du milieu récepteur est incontournable pour notre avenir. C'est pourquoi la réglementation évolue et se durcit au fil des années, avec notamment la réduction des capacités de traitement des stations concernées par les lois, la prise en compte des micropolluants, l'augmentation des taux de traitements, ... Pour TECHFINA France, en tant que Traiteur d'Eau, la conception des procédés de traitement est également impactée. La vigilance des Maîtres d'Ouvrage et des organismes de surveillance est de plus en plus poussée et cela transparaît dans la surveillance approfondie de l'étape de mise en route des stations de traitement des eaux usées (STEU). Dans l'arrêté du 21 juillet 2015 précisant nombre d'éléments techniques pour la conception et la gestion des STEU, on retrouve par exemple les notions de fiabilisation via la réalisation d'analyse de risques de défaillance, l'obligation de suivre (auto-surveillance) et de rendre compte (manuel d'auto-surveillance, manuel d'entretien) de la gestion et des résultats des capacités épuratoires des procédés de traitement. L'application stricte de ces recommandations et la sollicitation de ses clients sont à l'origine de la démarche de la Société TECHFINA France.

Selon les textes réglementaires, beaucoup de sujets sont sous la responsabilité des Maîtres d'Ouvrage. Malheureusement, ces derniers accumulent beaucoup de responsabilités comme l'eau potable, la voirie, l'urbanisme, la collecte des déchets et bien d'autres encore. La loi « NOTRE » qui doit entrer en vigueur dans les prochaines années, ajoute encore à l'envergure des responsabilités en menant souvent à la fusion des Collectivités en Communautés de Communes ou Communautés d'Agglomération. La complexité des documents et des technologies de traitement, l'absence de modèles et la nécessité de connaissances complexes rendent nécessaires le transfert de ces responsabilités vers les Maîtres d'Œuvre et, de plus en plus souvent, vers les Traiteurs d'Eau. Il y a donc nécessité d'anticiper la demande.

L'augmentation de la taille et du degré de sophistication des installations de traitement rendent les investissements et les budgets d'exploitation plus conséquents. Or, on constate concomitamment la réduction croissante des montants de subventions des Agences de Bassin et des Conseils Départementaux. Il en résulte la recherche inconditionnelle d'une haute fiabilisation des procédés. Les installations doivent être performantes, disponibles à la sollicitation, simples et faciles d'entretien. Enfin, la concurrence complète le tableau économique et pousse les Traiteurs d'Eau à revoir leurs processus de la conception à l'étape de mise en route, afin de rentabiliser les phases étude, chantier et mise en route.

Enfin, l'ensemble des éléments ci-dessus venant compléter l'augmentation du nombre d'affaires en exécution de TECHFINA, la notion de fiabilité prend alors toute sa place. La recherche de solutions pour l'optimisation de la gestion du temps et l'amélioration de l'efficacité des

interventions par la mise en place d'outils devient incontournable pour continuer à évoluer et garantir un niveau de qualité indiscutable pour l'ensemble des réalisations.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude, à savoir :

**« Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées »**

Ce travail de fin d'étude s'inscrit dans le domaine de l'ingénierie des méthodes de fiabilisation de processus et plus particulièrement dans l'optique de création d'un modèle de processus pour la fiabilisation de l'étape de mise en route des stations à boues activées conçues par l'entreprise.

TECHFINA a envisagé plusieurs pistes de fiabilisation comme la fiabilisation de la mise en route, la rédaction d'un nouveau modèle de manuel d'exploitation, ... Compte tenu de l'envergure et de la complexité des projets de TECHFINA, et après plusieurs échanges avec la Direction et les collaborateurs de l'entreprise, nous avons décidé d'uniformiser au maximum leurs différents chantiers, au moins au niveau de la méthodologie d'approche. Pour maximiser la pertinence de ce travail, il a été inclus dans une démarche globale « d'amélioration continue » et dans notre cas de « Lean Engineering ». Cette démarche suit un raisonnement logique et précis qui débute par la définition du besoin et s'achève par une validation via la réalisation de tests des outils d'amélioration en conditions réelles. La démarche est une trame générale pour la détection des solutions. Elle nécessite l'emploi de méthodes d'analyse pour définir le besoin de l'entreprise et implémenter les outils de fiabilisation. Pour la définition des besoins, la méthode que nous avons choisie est celle dite du « 6 SIGMA ». Cette méthode est simple dans son processus, universelle et pertinente. De plus, la notion de qualité y tient une part importante, restant ainsi en phase avec les méthodes de travail de TECHFINA. Pour étayer les outils de procédure, nous avons eu recours à la démarche de Sureté de Fonctionnement (SdF) et à son outil de diagnostic, l'Analyse des Modes de Défaillance Et de leur Criticité (AMDEC).

Le rapport ci-après est constitué de quatre parties. La première partie est consacrée au contexte réglementaire de la mise en route d'une station d'épuration et à la notion de fiabilisation.

La seconde partie est dédiée à la définition du besoin de l'entreprise, à la proposition et à l'explication du choix de la solution mise en place pour fiabiliser l'étape de mise en route, via la présentation et l'application de la méthode de Lean 6 SIGMA.

La troisième partie est consacrée à la présentation de la station de Choisy-au-Bac utilisée pour valider l'étude, à la présentation de la démarche de « Sûreté de Fonctionnement » ainsi qu'à l'application de son outil de diagnostic, l'AMDEC.

Enfin, la quatrième et dernière partie du rapport présentera le fruit du travail réalisé ainsi que les pistes d'évolution envisagées et envisageables.

# PARTIE I / CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Dans ce premier chapitre, je vous présenterai dans un premier temps la réglementation inhérente à la mise en route des STEU, fixant ses objectifs et sa place dans la construction de l'unité de traitement. Dans un second temps, je présenterai « l'analyse de risque de défaillance » qui a servi de base pour la création des outils de fiabilisation et qui est mise en avant dans les textes réglementaires.

## 1 MISE EN ROUTE D'UNE STATION D'EPURATION

### 1.1 DEFINITION DE LA MISE EN ROUTE

La mise en route est la dernière des trois grandes phases du processus de conception et de réalisation d'une STEU après la phase d'étude et la phase chantier. D'un point de vue industriel, la mise en service est définie comme l'ensemble des opérations qui commencent à partir du "prêt au démarrage" afin d'amener l'installation à un fonctionnement stable et continu selon le cahier des charges. Ces opérations vont de la mise en service jusqu'à la marche de l'unité à l'allure de calcul. Ramené à la réglementation en vigueur pour les STEU, la mise en service est plutôt appelée Mise en Route. Elle débute à la fin de la phase chantier et s'achève au moment où l'installation prend en charge l'ensemble des effluents bruts du réseau d'assainissement.

Toutes les étapes de la conception d'une STEU sont très réglementées, tant au niveau de la composition technique qu'au niveau des étapes de la mise en route. Si les textes contiennent beaucoup d'éléments techniques pour les opérations unitaires qui composent le procédé de traitement, il n'en est rien pour l'étape de mise en route. En effet, les textes donnent principalement des éléments de délais et d'objectifs, mais aucun ne concernent la méthode. Cette dernière est laissée à la discrétion du Traiteur d'Eau et à son savoir-faire.

La mise en route est une étape obligatoire. La réception définitive par le Maître d'Ouvrage ne pourra être faite qu'après sa validation par lui ou son Maître d'Œuvre. Ses objectifs, attendus à la fois par le Maître d'Ouvrage, le Traiteur d'Eau et le Législateur, répondent aux impositions réglementaires fixées par le fascicule 81 titre II [Fasc.81-II] et par l'arrêté du 21 juillet 2015 [Ar. 21/07/15] :

- ⇒ Validation des performances de l'installation.
- ⇒ Conformité aux exigences définies dans le cahier des charges.
- ⇒ Validation de toutes les séquences d'automatisme.
- ⇒ Validation du fonctionnement du système d'auto surveillance.
- ⇒ Validation du fonctionnement de la supervision et du report des alarmes.
- ⇒ Validation du respect de la sécurité du personnel d'exploitation.
- ⇒ S'assurer de la mise en place dans les règles de l'art des équipements.
- ⇒ Garantir la pérennité des ouvrages et des équipements.
- ⇒ Assurer la formation du personnel d'exploitation pour qu'il soit indépendant et qu'il prenne en main l'installation.

Certains objectifs sont cependant spécifiques au Traiteur d'Eau :

- ⇒ Satisfaction du Maître d'Ouvrage, du Maître d'Œuvre et de l'exploitant.
- ⇒ Obtention du PV de réception de l'installation pour débiter la période de garantie.
- ⇒ Limiter les interventions d'ajustement.

Compte tenu de la complexité et des enjeux du procédé de traitement d'une STEU, la mise en route est décomposée en plusieurs sous-étapes représentées dans la figure 2 ci-après.

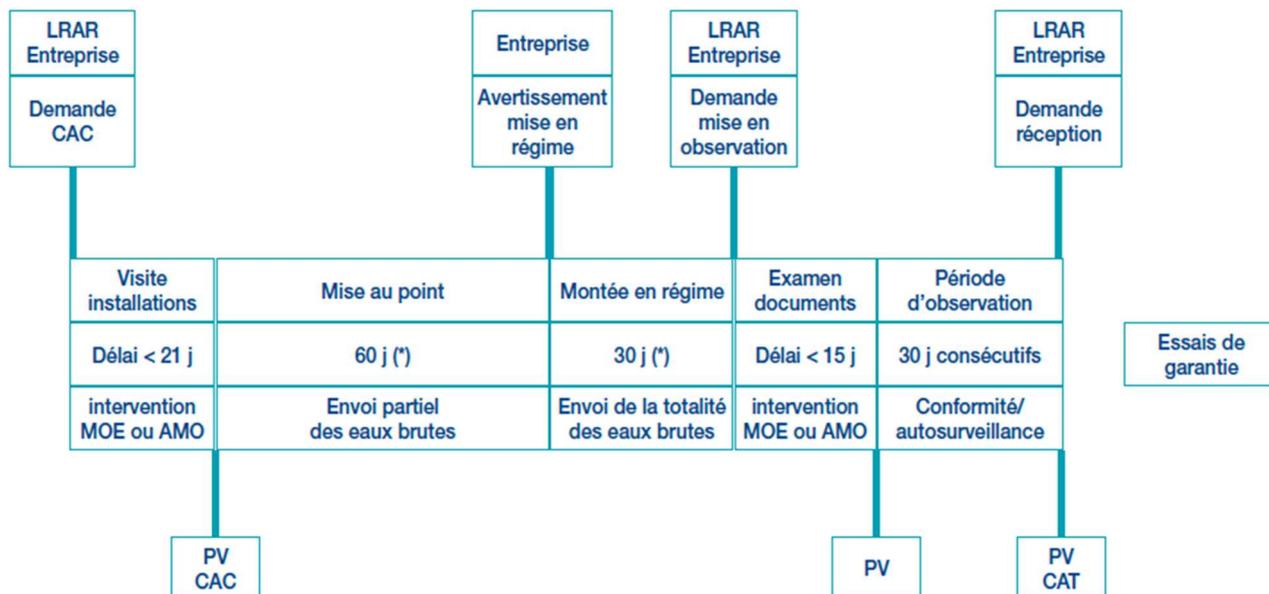


Figure 2: Chronologie de la mise en route – extrait du document du Synteau et inspiré du Fascicule 81 titre II

Le procédé est composé d'une suite importante d'opérations unitaires auxquelles vient s'ajouter la notion de risque (chutes, asphyxie, coincement, ...). De plus, il doit assurer le traitement des effluents, voire garantir la continuité du traitement lorsqu'une nouvelle station remplace une station devenue obsolète. Il n'est envisageable de basculer la fonction de traitement de l'ancienne sur la nouvelle station qu'à condition que la nouvelle STEU soit entièrement opérationnelle. Il n'est pas possible de revenir en arrière car le phasage des travaux est millimétré, tout comme le délai à respecter. La décomposition de la mise en route est donc nécessaire pour valider point par point tous les éléments techniques, sécuritaires, et environnementaux. La mise en régime de la station est progressive. Le volume d'effluents bruts est géré progressivement sous forme de paliers. Le passage au palier supérieur dépend de la validation par le Maître d'Ouvrage ou son Maître d'Œuvre d'un certain nombre d'éléments comme la validation du parfait fonctionnement de chacun des composants. L'annexe 1 donne une synthèse sous forme de synoptique de l'ensemble de la démarche de mise en route d'une STEU selon les préconisations du Fascicule 81 titre II [Fas. 81-II] et la fiche d'aide du Synteau [Syn. 201206].

## 1.2 DESCRIPTION DES ETAPES

La période de mise en route de la STEU débute un peu avant la fin de la phase travaux. En effet, une fois le génie civil achevé et les équipements mis en place, le Metteur en Route met en eau la station. Il procède à la configuration des équipements (sens de rotation, niveau d'huile, paramétrage...), s'assure de la sécurisation individuelle et collective sur le site et raccorde tous les équipements à la supervision. Afin d'obtenir l'autorisation de procéder à la mise au point, il y a un premier palier de vérification, réalisé par le Maître d'Ouvrage ou son Maître d'Œuvre. Cette période de validation des prérequis est sous la responsabilité du Maître d'Ouvrage et a plusieurs objectifs :

⇒ Vérifier si tous les ouvrages de génie civil sont conformes au cahier des charges et si les tests d'étanchéité ont été faits et, bien entendu, qu'il n'y a pas de mal-çon ni de fuite. Le concepteur réunira tous les procès-verbaux l'attestant.

⇒ Vérifier la concordance entre les équipements prévus et ceux mis en place par le Traiteur d'Eau.

⇒ Vérifier si tous les dispositifs de sécurité collectifs et individuels sont mis en place (garde-corps, grille de protection antichute des regards, consuel, détecteur de gaz, ...).

⇒ Vérifier la mise en place et le fonctionnement de la supervision et du report d'alarme.

Grâce à l'obtention du Certificat d'Achèvement de la Construction, le Metteur en Route peut débiter l'étape de mise au point de la station. C'est l'étape la plus technique et la plus chargée du processus de mise en route de la station. Pendant soixante jours, le Metteur en Route procède aux tests et aux réglages du matériel, en eau ou directement avec les premiers effluents bruts du réseau (de cette façon, il gagne du temps sur la période nécessaire à l'ensemencement du bassin d'aération). Tout au long de cette étape, le Metteur en Route commence la formation du personnel d'exploitation mis à disposition par le Maître d'Ouvrage. L'emploi de cette période pour débiter la formation est cruciale car l'exploitant peut y apprendre à paramétrer les équipements, faire les tests d'usage sous la tutelle du concepteur et apprendre à diagnostiquer les défaillances. À l'issue de cette étape, tous les éléments du procédé doivent atteindre leur régime normal de fonctionnement.

L'étape suivante est la Mise en Régime de l'installation. À son terme (trente jours), la totalité des volumes d'effluents à traiter est envoyée dans la nouvelle station. L'ensemencement ayant été anticipé au moment de la mise au point, il est alors possible de valider la capacité de traitement de la station. Cette étape est l'occasion de terminer la formation de l'exploitant en travaillant avec lui dans les conditions auxquelles il sera confronté après réception.

Toutes les étapes aval jusqu'à la réception de la STEU sont dédiées à la validation par le Maître d'Ouvrage du bon fonctionnement de la station. La gestion du procédé reste sous l'entière responsabilité du concepteur mais l'exécution des tâches est faite par le personnel d'exploitation.

L'objectif de cette étude est de mettre en place un outil de fiabilisation de la mise en route de la station. Il apparaît que sur toute la période de mise en route, les premières étapes seront directement concernées par le processus de fiabilisation, à savoir celles de Mise au Point et de Mise en Régime. Pendant ces 90 jours, le procédé sera testé, le personnel d'exploitation sera formé et les défaillances inhérentes à la mise en place seront solutionnées. Ce n'est qu'à cette seule et unique condition que la STEU sera réceptionnée par le Maître d'Ouvrage et que le Traiteur d'Eau achèvera officiellement son travail.

Si cette étape n'est pas faite dans les règles de l'art, le Traiteur d'Eau devra alors assumer financièrement tous les dysfonctionnements, les retards, les pannes voire les accidents. Afin de garantir au Maître d'Ouvrage une installation de qualité et livrée dans les temps, la notion de fiabilité, à travers l'analyse des risques de défaillance, est présente dans les textes.

## 2 ANALYSE DES RISQUES DE DEFAILLANCE

La Directive Eaux Résiduaires Urbaines de 1991 [DERU] « a pour objet de protéger l'environnement contre une détérioration due aux rejets des eaux résiduaires précitées ». Depuis, la réglementation a évolué, notamment en ce qui concerne la préservation ou le retour au « bon état écologique des milieux récepteurs ». Afin de garantir au mieux la préservation des milieux récepteurs, la notion de fiabilité a été introduite dans les textes réglementaires et notamment celui du fascicule 81 titre II au niveau de l'article III.1 : « L'entrepreneur fournira une note de fiabilité dans le cadre de sa réponse à l'appel d'offres. Après jugement des offres, l'entrepreneur retenu complétera la note de fiabilité [...] par une analyse des risques de défaillance pour toute installation de plus de 9 tonnes de DBO5/j » (150000 Équivalents habitant) [Fasc. 81-II].

Si le législateur tolérait un « droit à l'erreur » il y a encore quelques années pour les petites STEU, la possibilité de faire les modifications une fois l'incident passé n'est plus envisageable à présent. La volonté du retour au bon état écologique des cours d'eau (milieu récepteur privilégié pour les rejets de station) est bien omniprésente. De plus, la recherche de rentabilité de l'investissement quant à la durée de vie des installations et les répercussions financières liées au

non-respect de la réglementation étant de plus en plus lourdes, la fiabilité devient un axe de réflexion incontournable pour les Maîtres d'Ouvrage et par conséquent pour le Traiteur d'Eau.

C'est dans cet élan que l'Arrêté du 21 juillet 2015 [Ar. 21/07/15] dans l'article 7, met en avant l'obligation de réaliser une analyse des risques de défaillance y compris pour les petites stations à partir de 2 000 équivalents habitants :

*« Avant leur mise en service, les stations de traitement des eaux usées de capacité nominale supérieure ou égale à 12 kg/j de DBO5 font l'objet d'une analyse des risques de défaillance, de leurs effets ainsi que des mesures prévues pour remédier aux pannes éventuelles. Cette analyse est transmise au service en charge du contrôle et à l'agence de l'eau ou l'office de l'eau ».*

Pendant, dans ce même arrêté, est listé un certain nombre de situations exceptionnelles pour lesquelles le dysfonctionnement de la station est toléré :

*« - fortes pluies, telles que mentionnées à l'article R. 2224-11 du code général des collectivités territoriales ;  
- opérations programmées de maintenance réalisées dans les conditions prévues à l'article 16, préalablement portées à la connaissance du service en charge du contrôle ;  
- circonstances exceptionnelles (telles que catastrophes naturelles, inondations, pannes ou dysfonctionnements non directement liés à un défaut de conception ou d'entretien, rejets accidentels dans le réseau de substances chimiques, actes de malveillance) ».*

Lors de ces « situations exceptionnelles », la station se retrouve généralement en dysfonctionnement et le traitement des effluents est effectué de façon dégradé voire pas du tout. Le diagnostic de fiabilité tiendra compte de ces situations et les solutions apportées ne seront pas en mesure de compenser entièrement la dégradation du traitement.

Poussée par l'Europe et sous le poids d'un contentieux avec elle, la France est revenue dans le peloton de tête des pays de l'Union qui respectent le mieux la réglementation. D'après le dernier rapport de la Commission Européenne de 2016, 89% des stations françaises seraient en conformité en matière de traitement secondaire. La sensibilisation à la fiabilisation des STEU même les plus petites a eu des répercussions indiscutables sur l'amélioration des cours d'eau. Le renforcement des installations (anciennes ou nouvelles) est une des clefs de voûte pour continuer cette progression [Com. Ar. 21/07/15].

L'analyse des risques de défaillance fait donc maintenant partie intégrante des outils pour valider l'état d'une unité de traitement existante ou pour qualifier la démarche de la création d'une nouvelle station d'épuration. Cette analyse est sous la responsabilité du Maître d'Ouvrage. Il doit créer la trame et y poser ses interrogations ainsi que son expérience s'il possède déjà une STEU. Or, à ce jour, les Maîtres d'Ouvrage ne le font que trop peu, certainement car il n'existe pas de trame officielle pour la rédaction de cette analyse. On trouve cependant des suggestions dans les Commentaires techniques de l'Arrêté du 21/07/2015 [Ar. 21/07/15] au niveau de la partie 1 : « L'analyse pourra se présenter sous la forme d'un tableau prenant en compte les entités fonctionnelles de la STEU comme le poste de relevage, le prétraitement, le traitement biologique, le traitement des boues, la ventilation-désodorisation, l'auto-surveillance et l'électricité-automatisme. [...] Les analyses de risques de défaillance peuvent être réalisées avec la méthode AMDEC ou toute autre méthode équivalente. Ces méthodes doivent permettre d'obtenir une liste de recommandations à mettre en œuvre pour maîtriser le risque et une évaluation du niveau de risque résiduel » [Com. Ar. 21/07/15].

### 3 CONCLUSION

Du point de vue réglementaire, le Traiteur d'Eau est dans l'obligation de concevoir ses stations pour qu'elles soient conformes techniquement et qu'elles aient une capacité de traitement

permettant la protection du milieu récepteur. Il doit aussi livrer son installation dans les temps et s'assurer qu'elle est protégée au mieux contre les risques de défaillance.

Afin de valider tous ces points, l'étape de mise en route assure la fonction de « pare-feu » en règlementant la procédure au niveau de son organisation, des points à contrôler, du rôle des différents acteurs, ...

Les textes officiels ne donnent pas d'éléments techniques sur la mise en route. En revanche, l'analyse des risques mise en avant dans l'Arrêté du 21 juillet 2015, apparaît comme un outil parfaitement valable pour composer des bases solides pour l'étude de fiabilisation.

## PARTIE II / DEFINITION DU BESOIN & SOLUTION

Avant le travail de fiabilisation de l'étape de mise en route, il a fallu définir le besoin exact de l'entreprise. Plusieurs chantiers de réflexion sont à venir au sein de TECHFINA et l'homogénéisation de leur approche est importante. Cette homogénéisation permet de simplifier les démarches futures et de fixer une base solide pour les différents chantiers. Nous avons choisi d'avoir recours aux méthodes de Lean et à ses outils.

### 1 PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE LEAN ENGINEERING

Le « Lean Engineering » est une démarche inspirée du « Lean Manufacturing », développée dans les années 80 par le groupe Toyota, afin d'améliorer la conception et le développement de ses produits. Cette démarche, dédiée initialement à l'industrie manufacturière, a été déclinée au cours du temps pour l'ingénierie, afin de structurer la démarche de conception, d'étude et de mise en service des produits, ici dans notre cas, le procédé de traitement des eaux urbaines et plus précisément le processus de mise en route.

Christian Hohmann, expert reconnu dans le domaine du « Lean », définit le « Lean Engineering » comme « le développement de produits meilleurs, plus rapidement et de manière efficiente » [C. HOHMANN. Lean]. Dans notre cas, mettre en route une station de la meilleure façon, rapidement et efficacement. En d'autres termes, la démarche de « Lean » est une méthode anti-gaspillage pour le concepteur et le client [Af. 06091].

L'objectif de la méthode est de permettre la mise en place d'un processus fiable de « mise en route » satisfaisant aux exigences du client (Maître d'Ouvrage), du législateur et de l'entreprise. Le Traiteur d'Eau officie dans un contexte économique tendu. Il porte la responsabilité du respect de la réglementation et du parfait fonctionnement de son procédé. Les marges financières produites sont limitées et peuvent disparaître dès l'apparition de la moindre difficulté. Le Traiteur d'Eau vend principalement son temps d'étude et de présence sur le chantier. En augmentant le rendement de la gestion du projet de la conception à la réalisation, il gagne du temps et assure donc l'amortissement de son chiffre et garantit sa marge financière. En focus sur notre projet, plus la mise en route est fluide et précise, moins il passe de temps à la faire et moins il a de risques de défaillance nécessitant un retour sur site, une casse, le non respect de la qualité des rejets au milieu récepteur (insatisfaction du législateur) ou la réduction de la pérennité de l'ouvrage (insatisfaction du Maître d'Ouvrage).

La réussite de la démarche dépend essentiellement de la façon dont elle sera mise en place et du respect de quelques préceptes de base :

- ⇒ Choix et application de la « bonne méthode d'analyse » ;
- ⇒ Participation en amont des collaborateurs concernés par le sujet et constitution d'une équipe de travail judicieuse et performante.

### 2 CHOIX DE LA METHODE D'ANALYSE « 6 SIGMA »

Une méthode d'analyse adéquate doit suivre une procédure éprouvée répondant aux besoins de l'entreprise et de ses collaborateurs. Un critère de choix important est de trouver une méthode unique qui réponde à tous les besoins de l'entreprise. En effet, la multiplication des méthodes fragilise sa mise en place et limite son efficacité. La méthode doit donc uniformiser

l'approche, envisager tous les problèmes, apporter une solution validée par toute l'entreprise et idéalement être testée en conditions réelles.

La méthode choisie est celle dite du « 6 SIGMA » appelée aussi du « DMAIC » (Define, Measure, Analyse, Improve, Control). Elle permet de réaliser, de façon approfondie, un état des lieux du besoin, de ce qu'il y a déjà en place, de ce qu'il manque et de faire une ou des propositions pour améliorer les choses, sans oublier l'aspect « Qualité ». Ce dernier passe par une validation des solutions dans le contexte de l'entreprise, avec les collaborateurs concernés (aspect cher à TECHFINA).

La méthodologie « 6 SIGMA » est composée de cinq grandes étapes synthétisées dans la figure 3 [C. HOHMANN. DMAIC] :

- **Define (définir)** : cette première étape est la plus importante de la méthode. Il s'agit de définir simplement et très clairement le besoin de l'entreprise.
- **Measure (mesurer)** : dans cette étape, on définira les attentes de l'entreprise par rapport au besoin exprimé dans la première étape (attentes techniques voir financières).
- **Analyse (analyser)** : analyser les problèmes rencontrés actuellement et pour lesquels il faudra apporter des solutions, ainsi que les forces (moyens en place, potentiel, ressources humaines, ...) et faiblesses (habitudes, acquis, automatismes, ...) de l'entreprise.
- **Improve (améliorer)** : mise au point des méthodes et des outils pour résoudre les dysfonctionnements et améliorer le processus.
- **Control (contrôler)** : contrôler la qualité des moyens mis en place par son utilisation en conditions réelles par le concepteur et par les futurs utilisateurs.

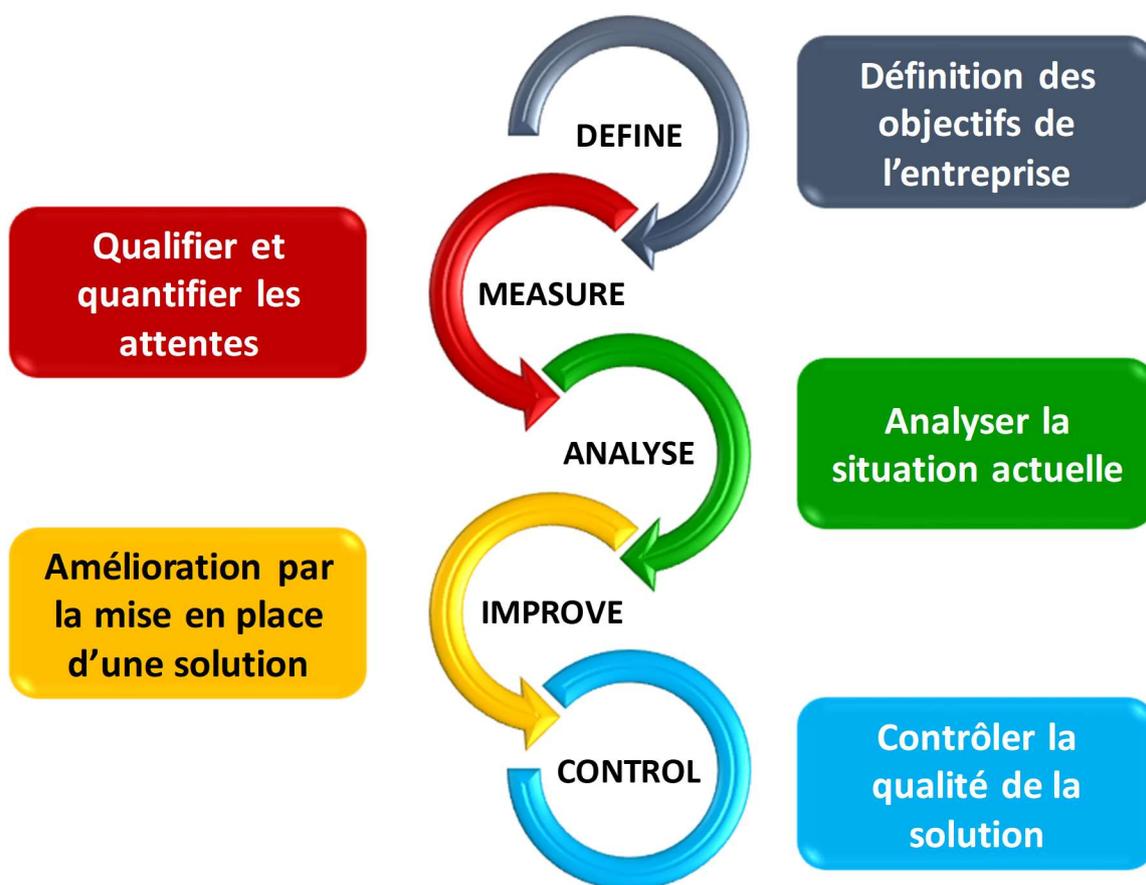


Figure 3: Synthèse des étapes de la méthode 6 SIGMA

### 3 APPLICATION DE LA METHODE « 6 SIGMA »

#### 3.1 ETAPE PREALABLE - CONSTITUTION DE L'EQUIPE DE TRAVAIL

Un des préceptes de base de la démarche de « lean » est d'inclure au maximum les collaborateurs dans la réflexion, le plus en amont possible, afin de les faire adhérer au mieux à la méthode. De plus, depuis l'étape de conception jusqu'à celle de réception du procédé, le travail du Traiteur d'Eau nécessite la mise en commun de connaissances et de compétences pluridisciplinaires (commerciale, techniques de conception, techniques de chantier, ...). La mise en place de l'équipe de réflexion doit être à l'image des ressources nécessaires à la réalisation de l'affaire. C'est une étape préliminaire primordiale qui ne peut être exclue. La participation des collaborateurs et les échanges en équipe pendant l'ensemble de la durée de l'étude sont des vecteurs prolifiques pour eux ainsi que pour l'entreprise et renforce l'efficacité de la méthode.

Dans le cadre de l'étude, la mise en place de l'équipe de réflexion a permis d'échanger avec l'ensemble des collaborateurs de l'entreprise en amont et pendant l'étude pour :

- ⇒ Comprendre leurs façons de travailler ;
- ⇒ Centraliser le savoir-faire des collaborateurs ;
- ⇒ Comprendre la logique de conception des procédés de traitement ;
- ⇒ Valider les attentes du Maître d'Ouvrage et orienter la rédaction des procédures ;
- ⇒ Connaître les attentes et les besoins des futurs utilisateurs des outils ainsi que ceux de la Direction ;
- ⇒ Recueillir les points de vue, les remarques, les suggestions et aussi et surtout les objections ;
- ⇒ Valider la solution retenue (contenu, présentation, ...).

**Ce sont les collaborateurs qui construisent leur méthode de travail.**

#### 3.2 ETAPE 1 « DEFINE » - DEFINITION DE L'OBJECTIF

L'objectif principal de l'entreprise est de fiabiliser l'étape de mise en route de ses nouvelles stations d'épuration pour les raisons suivantes :

⇒ **La QUALITE.** La station doit être mise en service dans les règles de l'art afin :

- De proposer une installation sécurisée pour les exploitants ;
- D'atteindre les objectifs de qualité de traitement fixés dans le cahier des charges ;
- De s'assurer que tous les équipements en place soient conformes aux documents d'exécution ;
- De respecter les procédures de mise en place et de mise en service préconisées par les fabricants, ceci afin de pérenniser l'installation ;
- D'exploiter au mieux chaque équipement mis en place en recherchant leur rendement optimal ;
- D'assurer une formation de qualité aux futurs exploitants et de les motiver pour l'entretien et le suivi de leur future installation ;
- De satisfaire aux exigences de plus en plus grandes mais justifiées de la réglementation, des Maîtres d'Ouvrage et des Maîtres d'Œuvre.

⇒ **Le RESPECT DES DELAIS.** Le processus de mise en service doit être fluide dans son déroulement afin :

- De pallier aux imprévus éventuels.

- D'assurer la continuité de traitement pendant toute la phase travaux. En effet, c'est pendant la phase de mise en route que la bascule entre l'ancienne et la nouvelle station est totale. Le retour en arrière ou le prolongement du délai avant le basculement peuvent avoir des répercussions importantes sur l'objectif de qualité de traitement.

⇒ **La RENTABILITE FINANCIERE.** Celle-ci découle directement des deux premières. Une qualité insuffisante ou des délais non respectés ont des conséquences financières importantes pour le Traiteur d'Eau :

- Des pénalités de retard peuvent lui être imputées.
- Le temps de remédiation des problèmes et les nombreux déplacements, à la charge exclusive du traiteur d'eau, alourdissent ses dépenses et réduisent sa marge.
- Le décalage dans le temps de l'obtention des procès-verbaux de réception décale concomitamment le règlement et allonge la durée de garantie à la charge du traiteur d'eau.

### 3.3 **ETAPE 2 « MESURE » - ATTENTES DE L'ENTREPRISE**

Des besoins de l'entreprise découlent l'expression de ses attentes vis-à-vis de la (ou des) solution(s) de fiabilisation mise(s) au point :

- ⇒ Faciliter l'osmose entre le Bureau d'Études (BE), l'Exécution et les Metteurs en Route, en regroupant les connaissances et doléances de chacun ;
- ⇒ Simplifier la mise en route de la station ;
- ⇒ Aborder avec exhaustivité toute la procédure de mise en route ;
- ⇒ S'adapter si possible à un maximum de procédés de traitement ;
- ⇒ Être évolutive en fonction des avancées techniques et réglementaires ;
- ⇒ Être utilisée partout et par tous ;
- ⇒ Envisager d'autres débouchés à l'utilisation des fiches ou d'autres déclinaisons ;
- ⇒ Rester dans l'esprit de l'entreprise au niveau de la présentation.

### 3.4 **ETAPE 3 « ANALYSE » - ANALYSE DE LA SITUATION**

Le processus de mise en route d'une nouvelle station de traitement est borné dans le temps. Il doit respecter une chronologie précise imposée par le fascicule 81 – II [Fasc. 81-II]. Il est généralement transcrit sur un planning de type diagramme de Gantt. Le diagramme liste l'ensemble des étapes à faire lors de la mise en route mais pas dans le détail, ce n'est pas une notice technique. Pendant un laps de temps réduit, une quantité importante d'équipements doit être vérifiée, paramétrée et testée, sans oublier les aspects de sécurité et de surveillance. Si une étape est oubliée, le procédé peut être altéré, les équipements endommagés et surtout la sécurité du personnel de mise en route et d'exploitation peut en souffrir.

Les délais d'exécution et les prix diminuent. Par contre, les exigences et le nombre d'affaires augmentent et, malgré la grande expérience des équipes de l'entreprise et la haute qualification de son personnel, le risque de défaillance dans la mise en route est présent. Chaque défaillance et toute perte de temps dans le déroulement de la mise au point engendre une perte financière non négligeable pour le Traiteur d'Eau.

Actuellement, il n'existe pas de supports ou de guides exhaustifs pour la mise en route dans la littérature, seulement des guides d'aide au diagnostic comme les fiches techniques du FNDAE. Au sein de l'entreprise, chaque installation est travaillée et préparée individuellement. Cette façon de faire, chronophage pour l'entreprise et ses collaborateurs, reste perfectible.

### 3.5 **ETAPE 4 « IMPROVE » - SOLUTIONS D'AMELIORATION**

Les outils internes à l'entreprise comme le diagramme de Gantt, le descriptif de fonctionnement du procédé et la notice de fiabilité ne sont pas suffisants pour fiabiliser la mise en route, répondre à toutes les attentes des clients et du législateur et se préserver d'un risque de défaillance éventuel. En effet, les installations sont de plus en plus sophistiquées et complexes. Une connaissance approfondie et exhaustive des risques est nécessaire et la création d'outils devient primordiale.

La solution d'amélioration de l'étape de mise au point retenue par l'entreprise et moi-même est donc la rédaction de fiches de procédure. Cet outil nous est apparu comme le plus à-même de respecter l'ensemble des attentes de l'entreprise [figure 4]. En effet, l'emploi de fiches de procédure permet :

#### ⇒ **De regrouper les connaissances :**

La conception d'une STEU dépend principalement des orientations prises par le Maître d'Ouvrage ou par son Maître d'Œuvre en amont du projet. En effet, même si le concepteur est force de propositions, ces dernières ne sont pas systématiquement retenues au moment de la réalisation. Les habitudes de conception du Traiteur d'Eau doivent souvent être mises de côté aux profits de celles de son client (retour d'expérience, habitude, réglementation, ...).

Au moment du passage en exécution le Metteur en Route et l'Ingénieur Exécution prennent connaissance et valident les choix techniques avec le Bureau d'Étude (BE). Ils apportent leur vision pratique du procédé. Le Metteur en Route et l'Ingénieur Exécution ne participent pas ou rarement à la conception de la station au moment du projet. Les fiches synthétisent les choix fait par le client et implantés par le BE (mode de fonctionnement, sécurisation du procédé, type d'équipement, ...) avec l'aval du Metteur en Route et de l'Ingénieur Exécution. La centralisation des informations dans les fiches permettra de constituer une base de données pour faciliter l'étape de conception des futurs projets pour le BE.

#### ⇒ **Méthode simple d'utilisation**

L'objectif des fiches est de ne pas allonger le temps de travail des metteurs en route. Les fiches sont conçues sous un seul et même format, une même logique et sont pourvues d'un maximum d'items fermés avec des cases à cocher par exemple, des unités pré-remplies, des menus déroulants, ... De plus, elles doivent contenir tous les équipements possibles, même ceux qui ne sont pas nécessaires au procédé. Il est toujours plus simple d'enlever des postes que d'en rajouter.

#### **Exemple :**

La fiche du poste de relevage contient quatre pompes ainsi que leurs périphériques (protection thermique moteur, protection contre l'humidité, ...) et non deux, même si la plupart des postes de relevage des petites stations n'ont recourt qu'à deux pompes (1+1 secours). En effet, dans certains cas, les postes de relevage requièrent l'utilisation de deux à quatre pompes en combinaison 1+1, 2+1 ou 2+2. Les pompes sont mentionnées sur la fiche et sélectionnées en fonction de leur présence ou non sur le procédé avec des cases à cocher à remplissage de couleur automatique.

#### ⇒ **Méthode exhaustive**

Les fiches doivent contenir l'ensemble de toutes les spécificités des équipements ainsi que l'ensemble des étapes de la mise au point. De plus, elles prennent en compte les risques de

défaillance du procédé, les tests de contrôle sur les solutions de remédiation dans leur ordre d'importance et d'apparition.

**Exemple :**

- Les caractéristiques de l'équipement ;
- La liste des éléments de paramétrage suivant la logique de saisie du fabriquant ;
- Les étapes de préparation des équipements ;
- Les tests à faire en amont, pendant et après leur mise en service ;
- L'ensemble des modes de fonctionnement des équipements ;
- La liste des commandes à prévoir en supervision ;
- La liste des éléments à enregistrer ;
- La liste des éléments en accessibilité au niveau de la supervision.

⇒ **Outil modulable**

Les procédés de traitement varient à chaque projet. Même si une base existe, les modes de fonctionnement imposés par le Maître d'Ouvrage et la nature des effluents changent systématiquement. La station universelle n'existe pas. Les fiches permettent aux utilisateurs d'assembler et de constituer rapidement, un cahier de fiches en fonction du procédé sans faire de mise en page compliquée.

**Exemple :**

Dans le cas d'un poste de relevage, la gestion du niveau peut être réalisée grâce à quatre types d'appareil de mesure, les poires, les sondes piézométriques, les sondes ultrasoniques et les radars. De même, le nombre de pompes est variable d'une station à l'autre. Chaque solution de mesure ou équipement du poste fera donc l'objet d'une fiche individuelle pour faciliter la constitution du dossier technique.

⇒ **Outil évolutif**

La réglementation et la technologie évoluent sans cesse. Les fiches doivent pouvoir le faire avec elles.

**Exemple :**

Le recours à un traitement tertiaire est de plus en plus demandé dans les procédés de traitement. Les fabricants de ces équipements créent de nouveaux dispositifs et/ou font au moins évoluer ceux qui existaient jusqu'alors. Toutes ces évolutions feront l'objet de nouvelles fiches ou engendreront la modification de celles déjà créées.

⇒ **Outil utilisable partout et par tous**

Le format de l'outil sous forme de fiche permet de l'utiliser dans toutes les conditions. Sous format papier, la fiche imprimée est idéale pour le metteur en route, il peut l'utiliser sur les équipements directement. Les fiches sont créées sur Excel, cela permet de les compiler et de les compléter via un ordinateur ou une tablette. La sauvegarde du document et son archivage permettra de garder une trace du document. Enfin, le logiciel est maîtrisé par tout le monde, la fiche est donc techniquement à la portée de tous.

⇒ **Outil « universel »**

Les fiches sont un support dont la portée est bien plus large que celui de la fiabilisation de l'étape de mise au point. Plusieurs débouchés supplémentaires ont d'ores et déjà été envisagés :

- Le premier est la conception d'un support pour le suivi de l'avancée de l'exécution du chantier.
- Le second est l'utilisation des fiches comme support de formation.
- Le troisième est une aide rapide à la configuration d'un équipement de remplacement voire une aide au diagnostic de défaillance pour l'exploitant.
- Le quatrième est une aide pour faire évoluer la conception. Un encart « Remarque(s) » en pied de chaque document permet de faire remonter les informations du Metteur en Route vers le Bureau d'Étude et les Projeteurs. De cette façon, chacun peut les utiliser pour s'enrichir et/ou éviter de reproduire une erreur de conception, d'installation ou de mise en route.

**Exemple :**

La mise en place d'un contact fin de course de sécurité niveau très haut sur les dégrilleurs verticaux a été généralisée suite à des ruptures de sangle trop fréquentes (retour client). Cette défaillance n'est pas du fait du concepteur ou du fabricant de l'équipement, mais sa résolution est sous la responsabilité du Traiteur d'Eau. Il est le fruit d'une réflexion en interne et d'un échange entre les Metteurs en Route et les ingénieurs du Bureau d'Étude.

⇒ **Outil « corporate »**

Au même titre que le tableau d'identification des repères PID ou celui de la liste des pièces de rechange, les fiches seront transmises au Maître d'Ouvrage pendant le chantier et après la réception de l'installation. La présentation est conforme aux usages de l'entreprise par le respect des couleurs, l'imposition du logo et du cachet de TECHFINA, ...

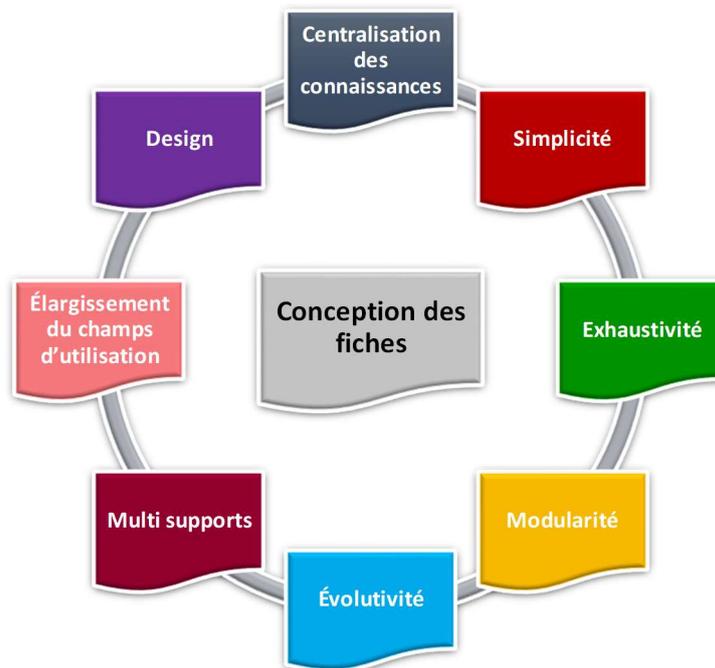


Figure 4: Synthèse des avantages de la solution sous forme de fiches

**3.6 ÉTAPE 5 « CONTROL » - VALIDATION DES SOLUTIONS**

Sans notion de « Qualité », la démarche de « Lean Engineering » n'est rien. Le critère de « qualité » passe sans équivoque par la confrontation de la solution avec la réalité, c'est-à-dire par une mise au point réelle d'une nouvelle station. Les fiches ont été utilisées sur la nouvelle station de la commune de Choisy-Au-Bac (présentation en Partie III). L'objectif est de valider si elles répondent

en tout point aux attentes de l'entreprise. Toutes les remarques ont été prises en compte, discutées et statuées par le groupe de réflexion afin de modifier les fiches si besoin.

## 4 CONCLUSION

Les enjeux d'une mise en route performante sont importants pour le traiteur d'eau, aux niveaux économique, technique, réglementaire, sécuritaire ainsi que pour l'image laissée au client final.

La mise en place de fiches de procédure permet à l'entreprise d'avoir un support sur lequel elle peut s'appuyer pour renforcer l'efficacité de la mise en route et limiter le temps consacré à cette étape. Les fiches contiennent tous les points à vérifier, à paramétrer et à valider dans un ordre pratique et logique pour le Metteur en Route. De plus, elles peuvent être communiquées aux différents acteurs du projet, le Maître d'Ouvrage et le Maître d'Œuvre (suivi de l'exécution) et l'Exploitant (formation, historique des paramètres, aide au diagnostic).

La fiabilisation de l'étape de mise au point d'une nouvelle station d'épuration requiert différentes choses :

- ⇒ Prendre en compte les besoins et les objectifs de la Direction mais aussi et surtout des collaborateurs.
- ⇒ Une planification des étapes précise afin de respecter la chronologie imposée réglementairement.
- ⇒ Maîtriser parfaitement le procédé et connaître ses faiblesses. C'est à cette étape qu'interviennent les notions de « Sûreté de Fonctionnement » (développées en PARTIE III ci-après).

# PARTIE III / SURETE DE FONCTIONNEMENT

## 1 STATION D'ETUDE

Avant de présenter la démarche de sûreté de fonctionnement, j'ai choisi de présenter ici la STEU utilisée pour la validation de l'étude. En effet, tous les éléments développés ci-après seront illustrés d'exemples précis en lien avec cette station d'épuration.

La STEU utilisée pour la validation des fiches de procédure de fiabilisation de l'étape de mise en route est la nouvelle unité de traitement de la commune de Choisy-au-Bac (figure 5).



Figure 5: Vue architecturale de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac

La commune est rattachée à l'Agglomération de la Région de Compiègne (ARC) qui occupe la fonction de Maître d'Ouvrage. Assistée par un groupement de Maîtrise d'Œuvre composé de IRH - Ingénieur Conseil / Ingérop / Archipiade Architectes, l'ARC a confié la conception et la réalisation de son unité de traitement d'eaux usées d'une capacité de 6400 Équivalents Habitants à la Société TECHFINA France.

L'ancienne station de la commune avait été mise en service en 1976 et ne répondait plus aux normes concernant la qualité des eaux traitées, les nuisances sonores et olfactives. De plus, elle était située en pleine ville et devenait limitée en capacité (Figure 6). Le revamping<sup>1</sup> du site était complexe et moins rentable que la construction d'une nouvelle station. De ce fait, afin d'assurer la continuité de traitement pendant l'intégralité du temps de chantier, la construction de la nouvelle station a été réalisée en parallèle de l'ancienne unité de traitement et a nécessité un phasage rigoureux.

Une partie de la file eau restera tout de même sur le site de l'ancienne station, à savoir le poste d'arrivée des eaux brutes et le bassin de stockage et de restitution des eaux de pluie. Ce choix du Maître d'Ouvrage permet de simplifier les travaux en réutilisant l'ensemble de l'ancien réseau d'assainissement de la commune et donc de réduire considérablement l'investissement. En effet, entre l'ancien site et le nouveau, le cours d'eau de l'Aisne est un obstacle qui complexifie et alourdit considérablement le montant de l'investissement fait par l'ARC en ce qui concerne la pose des conduites. Le Maître d'Ouvrage a choisi de réutiliser l'ancien réseau en inversant simplement le sens de circulation des effluents (figure 7 et 8).

<sup>1</sup> Définition dans le glossaire p9

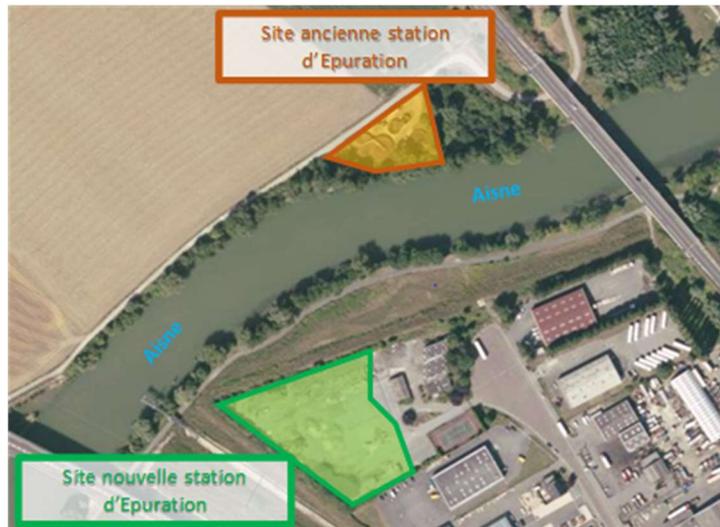


Figure 6: Vue aérienne des zones d'implantation de l'ancienne et de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac



Figure 7: Réseau d'assainissement de l'ancienne station de Choisy-Au-Bac

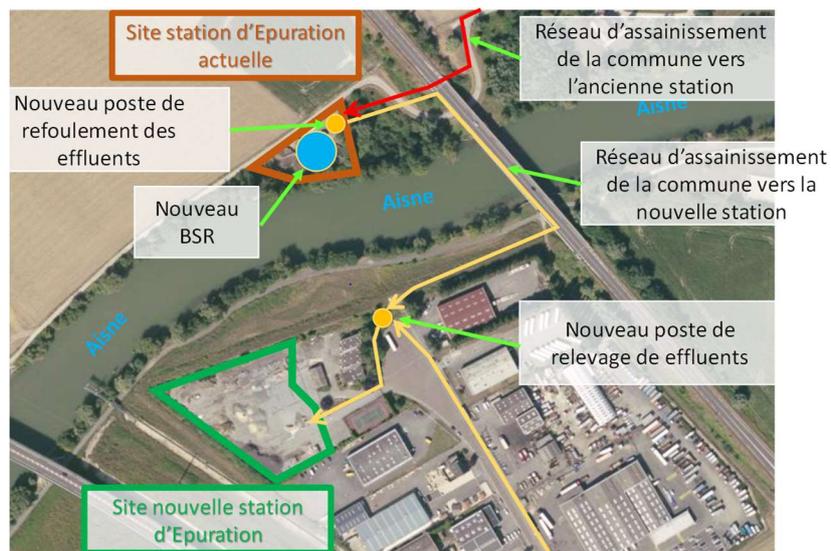


Figure 8: Réseau d'assainissement de la nouvelle station de Choisy-au-Bac

Le réseau d'alimentation en eaux usées de la station est un réseau gravitaire de type unitaire. La zone d'implantation est sujette à de fortes crues lors des épisodes pluvieux, nécessitant une surélévation des ouvrages et des bâtiments. Le débit d'arrivée des effluents est donc de grande amplitude (65m<sup>3</sup>/h en moyenne, 85 m<sup>3</sup>/h en pointe entrée station et 550 m<sup>3</sup>/h par temps de pluie). Il requiert la mise en place d'un bassin de stockage et de restitution pour absorber les volumes excédentaires de période de pluie.

Le traitement des effluents est effectué par un procédé à boues activées à faible charge avec une aération syncopée via surpresseurs d'air. La zone géographique de Compiègne est répertoriée comme une « zone sensible », ce qui implique des normes spécifiques sur les rejets de la station d'épuration au niveau des paramètres phosphore ou azote [DRIEE]. Le procédé de traitement a été adapté pour traiter le phosphore avec la mise en place d'une zone anaérobie couplée à un traitement physico-chimique au chlorure ferrique. Le reste du procédé est assez classique (PID simplifié Annexe 2 et fiche technique en Annexe 3), sa composition est présentée sur le synoptique figure 9.

Pour compléter la démarche environnementale de la commune, une pompe à chaleur est prévue pour assurer le chauffage du bâtiment. Elle sera alimentée via l'eau du clarificateur au même titre que l'unité de production d'eau industrielle.

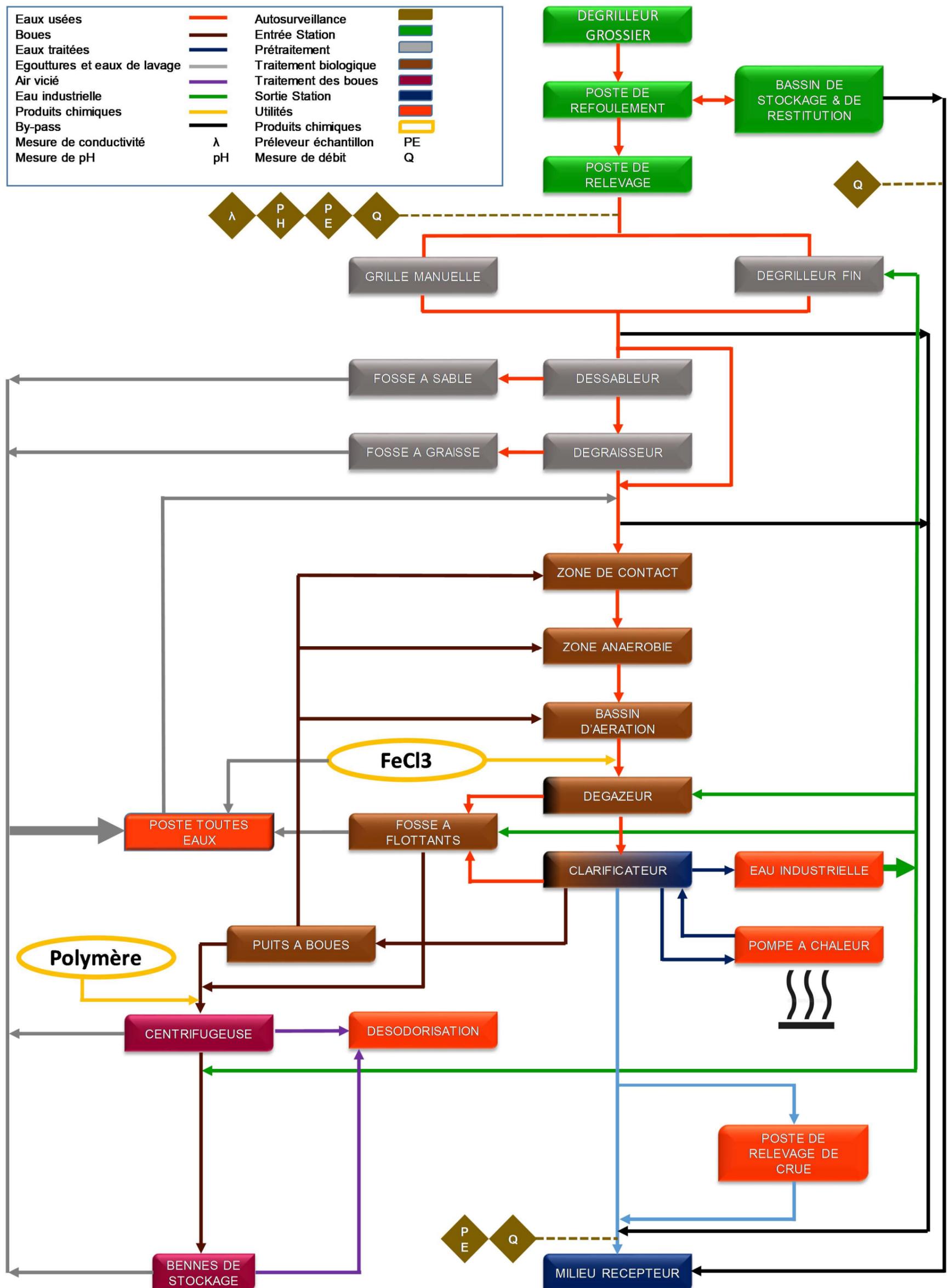


Figure 9: Synoptique du procédé de traitement de la nouvelle STEU de Choisy-Au-Bac



## 2 PRESENTATION DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT

### 2.1 DEFINITION

La rédaction de fiches de procédure de mise en route nécessite une base solide de réflexion ainsi que la connaissance précise des risques de défaillance. La mise en avant de ces risques met en évidence les points de vigilance à surveiller au moment de la mise en route de la STEU.

Dans son ouvrage intitulé « Diagnostic des Défaillances » [Diag. & Def.], Gilles Zwingelstein définit la « Sûreté de Fonctionnement » (SdF) comme une démarche qui « consiste à connaître, évaluer, prévoir, mesurer et maîtriser les défaillances des systèmes » [Af. 60500]. La connaissance d'un risque permet de l'anticiper et d'agir en conséquence afin d'y pallier.

La SdF est une démarche globale qui regroupe la qualification de la performance, la compréhension du mécanisme de survenue de la défaillance, l'aspect humain dans la responsabilité d'apparition de la défaillance et la notion de sécurité. L'approche qui nous paraissait être la plus proche du besoin de TECHFINA est celle dite « FMDS » à savoir, « FIABILITE<sup>2</sup> », « MAINTENABILITE<sup>2</sup> », « DISPONIBILITE<sup>2</sup> » « SÛRETE<sup>2</sup> [TI. AG4670], synthétisée ci-après dans la figure 10.

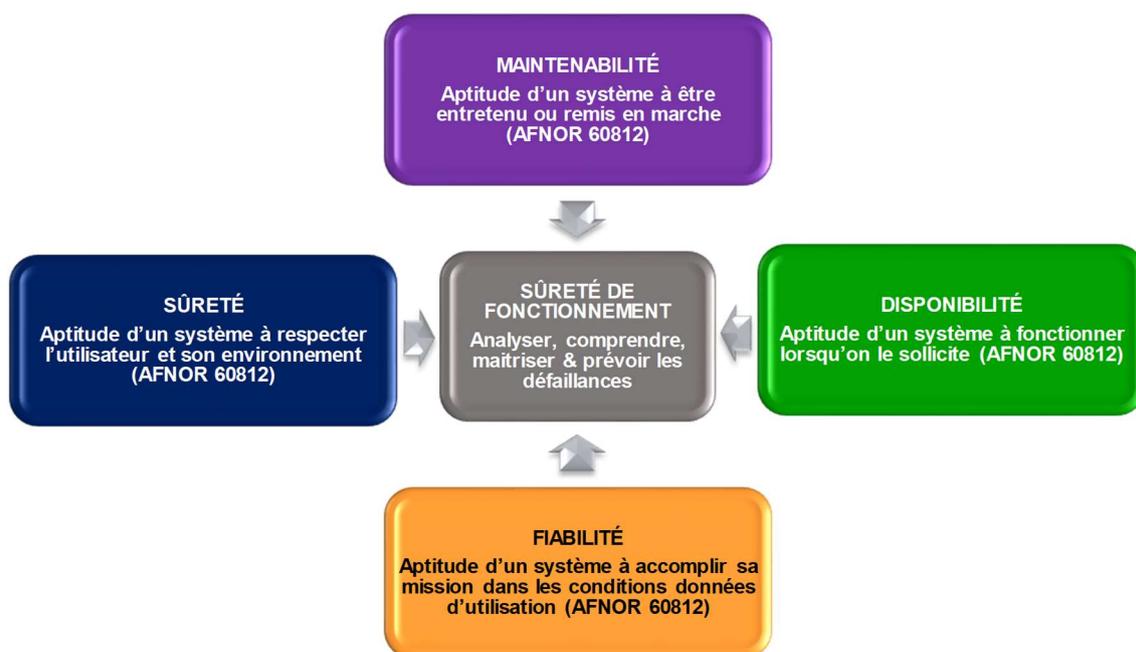


Figure 10 : Diagramme des composantes d'un processus selon la démarche de Sûreté de Fonctionnement

Les quatre composantes ci-dessus sont concernées directement par la mise en route de l'unité de traitement. En effet, elles sont toutes garantes du bon fonctionnement du procédé à condition qu'elles soient prises en compte en amont au moment de la conception et vérifiées, testées et validées au moment de la mise en route de la STEU.

### 2.2 OBJECTIFS DE SÛRETE

La SÛRETE ou SECURITE permet, à terme, de garantir la protection du personnel d'exploitation et des équipements sur la station. Pour l'aspect sécuritaire des personnes, la STEU

<sup>2</sup> Voir définition dans le glossaire page 9

est une installation à risques, composée d'éléments en hauteur, de postes profonds, de machines tournantes, de gaz toxiques, d'équipements électriques... Pour l'aspect sécuritaire des équipements, les effluents sont parfois très chargés en sables (abrasifs), particules, lingettes (blocage lors du fonctionnement des équipements) ... Tous ces éléments et la nature des effluents engendrent des risques de chute, d'asphyxie, d'électrocution, de casse machine et d'arrêt du processus. Ils nécessitent obligatoirement des contre-mesures.

#### Exemple :

##### ⇒ Sécurité des personnes :

Le poste de relevage de la station est implanté en zone inondable. Il dépasse de 1,5m de la surface du sol et mesure 5m de profondeur. L'accès à la plateforme du poste est prévu via un escalier large pourvu d'une main courante et de marches profilées contre les glissades. Le pourtour du massif est équipé d'un garde-corps règlementaire. Enfin, l'ouverture du poste est équipée d'un couvercle et de barreaux antichute.

##### ⇒ Sécurité des équipements :

Si une faiblesse apparaît au niveau du presse-étoupe d'étanchéité du câble électrique de la pompe, cette dernière est équipée d'une sonde de détection d'humidité. Le déclenchement de cette alarme permet à l'opérateur de préserver l'équipement en le sortant rapidement de la fosse avant qu'il ne subisse un dommage irréparable.

## 2.3 OBJECTIFS DE MAINTENABILITE

La MAINTENABILITE concerne la disposition des équipements au niveau du procédé et leur accessibilité. A-t-on suffisamment de place autour des équipements pour intervenir ? A-t-on à disposition des systèmes de levage appropriés pour sortir les équipements ? La maintenabilité interroge d'autre part sur la testabilité de l'équipement. L'équipement est-il pourvu de dispositif(s) permettant une aide au diagnostic de la défaillance ? L'opérateur sera-t-il prévenu en cas de défaillance ?

#### Exemple :

##### ⇒ Le système de montage est-il prévu pour faciliter l'accessibilité au matériel ?

Les pompes sont positionnées sur des socles permettant de les désaccoupler de la tuyauterie sans démonter de conduites ou de raccords. De plus les barres de guidage permettent de guider la pompe au moment de son extraction pour en assurer la maintenance ou le remplacement.

##### ⇒ A-t-on à disposition des systèmes de levage appropriés pour sortir les équipements ?

Une potence se trouve au droit de l'ouverture du poste de relevage et elle a été dimensionnée pour supporter le poids de l'équipement.

##### ⇒ Est-il pourvu de dispositif(s) permettant une aide au diagnostic de la défaillance ?

En cas de blocage, la pompe est équipée d'une sonde de protection thermique réagissant en cas de surintensité du moteur. Une fois l'alarme déclenchée et identifiée, l'exploitant connaît très rapidement la cause de la défaillance.

## 2.4 OBJECTIFS DE FIABILITE

La FIABILITE est « l'aptitude d'un système à accomplir sa mission dans les conditions données d'utilisation [Af. 60812]. L'étude de cette composante passe systématiquement par la réalisation d'une AMDEC. Il s'agit de la composante de SdF la plus longue et la plus complexe à valider. Cette validation consiste à lister toutes les défaillances possibles, les solutions pour y remédier, et la réalisation des tests de fonctionnement.

**Exemple :**

Si la pompe de relevage en entrée de station est défaillante, une pompe de redondance est-elle en place ? Prend-elle le relais automatiquement ?

Si la sonde de niveau ultrasonique est défaillante, la gestion du niveau est-elle secourue ? Le secours prend-il le relais automatiquement ?

Si le débitmètre électromagnétique qui régule la vitesse de la pompe est défaillant, un mode de fonctionnement alternatif est-il prévu ? Prend-il le relais instantanément ?

**2.5 OBJECTIFS DE DISPONIBILITE**

La DISPONIBILITE (figure 11) est plus une résultante qu'une composante. En effet, elle ne peut être validée que si la Fiabilité et la Maintenabilité du processus le sont également [Af. 60-500]. Si le procédé est « disponible », cela garantit la fiabilité et donc sa capacité à fonctionner selon les attentes de l'utilisateur et selon les objectifs du concepteur. Si le procédé est maintenable, l'exploitant peut l'entretenir facilement et assurer le bon fonctionnement des équipements qui le composent, donc la disponibilité.

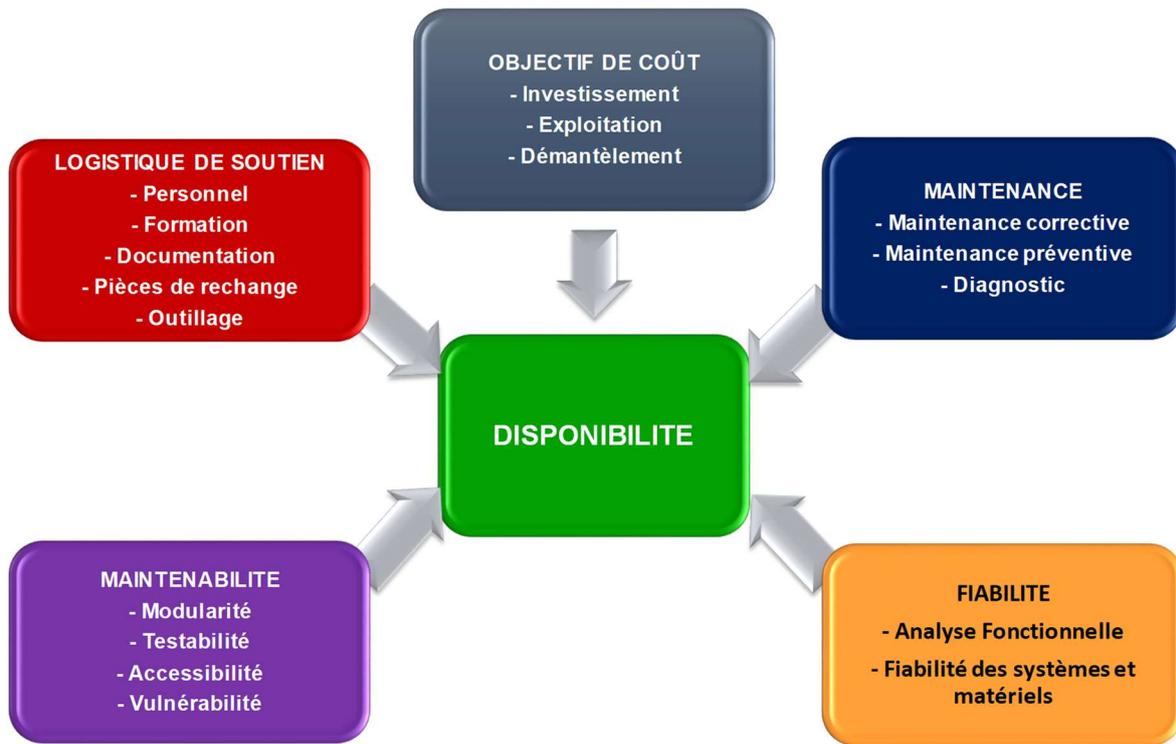


Figure 11 : Diagramme des composantes de la disponibilité - Inspiré de l'ouvrage "Diagnostic des défaillances" de Gilles Zwingelstein

La Disponibilité introduit cependant trois nouvelles composantes, l'objectif de coût, la Maintenance et la Logistique de soutien.

L'objectif de coût permet de borner financièrement la conception du procédé. Si l'objectif ultime de la SdF est de concevoir un processus garantissant le « zéro accident », le « zéro arrêt », le « zéro défaut » et même le « zéro maintenance », il ne faut pas perdre de vue l'aspect financier. Le financement du processus et les fonds nécessaires à son exploitation fixent le niveau de sophistication du processus et en quelque sorte, sa capacité à rester disponible. Cet aspect est d'ailleurs abordé dans la fiche n°10 des commentaires de l'Arrêté du 21/07/2015 : « Le risque nul

n'existant pas, cette analyse ne vise pas à mettre en place des dispositifs dont le coût serait disproportionné par rapport à l'utilité, mais de faire en sorte que les principaux facteurs de défaillance constatés sur les stations fassent l'objet de réponses appropriées » [Com. Ar. 21/07/15]. L'objectif de coût est un compromis.

#### Exemple :

⇒ Il est possible de prévoir beaucoup d'espace autour des équipements pour en faciliter l'accès mais cela nécessite un bâtiment plus grand et donc plus cher.

⇒ Tous les équipements du procédé peuvent être prévu avec une redondance comme pourrait l'être le dégrilleur vertical en entrée. La mise en place d'un by-pass n'est-il pas suffisant malgré ses limites ?

La Maintenance et la Logistique de soutien introduisent une dernière notion : l'Humain. En effet, le processus même très automatisé et très sécurisé nécessite un pilotage et une exploitation rigoureuse. Les connaissances des exploitants (formation initiale, expérience, formation reçue du concepteur), l'investissement du personnel (moyens à disposition, temps, financier, ...), son organisation et le respect des protocoles y sont pour beaucoup pour garantir la disponibilité du processus et sa pérennité.

## 2.6 CONCLUSION

Le procédé parfait n'existe malheureusement pas. La SdF donne de nombreuses pistes pour améliorer sa Fiabilité et sa Disponibilité. Pouvoir garantir toutes les composantes suggérées par la SdF n'est pas envisageable. Le Concepteur et le Maître d'Ouvrage doivent faire des concessions et accepter un certain nombre de risques de défaillance. C'est en partie dû à l'aspect financier et à la place de l'exploitation, de l'humain.

L'analyse des risques de défaillance devra tenir compte de ces éléments, ne pas pousser trop loin l'analyse (décomposition fonctionnelle), mettre en avant la responsabilité du personnel et surtout préconiser et/ou mettre en place des solutions simples et peu onéreuses.

La Sdf est une ouverture au dialogue entre le concepteur et le Maître d'Ouvrage. Elle permet de connaître les défaillances d'un processus et de sensibiliser le Maître d'Ouvrage à la nécessité de les atténuer ou d'y remédier, pour augmenter la fiabilité et la sûreté du processus. Cette démarche permet au concepteur à la fois de fiabiliser la conception de son installation si elle est entreprise dès le début du processus de conception, et de fiabiliser la mise en route en l'utilisant comme méthode de diagnostic pour vérifier que toutes les composantes sont validées.

## 3 OUTIL D'ANALYSE AMDEC

### 3.1 DEFINITION ET OBJECTIFS DE L'AMDEC

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité (AMDEC) est une des nombreuses méthodes d'analyse de SdF, elle est dite inductive et qualitative. Elle découle de l'Analyse des Modes de Défaillance (AMDE). Yves Mortureux dans les Techniques de l'ingénieur [TI - SE4040 V1] définit l'AMDE comme « une méthode inductive qui part des défaillances élémentaires des composants pour en déduire ce qui en résulte et donc à quelles situations, dues à ces défaillances, il faut s'attendre ». Quant à l'AMDEC, il précise que la méthode « ajoute une dimension d'évaluation de la gravité de ses situations ». En résumé, L'AMDEC « consiste à identifier et évaluer l'impact des défaillances des éléments du système sur celui-ci, ses fonctions, son environnement ».

Il existe une grande variété d'AMDEC, presque autant de situations la nécessitant. Quatre sortes d'AMDEC sont couramment utilisées, permettant de couvrir tous les besoins du méthodiste :

- ⇒ **L'AMDEC Produit** : analyse de la conception d'un produit pour améliorer sa qualité et sa fiabilité. Objectif de satisfaction du client.
- ⇒ **L'AMDEC Processus** : analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de fabrication. Objectif principalement économique.
- ⇒ **L'AMDEC Sécurité** : analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur un équipement pour améliorer la sécurité et la fiabilité. Objectif « 0 accident » pour les utilisateurs.
- ⇒ **L'AMDEC Moyen ou Système** : analyse de la conception et/ou de l'exploitation des équipements de production pour améliorer leur disponibilité. Objectif de continuité de fonctionnement du processus.

Dans notre situation, comme il est courant de le faire dans ce domaine, nous avons fait un mélange de ces quatre types d'AMDEC. Ceci nous a permis d'établir un diagnostic complet du procédé de traitement et d'élargir son champ d'action à tous les objectifs de TECHFINA. En effet, tous les objectifs des différents types d'AMDEC sont intéressants pour le Traiteur d'Eau : la satisfaction du client (AMDEC Produit), le respect de la qualité de traitement (AMDEC Processus), la protection du personnel d'exploitation (AMDEC Sécurité) et bien sûr l'obligation de continuité de traitement des effluents et la pérennité de l'installation (AMDEC Système).

Quel que soit le type d'AMDEC, cet outil permet :

- ⇒ D'identifier tous les « modes de défaillance<sup>3</sup> » potentiels des différentes parties d'un système<sup>3</sup> ;
- ⇒ D'identifier les effets que ces « défaillances<sup>3</sup> » peuvent avoir sur le système ;
- ⇒ D'évaluer la « gravité<sup>3</sup> » des situations auxquelles il faudra peut-être faire face ;
- ⇒ D'évaluer les « risques<sup>3</sup> » auxquels les défaillances des composants exposent ;
- ⇒ D'identifier les « causes de la défaillance<sup>3</sup> » ;
- ⇒ D'identifier et de hiérarchiser les faiblesses du système ;
- ⇒ D'identifier la ou les manière(s) d'éviter les défaillances et/ou de limiter leurs effets sur le système ;
- ⇒ De prendre des décisions sur des options de conception proposées par le concepteur ;
- ⇒ De prévoir des mesures d'exploitation et de hiérarchiser les règles d'exploitation et de maintenance ;
- ⇒ De prévoir un stock de pièces de rechange de première urgence

### 3.2 PROTOCOLE D'APPLICATION DE L'AMDEC

Le protocole que nous avons choisi d'appliquer, a pour base les préconisations de la Norme AFNOR [Af. 31010] que nous avons adaptées à l'activité de conception de STEU de TECHFINA. Il est composé de 19 étapes, réparties en plusieurs phases, définies ci-après et synthétisées dans l'organigramme figure 12.

<sup>3</sup> Voir définition au glossaire page 9



Figure 12/ Déroulement de l'AMDEC appliqué à l'étude

### 3.2.1 PREPARATION DE L'AMDEC

Comme tout protocole, une phase de préparation est nécessaire afin d'atteindre les objectifs recherchés. Dans le cas de l'AMDEC, cette phase consiste justement à borner la démarche en définissant les objectifs de façon collégiale en s'entourant des acteurs concernés.

#### 3.2.1.1 ETAPE 1 - CONSTITUTION D'UNE L'ÉQUIPE DE REFLEXION

A l'instar de la méthode « 6 SIGMA », la mise en place d'une AMDEC nécessite de mutualiser le savoir technique et pratique des différentes personnes en charge de la conception et de la réalisation de la station. Il s'agit de la même équipe de réflexion que celle mise en place pour la définition des besoins de l'entreprise :

- ⇒ La Direction de l'entreprise chargée de superviser l'activité de la société, d'évaluer la rentabilité des projets et de s'assurer de la satisfaction du client final.
- ⇒ Les ingénieurs projets chargés de la conception de la STEU
- ⇒ Les projeteurs chargés de mettre sur plan l'installation conçue.
- ⇒ Les ingénieurs exécution chargés de suivre l'évolution du chantier et de faire le lien entre l'entreprise et le Maître d'Ouvrage.
- ⇒ Les metteurs en route chargés du suivi du chantier, de la mise en route de l'installation et de la formation du ou des futur(s) exploitant(s).

#### 3.2.1.2 ETAPE 2 - DÉFINITION DES OBJECTIFS DE L'AMDEC

Avant de commencer l'AMDEC, il est primordial de définir précisément les objectifs attendus.

Dans le cadre de notre étude, le recours à l'AMDEC permettra de lister toutes les défaillances qui pourraient avoir lieu lors du fonctionnement de la STEU. Les objectifs sont les suivants :

- ⇒ Permettre aux ingénieurs projets de proposer la mise en place de solutions de remédiation efficaces pour limiter ou inhiber tout risque d'arrêt du processus.
- ⇒ Permettre aux ingénieurs exécution de présenter les risques au Maître d'ouvrage ainsi que les solutions pour y remédier.
- ⇒ Permettre au Maître d'Ouvrage de prendre les décisions en connaissance de cause.
- ⇒ Permettre aux Metteurs en Route de lister et de mettre en place les protocoles de test adéquats, et d'insister sur les points délicats du procédé au moment de la formation de l'exploitant
- ⇒ Permettre aux exploitants d'avoir un support d'aide au diagnostic de défaillance.

### 3.2.2 PHASE 1 – SITUATION

L'AMDEC appliquée à un processus comme une STEU est complexe à présenter et à suivre pour ceux qui ne l'ont pas réalisée. La phase 1 permet d'organiser la présentation afin qu'elle devienne accessible au plus grand nombre. De plus, le volume d'informations est tel que les utilisateurs peuvent se perdre dans la lecture du tableau. Le découpage et l'organisation des informations sont donc vitaux pour la pérennité de l'AMDEC.

#### 3.2.2.1 ETAPE 3 - DÉFINITION DE LA FONCTION DU PROCESSUS

Il s'agit d'établir avec précision la fonction exacte du Processus en répondant à la question : « à quoi sert-il ? ». La fonction du Processus est la fonction principale, c'est-à-dire celle qui doit être honorée, quelles que soient les circonstances. La définition du processus passe par la lecture de tous les documents à disposition : CCTP, compte rendu des réunions de préparation, notices techniques, textes réglementaires...

Dans le cadre de notre étude, le processus est la nouvelle station de Choisy-Au-Bac. Son objectif est le traitement des effluents de la commune pour préserver le milieu récepteur, garantir le respect des normes de sécurité pour le personnel et celles concernant les nuisances sonores et olfactives. Quels que soient l'équipement ou la séquence d'automatisme testés par le Metteur en Route, le processus est son objectif : assurer la fonction de la STEU.

### 3.2.2.2 ETAPE 4 - DÉCOMPOSITION FONCTIONNELLE DU PROCESSUS

La décomposition fonctionnelle, appelée aussi analyse fonctionnelle, est la première étape et l'une des plus importante de l'AMDEC. Yves Mortureux définit l'analyse fonctionnelle dans les Techniques de l'Ingénieur [TI. SE4040], ainsi : elle « décrit comment les fonctions exigées par le cahier des charges pour le client sont réalisées à travers des fonctions décrites aux spécifications techniques de besoin en tant que fonctions à accomplir, performances associées à ces fonctions, conditions dans lesquelles ces fonctions sont réputées exigibles, contraintes à respecter. Cette analyse fonctionnelle [...] décrit au niveau fonctionnel, comment le système fonctionne quand il fonctionne bien, elle est donc nécessaire pour évaluer des modes de défaillance identifiés ».

En plus de son importance pour le bon déroulement de l'AMDEC, l'étape d'analyse fonctionnelle est la plus complexe et la plus discutée. En effet le découpage est très subjectif, il dépend de celui qui le fait. Il doit cependant satisfaire les membres du groupe de réflexion mais également le client final ainsi que le Législateur. Un découpage trop grossier ne permet pas la mise en avant de tous les modes de défaillance des équipements, tandis qu'un découpage trop fin est chronophage et risque d'alourdir la démarche. La décomposition fonctionnelle permet de faire une analyse précise du processus en le scindant en plusieurs étapes : les systèmes, sous-systèmes et composants (figure 13).

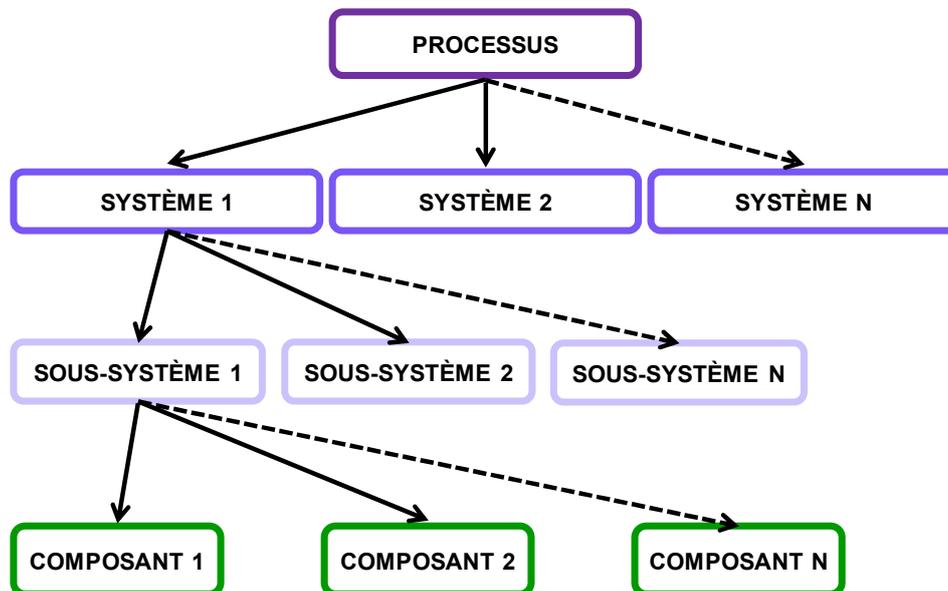


Figure 13: Schéma de décomposition fonctionnelle, inspirée de l'ouvrage de Gilles Zwingelstein « Diagnostic des défaillances »

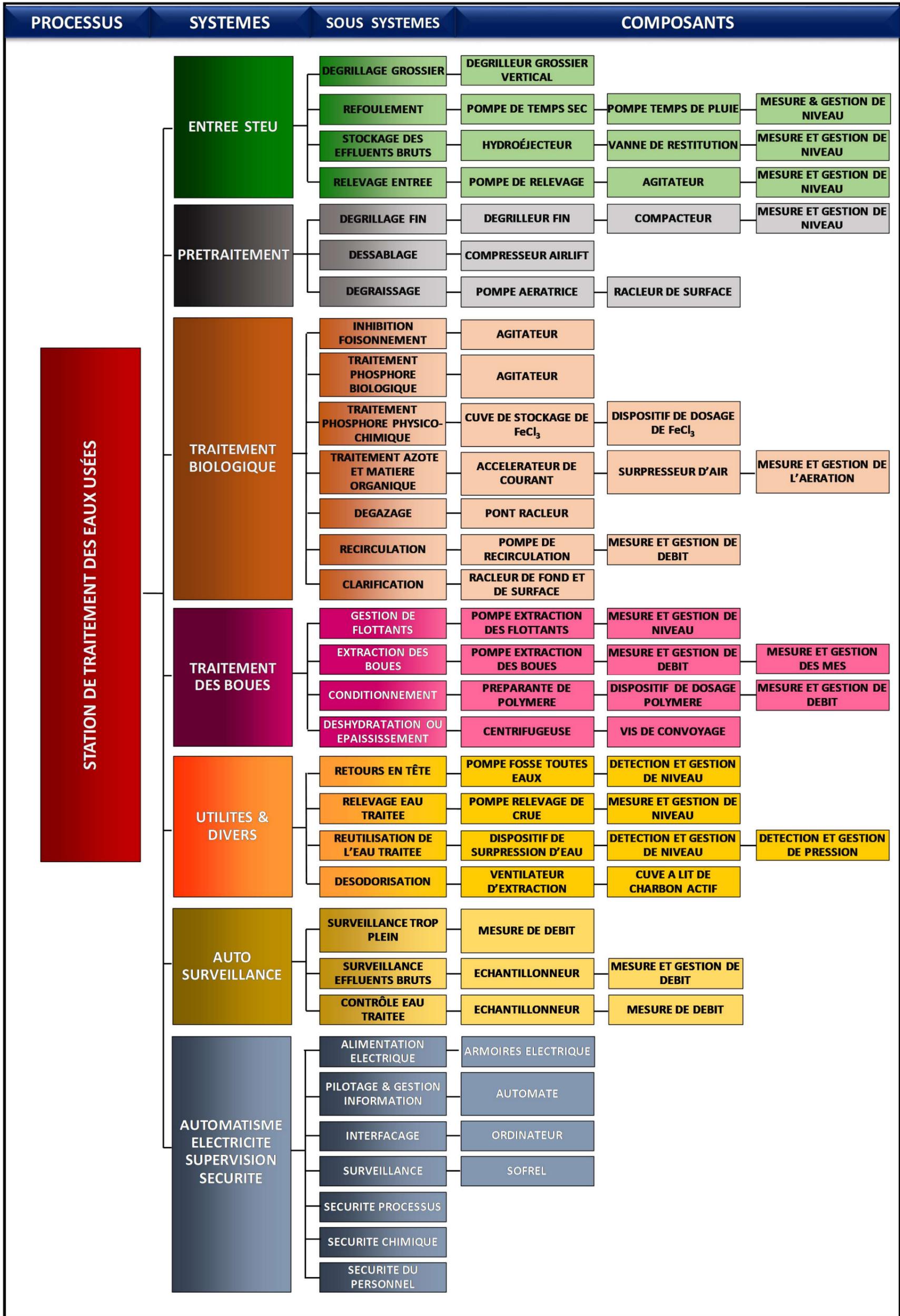


Figure 14: Décomposition fonctionnelle appliquée à la STEU de Choisy au Bac



Le découpage de l'analyse fonctionnelle représente un système pyramidal dont la pointe est le processus (fonction principale).

Lors de ce découpage, on raisonne uniquement en fonction<sup>4</sup>, c'est-à-dire à quoi sert l'élément. Le processus est ensuite décomposé en systèmes, grande famille de fonctions indépendantes mais liées dans le procédé. Viennent ensuite les sous-systèmes qui sont les différentes fonctions du système. Dans notre cas, chaque sous-système assure une seule fonction. Pour terminer la décomposition, il y a les composants ou équipements. Ils permettent d'assurer la fonction du sous-système (figure 14). Ils sont souvent plusieurs par sous-systèmes. Les éléments de la décomposition doivent être assez élémentaires pour qu'on puisse être sûr de savoir leur attribuer tous leurs modes de défaillance. Généralement, on stoppe la décomposition à l'élément le plus petit remplaçable par l'exploitant. Dans notre cas, on se limitera au composant (dégrilleur) et non aux pièces d'usure (sangle, contact fin de course) car ce niveau de décomposition rend l'analyse trop complexe, trop chronophage, trop onéreuse et inaccessible pour beaucoup d'utilisateurs.

Pour exploiter au mieux la décomposition fonctionnelle de la station, le choix des dénominations est très important :

- ⇒ Elles doivent être tirées du champ lexical du métier mais ne doivent pas être élitistes afin qu'elles soient accessibles à tous.
- ⇒ Elles doivent être concises pour alléger au mieux la présentation.
- ⇒ Elles doivent être suffisamment génériques pour être employées dans un maximum de configuration.

Lors de la décomposition fonctionnelle et notamment au moment de sa représentation, il est important de soigner le graphisme du synoptique. La mise en place d'un code couleur n'est pas qu'esthétique, il sera réutilisé dans les outils de fiabilisation, au même titre que les dénominations pour organiser les documents et permettre à tout un chacun de comprendre la démarche et d'identifier facilement l'opération sur le procédé de traitement.

### 3.2.2.3 ETAPE 5 - DÉFINITION DE LA FONCTION DE CHAQUE ÉTAPE OU COMPOSANT

La connaissance de la fonction exacte de chaque étape permet de valider le découpage. Si on sait précisément la fonction de chaque système, sous-système et composant, on comprend alors les interactions entre les éléments et on peut ainsi les regrouper. Les fiches techniques du FNDAE sont un des meilleurs outils disponibles pour définir avec précision les fonctions.

#### Exemple :

##### SOUS SYSTÈME - DEGRILLAGE FIN

"Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration" [FNDAE 22 bis]

Chaque étape doit avoir une fonction unique et être indépendante des autres.

Pour le Traiteur d'Eau, la connaissance de la définition des fonctions est l'essence même de son travail. En revanche, pour les Maîtres d'Ouvrage, ce n'est pas toujours le cas. Il est important de rappeler ces définitions dans un glossaire qui sera joint à l'AMDEC, sous forme de notice par exemple (la notice est en cours de rédaction et n'est pas encore achevée).

<sup>4</sup> Définition dans le glossaire p9

### 3.2.2.4 ETAPE 6 – DETERMINATION DE LA DEFAILLANCE FONCTIONNELLE

La défaillance fonctionnelle est la cessation de la fonction du composant (figure 15).

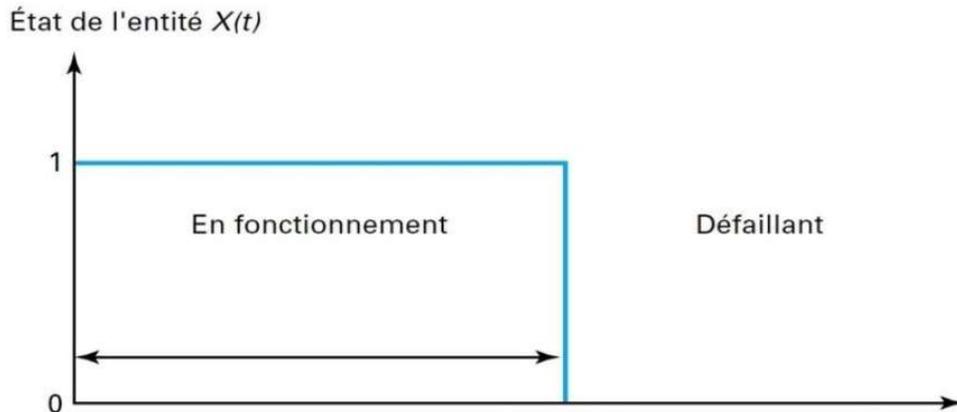


Figure 15: Représentation de la défaillance fonctionnelle selon Gilles ZWINGELSTEIN 2009

Cette cessation de la fonction peut se manifester de plusieurs façons et permet surtout de cibler le composant incriminé, c'est-à-dire celui qui est à l'origine de la défaillance.

Concrètement, pour définir la défaillance fonctionnelle on se pose une question. La fonction du composant est-elle complètement remplie ? Si la réponse est « OUI », il n'y a pas de défaillance. Si la réponse est « NON » ou « PAS TOTALEMENT », on est en présence d'une défaillance.

**Exemple :**

Dans le cas du dégraissage des effluents en entrée de station, la fonction est « d'assurer la protection des équipements électromécaniques et de réduire les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration » [FNDAE 22 bis].

La défaillance fonctionnelle du dégrilleur peut être :

- ⇒ Blocage total des effluents bruts en amont du dégrilleur fin.
- ⇒ Blocage partiel des effluents bruts en amont du dégrilleur fin.

Le composant pouvant engendrer une défaillance est le dégrilleur fin.

### 3.2.2.5 ETAPE 7 – DETERMINATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT DES COMPOSANTS

Les composants d'une STEU ne fonctionnent pas tous sous le même régime. Certains sont en fonctionnement continu (pont racleur du dégraisseur), d'autres en fonctionnement alternatif avec régulation (aération) ou sans régulation (airlift), ...

Au-delà de l'importance technique de la fonction pour le procédé, l'effet d'une défaillance aura un impact plus ou moins important en fonction du mode de fonctionnement, d'où l'intérêt de savoir comment fonctionne le composant.

**Exemple :**

La pompe d'extraction fonctionne quelques heures par jour. En cas de défaillance, le temps de non-fonctionnement peut être utilisé pour faire la remise en état sans porter préjudice au processus.

La pompe de recirculation fonctionne en continu et assure l'équilibre de la station. En cas de défaillance, l'impact est immédiat sur le processus.

### 3.2.2.6 REPRESENTATION DE LA PHASE 1 DANS LE TABLEAU AMDEC

Afin de simplifier la représentation dans le tableau, nous avons eu recours à l'utilisation des mêmes dénominations et des mêmes couleurs que celles choisies au moment de la décomposition fonctionnelle.

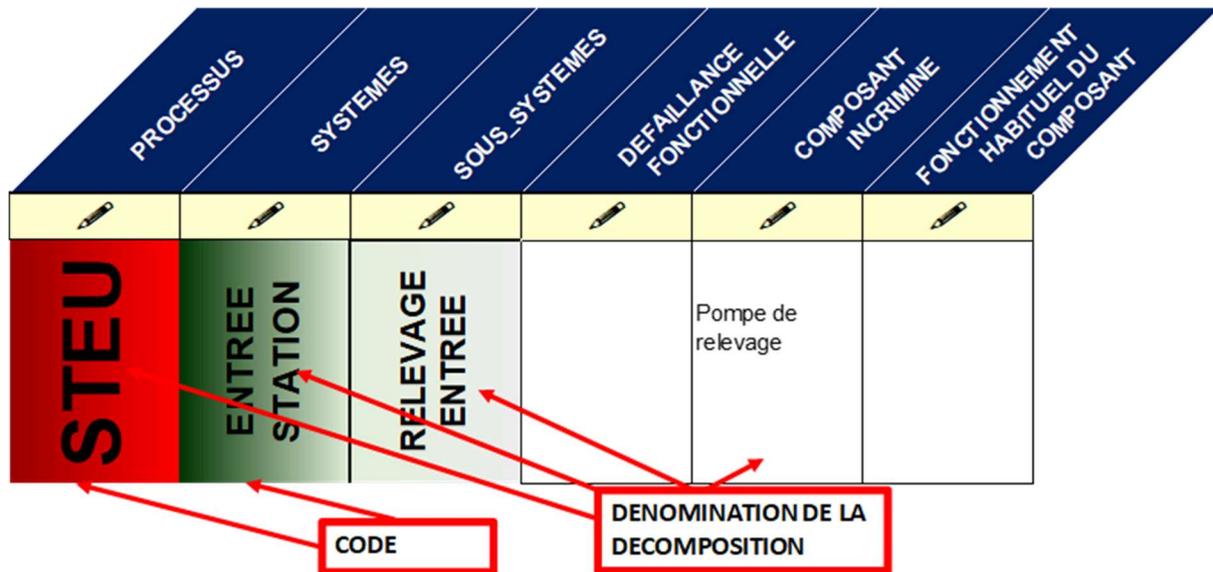


Figure 16: Tableau AMDEC - représentation de la phase 1 - Situation

### 3.2.3 PHASE 2 – ANALYSE DU PROCESSUS INITIALE

Pour un concepteur, le recours à l'AMDEC permet de faire un état des lieux du procédé conçu afin de vérifier sa disponibilité. Pour le Metteur en Route, cette phase met en évidence tous les points du procédé pouvant générer une défaillance et perturber le processus. C'est en quelque sorte sa feuille de route pour la mise en route du procédé. La phase 2 permet donc de lister toutes les défaillances qui peuvent se produire sur le procédé. Pour ce faire, on commence par la fin à savoir comment apparaît concrètement la défaillance, puis on en recherche la cause et enfin les conséquences sur le processus.

#### 3.2.3.1 ETAPE 8 - DÉTERMINATION DES MODES DE DÉFAILLANCE

Les modes de défaillance sont les symptômes visibles de la défaillance, c'est-à-dire de quelles manières on voit que le composant est défaillant. La dénomination de ces modes doit être bien pensée pour limiter leur nombre en trouvant des formules précises et génériques à la fois, afin de simplifier au maximum leurs attributions aux composants. Bien entendu, en fonction des défaillances, il faut choisir voire créer le mode de défaillance adapté car sa pertinence conditionne le reste de l'analyse.

La Norme AFNOR [Af. 60812] donne une liste générique de 33 modes de défaillance. On peut citer par exemple :

- ↪ (n°2) Blocage physique au coincement.
- ↪ (n°20) Ne démarre pas.
- ↪ (n°19) Ne s'arrête pas.
- ↪ (n°12) Est en dessous de la limite inférieure tolérée.
- ↪ (n°33) Mode à créer et définir en fonction des conditions par le rédacteur.

Pour les modes de défaillance de la STEU de Choisy-Au-Bac, nous en avons choisi trois qui répondent à tous les symptômes des composants :

- ⇒ « **Démarrage impossible** » : le composant ne démarre à la sollicitation.
- ⇒ « **Perte de la fonction** » : le composant cesse de fonctionner en plein cycle.
- ⇒ « **Fonctionnement dégradé** » : le composant ne fonctionne pas à sa pleine capacité.

#### Exemple :

- Démarrage impossible : Mode apparaissant si la sonde de niveau est défaillante. L'ordre de marche ne peut être donné à la pompe, le démarrage est impossible.
- Perte de la fonction : le compresseur Airlift ne produit plus d'air surpressé car le filtre c'est colmaté.
- Fonctionnement dégradé : la conduite de refoulement est obstruée. La capacité de refoulement de la pompe est réduite et la pompe même en fonctionnement, ne parvient pas à relever un débit suffisant d'effluents.

### 3.2.3.2 ETAPE 9 - DÉTERMINATION DES CAUSES DES DÉFAILLANCES

À l'image des modes de défaillance identifiés précédemment, les causes de défaillances doivent être regroupées en grandes familles (limitation du nombre) facilement identifiables, toujours dans l'objectif de simplifier la réalisation de l'AMDEC.

Nous avons identifié cinq causes de défaillance :

- ⇒ « **Électrique** » : entraîne un démarrage impossible du composant.
- ⇒ « **Mécanique bloquante** » : entraîne une perte de la fonction du composant.
- ⇒ « **Commande bloquante** » : entraîne une perte de la fonction du composant.
- ⇒ « **Mécanique limitante** » : entraîne un fonctionnement dégradé du composant.
- ⇒ « **Commande limitante** » : entraîne un fonctionnement dégradé du composant.

Chaque cause de défaillance entraîne un mode de défaillance qui lui est propre. Par contre, chaque cause peut avoir des origines multiples.

#### Exemple : détermination des modes et causes de défaillance de la pompe d'extraction des boues

- Démarrage impossible :
  - Cause « électrique » :
    - Contacteur armoire
    - Court-circuit
    - Variateur de fréquence
  - Cause « Commande bloquante » :
    - Absence signal de commande
    - Erreur humaine (consigne)
    - Absence d'entretien
- Perte de la fonction :
  - Cause « Mécanique bloquante » :
    - Blocage équipement
    - Casse mécanique
    - Absence d'entretien
- Fonctionnement dégradé :
  - Cause « Mécanique limitante »
    - Obstruction partielle de la conduite

- Usure du stator et ou du rotor de la pompe
  - Cause « Commande limitante »
- Mesure de débit erronée

### 3.2.3.3 ETAPE 10 - DÉTERMINATION DES EFFETS DE LA DÉFAILLANCE

Chaque cause a des effets appelés aussi conséquences. La détermination des modes de défaillance et de l'origine de leurs causes permet de prévoir les effets produits sur le composant, le sous-système, le système et le processus. Un outil simple et visuel permet de les déterminer efficacement, c'est l'arbre des causes représenté figure 17 [TI. SE4050].

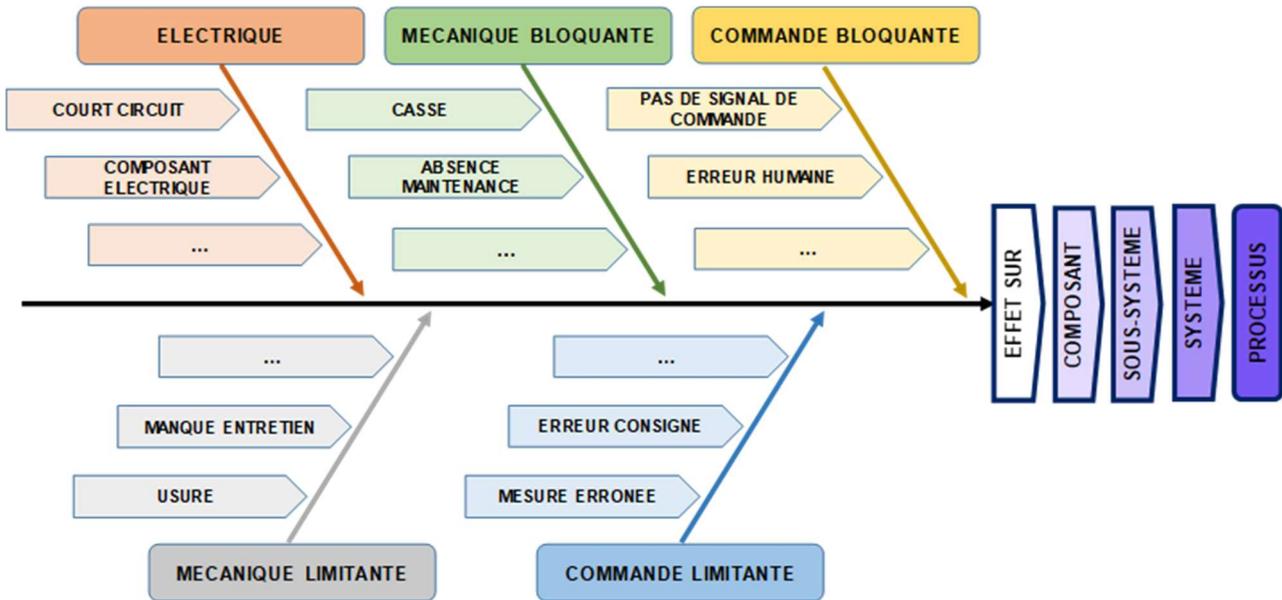


Figure 17: Arbre des causes de défaillance pour chaque composant

Pour chaque composant identifié dans la décomposition fonctionnelle, l'utilisation de cet arbre des causes est impérative pour n'oublier aucune cause et aucun effet. Le concepteur devra porter son attention sur ces causes, soit pour y remédier définitivement, soit pour les atténuer et si ce n'est pas possible mettre en place des outils pour prévenir l'exploitant de la survenue de la défaillance. L'objectif est d'avoir les effets les moins importants possibles sur le processus

Pour simplifier la lecture et l'interprétation de l'AMDEC, les colonnes listant les effets sur les sous-systèmes et les systèmes ont été sciemment exclues. Cependant, dans les effets présentés dans la colonne décrivant les effets sur le processus, nous avons énuméré leur apparition dans l'ordre, c'est-à-dire effet sur le sous-système puis sur le système et enfin sur le processus.

#### Exemple : effets inhérents à l'arrêt total de l'agitateur du poste de refoulement

- Effets sur le composant : agitateur rapide
  - Arrêt total
- Effets sur le processus :
  - Sous-système : poste de refoulement
    - Décantation des matières en suspension
    - Augmentation de la charge dans le poste de relevage
    - Blocage éventuel du poste de refoulement.
  - Système : Entrée station
    - Arrêt des pompes de refoulement
    - Mise en charge réseau amont

- Processus : STEU
  - Mise en charge du réseau amont de la station
  - Déversement total des effluents bruts au milieu récepteur.
  - Détérioration de l'équilibre biologique de la station

### 3.2.3.4 ETAPE 11 - DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS DE CONTRÔLE ET DE VISUALISATION DES DÉFAILLANCES

Cette étape n'est pas obligatoire mais elle permet de majorer ou de minorer le risque et donc de créer des écarts importants pour permettre leur classification. Elle consiste à lister tous les moyens mis en œuvre au moment de la conception pour avertir l'exploitant de l'apparition d'une défaillance. Si une défaillance grave est facilement visible et qu'il y a un ou plusieurs moyens d'en surveiller l'apparition, alors le risque est moins important car il peut être anticipé ou l'exploitant en sera informé très rapidement. À contrario, une défaillance légère peut mener à un arrêt total du processus si elle n'est pas traitée dans les temps. S'il n'existe pas de moyen de la détecter ou d'en être averti, la défaillance légère devient une défaillance grave.

**Exemple : éléments de contrôle mis en place pour la surveillance de l'aération du bassin de traitement biologique :**

- Au niveau de la SUPERVISION :
  - Défaut retour de marche
  - Défaut protection thermique moteur
  - Suivi nombre et fréquence des cycles de marche
  - Défaut mesure d'oxygène et/ou de redox
- Au niveau de l'ASTREINTE :
  - Envoi SMS
- Au niveau VISUEL :
  - Absence de bullage dans le bassin

La multiplication des éléments de contrôle de la défaillance de la pompe permet à l'exploitant d'être sûr d'avoir l'information et d'agir au plus vite pour y remédier.

### 3.2.3.5 ETAPE 12 - QUALIFICATION DES DÉFAILLANCES

Connaissant les modes de défaillance, les cause de défaillance et les effets sur le processus, chaque défaillance doit être qualifiée pour permettre d'en mesurer l'importance. Pour cela, il faut établir une grille de cotation adaptée, et l'appliquer pour chaque composant à chacun de ses modes de défaillance.

Chaque indicateur est décomposé en critère, et chaque critère est nommé, décrit précisément et un coefficient lui est attribué en fonction de son importance.

Il n'existe pas de grille type. La nature des critères et le nombre d'indice est à la discrétion du rédacteur et de son équipe de réflexion. Plus la liste de critères est précise et compte d'indices, plus il est aisé de qualifier la défaillance. Cependant, un trop grand nombre de critères et d'indices peut rendre l'appréciation de la défaillance compliquée voire impossible à faire.

Même s'il n'existe pas de grille type, deux critères de qualification sont obligatoires, la gravité et l'occurrence. La gravité exprime la sévérité des effets de la défaillance sur le processus. La défaillance engendre-t-elle une dégradation du processus, un arrêt du processus et/ou un risque pour le personnel d'exploitation ? L'occurrence qualifie la fréquence à laquelle peut survenir la défaillance. Ce critère peut devenir très mathématique et nécessiter l'utilisation de fonctions statistiques pour calculer, par exemple, des taux de défaillance. Dans notre cas, nous avons privilégié le retour d'expérience (plus fiable) pour qualifier la fréquence et rendre l'analyse accessible à tous.

Nous avons joint deux autres critères à ceux de la gravité et de l'occurrence : celui de la détectabilité et celui du temps de remédiation. Le critère de détectabilité est défini en fonction du nombre d'éléments de contrôle mis en place sur le procédé. Plus il y a d'éléments de contrôle, plus l'indice est faible. Il permet donc de minorer le risque à partir du moment où l'exploitant est rapidement averti de l'apparition de la défaillance. Le critère de temps de remédiation est défini par le temps nécessaire à l'exploitant pour remédier à la défaillance. Plus le temps est important, plus l'indice sera élevé.

La liste des indices et de critères validée par le groupe de réflexion se trouve en annexe 4

### 3.2.3.6 ETAPE 13 – CALCUL DE L'INDICE DE PRIORITÉ DES RISQUES (IPR)

L'indice de priorité des risques (IPR) est le produit des coefficients attribués à chaque critère pour chaque indicateur. Cet indice a deux fonctions :

⇒ Il permet de classer les défaillances par importance et ainsi de voir les faiblesses du procédé à consolider au moment de la conception et/ou à surveiller au moment de la mise en route du procédé.

⇒ Il permet de catégoriser le risque. Ce classement permet, par l'utilisation d'un barème de couleurs, de sensibiliser l'utilisateur de l'AMDEC et de savoir rapidement si le risque est important pour le processus ou pas. Dans l'AMDEC, tous les risques doivent être listés, à partir du moment où ils concernent un composant faisant partie de la décomposition fonctionnelle, et même si celui-ci ne présente pas un effet conséquent pour le processus. En SdF, un risque est un risque. Chaque risque même minime peut engendrer des effets qui, à très long terme, ont des conséquences catastrophiques sur le fonctionnement du processus ou la sécurité des personnes.

Nous avons classé les risques en trois catégories en s'inspirant de celles proposées par Monsieur ZWINGLSTEIN dans les Techniques de l'ingénieur [TI. SE4006] :

⇒ **Risque Mineur** : Risque acceptable affectant ni la sécurité des personnes ni la protection du milieu récepteur. Pour ce type de risque, il n'y a pas de solution de remédiation à prévoir. Le processus et le personnel sont correctement protégés.

⇒ **Risque Critique** : Risque n'affectant pas la sécurité des personnes mais engendrant une perturbation du milieu récepteur. Ce type de risque est compliqué à appréhender. Il nécessite un échange entre le Traiteur d'Eau et le Maître d'Ouvrage pour savoir si la conception doit être revue ou pas. La question à se poser est : le risque est-il suffisamment important pour nécessiter la mise en place d'une solution de remédiation ?

⇒ **Risque Catastrophique** : Risque inacceptable pouvant affecter la sécurité des personnes et la protection du milieu récepteur. Ce type de risque concerne principalement les étapes-clefs du procédé, comme l'entrée station, le clarificateur, l'aération, les postes de produits chimiques, ... La présence de ce type de risque sur le procédé nécessite obligatoirement la mise en place de solutions de remédiation.

Le tableau de catégorisation se trouve dans l'annexe 4.

### 3.2.3.7 REPRESENTATION DE LA PHASE 2 DANS LE TABLEAU AMDEC

L'ensemble du mécanisme d'apparition de la défaillance est détaillé dans cette partie du tableau (figure 18).

Afin de simplifier au maximum le remplissage du tableau, des cellules avec menu déroulant ont été mises en place, concernant notamment le choix du « Mode de défaillance », des « Effets sur le composant », du « Mode de visualisation », des différents indices et du calcul de l'IPR.

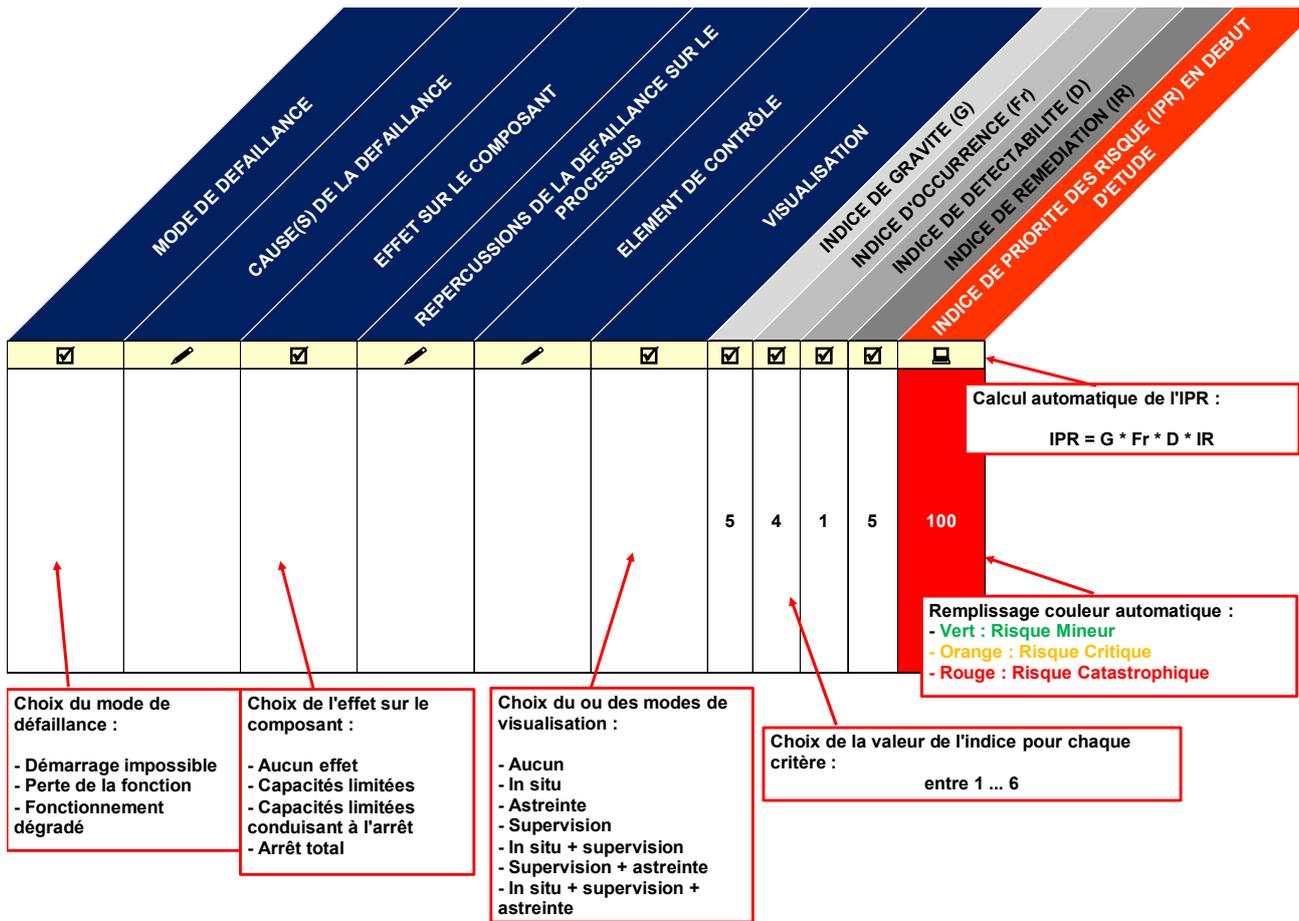


Figure 18: Tableau AMDEC - Représentation de la phase 2 - Analyse du procédé initial

### 3.2.4 PHASE 3 – ANALYSE DU PROCÉDE FIABILISE

Ayant pris connaissance de toutes les défaillances et du niveau de risque de chacune, le concepteur met en place des solutions afin d'en réduire l'impact voire, si possible, de l'inhiber. Afin de valider les solutions, il refait une étude complète des effets sur le processus ainsi qu'une nouvelle qualification du risque. Pour le Metteur en Route, le listing des solutions mises en place comprend tous les éléments à mettre en place et à tester pour garantir le niveau de disponibilité promis au Maître d'Ouvrage.

#### 3.2.4.1 ETAPE 14 - SOLUTION DE REMÉDIATION

Il existe plusieurs vecteurs pour remédier partiellement ou définitivement à un risque de défaillance :

- ⇒ Mesures préventives<sup>5</sup> : à faire par l'exploitant comme la maintenance préventive, les rondes journalières, ...
- ⇒ Mesures correctives<sup>5</sup> : mises en place à la conception par le traiteur d'eau tels que la redondance des équipements, les équipements de secours pour la mesure, le basculement sur des modes de fonctionnement en automatique, ...
- ⇒ Mesures curatives<sup>5</sup> : à faire uniquement par l'exploitant. Elle débute par le diagnostic, puis la réparation voire la modification du paramétrage, ...

<sup>5</sup> Définition au glossaire p9

⇒ Mesures palliatives<sup>6</sup> : mises en place à la conception et utilisées par l'exploitant comme le fonctionnement en mode manuel ou dégradé, ...

Ces mesures dépendent de deux approches. La première est humaine, avec la mise en avant de l'importance du personnel d'exploitation de sa présence sur site et de son investissement. La seconde est plus en lien avec la conception, avec la mise en avant de la responsabilité du Traiteur d'Eau.

A ces mesures, on peut également intégrer le listing des pièces de rechange de première urgence à maintenir en stock. La présence de pièces de rechange à disposition permet de réduire le temps de remédiation de la défaillance et donc de minimiser considérablement les effets sur le processus.

Le listing de ces mesures pour chaque composant et chacun de ses modes de défaillance permet au metteur en route d'avoir une liste exhaustive des éléments à tester au moment de la mise en route et à l'exploitant d'avoir éventuellement une trame de base pour la constitution de son carnet d'entretien ou pour implémenter sa future GMAO.

### Exemple : cas de la mesure d'oxygène du bassin de traitement biologique

Si la sonde de mesure d'oxygène est défaillante, l'ordre de marche ne parvient pas au surpresseur, le démarrage est impossible. En cas de défaillance, le concepteur a prévu la mise en place d'une mesure de Redox pour se substituer à la régulation initiale. Le mode de régulation va être permuté automatiquement passant du « mode REGULATION sur sonde O2 » au « mode REGULATION sur sonde REDOX ». Si les deux sondes sont défaillantes, l'exploitant pourra passer en « mode TEMPO », c'est-à-dire que les surpresseurs fonctionneront à des espaces de temps définis par l'exploitant.

Cependant, les sondes ont-elles été vérifiées et entretenues selon les préconisations de la maintenance préventive ?

Quelle que soit la solution de remédiation mise en place par le Traiteur d'Eau, elle ne sera bénéfique à la fiabilisation du procédé que si elle est testée au moment de la mise en route et que le personnel d'exploitation assure ses fonctions dans les règles de l'art. Ce n'est qu'à ces seules et uniques conditions que le risque de défaillance sera inhibé ou fortement diminué.

### 3.2.4.2 ETAPE 15 - DÉTERMINATION DES EFFETS DE LA DÉFAILLANCE SUR LE PROCESSUS UNE FOIS LA OU LES SOLUTION(S) DE REMÉDIATION MISE(S) EN PLACE

Afin de valider la pertinence des solutions de remédiation mises en place, il faut refaire le processus AMDEC à partir de l'étape 9, en déterminant les nouveaux effets de la défaillance, s'il y en a. Il faut bien garder à l'esprit qu'une défaillance ne disparaît jamais. Par contre, les effets peuvent disparaître si la solution se substitue au composant défaillant.

### Exemple : cas de la pompe de recirculation

Mise en place d'une pompe de recirculation redondante dans le puit à boue. À l'arrêt de la pompe défaillante, la pompe de redondance prend le relais automatiquement et presque instantanément. La recirculation des boues n'est pas perturbée et le processus fonctionne sans discontinuité. La fonction du processus étant assurée, la solution de remédiation est validée.

### 3.2.4.3 ETAPE 16 - REQUALIFICATION DES DÉFAILLANCES

Remédier à la défaillance ne veut pas dire qu'elle a complètement disparu. Afin de qualifier le nouveau risque de défaillance, il faut de nouveau avoir recours aux mêmes indicateurs que ceux utilisés à l'étape 11 du processus AMDEC.

Entre l'avant et l'après mise en place des solutions de remédiation, le critère d'occurrence ne change pas. En effet, le risque de blocage d'une pompe à la même fréquence d'apparition qu'il y ait une, deux ou trois pompes dans le poste de relevage. Pour ce qui concerne les autres critères, la modification du procédé affecte la valeur de l'indice, normalement en le minimisant. Concrètement, plus la solution de remédiation est efficace, moins les effets de la défaillance seront graves, plus le temps de remédiation est rapide et plus l'exploitant est informé de la défaillance rapidement.

### 3.2.4.4 ETAPE 17 - CALCUL DU NOUVEL INDICE DE PRIORITÉ DES RISQUES (IPR)

Une fois la défaillance requalifiée, un nouvel IPR est calculé, en utilisant le même protocole que celui de l'étape 12, ce qui permet de faire une comparaison objective entre l'avant et l'après. Entre la première qualification et la seconde, il faut idéalement observer une réduction significative de l'IPR et un déclassement de la catégorie de risque pour n'avoir à la fin que des risques mineurs. Cependant le risque « 0 » n'existe pas, pour des raisons économiques et pratiques. Les objectifs sont généralement concentrés sur les risques catastrophiques (inacceptables pour la sécurité des personnes et pour le processus). Ils sont la priorité et la défaillance à l'origine de ces risques ne doit en aucun cas perturber la sécurité du personnel et le bon déroulement du processus.

### 3.2.4.5 ETAPES 18 & 19 - SYNTHÈSE DE L'AMDEC & VALIDATION DES SOLUTIONS

Les deux dernières étapes de l'AMDEC, la synthèse et la validation des solutions, ne concernent pas l'étude puisqu'elles n'interviennent pas dans le processus de fiabilisation de la mise en route. D'ailleurs, par manque de temps je n'ai pas eu le temps de les traiter. Cependant afin de terminer l'état de l'art de l'AMDEC, il me semble tout de même important de les présenter.

Compte tenu de l'envergure de l'AMDEC et du volume documentaire, une étape de synthèse est obligatoire en fin d'étude. À titre d'information, l'AMDEC complète réalisée pour la station de Choisy-au-Bac occupe sept feuilles au format A0. La synthèse finale doit permettre de classer les défaillances en fonction de leur IPR et de leur catégorie afin de mettre en avant toutes les défaillances pour lesquelles une solution de remédiation n'a pas été mise en place ou apporte peu d'amélioration au bon fonctionnement du processus. Dans le cas d'un diagnostic sur une station existante, la hiérarchisation des risques permet de fixer des priorités quant à l'ordre de déroulement des travaux de revamping. Dans notre cas tous les risques identifiés, même les plus faibles, doivent être contrôlés par le Metteur en Route et l'exploitant doit y être sensibilisé au moment de sa formation.

L'étape de validation des solutions de remédiation conclut ou relance la procédure d'AMDEC. Lorsqu'une défaillance n'est pas inhibée ou considérablement réduite par la solution de remédiation, elle ouvre le dialogue entre le concepteur et le Maître d'Ouvrage pour éventuellement inclure une solution plus performante dans son investissement et protéger le processus d'une défaillance bloquante ou limitante ultérieure. Cette étape relance le processus AMDEC à partir de l'étape 13 jusqu'à celle de validation.

### 3.2.4.6 REPRESENTATION DE LA PHASE 3 DANS LE TABLEAU AMDEC

À l'image des colonnes du tableau correspondant à la phase 2, plusieurs cellules avec menu déroulant ont été mises en place pour simplifier le remplissage du tableau. Il en est de même pour le code couleur de qualification des risques (figure 19).

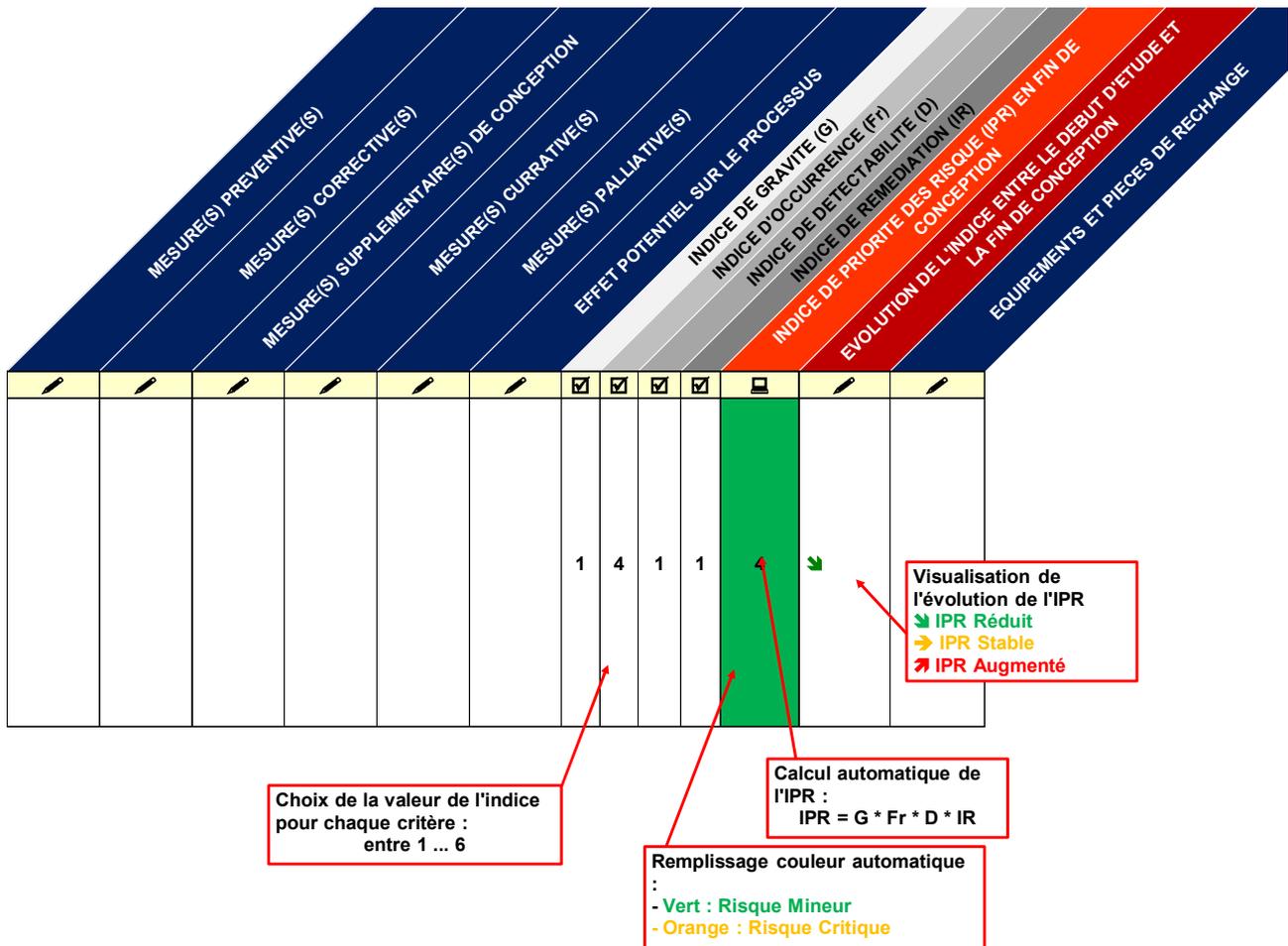


Figure 19: Tableau AMDEC - Représentation de la phase 2 - Analyse du procédé fiabilisé

## 4 CONCLUSION

L'AMDEC est un outil puissant qui permet d'assurer une fonction d'aide au diagnostic en cas de défaillance en listant les modes de défaillance, leurs causes potentielles, les effets sur le processus et les moyens à mettre en place ou mis en place par le concepteur. Au-delà d'aider les Ingénieurs d'Etude pour améliorer éventuellement la conception de la STEU, l'AMDEC est une grande source d'informations pour la création de fiches de procédure de fiabilisation de la mise en route.

# PARTIE IV / RESULTATS OBTENUS

## 1 STRUCTURE DU SYSTEME DE FICHE

Grâce aux réflexions en groupe et aux sessions de validation sur site, il est apparu nécessaire de créer plusieurs sortes de fiches. Si le contenu, les destinataires et les utilisations diffèrent, elles sont toutes les trois utilisées pendant la période de mise en route de l'installation et elles découlent toutes les unes des autres. Une liste complète des fiches créées se trouve en [annexe 5].

### 1.1 FICHE DE « LISTE DES EQUIPEMENTS PAR SYSTÈME »

La station d'épuration a été découpée en systèmes. Chaque système est composé de plusieurs sous-systèmes qui nécessitent, pour leur fonctionnement et la sécurisation du personnel et du procédé, l'utilisation de nombreux composants. Le Maître d'Œuvre demande de plus en plus souvent, lors des réunions hebdomadaires du chantier, une liste des équipements mis en place pour valider l'avancée du chantier et vérifier la conformité des fournitures avec le cahier des charges et l'engagement du concepteur de la station.

Les fiches de « Liste des équipements » (figure 23) servent donc de tableau de bord de suivi de chantier pour le Responsable Exécution et le Maître d'Œuvre. Pour une meilleure visibilité, les fiches suivent le sens du traitement au niveau de la file eau et de la file boues. Au-delà de signifier l'état d'avancement du chantier, elles permettent de justifier les appels de fonds du Traiteur d'Eau et de simplifier la procédure de demande.

Les fiches servent également de support au Metteur en Route, afin de préparer son chantier et les autres types de fiches. En effet, la rédaction de ces fiches est à faire au moment du passage en exécution de l'affaire. Elles sont un bilan de l'ensemble des équipements techniques prévus pour le procédé de traitement. La liste permet au Metteur en Route de peser le poids du chantier, de s'organiser et de planifier ses tâches.

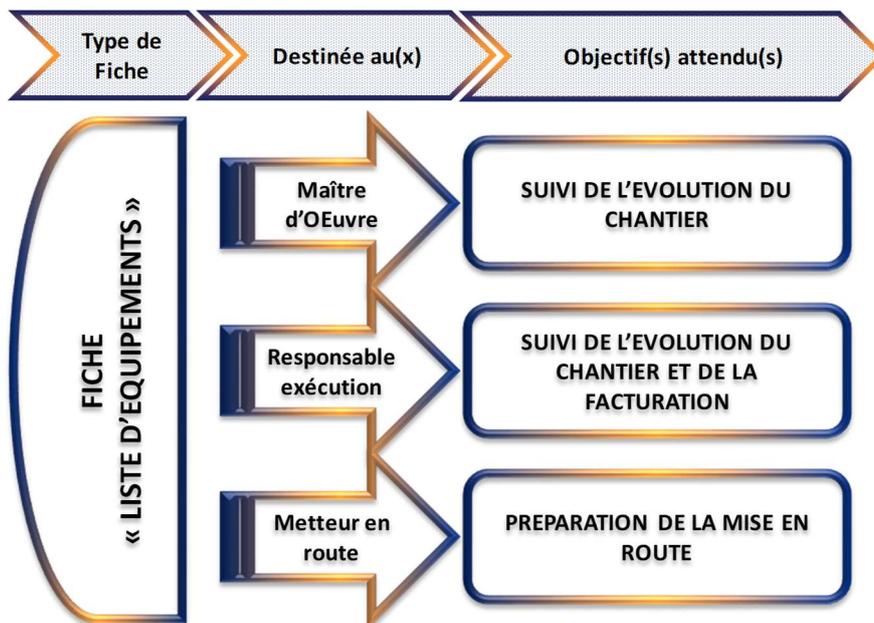


Figure 20: Objectifs des « Fiches équipements des sous-systèmes »

Les fiches « Liste d'équipements » (figure 24) sont composées des éléments suivants :

- [1] – **Numéro de l'affaire** pour identifier le dossier concerné
- [2] – **Date de rédaction** ou de modification de la fiche. Il est important pour assurer la traçabilité du document d'y faire figurer la date de rédaction.
- [3] – **Nom de la station d'épuration.**
- [4] – **Nom du système.** Il permet d'identifier le système concerné. La couleur de la case doit également être en corrélation avec celle de l'analyse fonctionnelle pour faciliter le classement du document et respecter le découpage de l'AMDEC.
- [5] – **Nom du sous-système.** Le système est composé de plusieurs « sous-systèmes ». L'identification du sous-système est importante pour le classement et la lecture des fiches par les utilisateurs.
- [6] – **Repère PID.** Le repère PID permet d'identifier le composant et de le retrouver facilement sur les plans du procédé.
- [7] – **Descriptif du composant.** Descriptif simple et concis du composant.
- [8] [9] [10] – Cellules d'indication de l'avancement du chantier et de la mise en route :
- ⇒ **MEP** : valide la **Mise En Place** du composant.
  - ⇒ **RAC** : valide le **RAC**cordement hydraulique et électrique du composant.
  - ⇒ **TEST** : valide le bon fonctionnement du composant suite aux **TESTs** et essais
- [11] – **Menu déroulant.** Les cellules [8] [9] [10] changent de couleur en fonction de la sélection. En jaune, si la sélection n'a pas été encore faite, en vert, si l'étape est validée et en gris, si le composant n'est pas présent dans le procédé.
- [20] – **Remarques.** Cette case permet de déterminer si et quand le composant a été mis en place et de donner les informations sur la mise en place des autres. Cet encart permet aussi de faire des commentaires éventuels.
- [21] – **Signature du rédacteur.** Le nom et la signature du rédacteur assurent une traçabilité et engagent la responsabilité du rédacteur.
- [22] – **Signature du représentant du Maître d'Ouvrage.** Il peut s'agir du Maître d'Œuvre, du Maître d'Ouvrage ou du personnel d'exploitation. Il valide le document en y imposant sa signature et son tampon.
- [23] – **Adresse du fichier de sauvegarde.** À la demande de TECHFINA, cette case a été ajoutée pour y indiquer l'adresse d'enregistrement du document pour en faciliter la recherche ultérieure. En effet un très grand nombre de documents est rattaché à chaque affaire et il n'est pas toujours très aisé de les retrouver.
- [24] – **Révision.** Les documents sont destinés à évoluer au gré de l'avancement de la construction de la station. Il est important de garder chaque document et de ne pas les supprimer. Pour chaque nouvelle version, l'indice de révision sera incrémenté jusqu'à ce qu'il soit complètement rempli.
- [25] – **Logo SQS.** La société TECHFINA suit le référentiel qualité SQS ISO 9001. Il est important de le faire apparaître dans le document, même si, pour le moment, les documents n'y sont pas encore rattachés.
- [26] – **Tampon de l'entreprise.** Le document pouvant être communiqué au client, il devient contractuel. Le visa de l'entreprise ainsi que son logo soulignent son origine.

La fiche « Liste des équipements du prétraitement » se trouve en annexe 6.

 Notre eau mérite d'être bien traitée		N° AFFAIRE [1]		
		DATE [2]		
STATION D'EPURATION [3]				
[4]				
[5]				
REPERE [6]	EQUIPEMENTS [7]	MEP [8]	RAC. [9]	TEST. [10]
		[choix]	[choix]	[choix]
		[choix]	[choix]	[choix]
		[choix]	[choix]	[choix]
		[choix] <input checked="" type="checkbox"/>	[choix]	[choix]
		X	[choix]	[choix]
		NC	[choix]	[choix]
		[11] X	[choix]	[choix]
		X	[choix]	[choix]
		X	[choix]	[choix]
REMARQUES / [20]				
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /	TAMPON / [26]		
	EN PRESENCE DE (Raison sociale, Nom et signature)	TECHFINA S.A. 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax : 00 41 22 879 8001		
[25]	[22]	[23]	REV	[24]
1/1				

Figure 21: Matrice de la « Fiche Équipements des sous-systèmes »

## 1.2 FICHE DE « MISE AU POINT DES EQUIPEMENTS »

Chaque composant nécessite un paramétrage, une implantation précautionneuse sur le procédé et la réalisation de tests. Le respect des règles de l’art de chacun de ces points garantit le bon fonctionnement du composant et réduit le risque de défaillance.

D’une part, les fiches de mise au point des équipements (figure 25) permettent d’une part, au metteur en route de valider tous les points de contrôle garantissant une mise en service conforme aux préconisations du fournisseur. Par exemple, pour une pompe à vis excentrée, il doit vérifier le sens de rotation de la pompe. Au-delà d’inhiber la fonction de pompage et le refoulement des effluents si la pompe tourne dans le mauvais sens, la garniture mécanique assurant l’étanchéité d’arbre peut être abîmée si elle n’est pas prévue pour une rotation dans les deux sens. Une fois la garniture mécanique endommagée, elle doit être remplacée systématiquement sous peine de fuites importantes. Pour un motoréducteur, la lubrification des pignons est vitale pour garantir la durée de vie de l’équipement. La vérification du niveau d’huile avant la mise en service doit être faite, voire ajustée si besoin, etc...

D’autre part, les fiches contiennent l’ensemble des paramètres de programmation des appareils. Chaque appareil arrive sur le chantier avec une « programmation usine » qui ne correspond jamais aux besoins du procédé. Le choix des plages de fonctionnement, du type de sortie, le paramétrage des alarmes doivent être faits pour chaque appareil de mesure ou de régulation, en fonction de la conception du procédé. De plus, chaque fiche contient en entête les références du matériel, marque, numéro de série, plage de fonctionnement, ... Les fiches de mise au point sont intégrées au dossier technique de l’exploitant. En cas de perte des paramètres ou de remplacement ultérieur de l’équipement, l’exploitant y retrouve toutes les références et tous les réglages de mise en route pour lui faire gagner du temps pour l’approvisionnement et le paramétrage. Il en est de même pour le metteur en route. En effet pendant la période de garantie, il peut être amené à intervenir sur la station pour effectuer des réparations ou du remplacement d’équipement. Les fiches lui permettent de gagner un temps précieux.

Enfin, ces fiches listent tous les tests et défauts à valider au moment de la mise au point. Les équipements interagissent avec l’automate qui gère le fonctionnement du procédé ainsi qu’avec la supervision qui sert d’interface Homme – Machine pour l’exploitant. La liaison entre les appareils doit être vérifiée et testée. Par exemple, la valeur mesurée par le débitmètre électromagnétique en entrée de station est-elle visible au niveau de la supervision ? L’absence de retour de marche de la pompe déclenche-t-elle une alarme ? etc...

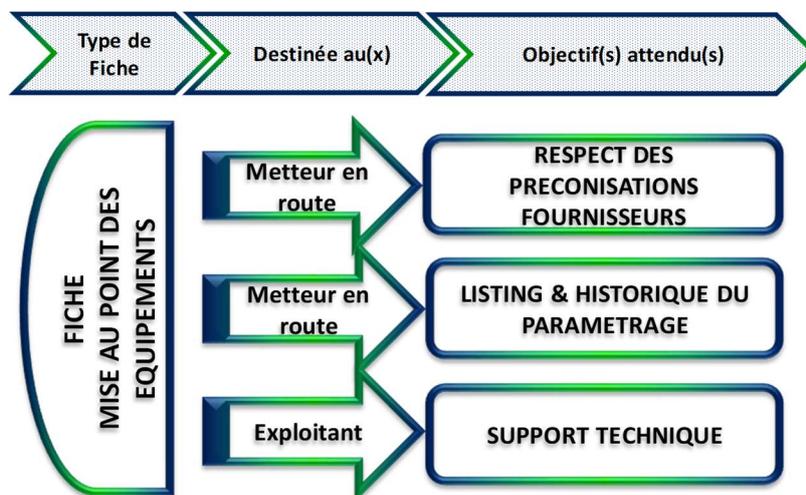


Figure 22: Objectifs des « Fiches de mise au point des équipements »

Les fiches « Liste des équipements » sont composées des éléments suivants (figure 26) :

**[1] à [4]** champs identiques à ceux de la Fiche « Liste des Équipements ». Champs d'informations sur l'affaire et le système concernés, pour faciliter le classement et la situation du système dans le procédé de traitement.

**[5] – Repère PID.** Le repère PID permet d'identifier le composant et de le retrouver facilement sur les plans du procédé.

**[6] – Descriptif du composant.** Descriptif simple et concis du composant.

**[7] – Spécificité du composant.** Afin de rendre la fiche plus universelle et plus précise à la fois, des critères spécifiques peuvent être indiqués de façon simplifiée. Par exemple, préciser la taille de la grille du dégrilleur ou juste préciser si c'est un dégrilleur fin ou grossier.

**[8] – Numéro.** Le numéro intervient uniquement si la station est composée de plusieurs files pour faciliter l'identification du composant. C'est une redondance du champ « repère PID » mais elle est plus simple d'utilisation pour l'exploitant.

**[9] – Caractéristiques techniques.** Ce sont les données figurant généralement sur la plaque de l'équipement, marque, référence, puissance, plage de fonctionnement, ...

**[10] –** Afin de faciliter le remplissage, gagner du temps et uniformiser les fiches, des unités ont été saisies directement dans les champs.

**[11] – Préparation.** Dans le cadre du respect des « préconisations constructeurs », certains éléments préalables à la mise en fonctionnement doivent être respectés. Le sens de rotation, le niveau d'huile, la mise à niveau de l'équipement, le câblage des sécurités, les raccordements en eau ou en air, ...

**[12] – Cellule de sélection.** Permet de valider sa présence sur le procédé et ou sa mise en place. La cellule change de couleur en fonction de la sélection. En jaune, si la sélection n'a pas encore été faite, en vert, si le composant est mis en place et en gris, si le composant n'est pas présent dans le procédé.

**[13] – Tests et Défaut.** Liste de tous les tests pour valider la liaison entre les équipements et l'automatisme et la supervision (commande, consigne, retour de marche, alarme, ...).

**[14] – Validation.** Permet de voir si le test a été réalisé.

**[15] – Report.** Permet de voir si le défaut ou la fonction est visualisé au niveau de la supervision.

**[16] – Acquiescement.** Permet de valider si la fonction d'acquiescement et de réarmement via la supervision est opérationnelle. En effet, certains équipements lorsqu'ils subissent une défaillance, ne peuvent être remis en fonctionnement qu'après un acquiescement et un réarmement manuel. C'est une façon de sensibiliser l'exploitant de l'importance de la panne. Par exemple, après la percussion d'un arrêt d'urgence, une inspection sur place est obligatoire avant le réarmement pour voir l'état de l'équipement ou de son environnement, avant sa remise en fonction.

**[20] – Remarques.** Cette case permet d'indiquer toutes remarques du Metteur en Route, par exemple si le composant n'est pas utilisé dans les conditions habituelles (une centrifugeuse qui fonctionnerait en épaissement, ...).

**[21] à [26] –** champs identiques à ceux de la Fiche « Liste des Équipements ». Champs d'information sur le rédacteur et le représentant du Maître d'Ouvrage.

La fiche « Mise au point de la pompe d'extraction des boues » se trouve en annexe 7.

 Notre eau mérite d'être bien traitée		N° AFFAIRE [1]	
		DATE [2]	
STATION D'EPURATION [3]			
[4]			
[repère] [5]	[6]	[choix] [7]	N° [8]
CARACTERISTIQUES DU [6]		VALIDATION	
[9]		[donnée]	
PUISSANCE MOTEUR		[donnée]	Kw [10]
PREPARATION			
[11]		[choix] [12]	[choix]
		X	X
		NC	NC
		[choix]	[choix]
TESTS & DEFAULTS		VALIDATION [14]	REPPORT [15]
		ACQUITEMENT [16]	
[13]	[choix] [12]	[choix]	[choix]
	X	X	[choix]
	NC	NC	[choix]
	[choix]	[choix]	[choix]
REMARQUES / [20]			
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /	TAMPON / [26]	
	[21]	TECHFINA S... 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax : 00 41 22 879 8001	
	EN PRESENCE DE (Raison sociale, Nom et signature)		
[25]	[22]		
FICHER SAUVEGARDE	[23]	REV	[24]
1/1			

Figure 23: Matrice de la « Fiche de mise au point des équipements »

### 1.3 FICHE DE « MISE AU POINT DU SOUS SYSTEME »

La fiche de « Mise au point du sous-système » (figure 27) est un document long surtout s’il concerne un système dans son ensemble. De plus, la mise au point est réalisée dans les conditions réelles par groupe de composants et donc par sous-système. Afin d’obtenir une fiche efficiente, j’ai choisi de la rédiger par sous-système. Elles ne peuvent être remplies correctement que si et seulement si les fiches « Liste des Équipements » et « Mise au point des Équipements » ont été complétées en totalité.

Ces fiches sont destinées en premier lieu au Metteur en Route. Elles listent l’intégralité des éléments qui valident le bon fonctionnement du procédé. On y retrouve par exemple la liste des commandes en accès via la supervision, l’ensemble des courbes de bilan, le protocole de fonctionnement et le paramétrage de chaque mode de fonctionnement (mode manuel, automatique, séquentiel, dégradé). L’objectif est donc de valider toutes les fonctionnalités du procédé de traitement à l’échelle du sous-système.

Toujours en rapport au Metteur en Route, elles sont la base synthétique du manuel d’exploitation et elles apparaissent comme un très bon support de formation pour l’exploitant. Bien entendu, elles ne donnent pas les solutions en cas de défaillance, mais elles permettent de comprendre comment piloter la station et, en fonction du mode de fonctionnement choisi, comment les étapes doivent s’enchaîner pour garantir le bon fonctionnement. Pour un exploitant d’expérience, elles sont donc une aide au diagnostic de défaillance. C’est à ce niveau qu’intervient l’AMDEC. Incorporées au dossier technique remis à l’exploitant, elles sont un support de réflexion et une aide précieuse à l’exploitation.

Enfin, elles attestent de l’ensemble des points abordés lors de la formation et du bon fonctionnement de l’installation avant la réception définitive. Elles sont remises contre signature à l’exploitant après la période de formation et elles sont versées au dossier technique définitif. On peut assimiler la fiche à un Procès-Verbal de formation.

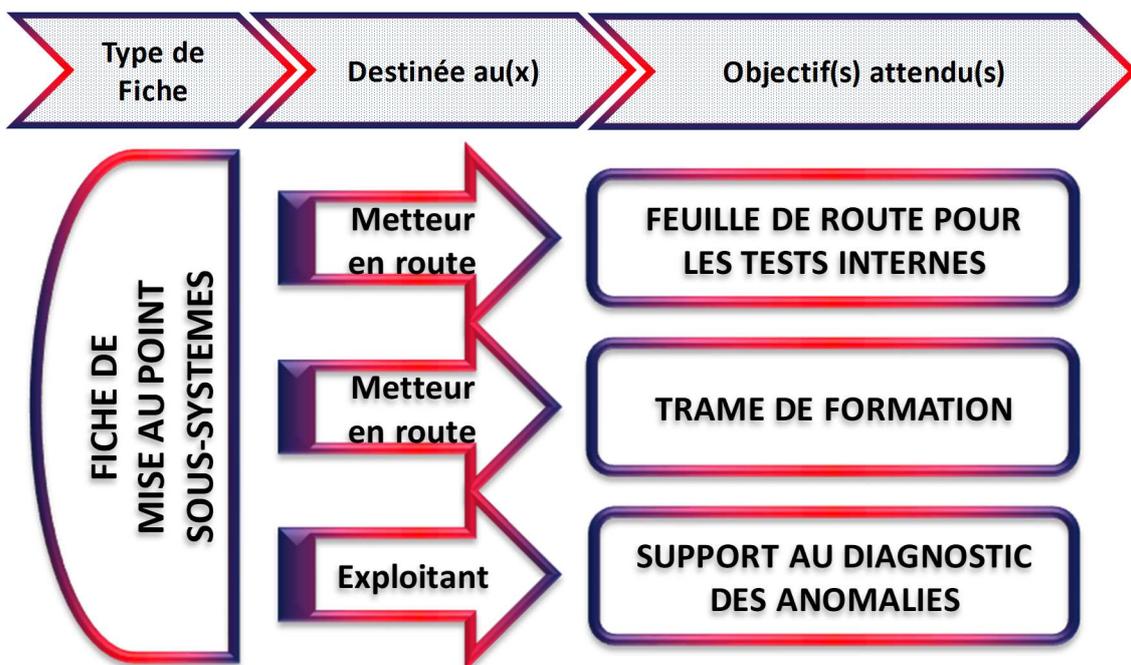


Figure 24: Objectifs des « Fiches de mise au point des sous-systèmes »

Les fiches « Liste de mise au point des sous-systèmes » seront composées des éléments suivants (figure 28) :

**[1] à [5]** champs identiques à ceux de la Fiche « Liste des Équipements ». Champs d'informations sur l'affaire, le système et le sous-système concernés, pour faciliter le classement et la situation du système dans le procédé de traitement.

**[6] – Configuration de la supervision.** Liste de toutes les données visualisables - VISU, paramétrables – PARA, les défauts – DEFAUT et leur acquittement – ACQ. depuis la supervision. On peut citer par exemple les différents niveaux, les grandeurs mesurées comme le débit d'entrée station, les temporisations pour le fonctionnement, etc. ...

**[7] – Supervision Bilan.** Liste toutes les grandeurs qui seront représentées et sauvegardées sous forme de courbe, comme la courbe de suivi du niveau du poste de relevage et le débit des pompes d'alimentation de la station.

**[8] – Tests et paramètres préalables.** Les tests préalables sont des fonctions communes à tous les modes de fonctionnement. Ils peuvent et doivent être fait hors essai en pilotage car s'ils ne sont pas validés, le mode de régulation ne fonctionnera pas. On peut citer par exemple la permutation automatique des pompes centrifuges. En effet, à chaque arrêt de cycle, à chaque défaillance, lors du redémarrage du pompage, c'est la seconde pompe qui prend le relais pour un fonctionnement alternatif des équipements et répartir l'usure équitablement sur la pompe principale et la pompe de redondance. Ce paragraphe regroupe également toutes les grandeurs de paramétrage nécessaire au bon fonctionnement de l'équipement.

**[9] – Unités.** Pour toutes les données nécessitant des unités de mesure, ces dernières ont été intégrées aux fiches pour gagner du temps et homogénéiser les fiches.

**[10] – Paramétrage du mode.** Presque tous les équipements électromécaniques fonctionnent suivant plusieurs modes. Un mode automatique en « régulation », un mode séquentiel en « tout ou rien », un mode manuel en « Marche – Arrêt » et parfois un mode dégradé (consigne minimale fixe). Ces modes nécessitent un paramétrage et des actions de la part de l'exploitant, comme la sélection du mode en supervision, le renseignement des consignes et alarme. La liste de paramétrage du mode donne tous les éléments nécessaires à son bon fonctionnement.

**[11] – Fonctionnement du mode.** Une fois le mode de fonctionnement sélectionné et paramétré, le cycle peut être lancé et suit une succession d'étapes précise et dans un ordre donné. La liste donne les séquences automate dans l'ordre pour s'assurer que le cycle est correctement programmé et qu'il n'en manque pas. De plus, en cas de défaut, l'automate doit pouvoir passer à des modes de fonctionnement de secours. Par exemple, si le niveau haut du poste de relevage est commuté trop longtemps, les pompes temps de pluie sont mises en marche pour orienter le surplus du volume vers le bassin de stockage et de restitution. Le débit des pompes de relevage est alors au maximum de la plage de fonctionnement des pompes.

**[20] – Remarques.** Cette case permet de d'indiquer toutes les recommandations du Metteur en Route par exemple si les conditions de temps de pluie nécessitent un réglage particulier, etc...

**[21] à [26]** – champs identiques à ceux de la Fiche « Liste des Équipements ». Champs d'information sur le rédacteur de la fiche et le représentant du Maître d'Ouvrage certifiant de sa véracité et la version du document.

La fiche « Mise en route du dégrillage grossier » se trouve en annexe 8.

 Notre eau mérite d'être bien traitée		N° AFFAIRE : [1]			
		DATE : [2]			
STATION D'EPURATION		[3]			
		[4]			
		[5]			
CONFIGURATION DE LA SUPERVISION		VISU	PARA.	DEFAULT	ACQ.
[6]		[choix]	NC	X	[choix]
SUPERVISION "BILAN"			VALIDATION		
[7]					[choix]
TESTS ET PARAMETRAGE PREALABLES			VALIDATION		
[8]					[choix]
			[donnée]		[9]
FONCTIONNEMENT "MODE AUTOMATIQUE"			VALIDATION		
[10]					[choix]
FONCTIONNEMENT "MODE MANUEL"					
[11]					[choix]
REMARQUES / [20]					
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /		TAMPON /		
	[21]		[26]		
	EN PRESENCE DE (Raison sociale,Nom et signature)		TECHFINA S 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax: 00 41 22 879 8001		
[25]	[22]				
NOM FICHIER SAUVEGARDE	XXXX_MES_ETS_DGG_VISA [23]			REV	[24]
1/1					

Figure 25: Matrice de la « Fiches de mise au point des sous-systèmes »

## 2 VALIDATION SUR SITE ET MODIFICATIONS

Conformément à la méthode « 6 SIGMA », une validation sur site des fiches a été faite à plusieurs reprises. Elle a permis entre autres, de qualifier la trame en validant la pertinence des écrits, la simplicité d'utilisation et de compléter les étapes manquantes de la procédure, ...

### 2.1 PREMIERE SESSION DE VALIDATION

La première session sur chantier a eu lieu en début de stage, un mois après son commencement. Cette première immersion m'a permis de comprendre le besoin de l'entreprise et de me confronter aux méthodes de travail du service de mise en route. Le chantier de Choisy-Au-Bac n'étant pas encore assez avancé, cette première période de chantier a eu lieu sur le site de la nouvelle station de Sain-Bel. Cette station est d'une capacité identique à celle de Choisy-Au-Bac et le cœur du procédé est également une boue activée.

Le premier constat est que la mise en route n'est pas un « chemin tout tracé », même si elle est soigneusement planifiée. À titre d'exemple, sur la station de Sain-Bel, la centrifugeuse est prévue pour un fonctionnement mixte, en mode épaissement et en mode déshydratation. Ce type de fonctionnement n'est pas naturel pour ce genre d'équipement puisqu'il nécessite de dégrader fortement son fonctionnement en mode épaissement, au risque de perdre complètement la fonction de séparation eau/flocs. De plus, dans notre cas, les boues se séparaient très bien, voire trop bien. Cela a complexifié le travail de mise en service car le niveau de dégradation du fonctionnement de la centrifugeuse était vraiment important. La reprise sous centrifugeuse devait pouvoir être fonctionnelle pour des boues avec une siccité comprise entre 60g/l (épaississement) et 200 g/l (déshydratation). Il a donc fallu créer un programme de régulation spécifique pour la pompe de gavage, évolutif et simple à utiliser pour le futur exploitant. Le premier paramètre ajouté est celui de la fréquence ajustable de la pompe au démarrage. Pour un fonctionnement en épaissement, la fréquence de démarrage de la pompe est plus haute que pour le fonctionnement en déshydratation. Le second paramètre ajouté est le temps d'incrément et de décrément de la fréquence. En effet, on tolère plus de niveau de boue dans la trémie avec une boue liquide qu'en présence de boues à 200g/l, plus pâteuses et sujettes au voûtage. Les paramètres de régulation doivent donc être accessibles rapidement et facilement par l'exploitant.

Lors des échanges pour la définition du besoin de l'entreprise, un des objectifs des fiches fixait qu'elles soient modulables, c'est-à-dire adaptables à tous les types de configuration de procédé. À l'image de l'utilisation particulière de la centrifugeuse, on s'aperçoit qu'il ne s'agit pas d'un fonctionnement standard de l'équipement. L'ébauche des fiches ne convenait pas, elles n'étaient pas utilisables en l'état car pas assez ouvertes aux applications non standardisées. Il a fallu les modifier et les adapter pour ne pas limiter leurs champs d'application dans le futur.

Un autre objectif des fiches était la simplicité. Les aléas et la complexité de la fonction de mettre en route ont donc motivé le recourt aux cases à remplissage automatique, à la saisi anticipée des unités, et à la création de menus déroulants adaptés aux équipements. De cette façon, le temps passé à compléter les fiches se trouve considérablement réduit.

Afin de rendre les fiches plus universelles, j'ai donc choisi de reprendre les dossiers techniques d'anciennes stations conçues par TECHFINA et d'étudier les différents modes de fonctionnement mis en place pour intégrer les champs adéquats dans les fiches.

### 2.2 SECONDE SESSION DE VALIDATION

La seconde session de test des fiches a été réalisée par le service de mise en route sans ma présence et cette fois-ci sur la station de Choisy-Au-Bac. L'intérêt de cette étape de validation

est de connaître le ressenti des futurs utilisateurs des fiches sans mon assistance et mes éventuelles explications. En tant que créateur des fiches, il est important d'avoir un avis neutre et sans aucune influence.

Entre la première et la seconde session de tests, j'ai dédié plusieurs semaines à la réalisation de l'AMDEC. Les fiches ont été adaptées à la décomposition fonctionnelle (choix de couleurs, dénomination des systèmes et sous-systèmes, incorporation des risques identifiés, ...).

Après échange avec le Metteur en Route, il a été décidé de créer d'autres fiches en complément de celles de « Mise au point des équipements » :

⇒ Les fiches de « Liste des équipements par systèmes ». La mise en route de la station se fait généralement au fil de l'eau. Les composants sont mis en service par opérations unitaires. Par exemple, le dégrilleur fin est configuré, paramétré et testé avec la vis de compactage. Il en est de même pour le dessableur et le dégraisseur, etc. La fiche « liste des équipements par système » permet au metteur en route de lister tous les équipements à mettre en place sur la station et de vérifier leur présence.

⇒ Les fiches de « Mise au point du sous-systèmes ». L'exhaustivité est certainement l'objectif à atteindre le plus complexe du cahier des charges de TECHFINA. Encore une fois, chaque station est différente au niveau du pilotage et des informations à gérer. La transmission des consignes au service automatisme sur chantier est donc très chronophage. Suite à ce constat nous avons choisi d'inclure dans les fiches de procédure de fonctionnement, la liste des fonctions à visualiser sur la supervision. Ces fonctions concernent les champs de saisie des consignes, les différentes courbes à afficher et à sauvegarder ainsi que les fenêtres d'indication de grandeurs mesurées. De cette façon, cela sert de « pense-bête » au metteur en route et de feuille de route à l'automaticien.

## 2.3 TROISIEME SESSION DE VALIDATION

La troisième et dernière session de validation s'est déroulée juste avant le transfert des effluents bruts vers la nouvelle station de Choisy-Au-Bac.

Lors de cette session nous avons amélioré les fiches :

⇒ Entre la théorie et la pratique, il y a toujours un ajustement à faire. Toujours dans un souci de simplicité, toutes les étapes à valider et les tests à effectuer doivent suivre une logique commune à l'ensemble des fiches. La troisième session a permis de réorganiser les fiches et de créer une logique réaliste pour le metteur en route.

⇒ Certaines fiches comme celles des débitmètres électromagnétiques ou des transmetteurs de mesure physico-chimique ont été faites initialement à partir des notices techniques des fabricants (EH+, HACH, ...). En fonction des méthodes d'utilisation de ces composants de TECHFINA, les menus changent par rapport à ceux des modes d'emploi. Les fiches ont donc été simplifiées et adaptées pour ne faire apparaître que les champs nécessaires au paramétrage des transmetteurs.

⇒ Compte tenu du nombre de fiches et de la variété des équipements, il est compliqué d'utiliser les mêmes termes pour les champs à compléter. C'est d'ailleurs impossible, en tout cas sur une partie des fiches. En revanche, sur le reste, c'est tout à fait possible. Un travail d'harmonisation des textes des champs a donc été effectué.

## 3 PISTES D'EVOLUTION

Malgré mes efforts, le sujet de ce TFE étant très vaste, je n'ai pas pu achever complètement le travail demandé. Il reste encore des points à faire, à développer ou à affiner. Ils concernent principalement l'AMDEC et les fiches.

Suite à mes échanges avec l'Agence de l'Eau Rhin Meuse, une trame réglementaire ainsi qu'un cahier des charges doivent être rédigés dans les années à venir pour la rédaction des analyses de risques de défaillance (mission confiée à l'ASTEE). L'objectif sera de détenir un support commun et uniforme pour les Maîtres d'Ouvrage afin de les guider dans le suivi, la réhabilitation ou la création de leurs unités de traitement. Compte tenu que l'arrêté du 21 juillet 2015 préconise l'emploi de l'AMDEC comme critère prioritaire pour la sélection du traiteur d'eau, la société TECHFINA sera donc amenée à adapter le document au format imposé.

L'émergence du problème du traitement des micropolluants tels que les biocides, les pesticides agricoles ou les médicaments, risque d'avoir un impact sur les points de vigilance et donc sur l'analyse elle-même. L'incorporation de nouveaux équipements est à prévoir avec leurs notions de risques respectifs et la création des fiches correspondantes reste à faire.

L'AMDEC réalisée lors du TFE est très complète, elle occupe sept feuilles au format A0. Le nombre de lignes étant très important, une uniformisation des items permettrait d'en simplifier la compréhension et le remplissage. Il en est de même pour les fiches, certains champs doivent y être optimisés et uniformisés.

Il existe une multitude de compositions pour assurer le traitement des effluents. Lors des six mois de stage, il n'a pas été possible de les étudier toutes. L'AMDEC devra être poursuivie au fur et à mesure des dossiers pour prendre en compte d'autres composants, sous-systèmes et systèmes (traitement des graisses, MBBR, ...).

La réalisation de l'AMDEC a permis de mettre en avant tous les éléments nécessaires à l'étude de fiabilité des STEU comme le temps de remédiation, l'occurrence, ... La mise en place d'un fichier pour centraliser les retours d'expérience (interne et client) permettrait de peaufiner les indices de priorité des risques (IPR) de défaillance afin d'améliorer la conception et/ou de faire des tests supplémentaires. Toujours concernant l'IPR, la mise en place d'un fichier de retour d'expérience permettait de définir plus finement les paliers de classification des risques et de se focaliser uniquement sur ceux engendrant réellement un dysfonctionnement du processus.

Pour finir, l'objectif de création d'un outil utilisable partout et par tous est que partiellement atteint. En effet, cet objectif va à l'encontre de l'objectif d'universalité de l'outil. En effet, sur la fiche, il y a actuellement toutes les possibilités de fonctionnement, tous les tests envisageables et tous les équipements. Pour une station simple, une bonne partie des champs ne seront pas utiles et seront identifiés « NC » pour Non Concerné. Ceci ne joue pas sur la qualité ou l'exhaustivité des fiches mais le passage à un format informatique différent pourrait les rendre plus légères et plus simples à prendre en main par l'exploitant.

## CONCLUSION

Le sujet de ce travail de fin d'étude est la fiabilisation de l'étape de mise en route de stations de traitement des eaux usées et plus précisément la création d'un outil pour aider les Metteurs en Route à fiabiliser au mieux leur travail.

À l'origine du besoin de l'entreprise (Qualité – Coût – Délais), on retrouve les motivations suivantes :

- ⇒ Mutualiser le savoir-faire de l'entreprise ;
- ⇒ Réaliser des installations fiables et préservant le milieu récepteur ;
- ⇒ Satisfaire le Maître d'Ouvrage ;
- ⇒ Assurer une formation de qualité du personnel d'exploitation ;
- ⇒ Réduire au maximum les frais et rentabiliser les affaires en exécution.

L'étude portant sur l'ensemble du procédé de traitement d'une station d'épuration, il n'était pas concevable, compte tenu du nombre limité de pages autorisées dans le rapport, de faire à la fois une présentation méthodologique et technique. C'est la raison pour laquelle j'ai opté pour une présentation méthodologique agrémentée d'exemples concernant le poste de relevage.

Lors de la prise en main du sujet et suite aux nombreux échanges avec la Direction de l'entreprise il s'est avéré que le sujet faisait partie d'un projet d'amélioration continue ambitieux. Au lieu de traiter le sujet de stage individuellement, j'ai été amené à choisir et à mettre en place une procédure de Lean Engineering (méthode 6 SIGMA) pour uniformiser au mieux la démarche d'amélioration continue pour tous les sujets envisagés par TECHFINA. En effet, cette procédure permet de définir les besoins de l'entreprise et de choisir et valider les outils d'amélioration. Dans notre cas, la création d'un outil sous forme de fiches de procédure.

Toute la période de stage a été jalonnée d'échanges avec les collaborateurs de tous les services de l'entreprise (BE, Projeteurs, Exécution, Mise en Route et Direction). La rédaction d'un cahier des charges précis en commun et le travail en groupe ont mis en évidence la nécessité d'inclure à l'étude une AMDEC complète du procédé de traitement. Cette analyse a permis de comprendre le processus d'apparition des défaillances sur l'ensemble du procédé, de classer les risques par ordre de priorité et de lister tous les points sensibles à tester et à valider par le Metteur en Route à l'étape de mise en route. De plus, la demande grandissante des Maîtres d'Ouvrage et des Maîtres d'Œuvre pour la réalisation d'AMDEC, imposait à TECHFINA de travailler tôt ou tard sur ce sujet. Il y a en quelque sorte un transfert de responsabilité, ce qui s'explique sans peine par la position centrale du traiteur d'eau dans le conseil et la conception des installations. Enfin, il est très important de rappeler que toutes ces études et l'élaboration de ces documents demandent énormément de ressources en personnel et en temps. La mise en place de l'AMDEC a donc permis de renforcer l'efficacité des fiches et d'anticiper un besoin latent de l'entreprise.

La réalisation de l'AMDEC et la rédaction des fiches ont été un travail long et il reste encore perfectible, au vu des pistes d'évolutions citées en Partie IV :

- ⇒ Harmoniser les fiches et l'AMDEC.
- ⇒ Terminer l'ensemble des fiches et l'analyse de défaillance des équipements manquants.
- ⇒ Adapter l'AMDEC à la réglementation.
- ⇒ Améliorer le format de présentation des fiches et de l'AMDEC.

La recherche de la fiabilité absolue, la création de documents concis, le gain de temps, ... sont des objectifs permanents chez les concepteurs de STEU. À la vue de cette expérience de six mois, je pense que ce travail demande des efforts et des moyens considérables aux entreprises

mais que cette course à la station et au service parfaits est primordiale pour protéger les milieux récepteurs et rester compétitif. Cette quête est perpétuelle et nécessite une remise en question de tous les jours, d'une part, à cause de l'évolution de la réglementation et, d'autre part, grâce aux progrès techniques. Le Traiteur d'Eau est le sachant, il doit contribuer activement à la préservation de notre environnement. Avec le législateur, il est un acteur incontournable et même si l'environnement est pour beaucoup un poids conséquent dans la balance de la rentabilité, c'est à lui de continuer à préconiser les bonnes solutions, de les concevoir au mieux et d'anticiper les besoins à venir.

Je terminerai cette conclusion par une citation d'Auguste Comte (1798 – 1853) qui synthétise bien l'ensemble de ce sujet d'étude et la trajectoire prise par TECHFINA France :

*« Savoir pour prévoir, afin de pouvoir ».*

## BIBLIOGRAPHIE

### TEXTES REGLEMENTAIRES :

[Ar. 21/07/15] - FRANCE, MINISTERE DE L'ECOLOGIE, DU DEVELOPPEMENT DURABLE, ET DE L'ENERGIE, **Arrêté du 21 juillet 2015** relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5. Journal officiel n°190 du 19 Août 2015 [Consulté le 18 juin 2018].  
<https://www.collectivites-locales.gouv.fr>

[Com. Ar. 21/07/15] - FRANCE, MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER, **Commentaire technique de l'Arrêté du 21 juillet 2015 - Partie 1 « Conception et exploitation des systèmes d'assainissement »**. Fiche 8 « Notion de coût excessif », p. 25, & Fiche 10 « Analyse des risques de défaillance », p. 28-30, Consulté le 13 juin 2018.  
<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr>

[DERU] - CONSEIL DE L'EUROPE, **Directive 91/271/CEE** relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Journal officiel n°L135 du 30/05/1991 [Consulté le 18 juin 2018].  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000521140>

[Fasc.81-II] – FRANCE, MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX, **Fascicule 81 titre II** relatif à la conception et exécution d'installations d'épuration d'eaux usées. Bulletin Officiel mars 2003 [consulté le 13 juin 2018].

### NORMES :

[Af. 06091] – AFNOR. **Norme NF X 06-091**. Démarche Lean, Six Sigma – Exigences des compétences des chefs de projets. Association Française de normalisation, 2011. 23p.  
<https://www.boutique.afnor.org/extraits/FA092747.pdf>

[Af. 31010] – AFNOR. **Norme NF EN 31010**. Gestion des risques – Techniques d'évaluation des risques. Association Française de normalisation, 2010. 105p.  
<https://engees-connect.u-strasbg.fr/login/login>

[Af. 60010] – AFNOR. **Norme NF X60-010**. Maintenance – Concepts et définition des activités de maintenance. Association Française de normalisation, 1994. Retirée en 2001. 10p.  
<https://engees-connect.u-strasbg.fr/login/login>

[Af. 60500] – AFNOR. **Norme NF X60-500**. Terminologie relative à la fiabilité – Maintenabilité – Disponibilité, 1988. 42p.  
<https://engees-connect.u-strasbg.fr/login/login>

[Af. 60812] – AFNOR. **Norme NF EN 60010**. Techniques d'analyses de la fiabilité du système - Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE), 2006. 49p.  
<https://engees-connect.u-strasbg.fr/login/login>

### DOCUMENTS TECHNIQUES :

[FNDAE 22 bis] – PRONOST, Joseph – PRONOST, Rakha – DEPLAT, Laurent – MALRIEU Jacques – BERLAND Jean-Marc – **Disposition constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation** – FNDAE n°22 bis – Décembre 2002 – 86p

- [TI. **AG4670**] - MORTUREUX, Yves – **La sûreté de fonctionnement : méthodes pour maîtriser les risques** – Techniques de l'Ingénieur – Octobre 2005 – AG4670 V1 – p17  
<https://www-techniques-ingenieur-fr.scd-rproxy.u-strasbg.fr>
- [TI. **SE4006**] - ZWINGELSTEIN, Gilles – **Evaluation de la criticité des équipements. Métriques et indicateurs de performance** – Techniques de l'Ingénieur – Juillet 2014 – SE 4006 – p24  
<https://www-techniques-ingenieur-fr.scd-rproxy.u-strasbg.fr>
- [TI. **SE4040**] - MORTUREUX, Yves – **AMDE(C)** – Techniques de l'Ingénieur – Octobre 2005 – SE 4040 – p12  
<https://www-techniques-ingenieur-fr.scd-rproxy.u-strasbg.fr>
- [TI. **SE4050**] - MORTUREUX, Yves – **Arbres de défaillance, des causes et d'évènements** – Techniques de l'Ingénieur – Octobre 2002 – SE 4050 – p28  
<https://www-techniques-ingenieur-fr.scd-rproxy.u-strasbg.fr>

## OUVRAGE :

- [**Diag. & Def.**] – ZWINGELSTEIN, Gilles – **Diagnostic des défaillances**, Théorie et pratique pour les systèmes industriels. Edition HERMES Paris - 1995. Collection Traité des nouvelles technologies – Série Diagnostic et Maintenance. 601p

## DOCUMENTS NUMERIQUES :

- [**Syn. 201206**] – SYNTEAU. Le processus de mise en route dans le domaine du traitement des eaux. Document de synthèse internet. 2012. [Consulté le 07 mai 2018]  
[http://www.synteau.com/wp-content/uploads/2011/09/201206\\_synteau-IC-mise-en-route\\_BD.pdf](http://www.synteau.com/wp-content/uploads/2011/09/201206_synteau-IC-mise-en-route_BD.pdf)
- [**C. HOHMANN. Lean**] – HOHMANN, Christian. Qu'est-ce que Lean Engineering ? Blog. [Consulté le 02 juillet 2018].  
<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/lean-en-conception-et-developpement/les-basiques-du-lean-en-conception-et-developpement/529-quest-ce-que-lean-engineering>
- [**C. HOHMANN. DMAIC**] – HOHMANN, Christian. DMAIC. Blog. [Consulté le 02 juillet 2018].  
<http://christian.hohmann.free.fr/index.php/six-sigma/six-sigma-les-basiques/168-dmaic>
- [**DRIEE**] – Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie. Site internet. Publié le 30/07/2010 et modifié le 20/01/16. [Consulté le 15 mai 2018].  
<http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/zones-sensibles-a105.html>

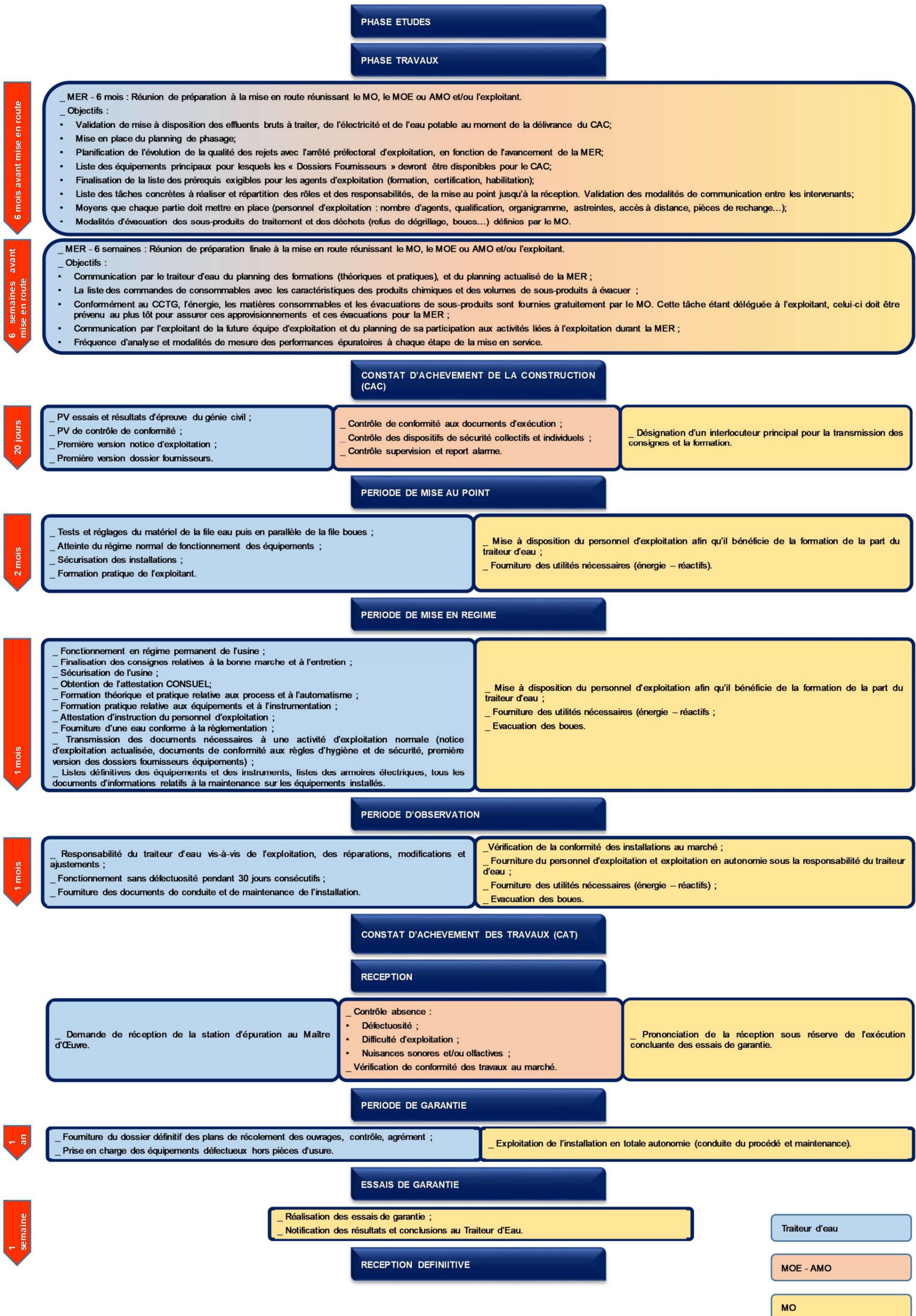
# ANNEXES



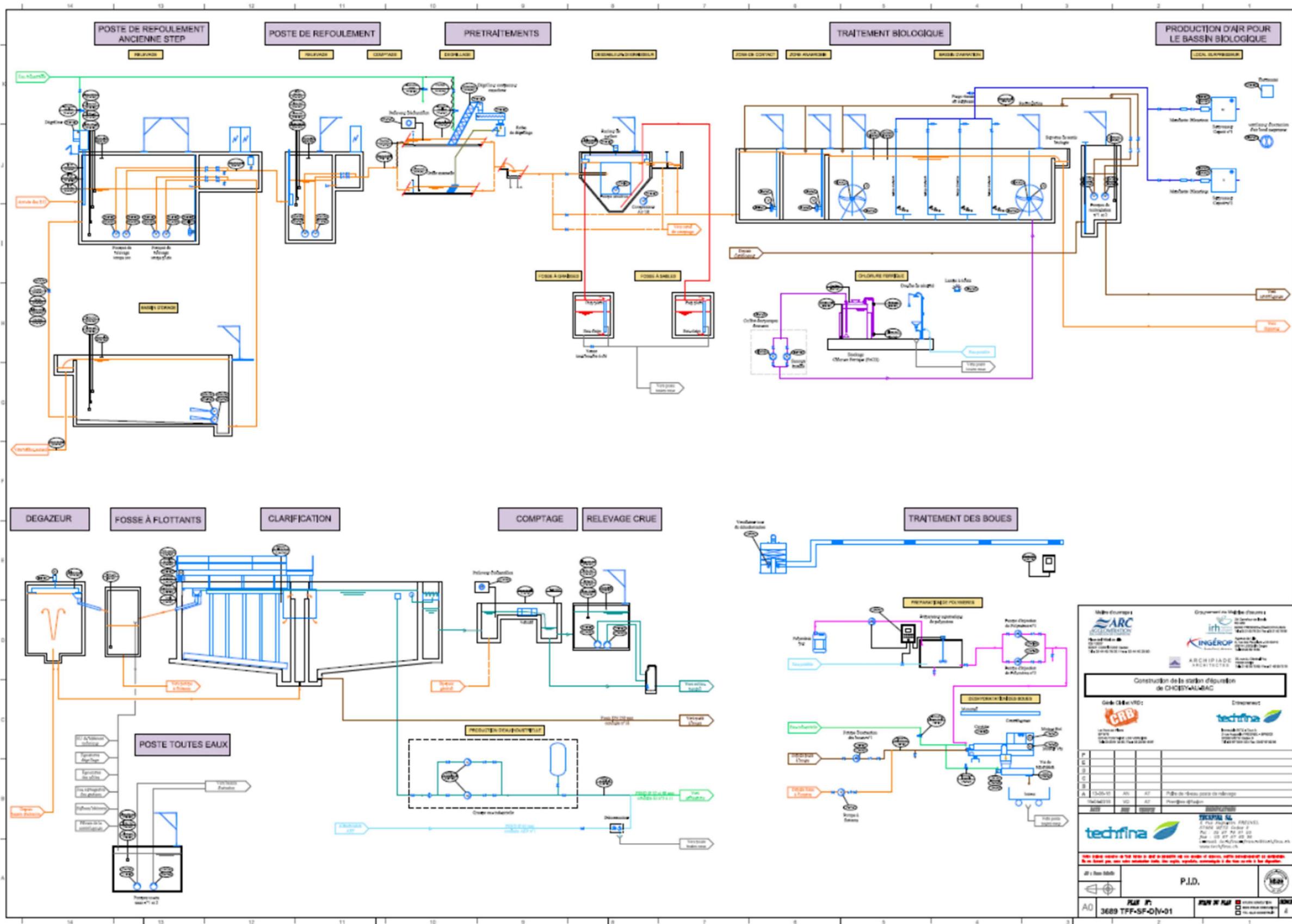
## TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 :	Synoptique du déroulement de la phase de mise en route.....	71
ANNEXE 2 :	PID de la station de Choisy-Au-Bac.....	73
ANNEXE 3 :	Fiche signalétique de la STEU de Choisy-Au-Bac .....	75
ANNEXE 4 :	Critères et indices de qualification des défaillances .....	77
ANNEXE 5 :	Liste des fiches créées pendant le stage .....	79
ANNEXE 6 :	Liste des équipements du prétraitement .....	83
ANNEXE 7 :	Fiche de mise au point d'une pompe d'extraction .....	84
ANNEXE 8 :	Fiche mise en route du dégrillage grossier .....	85









**Construction de la station d'épuration de CHOISY-AU-BAC**  
 Gde CRB VSD:

P			
C			
S			
E			
A	13/04/17	AO	A2
	14/04/17	VO	A2

**techfina**  
 2 Rue Jacques-Lafontaine  
 93000 Le Blanc-Mesnil  
 Tél : 01 47 37 31 00  
 Fax : 01 47 37 31 00  
 www.techfina.fr

**P.I.D.**  
 3689 TFF-SF-01-V-01



**STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES DE LA COMMUNE DE CHOISY-AU-BAC (60)**
**CODE STATION / 036015101000**

**Station de Choisy-au-Bac (6400 EH)**

<b>MAITRE D'OUVRAGE</b>	Agglomération de la Région de Compiègne				
<b>MAITRE D'OEUVRE</b>	IRH Ingénieur Conseil - Bureau de Fresnes-lès-Montauban				
<b>TYPE D'EXPLOITATION</b>	Affermage - VEOLIA				
<b>CAPACITE (Equivalent Habitant)</b>	6400 EH				
<b>BASSIN VERSANT</b>	La Seine				
<b>ZONE SENSIBLE</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	Azote	<input checked="" type="checkbox"/>	Phosphore	
<b>FILIERE DE TRAITEMENT DE L'EAU</b>	Boue activée				
<b>FILIERE DE TRAITEMENT DES BOUES</b>	Déshydratation via centrifugation				
<b>NOMBRE DE JOURS DE TEMPS SEC</b>	5				
<b>NOMBRE DE JOURS DE TEMPS DE PLUIE</b>	2				
<b>TYPE DE RESEAU</b>	Unitaire				
<b>PARTICULARITE(S)</b>	Zone de construction sujette à de forte crue				
	Bassin de stockage et de restitution en entrée station				
	Poste de relevage de crue en sortie				
<b>DEBIT ET VOLUMES</b>	ENTREE (TS)	ENTREE (TP)	ENTREE (JT)	RETENU AU DIMENSIONNEMENT	
<b>VOLUME MAXIMAL JOURNALIER (m<sup>3</sup>/j)</b>	906	2040	939	2040	
<b>DEBIT MOYEN HORAIRE (m<sup>3</sup>/h)</b>	38	85	39		
<b>DEBIT POINTE HORAIRE (m<sup>3</sup>/h)</b>	81	85	82	85	
<b>CAPACITE (Equivalent Habitant)</b>	6400	9600	6850	6400	
<b>POLLUANTS (kg/j)</b>	ENTREE (TS)	ENTREE (TP)	ENTREE (JT)	SORTIE	TAUX ABATTEMENT
<b>[DBO<sub>5</sub>]</b>	384	576	411	20	80%
<b>[DCO]</b>	768	1382	856	90	75%
<b>[MES]</b>	576	1267	675	30	90%
<b>[NTK]</b>	77	100	80	15	70%
<b>[NH<sub>4</sub>]</b>	0	0	0	0	0%
<b>[Pt]</b>	19	25	20	2	80%



	GRAVITE (1)	OCCURRENCE (2)	DETECTABILITE (3)	TEMPS DE REMEDIATION (4)
1	<b>Mineur</b> Aucune altération sur le processus de traitement ou les personnes	<b>Invraisemblable</b> Une occurrence prévisible tous les 10 ans	<b>Déteçtabilité certaine</b> Indication claire du défaut ou de la panne au niveau de la supervision ou réception de SMS	<b>Instantané</b> Basculement automatique sur la solution de secours
2	<b>Marginal</b> Altération potentielle du processus de traitement. Aucune altération de la sécurité des personnes	<b>Improbable</b> Une occurrence prévisible tous les 5 ans	<b>Déteçtabilité très probable</b> Indication indirecte du défaut ou de la panne au niveau de la supervision ou réception de SMS (exemple : "défaut préparateur polymère" - agitateur ? Electrovanne ? Pression d'eau ?)	<b>Inférieur à 1 heure</b> Basculement automatique sur la solution de secours après visualisation sur site du défaut
3	<b>Sérieux</b> Altération progressive du processus et de la qualité des rejets mais processus en fonctionnement. Aucune altération de la sécurité des personnes	<b>Rare</b> Une occurrence prévisible tous les ans	<b>Déteçtabilité probable</b> Pas d'indication du défaut ou de la panne au niveau de la supervision ni réception de SMS. Visualisation sur place dans le cadre d'une tournée de contrôle	<b>Entre 1 heure et 1 journée</b> Diagnostic simple, équipement en stock et intervention légère
4	<b>Majeur</b> Altération instantanée du processus et de la qualité des rejets menant à l'arrêt du processus. Aucune altération de la sécurité des personnes	<b>Occasionnel</b> Une occurrence prévisible tous les 6 mois	<b>Déteçtabilité improbable</b> Pas d'indication du défaut ou de la panne au niveau de la supervision ni réception de message SMS. Visualisation sur place dans le cadre d'une intervention humaine (calibration de sonde, nettoyage,...)	<b>Entre 1 journée et 1 semaines</b> Équipement en stock ou facilement approvisionnable. Intervention légère ou réalisable en interne
5	<b>Critique</b> Processus à l'arrêt. Rejets hors normes. Réduction voire annulation de la "prime de bon traitement"	<b>Probable</b> Une occurrence prévisible tous les mois	<b>Déteçtabilité fortement improbable</b> Le défaut n'est pas franc, intermittent mais engendre suffisamment de perturbation pour stopper le processus	<b>Entre 1 semaine et 1 mois</b> Délais d'approvisionnement, dépendance d'un sous traitant,...
6	<b>Catastrophique</b> Risque mettant en jeu la sécurité des personnes ou un endommagement irréversible des équipements.	<b>Certain</b> Une occurrence prévisible tous les jours	<b>Déteçtabilité impossible</b> Le défaut est franc et la panne est complexe à diagnostiquer	<b>Supérieur à 1 mois</b> Grand délai d'approvisionnement du matériel, maintenance lourde et mise en régime du processus,...

TYPE DE RISQUE	INDICE DE CRITICITE	CARACTERISATION DU RISQUE	RESULTANTES DU RISQUE
<b>Risque catastrophique</b>	Si 1 ≥ 5 ou 4 = 6 et/ou IC ≥ 45*	Risque inacceptable pouvant affecter la sécurité des personnes et la protection du milieu récepteur	Conception du procédé à revoir
<b>Risque critique</b>	Si 2=6 ou 3=6 et/ou 20 ≤ IC < 44	Risque n'affectant pas la sécurité des personnes mais engendrant une perturbation du milieu récepteur.	A discuter
<b>Risque mineur</b>	Si IC < 20	Risque acceptable affectant ni la sécurité des personnes ni la protection du milieu récepteur	RAF

Le calcul de l'Indice de **P**riorité des **R**isques est le produit de :

$$IPR = \text{Gravité} \times \text{Occurrence} \times \text{Detectabilité} \times \text{temps de rémédiation}$$

L'Indice de **P**riorité des **R**isques est compris dans l'intervalle :

$$1 < IPR < 6^4 \text{ soit entre } 1 < IPR < 1296$$

L'indice médian retenu correspond à celui calculé pour la défaillance du pont du clarificateur :

$$IPR = \text{GRAVITE} (=5) * \text{OCCURRENCE} (=2) * \text{DETECTABILITE} (=1) * \text{TEMPS DE REMEDIATION} (=6)$$

$$IPR = 5 * 2 * 1 * 6 = 60$$



**LISTE DES COMPOSANTS PAR SYSTÈME**

<b>SYSTÈME</b>	<b>CODIFICATION</b>
Liste des composants du système « Entrée STEU »	<b>XXXX_ETS_LIST</b>
Liste des composants du système « Prétraitements »	<b>XXXX_PRT_LIST</b>
Liste des composants du système « Traitement Biologique »	<b>XXXX_BIO_LIST</b>
Liste des composants du système « Traitement des Boues »	<b>XXXX_TDB_LIST</b>
Liste des composants du système « Utilités & Divers »	<b>XXXX_DIV_LIST</b>
Liste des composants du système « Auto surveillance »	<b>XXXX_ATS_LIST</b>
Liste des composants du système « Automatisation – Électricité – Sécurité »	<b>LC_ELEC_SECU</b>

**LISTE DE MISE EN SERVICE DES COMPOSANTS**

<b>COMPOSANT</b>	<b>CODIFICATION</b>
Mise en service de « Accélérateur de courant »	XXXX-BIO-BDA-MLS-0X-MES
Mise en service de « Agitateur rapide »	XXXX-XXX-XXX-MH-0X-MES
Mise en service de « Airlift »	XXXX-PRT-DSG-CAL-0X-MES
Mise en service de « Ballon anti-bélier »	XXXX-XXX-XXX-PPT-0X-MES
Mise en service de « Centrifugeuse + Centritune »	XXXX-TDB-DSH-CD-0X-MES
Mise en service de « Centrifugeuse + Covistar »	XXXX-TDB-DSH-CD-0X-MES
Mise en service de « Compacteur »	XXXX-XXX-XXX-CPT-0X-MES
Mise en service de « Compresseur »	XXXX_DIV_PAC_CA_0X_MES
Mise en service de « Dégrilleur fin »	XXXX-PRT-DGF-SF-0X-MES
Mise en service de « Dégrilleur vertical »	XXXX-ETS-DGG-SC-0X-MES
Mise en service de « Débitmètre électromagnétique »	XXXX-XXX-XXX-FT-0X-MES
Mise en service de « Détecteur de niveau à poire »	XXXX_XXX_XXX_LS_MES
Mise en service de « Pompe à lobes »	XXXX-TDB-FAF-PLR-0X-MES
Mise en service de « Pompe à vis excentrée »	XXXX-TDB-XXX-PCP-0X-MES
Mise en service de « Pompe aératrice »	XXXX-PRT-DSG-PA-0X-MES
Mise en service de « Pompe doseuse analogique »	XXXX-XXX-XXX-PPD-0X-MES
Mise en service de « Pompe doseuse tout ou rien »	XXXX-XXX-XXX-PPD-0X-MES
Mise en service de « Pompe de relevage à débit variable »	XXXX-XXX-XXX-PPC-0X-MES
Mise en service de « Pompe de relevage à débit fixe »	XXXX-XXX-XXX-PPC-0X-MES
Mise en service de « Pompe gaveuse BTHE »	XXXX_TDB_DSH_PCP_0X_MES
Mise en service de « Pompe gaveuse BTI »	XXXX_TDB_DSH_PCP_0X_MES
Mise en service de « Pompe gaveuse BTQ »	XXXX_TDB_DSH_PCP_0X_MES
Mise en service de « Pont racleur clarificateur »	XXX-BIO-CLA-SB-0X-MES
Mise en service de « Pont racleur dégazeur »	XXXX_BIO_ZDD_SB_0X_MES
Mise en service de « Pont racleur dégraisseur »	XXXX_BIO_DSG_SB_0X_MES
Mise en service de « Préleveur d'échantillon Endress Hauser ASP2000 / Entrée»	XXXX_ATS_AES_AWS_0X_MES
Mise en service de « Préleveur d'échantillon Endress Hauser ASP2000 / Sortie»	XXXX_ATS_AES_AWS_0X_MES
Mise en service de « Préparateur polymère émulsion Alltech »	XXXX_TDB_DSH_MSP_0X_MES
Mise en service de « Préparateur polymère poudre Alltech »	XXXX_TDB_DSH_MSP_0X_MES
Mise en service de « Préparateur polymère Prominent »	XXXX_TDB_COND_MSP_0X_MES
Mise en service de « Presse à vis »	XXXX_TDB_DSH_SP_0X_MES
Mise en service de « Sonde de niveau piézométrique »	XXXX_XXX_XXX_LT_0X_MES
Mise en service de « Sonde de niveau radar VEGAPULS »	XXXX_XXX_XXX_LT_0X_MES
Mise en service de « Sonde de niveau ultrasonique FMU40 »	XXXX_PRT_DGF_SF_0X_MES
Mise en service de « Sonde de niveau ultrasonique FMU90 CANAL EFFLUENTS BRUTS »	XXXX_ATS_AES_FT_0X_MES
Mise en service de « Sonde de niveau ultrasonique FMU90 CANAL EAU TRAITEE »	XXXX_ATS_ASS_FT_0X_MES

Mise en service de « Sonde de niveau ultrasonique FMU90 CANAL TROP PLEIN»	<b>XXXX_ATS_ATP_FT_0X_MES</b>
Mise en service de « Sonde de niveau ultrasonique FMU90 TREMIE »	<b>XXXX_XXX_XXX_LT_0X_MES</b>
Mise en service de « Surpresseur d'air à lobes »	<b>XXXX_BIO_PAS_RLC_0X_MES</b>
Mise en service de « Surpresseur d'air à vis »	<b>XXXX_BIO_PAS_SWC_0X_MES</b>
Mise en service de « Surpresseur d'eau	<b>XXXX_DIV_PEI_PBS_0X_MES</b>
Mise en service de « Transmetteur AS200 Lange »	<b>XXXX_XXX_XXX_XT_0X_MES</b>
Mise en service de « Transmetteur Liquiline Monocanal Endress Hauser »	<b>XXXX_XXX_XXX_XT_0X_MES</b>
Mise en service de « Transmetteurs Liquiline Bicanal Endress Hauser »	<b>XXXX_XXX_XXX_XT_0X_MES</b>
Mise en service de « Turbine d'Aération »	<b>XXXX_BIO_BAE_TUR_0X_MES</b>
Mise en service de « Ventilateur »	<b>XXXX_XXX_XXX_BL_0X_MES</b>
Mise en service de « Vis classificatrice »	<b>XXXX_PRT_DSG_GC_0X_MES</b>
Mise en service de « Vis de convoyage »	<b>XXXX_XXX_XXX_CO_0X_MES</b>

Fiches concernées par la station d'étude

Fiches non concernée par la station d'étude

**LISTE DE MISE EN ROUTE DES SOUS-SYSTEMES**

<b>SOUS-SYSTEME</b>	<b>CODIFICATION</b>
Mise en route du « dégrillage grossier »	<b>MER_DEG_GRO</b>
Mise en route du « refoulement »	<b>MER_REF</b>
Mise en route du « stockage et restitution des effluents bruts »	<b>MER_BSR</b>
Mise en route du « relevage entrée station »	<b>XXXX_MES_ETS_REL_MER</b>
Mise en route du « dégrillage fin »	<b>MER_DEG_FIN</b>
Mise en route du « dessablage et dégraissage »	<b>MER_DES</b>
Mise en route de « la zone de contact »	<b>MER_ZDC</b>
Mise en route du « traitement biologique du phosphore »	<b>MER_ZAN</b>
Mise en route du « traitement physico-chimique du phosphore »	<b>MER_FECL3</b>
Mise en route du « traitement de l'azote »	<b>MER_BIO</b>
Mise en route du « poste de dégazage »	<b>MER_DGZ</b>
Mise en route de « la clarification »	<b>MER_CLA</b>
Mise en route de « la fosse à flottants »	<b>MER_FLOT</b>
Mise en route de « la déshydratation »	<b>MER_DESHY</b>
Mise en route du « relevage de crue »	<b>MER_REL_CRUE</b>
Mise en route de « la production d'eau industrielle »	<b>MER_EAU_INDUS</b>
Mise en route de « la désodorisation »	<b>MER_DESODO</b>

		<b>N° AFFAIRE 3689</b>		
Notre eau mérite d'être bien traitée		<b>DATE XX/XX/XXXX</b>		
STATION D'EPURATION DE CHOISY-AU-BAC				
PRETRAITEMENT				
COMPOSANTS DEGRILLAGE FIN				
REPERE	EQUIPEMENTS	MEP	RAC.	TESTE
PRT-SF-01	DEGRILLEUR FIN	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-CO-01	VIS DE CONVOYAGE	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-CPT-01	COMPACTEUR	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-LT-01	MESURE DE NIVEAU AMONT	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-LSH-01	CONTROLEUR DE NIVEAU HAUT	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-HT-01	SYSTÈME DE PROTECTION HORS GEL CONDUITE	[choix]	[choix]	[choix]
PRT-HT-02	SYSTÈME DE PROTECTION HORS GEL COMPACTEUR	[choix]	[choix]	[choix]
COMPOSANTS DESSABLAGE - DEGRAISSAGE				
REPERE	EQUIPEMENTS	MEP	RAC.	TESTE
DSG-PA-01	POMPE AERATRICE	[choix]	[choix]	[choix]
DSG-SS-01	RACLEUR DES GRAISSES	[choix]	[choix]	[choix]
DSG-CAL-01	COMPRESSEUR AIRLIFT DESSABLEUR	[choix]	[choix]	[choix]
DSG-CO-01	VIS DE CONVOYAGE DES SABLES	[choix]	[choix]	[choix]
DSG-GC-01	VIS CLASSIFICATRICE DES SABLES	[choix]	[choix]	[choix]
REMARQUES /				
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /		TAMPON /  <b>TECHFINA S.A.</b> 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax : 00 41 22 879 8001	
	EN PRESENCE DE (Raison sociale, Nom et signature)			
FICHER SAUVEGARDE	3689_PRT_LIST		REV	
1/1				

		N° AFFAIRE 3689	
Notre eau mérite d'être bien traitée		DATE XX/XX/XXXX	
<b>STATION D'EPURATION DE CHOISY-AU-BAC</b>			
<b>EXTRACTION DES BOUES</b>			
[repère]	<b>POMPE A VIS EXCENTREE (BOUES)</b>	<b>File</b>	
<b>CARACTERISTIQUES POMPE VIS EXCENTREE</b>		<b>VALIDATION</b>	
MARQUE		[donnée]	
REFERENCE		[donnée]	
NUMERO DE COMMISSION		[donnée]	
PUISSANCE MOTEUR		[donnée]	kW
TENSION		[donnée]	V
VITESSE MOTEUR A FREQUENCE NOMINALE		[donnée]	RPM
FREQUENCE NOMINALE		[donnée]	Hz
INTENSITE PLAQUE		[donnée]	A
INTENSITE MESUREE		[donnée]	A
RAPPORT DE REDUCTION		[donnée]	
COS $\phi$		[donnée]	
<b>PREPARATION STANDARD</b>		<b>VALIDATION</b>	
SENS DE ROTATION		[choix]	
PROTECTION DE LA POMPE CONTRE L'ECHAUFFEMENT		[choix]	
VIDANGE ET NIVEAU HUILE REDUCTEUR		[choix]	
OUVERTURE EVENT REDUCTEUR		[choix]	
OUVERTURE VANNE GRAISSEUR		[choix]	
PARAMETRAGE DU VARIATEUR		[choix]	
PARAMETRAGE RELAIS TSE		[choix]	
CONSIGNE RELAIS TSE		[donnée]	°C
FONCTIONNEMENT DU PILOTAGE		[choix]	
<b>PREPARATION SPECIFIQUE SI MONTAGE VERTICAL OU ASPIRATION PAR BOUT DE P</b>		<b>VALIDATION</b>	
REPLISSAGE QUENCH ET OUVERTURE DU POT		[choix]	
VERIFICATION POSITION SONDE TSE SUR LE STATOR		[choix]	
OUVERTURE BOUCHON CARTER GANITURE MECANIQUE (DEGAZAGE)		[choix]	
<b>TESTS &amp; DEFAULTS</b>	<b>VALIDATION</b>	<b>REPPORT</b>	<b>ACQUITEMENT</b>
DISJONCTION MOTEUR	[choix]	[choix]	[choix]
DEFAULT VARIATEUR	[choix]	[choix]	[choix]
<b>1/2</b>			

 Notre eau mérite d'être bien traitée		N° AFFAIRE 3689	
		DATE XX/XX/XXXX	
EXTRACTION DES BOUES			
[repère]	POMPE A VIS EXCENTREE (BOUES)	File	0
DEFAULT ANTI-MARCHE-A-SEC	[choix]	[choix]	[choix]
RETOUR DE MARCHE MOTEUR	[choix]	[choix]	NC
PILOTAGE DE LA POMPE	[choix]	[choix]	NC
MODIFICATION DES CONSIGNES VIA LA SUPERVISION	[choix]	[choix]	NC
COMPTEUR HORAIRE	[choix]	[choix]	NC
COMPTEUR NOMBRE DE CYCLE DE DEMARRAGE	[choix]	[choix]	NC
MESURES	FREQUENCE		VALIDATION
DEBIT A FREQUENCE MINIMUM	[donnée]	Hz	[donnée] m <sup>3</sup> /h
DEBIT A FREQUENCE MAXIMUM	[donnée]	hZ	[donnée] m <sup>3</sup> /h
REMARQUES /			
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /		TAMPON /  <b>TECHFINA S.A.</b> 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax : 00 41 22 879 8001
	EN PRESENCE DE (Raison sociale, Nom et signature)		
FICHER SAUVEGARDE	XXXX-TDB-XXX-PCP-0X-MES		REV
2/2			

 Notre eau mérite d'être bien traitée	N° AFFAIRE    XXXX
	DATE :        XX/XX/XX

## STATION D'EPURATION

# ENTREE STATION

## FONCTIONNEMENT DU DEGRILLEUR GROSSIER

CONFIGURATION DE LA SUPERVISION	VISU	PARA.	DEFAULT	ACQ.
DISJONCTION	[choix]	NC	[choix]	[choix]
RETOUR DE MARCHE	[choix]	NC	[choix]	NC
SELECTION DU MODE DE FONCTIONNEMENT (AUTO / 0 / MANU)	[choix]	[choix]	NC	NC
"NIVEAU DE SECURITE"	[choix]	NC	[choix]	[choix]
"NIVEAU HAUT	[choix]	NC	NC	NC
"NIVEAU INTERMEDIAIRE"	[choix]	NC	NC	NC
"NIVEAU BAS"	[choix]	NC	NC	NC
NOMBRE DE CYCLES A REALISER	[choix]	[choix]	NC	NC
NOMBRE DE CYCLES RESTANT	[choix]	NC	NC	NC
TEMPS AVANT LA REALISATION DE CYCLE	[choix]	[choix]	NC	NC
TEMPS RESTANT AVANT LA REALISATION DE CYCLE	[choix]	NC	NC	NC
VOLUME D'EFFLUENTS AVANT LA REALISATION DE CYCLE	[choix]	[choix]	NC	NC
VOLUME D'EFFLUENTS RESTANT AVANT LA REALISATION DE CYCLE	[choix]	NC	NC	NC
TEMPS DE DESCENTE DU PANIER EN FIN DE CYCLE	[choix]	[choix]	[choix]	[choix]
FREQUENCE MOTEUR EN FONCTIONNEMENT MANUEL	[choix]	[choix]	NC	NC
ARRET D'URGENCE	[choix]	[choix]	[choix]	[choix]

### SUPERVISION "BILAN"

### VALIDATION

NOMBRE DE CYCLE DE FONCTIONNEMENT	[choix]
TEMPS DE FONCTIONNEMENT TOTAL	[choix]
TEMPS DE FONCTIONNEMENT JOURNALIER	[choix]

 Notre eau mérite d'être bien traitée	N° AFFAIRE	XXXX
	DATE :	XX/XX/XX

# ENTREE STATION

## FONCTIONNEMENT DU DEGRILLEUR GROSSIER

### TESTS ET PARAMETRAGE PREALABLES

### VALIDATION

CHRONOMETRAGE DES TEMPS DE MONTEE ET DE DESCENTE DU PANIER	[choix]
TEMPO DE DESCENTE GRANDE VITESSE DU PANIER	[donnée] Sec
CONSIGNE TEMPO ALARME DELAI OUT DE DESCENTE DU PANIER	[donnée] Sec
TEMPO DE DESCENTE SUPPLEMENTAIRE SOUS "NIVEAU INTERMEDIAIRE"	[donnée] Sec
TEMPO DE MONTEE PETITE VITESSE DU PANIER	[donnée] Sec
CONSIGNE TEMPO ALARME DELAI OUT DE MONTEE DU PANIER	[donnée] Sec
TEMPO ARRÊT MOTEUR POUR CHANGEMENT DE SENS DE ROTATION	5 Sec
REGLAGE DU NOMBRE DE CYCLE A REALISER	[donnée] -
INTERVAL DE TEMPS POUR LA REALISATION DU NOMBRE DE CYCLE	[donnée] min
INTERVAL DE VOLUME D'EFFLUENTS POMPES POUR LA REALISATION DU NOMBRE	[donnée] m <sup>3</sup>
FREQUENCE PETITE VITESSE EN "MODE AUTOMATIQUE"	[donnée] Hz
FREQUENCE GRANDE VITESSE EN "MODE AUTOMATIQUE"	[donnée] Hz
FREQUENCE FONCTIONNEMENT EN "MODE MANUEL"	[donnée] Hz

### FONCTIONNEMENT "MODE AUTOMATIQUE"

### VALIDATION

ACQUITTEMENT DES DEFAUTS EVENTUELS	[choix]
COMMUTATEURS EN FACADE COFFRET EN POSITION "AUTO"	[choix]
SELECTION DU MODE "AUTO" SUR SUPERVISION	[choix]
ETAPE 0 / TEMPS D'ARRET ECOULE OU M3 PASSES, DEGRILLEUR "AUTO", PAS DEFAUT	[choix]
ETAPE 1 / DESCENTE GRANDE VITESSE, ARRET SUR NIVEAU BAS	[choix]
ETAPE 2 / ARRÊT DU MOTEUR SUR TEMPO POUR CHANGEMENT DE SENS DE ROTATION	[choix]
ETAPE 3 / MONTEE PETITE VITESSE	[choix]
ETAPE 4 / MONTEE GRANDE VITESSE JUSQU'À "NIVEAU INTERMEDIAIRE"	[choix]
ETAPE 5 / MONTEE PETITE VITESSE JUSQU'À "NIVEAU HAUT"	[choix]
ETAPE 6 / ARRÊT DU MOTEUR SUR TEMPO POUR CHANGEMENT DE SENS DE ROTATION	[choix]
ETAPE 7 / DESCENTE GRANDE VITESSE EN DESSOUS DU "NIVEAU INTERMEDIAIRE"	[choix]
ARRET SUR DEFAUT "NIVEAU SECURITE"	[choix]
ARRET SUR DEFAUT "DISCORDANCE"	[choix]
ARRET SUR DEFAUT "TEMPS DE MONTEE TROP LONG"	[choix]
ARRET SUR DEFAUT "TEMPS DE DESCENTE TROP LONG"	[choix]

2/4



		N° AFFAIRE    XXXX	
Notre eau mérite d'être bien traitée		DATE :    XX/XX/XX	
ENTREE STATION			
FONCTIONNEMENT DU DEGRILLEUR GROSSIER			
REMARQUES /			
	MISE EN SERVICE REALISEE PAR /		TAMPON /  <b>TECHFINA S.A.</b> 8, avenue des Grandes Communes CH - 1213 PETIT LANCY / GENEVE Tél. : 00 41 22 879 8000 Fax : 00 41 22 879 8001
	EN PRESENCE DE (Raison sociale, Nom et signature)		
NOM FICHER SAUVEGARD	XXXX_MES_ETS_DGG_VISA		REV    0
4/4			



## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**Diplôme(s)** : MASTERE SPECIALISE

**Spécialité** : EPA – Eau Potable et Assainissement

**Auteur** : Jean-Sébastien ZABE

**Année** : 2018

**Titre** :  
**FIABILISATION DE L'ÉTAPE DE MISE EN ROUTE D'UNE STATION D'ÉPURATION À BOUES ACTIVÉES**

**Nombre de pages** : 66 pages Texte

13 pages Annexes

**Nombre de références bibliographiques** : 19

**Structure d'accueil** : Société TECHFINA France – Metz (dpt 57)

**Maître de stage** : Monsieur Stéphane RENARD

### Résumé :

L'évolution constante des textes règlementaires, la sollicitation des clients, ainsi que la volonté de la Société TECHFINA France de toujours améliorer la qualité de ses prestations, l'ont poussée à entreprendre une démarche d'amélioration continue sur l'ensemble de son processus d'étude, de réalisation et de mise en route.

Le Traitement d'eau doit être force de conseils et de propositions dans les projets de conception ou de réhabilitation de stations de traitement d'eaux usées. Il est aussi et surtout le garant du parfait fonctionnement de la future station. C'est la raison pour laquelle, pour chaque projet, les critères de performance, de fiabilité, de simplicité et de coût sont recherchés et cela depuis l'étape de conception jusqu'à celle de la réception. Le concepteur doit faire preuve d'anticipation, d'écoute, et choisir ses équipements avec soin. Il doit aussi s'assurer que le génie civil est fait dans les règles de l'art, assurer une mise en route de qualité et former l'exploitant afin qu'il puisse prendre possession du procédé de traitement et être indépendant dès la réception.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail de fin d'étude :

### « Fiabilisation de l'étape de mise en route d'une station d'épuration à boues activées »

Plusieurs méthodes ont été nécessaires à la réalisation de cette étude. La première est celle du Lean Engineering avec son outil 6 SIGMA, pour redéfinir le besoin de l'entreprise et choisir les outils de fiabilisation. La seconde est la Sûreté de Fonctionnement avec son outil d'Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité (AMDEC) afin de renforcer et d'organiser le processus de fiabilisation. Grâce à un travail collaboratif avec les différents corps de métier de l'entreprise, les outils créés et mis en place comme les fiches de procédure ont permis de transcrire le savoir-faire de l'entreprise, de fiabiliser le processus de mise en route et d'envisager d'autres applications comme le suivi de l'évolution de l'exécution du chantier et un support d'aide à la formation de l'exploitant.

### Mots-clés :

Fiabilité ; Mise en service ; Mise en route ; Mise au point ; Lean Engineering ; 6 SIGMA ; Station de traitement des eaux usées ; Sûreté de Fonctionnement ; Analyse des Modes de Défaillance et de leur Criticité ; AMDEC ; Procédure.