

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université Abderrahmane mira-Bejaia**



**Faculté de technologie**  
**Département Génie électrique**

En bute de d'obtention du diplôme de master en Electromécanique

**Thème**

Programmation d'un système automatisé d'une  
Station de traitement des eaux usées au niveau  
d'Ouled AddI Guebala M'sila

**Encadré par :**

- Mr. BABOURI Rabah

**Co encadrant :**

- Mr. TAMALOUZT Salah

**Réalisé par :**

- SALHI Zineddine
- TAHI Wassim

**2024/2025**

Populaire et Démocratique Algérienne République  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Déclaration sur l'honneur  
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans  
l'élaboration d'un travail de recherche**

*Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (\*)  
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*

Je soussigné,

Nom : SALHE

Prénom : ZINE DDINE

Matricule : 202033006547

Spécialité et/ou Option : Electromécanique

Département : Génie électrique

Faculté : Technologie

Année universitaire : 2020/2021

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : Master

Intitulé : Programmation d'un système automatisé d'une station de traitement des eaux usées au niveau d'oued Addi Guelbala M'sila

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le  
22/01/2021

Signature de l'intéressé

(\*) *Lu et approuvé*

Populaire et Démocratique Algérienne République  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



**Déclaration sur l'honneur  
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans  
l'élaboration d'un travail de recherche**

*Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (\*)  
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*

Je soussigné,

Nom : *Tahri*

Prénom : *Wassim*

Matricule : *2020.3.300.80.2.9*

Spécialité et/ou Option : *Electromécanique*

Département : *Génie électrique*

Faculté : *Technologie*

Année universitaire : *2024/2025*

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : *Master*

Intitulé: *Programmation d'un système automatisé d'une station de traitement des eaux usées au niveau d'oued Aïdli Guebala M'sila*

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le  
*22/07/2025*

Signature de l'intéressé

*(\*) Lu et approuvé*

## Résumé

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons travaillé sur l'automatisation d'une station de traitement des eaux usées. L'objectif principal était de concevoir un système automatisé intégrant le câblage électrique, la programmation d'un automate à l'aide du logiciel EcoStruxure Machine Expert, ainsi que la création d'une interface Homme-Machine (IHM) pour la supervision du processus. Nous avons commencé par une étude des eaux usées et des procédés de traitement, puis par la présentation de l'entreprise, de la localisation du site et des équipements techniques mis en œuvre. La suite du travail a consisté à établir les schémas de câblage, à développer le programme automate en langage LADDER, et à concevoir des écrans IHM clairs et efficaces.

# *Remerciements*

On tient à exprimer notre profonde gratitude à Monsieur *Rabah Babouri*, notre encadrant universitaire, ainsi qu'à Monsieur *Salah Tamalouzt*, notre Co-encadrant, pour leur disponibilité, leur accompagnement attentif et leurs précieux conseils tout au long de la réalisation de ce travail.

On adresse également nos sincères remerciements à Monsieur *Abzedine Ghétouh* et Monsieur *Bélaïd Benmahrez*, encadrants en entreprise, pour leurs orientations, leurs remarques constructives et leur soutien tout au long de l'avancement de ce projet.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur *Farid Tazerat* et Monsieur *Abdel Oubelaid*, enseignants au département Génie électrique, pour leur disponibilité, leur écoute et leur engagement pédagogique durant notre formation.

Enfin, on remercie l'ensemble de l'équipe enseignante et administrative de notre établissement pour la qualité de l'enseignement dispensé, leur accompagnement et leur dévouement tout au long de notre parcours universitaire.

## Dédicace

À mes chers parents, Pour leur amour, leur patience, leurs sacrifices et leur soutien indéfectible. Vous êtes ma plus grande source de motivation et d'inspiration.

À mon frère Adam, Pour sa gentillesse, sa complicité et sa présence réconfortante.

À mes deux sœurs, Tysia et Wissale, Pour leur affection, leur énergie et leurs encouragements constants.

À mes proches et à mes amis, Pour leur accompagnement tout au long de ce parcours, leur écoute, leurs conseils et leur confiance

Wassim

## *Dédicaces*

*À mes chers parents, Pour leur amour, leurs prières,  
leur soutien inconditionnel et leurs encouragements  
tout au long de mon parcours.*

*À mon frère Badr Eddine, Pour sa présence  
constante, ses conseils et sa bienveillance.*

*À mon grand-père et à ma grand-mère, Pour leur  
sagesse, leur tendresse et leur inspiration.*

*À toute ma famille, Pour leur affection et leur  
confiance en moi.*

*Et à tous mes amis, Pour leur soutien moral, leurs  
encouragements et les moments partagés durant ces  
années d'étude*

*ZINÉDDINE*

## SOMMAIRE

### **Chapitre I**

I.1 Introduction .....	1
I.2 Généralités sur les eaux usées .....	1
I.2.1 Définition .....	1
I.2.2 Origine des eaux usées .....	1
I.2.3 Origine industrielle .....	2
I.2.4 Origine domestique .....	2
I.2.5 Origine agricole .....	3
I.2.6 Les eaux usées pluviales .....	3
I.3 Caractéristiques des eaux usées .....	3
I.3.1 Paramètres physiques .....	4
I.3.2 Caractéristiques chimiques .....	4
I.3.3 Paramètres biologiques des eaux usées .....	4
I.4 Définition d'une station de traitement des eaux usées .....	5
I.5 Rôle d'une station de traitement des eaux usées .....	5
I.6 Description générale du fonctionnement .....	6
I.7 Les différents types fondamentaux de traitement de eaux usées .....	6
I.7.1 Le traitement primaire .....	6
I.7.2 Traitement secondaire .....	6
I.7.3 Le traitement mécanique .....	7
I.7.4 Le traitement biologique .....	7
I.8 Principaux équipements de la station .....	10
I.9 Importance environnementale et réglementaire .....	10
I.10 Conclusion .....	11

### **Chapitre II**

II.1 Introduction .....	12
II.2 Situation géographique de la station de traitement des eaux usées de Ouled Addi Guebala M'sila .....	12
II.3 Objectifs généraux du projet .....	13
II.4 Spécifications techniques .....	13
II.4.1 Matériaux et équipements .....	13
II.4.2 Sécurité et accessibilité .....	14
II.4.3 Adaptabilité et évolutivité .....	14
II.5 Description des équipements nécessaires .....	14
II.5.1 Pompe de relevage type submersible eau chargée .....	14

II.5.2 Pompe à sable submersible.....	15
II.5.3 Pont racleur en inox .....	16
II.5.4 Classificateur à sable .....	18
II.5.5 Aérateur à soufflante .....	19
II.5.6 Protection des pompes submersibles .....	19
II.6 Conditions d'exploitation et de maintenance .....	20
II.6.1 Conditions d'exploitation .....	20
II.6.2 Conditions de maintenance.....	20
II.6.3 Sécurité des équipements.....	21
II.7 Présentation organisationnelle et technique de l'EURL WATAIR FLOW .....	21
II.7.1 Présentation générale de l'entreprise .....	21
II.7.2 Valeurs et engagement client.....	21
II.7.3 Domaines de compétence technique.....	22
II.7.4 Les solutions techniques proposées couvrent un large éventail de besoins, notamment	22
II.7.5 Capacité d'intervention et mise en service .....	22
II.7.6 Quelques réalisations .....	23
II.8 Conclusion .....	23

### **Chapitre III**

III.1 Introduction .....	24
III.2 Câblage électrique .....	24
III.2.1 Définition .....	24
III.2.2 Rôle Câblage électrique.....	24
III.2.2.1 Appareillage électrique des équipements .....	24
III.2.2.1.1 Commutateur volt métrique .....	24
III.2.2.1.2 Relais de phase .....	25
III.2.2.1.3 Contacteur .....	25
III.2.2.1.4 Disjoncteur moteur magnétothermique .....	26
III.2.2.1.5 Sectionneur .....	26
III.2.2.1.6 Disjoncteur à fusible.....	27
III.2.2.1.7 Sélecteur manuel de pompe .....	27
III.3 La représentation des schémas de câblage électrique de notre station.....	28
III.3.1 Schéma de câblage de puissance 01.....	28
III.3.1.1 Arrivée et distribution générale .....	28
III.3.1.2 Commandes de puissance – GEPS 1 à 3 .....	28
III.3.1.3 Fonction général .....	29

III.3.2 Schéma de câblage de puissance 02 .....	29
III.3.2.1 Fonctionnement des équipements .....	30
III.3.3 Schéma de signalisation .....	30
III.3.3.1 Mesure et affichage de la tension réseau.....	31
III.3.3.2 Voyants de présence tension .....	31
III.3.3.3 Relais de contrôle de phase (PR1).....	31
III.3.3.4 Voyant général de défaut réseau .....	31
III.3.4 Schéma de commande de la pompe de relevage 3x7.5kw (1) .....	32
III.3.4.1 Commande par niveau d'eau.....	32
III.3.4.2 Sélecteur manuel 2/3 pompes.....	33
III.3.4.3 Détection de défauts (Défaut 1, 2, 3) .....	33
III.3.5 Schéma de commande de la pompe de relevage 3x7.5kw (2) .....	33
III.3.5.1 Commande par bouton-poussoir .....	34
III.3.5.2 Relais de commande et signalisation .....	34
III.3.5.3 Alimentation et structure .....	34
III.3.6 Schéma de commande pompe à sable .....	35
III.3.6.1 Alimentation et sécurité .....	35
III.3.6.2 Commande des pompes.....	35
III.3.6.3 Mode automatique / manuel.....	36
III.3.7 Schéma de commande pont racleur.....	36
III.3.7.1 Commande du système de raclage .....	36
III.3.7.2 Mode de fonctionnement.....	37
III.3.8 Schéma de câblage démarreur 1 .....	37
III.3.8.1 Section puissance .....	38
III.3.8.2 Les connexions .....	38
III.3.8.3 Section commande .....	38
III.3.9 Schéma de câblage démarreur 2 .....	39
III.3.9.1 Section puissance .....	39
III.3.9.2 Section commande 230 V AC.....	40
III.3.10 Schéma de câblage démarreur 3 .....	40
III.3.10.1 Commande 230 V AC .....	41
III.3.11 Alimentation et câblage de l'interface homme-machine (HMI) .....	41
III.3.11.1 Importance fonctionnelle.....	42
III.3.12 Câblage de l'automate programmable TM221 CE24R.....	42
III.3.12.1 Alimentation et sécurité .....	43

III.3.12.2 Entrées (Input).....	43
III.3.12.3 Sorties (Output Relay).....	43
III.3.12.4 Communication IHM .....	43
III.3.13 Schéma de câblage des relais de contrôle de niveau et de détection d'humidité .....	44
III.3.13.1 Alimentation et protection.....	44
III.3.13.2 Modules de surveillance (RA05).....	44
III.3.13.3 Indications locales .....	45
III.3.14 Schéma de détection de défauts moteurs.....	45
III.3.15 Schéma de commande des niveaux d'eau .....	46
III.3.16 Schéma de signalisation lumineuse des équipements .....	47
III.3.17 Schéma de signalisation d'alarme et de surveillance .....	48
III.3.18 Schéma de commande du ventilateur et de l'éclairage de l'armoire électrique .....	49
III.3.18.1 Partie gauche – Ventilation de l'armoire.....	49
III.3.18.2 Partie droite – Éclairage de l'armoire.....	50
III.3.19 Schéma de répartition des départs en armoire.....	50
III.3.20 Le cahier de charge et le bilan énergétique .....	51
III.4 Conclusion.....	52

## **Chapitre IV**

IV.1 Introduction .....	54
IV.2 L'automatisme .....	54
IV.2.1 La définition de l'automatisme .....	54
IV.2.2 L'objectif.....	54
IV.2.3 Adressage .....	54
IV.3 La programmation du programme .....	55
IV.4 Interface homme machine.....	63
IV.5 Conclusion .....	64

---

## LISTES DES FIGURES

### **Chapitre I**

**Figure (I.1) :** station de traitement des eaux usées.....05

**Figure (I.2) :** Diagramme fonctionnel simplifié d'une station de traitement des eaux usées..09

### **Chapitre II**

**Figure (II.1) :** Localisation géographique de la station d'épuration de Ouled Addi Guebala (Vue Google Earth).....12

**Figure (II.2) :** Pompe de relevage De type ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5.....14

**Figure (II.3) :** Pompe à sable submersible De type ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5.....15

**Figure (II.4) :** Pont racleur en inox 01.....16

**Figure (II.5) :** Pont racleur en inox 02.....17

**Figure (II.6) :** Classificateur à sable .....18

**Figure (II.7) :** Aérateur à soufflante.....19

### **Chapitre III**

**Figure (III.1) :** commutateur volt métrique.....24

**Figure (III.2) :** Relais de phase RM22TR.....25

**Figure (III.3) :** Contacteur TeSys Deca.....25

**Figure (III.4) :** Disjoncteur moteur magnétothermique Tesys GV.....26

**Figure (III.5) :** Interrupteur sectionneur INS250.....26

**Figure (III.6) :** DISJONCTEUR-FUSIBLE LE-606708.....27

**Figure (III.7) :** Sélecteur manuel de pompe Harmony XB5.....27

**Figure (III.8) :** Représente le câblage de puissance 01.....28

**Figure (III.9) :** Représente le câblage de puissance 02.....29

**Figure (III.10) :** Représente le la signalisation arrivé réseau.....30

**Figure (III.11) :** Représente commande pope de relevage 01.....32

**Figure (III.12) :** Représente commande pope de relevage 02.....33

**Figure (III.13) :** Représente commande pompe à sable.....35

**Figure (III.14) :** Représente commande pont racleur.....36

**Figure (III.15) :** Représente câblage démarreur 1.....37

<b>Figure (III.16) :</b> Représente câblage démarreur 2.....	39
<b>Figure (III.17) :</b> Représente câblage démarreur 3.....	40
<b>Figure (III.18) :</b> Alimentation et câblage de l'interface homme-machine (HMI) – Station de relevage.....	41
<b>Figure (III.19) :</b> Câblage de l'automate programmable TM221 CE24R – Station de relevage.....	42
<b>Figure (III.20) :</b> Schéma de câblage des relais de contrôle de niveau et de détection d'humidité pour la station de relevage 3×7.5 kw.....	44
<b>Figure (III.21) :</b> Schéma de détection de défauts moteurs pour une station de relevage 3×7.5 kW – Commande automatique.....	45
<b>Figure (III.22) :</b> Schéma de commande des niveaux d'eau dans une station de relevage – 3×7.5kW.....	46
<b>Figure (III.23) :</b> Schéma de signalisation lumineuse des équipements d'une station de relevage – 3×7.5kw.....	47
<b>Figure (III.24) :</b> Schéma de signalisation d'alarme et de surveillance – Station de relevage 3×7.5kw.....	48
<b>Figure (III.25) :</b> Schéma de commande du ventilateur et de l'éclairage de l'armoire électrique – Station de relevage.....	49
<b>Figure (III.26) :</b> Schéma de répartition des départs en armoire – Station de relevage 400.....	50
<b>Figure (III.27) :</b> Bilan énergétique global de la station de relevage 3×7.5 kw.....	52
<b>Chapitre IV</b>	
<b>Figure (IV.1) :</b> Réseau LADDER de gestion des alarmes de niveau bas et très bas avec temporisation (TON).....	55
<b>Figure (IV.2) :</b> Réseau LADDER de détection du niveau N1 avec temporisation (TON).....	55
<b>Figure (IV.3) :</b> Réseau LADDER de détection du niveau N2 avec temporisation (TON).....	55
<b>Figure (IV.4) :</b> Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P1 avec temporisation (TON).....	56
<b>Figure (IV.5) :</b> Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P2 avec temporisation (TON).....	56
<b>Figure (IV.6) :</b> Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P3 avec temporisation (TON).....	56
<b>Figure (IV.7) :</b> Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P1.....	56
<b>Figure (IV.8) :</b> Réseau LADDER de détection du défaut de marche de la pompe P2.....	56

<b>Figure (IV.9) : Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P2.....</b>	57
<b>Figure (IV.10) : Réseau LADDER de détection du défaut de marche de la pompe P3.....</b>	57
<b>Figure (IV.11) : Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P3.....</b>	57
<b>Figure (IV.12) : Réseau LADDER de commande d'arrêt des pompes.....</b>	57
<b>Figure (IV.13) : Réseau LADDER de mise en marche de deux pompes (fonction SET).....</b>	58
<b>Figure (IV.14) : Réseau LADDER d'arrêt des deux pompes (fonction RESET).....</b>	58
<b>Figure (IV.15) : Réseau LADDER de mise en marche d'une seule pompe (fonction SET)...</b>	58
<b>Figure (IV.16) : Réseau LADDER d'arrêt d'une seule pompe (fonction RESET).....</b>	58
<b>Figure (IV.17) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P3.....</b>	58
<b>Figure (IV.18) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P1.....</b>	59
<b>Figure (IV.19) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P2.....</b>	59
<b>Figure (IV.20) : Réseau LADDER de détection de défaut de niveau N1 et N2.....</b>	59
<b>Figure (IV.21) : Réseau LADDER de déclenchement de l'alarme pour le niveau N2.....</b>	59
<b>Figure (IV.22) : Réseau LADDER de gestion du buzzer d'alarme.....</b>	60
<b>Figure (IV.23) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe à sable 1.....</b>	60
<b>Figure (IV.24) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe à sable 2.....</b>	60
<b>Figure (IV.25) : Réseau LADDER de commande automatique de la pompe à sable 1.....</b>	60
<b>Figure (IV.26) : Réseau LADDER de commande automatique de la pompe à sable 2.....</b>	61
<b>Figure (IV.27) : Réseau LADDER de commande automatique du racleur 1.....</b>	61
<b>Figure (IV.28) : Réseau LADDER de commande automatique du racleur 2.....</b>	61
<b>Figure (IV.29) : Réseau LADDER de commande automatique du classificateur.....</b>	61
<b>Figure (IV.30) : Réseau LADDER connexion automate et interface homme machine.....</b>	62
<b>Figure (IV.31) : Réseau LADDER connexion automate et interface homme machine.....</b>	62
<b>Figure (IV.32) : IHM d'une station d'épuration OULED ADDI GUEBALA.....</b>	63
<b>Figure (IV.33) : IHM d'une page de paramétrage des consignes et lecture des temps de fonctionnement.....</b>	64

---

## LISTE DES TABLEAUX

### Chapitre II : Contexte du projet : localisation, moyens techniques et entreprise

**Tableau (II.1)** : Représente les caractéristiques de pompe ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5.....15

**Tableau (II.2)** : Représente les caractéristiques de pompe à sable submersible De type ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5.....16

**Tableau (II.3)** : Représente les caractéristiques Pont racleur tournant.....17

**Tableau (II.4)** : Représente les caractéristiques Classificateur à sable (ou séparateur à sable).....18

**Tableau (II.5)** : Représente les Systèmes de protections et leur Fonctions.....20

**Tableau (IV.1)** : Entres numériques.....54

**Tableau (IV.2)** : sorties numériques.....55

## Liste des abréviations

**(DCO)** : Demande chimique en oxygène.

**(DBO)** : Demande biochimique en oxygène.

**(MES)** : Matières en Suspension.

**(HMI)** : Human Machine Interface.

**(MT)** : Moyenne Tension.

**(BT)** : Basse Tension.

**(API)** : Automate programmable industriel.

**(ERU)** : Eaux résiduaires urbaines.

**(IHM)** : Interface homme machine.

**(STEP)** : Station d'épuration.

**(Cl-)** : Ion chlorure.

**(SO4-2)** : Ion sulfate.

**(GEPS)** : Groupe électropompe submersible.

**(pH)** : Potentiel hydrogène.

**(TGBT)** : Tableau général basse tension.

**(N)** : Neutre.

**(VDC)** : Volt direct current.

**(BAU)** : Bouton d'arrêt d'urgence

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERAL

---

Dans le cadre de notre formation, nous avons été amenés à réaliser un projet de fin d'études portant sur l'automatisation d'une station de traitement des eaux usées. Le choix de ce thème n'est pas hasardeux, car il s'inscrit dans une problématique environnementale d'envergure mondiale : la préservation et la gestion durable des ressources en eau. En effet, avec l'augmentation de la population, de l'urbanisation et des activités industrielles, la nécessité de traiter efficacement les eaux usées devient cruciale pour protéger les écosystèmes et la santé publique.

Le traitement des eaux usées consiste à éliminer les polluants présents dans les eaux domestiques, industrielles ou pluviales afin de les rejeter dans le milieu naturel sans danger ou de les réutiliser pour d'autres usages. Pour que ce processus soit efficace, il doit être rigoureusement contrôlé, automatisé et supervisé. C'est dans cette optique que nous avons choisi de développer un système complet, allant de l'étude théorique des procédés de traitement jusqu'à la réalisation technique incluant le câblage électrique, la programmation d'un automate, et la conception d'une interface Homme-Machine (IHM).

Notre travail s'est déroulé en plusieurs étapes : d'abord, nous avons étudié le fonctionnement global d'une station d'épuration, ses composants, ses objectifs et ses contraintes. Ensuite, nous avons défini les besoins en automatisation en fonction des équipements présents sur site. À partir de là, nous avons élaboré les schémas de câblage électrique, programmé l'automate à l'aide du logiciel professionnel EcoStruxure Machine Expert, puis conçu une interface Homme-Machine permettant une supervision simple et efficace de l'ensemble du processus.

Ce projet nous a permis de mettre en œuvre des compétences variées : lecture et interprétation de plans, conception de schémas électriques, développement de logique de commande en langage LADDER, paramétrage de variables et mise en place d'interfaces ergonomiques. Il nous a également permis de mieux comprendre les exigences du terrain, notamment en termes de sécurité, de fiabilité et de maintenabilité.

À travers ce mémoire, nous souhaitons présenter de manière détaillée l'ensemble des étapes que nous avons suivies, les choix techniques que nous avons faits, les difficultés rencontrées, ainsi que les résultats obtenus. Ce projet représente une opportunité d'apprentissage concret et constitue un socle solide pour notre insertion professionnelle future.

# **Chapitre I : Généralité sur les eaux usées et systèmes de traitement des eaux usées**

## I.1 Introduction

Le traitement des eaux usées constitue un enjeu majeur pour la protection de l'environnement et la santé publique. Avec l'urbanisation croissante et le développement industriel, la quantité d'eaux usées générées par les activités humaines ne cesse d'augmenter, ce qui nécessite la mise en place de systèmes efficaces pour leur traitement avant leur rejet dans le milieu naturel. Une station de traitement des eaux usées joue un rôle essentiel en collectant, dépolluant et valorisant ces eaux afin de réduire leur impact nocif sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Elle permet notamment d'éliminer les matières en suspension, les substances organiques, les polluants chimiques et microbiologiques contenus dans les eaux usées. L'objectif principal de ce chapitre est de présenter la station de traitement des eaux usées, en expliquant son fonctionnement général, les différentes étapes du traitement, ainsi que les équipements essentiels qui la composent. Cette présentation permettra de mieux comprendre les processus techniques et les enjeux liés à la gestion des eaux usées dans un contexte environnemental et réglementaire strict.

## I.2 Généralités sur les eaux usées

En parlant de l'eau usée il semble important d'avoir une idée sur sa définition, son origine et ses caractéristiques, ainsi que les différentes méthodes utilisées pour son épuration [1].

### I.2.1 Définition

Les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées, sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine. Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels. Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles) [1].

### I.2.2 Origine des eaux usées

On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales. Peuvent s'y ajouter suivant les cas les eaux d'origine industrielle et agricole. L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité. Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

### I.2.3 Origine industrielle

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphatés...).
- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...).
- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...).
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques...).
- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industrie nucléaires...). Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés [1].

### I.2.4 Origine domestique

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères). Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses.
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents.
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées.
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires (w.c), très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme [1].

### I.2.5 Origine agricole

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation).
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides...). Donc ces eaux sont l'issus.
- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).
- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduaires des usines de fabrication et de conditionnement [1].

### I.2.6 Les eaux usées pluviales

Ce sont les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours). Les eaux qui ruissent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marchés entraînent toutes sorte de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des déchets végétaux etc., et toute sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides, détergents... [2].

## I.3 Caractéristiques des eaux usées

On caractérise les eaux usées en fonction de leur composition physique, chimique et biologique.

Selon le niveau de polluants et les réglementations locales, on utilisera un traitement physique, chimique et/ou biologique. La plupart du temps, on combine les trois traitements ensemble pour obtenir la meilleure qualité d'eau.

Les caractéristiques des eaux usées varient considérablement d'une industrie à l'autre. Par conséquent, les caractéristiques particulières détermineront les techniques de traitement à utiliser pour satisfaire aux exigences en matière de rejets conformité.

En raison du grand nombre de matières polluantes, les caractéristiques ne sont généralement pas prises en compte pour chaque substance. On regroupe les matières ayant des effets de pollution similaires en classes de polluants ou de caractéristiques [3].

### I.3.1 Paramètres physiques

- **Couleur** : Les eaux usées fraîches sont normalement brunes et jaunâtres, mais avec le temps, elles deviennent noires.
- **Matières en suspension** : ce sont des matières solides insolubles en suspension dans un liquide et visibles à l'œil nu.
- **Température** : Pour les eaux résiduaires, elle est corrélée à la température extérieure tout en étant plus chaude car presque personne ne prend de douche froide.
- **Turbidité** : En raison des matières en suspension, les eaux usées auront une turbidité plus élevée [3].

### I.3.2 Caractéristiques chimiques

Les eaux usées contiennent différents produits chimiques sous diverses formes, comme indiqué ci-dessous.

- **Demande chimique en oxygène (DCO)** : C'est une mesure de la quantité de matières organiques dans les eaux usées en fonction de l'oxygène nécessaire pour les oxyder.
- **Azote** : Il est mesuré sous ses différentes formes : nitrite, nitrate, ammoniac, et azote organique (qui est la quantité d'azote présente dans les composés organiques).
- **Phosphore** : On le mesure généralement sous sa forme minérale et organique, le phosphore total.
- **Chlorures (Cl-)**.
- **Sulfates (SO<sub>4</sub>-2)**.
- **Métaux lourds** [3].

### I.3.3 Paramètres biologiques des eaux usées

- Demande biochimique en oxygène (DBO) – La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire pour stabiliser la matière organique au moyen de micro-organismes.
- Huile et graisse – L'huile et la graisse proviennent de déchets alimentaires et de produits pétroliers.

Les eaux usées contiennent les microbes suivants :

- Bactéries.
- Protozoaires.
- Champignons.
- Virus.
- Algues.
- Rotifères.
- Nématodes [3].

Ces paramètres (Paramètres physiques, Caractéristiques chimiques, Paramètres biologiques des eaux usées) permettent de déterminer le niveau de pollution et d'adapter le traitement des eaux usées.

## I.4 Définition d'une station de traitement des eaux usées

Installation permettant la dépollution des eaux usées urbaines domestiques. Après accord certaines entreprises peuvent se raccorder à ce réseau. Mais cela peut poser problème :

- Le passage en STEP des effluents non domestiques peut parfois être inefficace pour le traitement de certaines pollutions caractéristiques qu'ils entraînent. C'est notamment le cas pour les micros polluants organiques et minéraux : le milieu naturel est aussi pollué en aval que s'il n'y avait pas eu de passage en STEP et cela génère un problème de valorisation des boues. Par contre, les capacités de traitement des STEP sont par exemple adaptées aux effluents du secteur agroalimentaire.
- Les pollutions industrielles peuvent entraîner des risques pour la santé des travailleurs exposés aux effluents (en réseau ou en STEP), ainsi que des risques de dégradation des réseaux d'assainissement [4].

## I.5 Rôle d'une station de traitement des eaux usées

Le traitement des eaux usées consiste à réduire la pollution présente dans l'eau. Cette pollution résulte d'activités humaines : à travers d'une utilisation domestique, ou dans les réseaux industriels. Le traitement des eaux usées sert à s'assurer de sa qualité. En effet, l'eau traitée, considérée comme "eau propre", va être utilisée dans les activités humaines, ou rejetée en milieu naturel. Ces milieux peuvent être de différentes natures : rivière, mer, lac, etc. Il est important de ne pas rejeter de matières nuisibles aux espèces qui vivent dans le milieu naturel. Ces rejets sont régulés par les législations et arrêtés préfectoraux [5].



**Figure (I.1) :** Station de traitement des eaux usées [6].

## I.6 Description générale du fonctionnement

Le fonctionnement d'une station de traitement des eaux usées repose sur une succession d'étapes permettant de purifier l'eau avant son rejet ou sa réutilisation. Ces étapes sont organisées de manière à traiter progressivement les différents types de polluants présents dans les eaux. Tout d'abord, les eaux usées arrivent à la station où elles subissent un traitement mécanique. Cette phase consiste à retirer les déchets solides et les matières en suspension grâce à des équipements comme les grilles. Ensuite, l'eau passe par un traitement biologique qui utilise des micro-organismes pour décomposer la matière organique dissoute. Cette étape est cruciale pour réduire la pollution biologique. Enfin, selon les besoins et la qualité requise de l'eau traitée, un traitement complémentaire peut être appliqué, comme une décantation secondaire ou un traitement chimique, pour éliminer les particules fines ou les polluants spécifiques. L'eau ainsi purifiée est ensuite rejetée dans le milieu naturel ou, dans certains cas, réutilisée pour des usages industriels ou agricoles. Ce processus permet de protéger l'environnement tout en répondant aux normes sanitaires et environnementales.

## I.7 Les différents types fondamentaux de traitement de eaux usées

### I.7.1 Le traitement primaire

Un grand bassin de décantation stocke les eaux usées pendant le traitement primaire, permettant la séparation des solides. Les solides lourds tombent au fond, tandis que les solides légers flottent en surface, facilitant ainsi leur séparation.

Le liquide restant après le processus de décantation capture certains éléments, nécessitant une attention particulière pour la suite. Ensuite, on évacue le liquide ou l'envoie à la phase secondaire pour un traitement plus approfondi des eaux usées.

De plus, des racleurs mécaniques équipent souvent ces grands réservoirs, assurant une élimination efficace des boues déposées. Ces racleurs rassemblent continuellement les boues au fond du réservoir, facilitant ainsi leur collecte pour le traitement. Une pompe reçoit les boues collectées et les envoie vers des installations spécifiques, assurant leur traitement approprié et sécurisé [7].

### I.7.2 Traitement secondaire

Le traitement secondaire des eaux usées utilise des méthodes biologiques pour éliminer les bactéries. Après ce traitement, l'eau est plus propre et peut être rejetée sans risque dans l'environnement.

Il existe plusieurs méthodes qu'on peut utiliser dans le traitement secondaire :

- Bioréacteurs.
- Lits filtrants.
- D'étangs aérés.
- Boues activées.
- Utilisation de contacteurs biologiques rotatifs [7].

### I.7.3 Le traitement mécanique

On parle d'épuration mécanique des eaux usées lorsqu'il s'agit d'une série de procédés d'élimination des substances en suspension reposant uniquement sur l'utilisation de principes physiques. Ils n'impliquent donc pas l'utilisation de produits chimiques ou de processus biologiques pour éliminer les polluants.

Voici quelques exemples de procédés mécaniques de traitement des eaux usées.

- **Dégrillage** : Il s'agit de la méthode par laquelle les solides les plus grossiers, tels que les objets en plastique, les brindilles et les débris, sont éliminés par des grilles métalliques généralement placées en amont des stations d'épuration.
- **Dessablage** : Vise à éliminer par gravité les éléments de petite taille mais de poids spécifique élevé, tels que le sable et les pierres concassées. L'élimination des huiles et des graisses, qui s'accumulent à la surface du réservoir, s'effectue généralement en même temps.
- **Sédimentation** : Elle tire parti de la gravité spécifique plus élevée des substances à éliminer que celle de l'eau : les polluants s'accumulent ainsi au fond de la cuve et peuvent être facilement séparés du liquide. Elle diffère du dessablage en ce sens qu'elle vise à éliminer les solides dont la densité est légèrement supérieure à celle de l'eau, tels que les boues biologiques ou les particules de matière organique.
- **Flottation** : Les systèmes qui entrent dans cette catégorie tirent parti de la formation de microbulles dans le volume d'eau : celles-ci se lient aux boues et autres particules légères en suspension qui sont ainsi ramenées à la surface de l'eau, puis éliminées par un collecteur radial.
- **Filtration finale** : Processus qui peut faire intervenir différents médias filtrants : sable, tissu à micro-mailles (en surface) ou à fibres libres (en profondeur), membranes semi-perméables. L'objectif est d'éliminer les matières en suspension. En conséquence, la quantité de matière organique, d'azote et de phosphore, présente dans l'effluent, tend également souvent à diminuer à la suite de ces processus d'épuration [8].

### I.7.4 Le traitement biologique

Le traitement biologique des eaux usées repose sur une série de processus mettant en œuvre des microorganismes, principalement des bactéries, capables d'éliminer les composés solubles présents dans l'eau. Ces microorganismes assimilent la matière organique ainsi que les nutriments dissous, notamment l'azote et le phosphore, pour assurer leur croissance. Lors de leur multiplication, ils s'agglomèrent pour former des flocs biologiques macroscopiques ayant une densité suffisante pour se déposer rapidement par décantation.

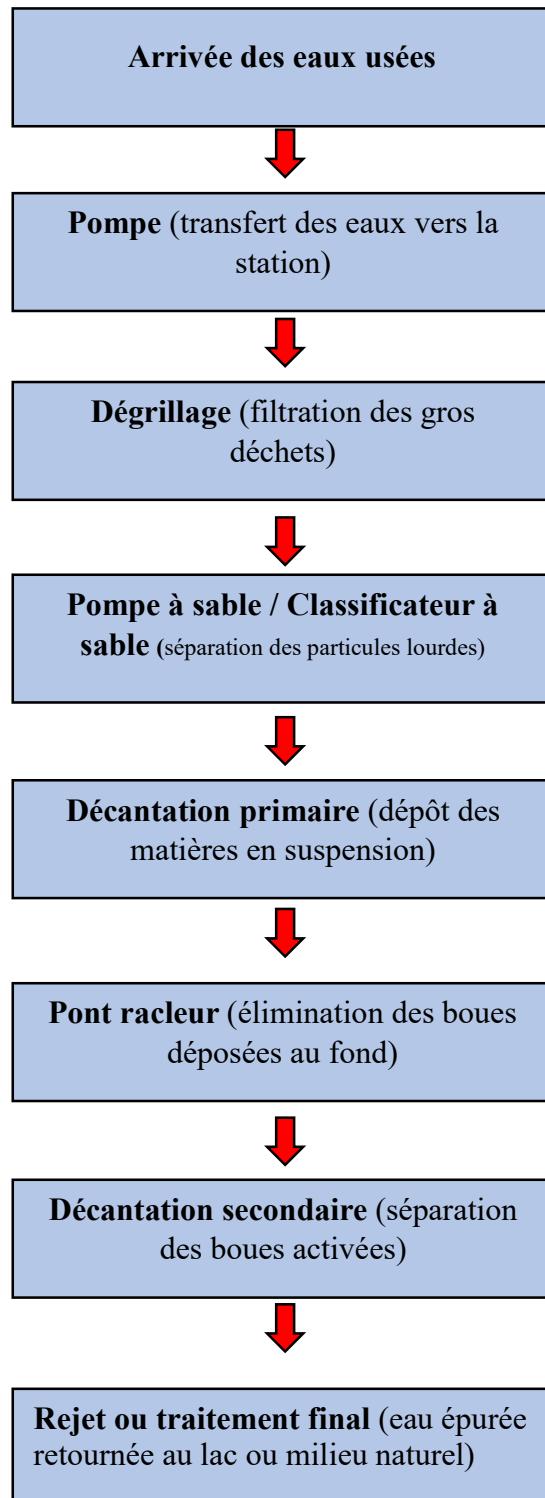
Traditionnellement, ce type de traitement est utilisé pour éliminer la matière organique biodégradable, qu'elle soit sous forme soluble ou colloïdale, ainsi que certains composés azotés et phosphorés. Il s'agit d'un procédé largement répandu, aussi bien pour les eaux usées urbaines que pour une grande partie des effluents industriels, en raison de sa simplicité de mise en œuvre et de ses faibles coûts d'exploitation.

La matière organique présente dans les eaux usées constitue en général la principale source de carbone et d'énergie pour les microorganismes. Pour que ces derniers puissent se développer, la présence de nutriments essentiels, tels que l'azote et le phosphore, est également indispensable. Dans les systèmes aérobies, la présence d'oxygène dissous est requise, bien que certains microorganismes soient aussi capables de dégrader la matière organique en absence d'oxygène, c'est-à-dire en conditions anaérobiques. Ce paramètre est crucial pour le choix du procédé biologique le plus approprié.

Dans le métabolisme cellulaire, l'accepteur final d'électrons joue un rôle déterminant dans l'oxydation de la matière organique, influençant ainsi les performances et les applications possibles du traitement. Trois principaux types de systèmes biologiques peuvent être distingués en fonction de cet accepteur :

- **Systèmes aérobies** : L'oxygène agit comme accepteur final d'électrons. Il s'agit de l'accepteur préféré par les cellules, car il permet un rendement énergétique élevé. Ce processus entraîne une forte croissance bactérienne et, par conséquent, une production importante de boues biologiques.
- **Systèmes anaérobies** : L'accepteur final d'électrons est alors la matière organique elle-même. Ce métabolisme génère peu de biomasse et conduit à la formation de sous-produits tels que le biogaz (mélange de méthane et de dioxyde de carbone). Ce biogaz peut être valorisé pour produire de l'énergie, souvent utilisée pour alimenter la station elle-même, ce qui en améliore l'autonomie énergétique.
- **Systèmes anoxiques** : Dans ce cas, l'accepteur final d'électrons n'est ni l'oxygène, ni la matière organique. Ce sont généralement des composés oxydés comme les nitrates, les sulfates ou encore l'hydrogène. Lorsque le nitrate joue ce rôle, il est transformé en azote gazeux au cours du métabolisme bactérien, ce qui permet une élimination efficace de l'azote par dénitrification.

Ainsi, le traitement biologique constitue une solution performante, adaptable et économique pour l'épuration des eaux usées, tout en permettant la valorisation énergétique et la réduction de la pollution azotée [9].



**Figure (I.2) :** Diagramme fonctionnel simplifié d'une station de traitement des eaux usées.

## I.8 Principaux équipements de la station

Pour assurer le bon fonctionnement d'une station de traitement des eaux usées, plusieurs équipements essentiels sont utilisés à différentes étapes du processus :

- **Pompes** : Elles permettent de déplacer les eaux usées d'une étape à l'autre, surtout lorsque le relief ne favorise pas l'écoulement naturel. Elles assurent un transfert continu et contrôlé de l'eau dans la station.
- **Pompe à sable** : Cet équipement sert à extraire et évacuer le sable et les particules lourdes qui se déposent dans les bassins de décantation. Cela évite l'encrassement et le dysfonctionnement des installations.
- **Pont racleur** : Installé dans les bassins de décantation, le pont racleur sert à collecter les boues et les matières déposées au fond. Il facilite leur évacuation pour un traitement ultérieur.
- **Classificateur à sable** : Cet appareil permet de séparer le sable des autres matières solides, assurant ainsi un dessablage efficace. Cela protège les équipements en aval et améliore la qualité du traitement.
- **Aérateur à soufflante** : Indispensable lors du traitement biologique, cet équipement injecte de l'air dans les bassins d'aération. L'oxygène favorise l'activité des micro-organismes qui décomposent la matière organique.

Ces équipements, en interaction, garantissent la performance et la fiabilité du traitement des eaux usées. Ils contribuent à optimiser le processus, réduire les risques de pollution et faciliter la maintenance de la station.

## I.9 Importance environnementale et réglementaire

Le traitement des eaux usées revêt une importance capitale pour la protection de l'environnement, notamment lorsqu'il s'agit d'eaux rejetées dans un lac ou un écosystème sensible. En effet, sans un traitement adéquat, les eaux usées peuvent provoquer une pollution importante, entraînant la dégradation de la qualité de l'eau, la prolifération d'algues nuisibles, et la perturbation de la faune et de la flore aquatiques.

Les stations de traitement permettent donc de réduire considérablement la charge polluante, protégeant ainsi les milieux naturels et garantissant un équilibre écologique. Cette protection est essentielle pour préserver les ressources en eau, qui sont vitales pour la biodiversité, les usages humains, ainsi que pour les activités économiques comme la pêche et le tourisme.

Sur le plan réglementaire, les stations doivent respecter des normes strictes définies par les autorités environnementales nationales et internationales. Ces normes fixent des seuils limites pour les rejets d'eaux usées, concernant notamment les matières en suspension, la demande biologique en oxygène (DBO), les nitrates, phosphates, et autres substances toxiques.

Le respect de ces règles est essentiel non seulement pour la santé publique, mais aussi pour éviter des sanctions légales et garantir la durabilité des infrastructures de traitement. Il souligne également l'engagement envers une gestion responsable et durable des ressources en eau.

## I.10 Conclusion

En résumé, la station de traitement des eaux usées constitue un élément clé dans la préservation de l'environnement et la protection de la santé publique. Grâce à une succession d'étapes techniques et à des équipements spécifiques, elle permet de dépolluer efficacement les eaux avant leur rejet, notamment dans des milieux sensibles comme les lacs.

Comprendre le fonctionnement global de ces stations, ainsi que le rôle de chaque équipement, est essentiel pour appréhender les enjeux liés à la gestion durable des eaux usées. Par ailleurs, le respect des normes environnementales garantit que ces installations contribuent à la protection des ressources en eau et à la préservation des écosystèmes.

Ce premier chapitre a ainsi posé les bases nécessaires pour approfondir, dans les parties suivantes, les aspects techniques, opérationnels et environnementaux du traitement des eaux usées

## **Chapitre II : Contexte du projet : localisation, moyens techniques et entreprise**

## II.1 Introduction

Le cahier des charges constitue un document de référence essentiel dans la conception et la réalisation d'un projet technique, il définit l'ensemble des exigences techniques, fonctionnelles et environnementales nécessaires à la mise en œuvre d'une station de traitement des eaux usées. Ce document permet de cadrer les besoins exprimés, d'orienter le choix des solutions technologiques, et d'assurer une cohérence entre les différents acteurs du projet, depuis la conception jusqu'à l'exploitation. Il sert également à garantir que les objectifs en termes de performance, de sécurité, de fiabilité et de durabilité soient atteints dans le respect des normes en vigueur. L'élaboration d'un tel cahier des charges est donc une étape fondamentale qui structure tout le processus de développement de l'installation. Il détaille non seulement les équipements requis et leurs spécifications, mais aussi les conditions d'installation, les modalités de maintenance et les critères de performance attendus. Dans ce chapitre, nous présenterons successivement les objectifs du projet, les spécifications techniques, la description des équipements clés, ainsi que les exigences d'exploitation et de maintenance permettant d'assurer un fonctionnement optimal de la station.

## II.2 Situation géographique de la station de traitement des eaux usées de Ouled Addi Guebala M'sila

La station d'épuration se trouve dans la commune de Ouled Addi Guebala (latitude 35°40' N, longitude 4°52' E), relevant de la daïra de Ouled Derradj et de la wilaya de M'Sila, située dans le nord-centre de l'Algérie. Implantée à environ 35 km à l'est de M'Sila et à 25 km de Ouled Derradj, elle est localisée à une altitude moyenne de 553 m. Elle est délimitée par Ouled Derradj à l'est, Barhoum à l'ouest, Aïn Khadra au nord-ouest et Ouled Hannach au sud-ouest.



**Figure (II.1) :** Localisation géographique de la station d'épuration de Ouled Addi Guebala M'sila (Vue Google Earth) [10].

## II.3 Objectifs généraux du projet

Le principal objectif de ce projet est la conception, l'installation et la mise en service d'une station de traitement des eaux usées capable de répondre efficacement aux besoins d'une collectivité ou d'une zone industrielle. Cette station devra traiter les eaux usées issues des activités domestiques et industrielles afin de réduire leur impact sur l'environnement et de garantir leur conformité avec les normes de rejet en vigueur.

L'installation envisagée vise à :

- **Assurer un traitement efficace** des eaux usées, en éliminant les polluants physiques, chimiques et biologiques avant leur rejet dans le milieu naturel ou leur réutilisation.
- **Préserver les ressources naturelles**, notamment les eaux de surface et souterraines, en limitant les risques de contamination et de pollution.
- **Respecter les réglementations environnementales locales et internationales**, notamment en matière de qualité des eaux rejetées, de gestion des boues et de protection de la biodiversité.
- **Optimiser les performances énergétiques et opérationnelles** de la station en intégrant des équipements fiables, économiques et faciles à entretenir.
- **Garantir la pérennité du système** grâce à une infrastructure durable, modulable et adaptée aux évolutions des besoins ou des charges hydrauliques futures.

En répondant à ces objectifs, le projet vise non seulement à améliorer les conditions sanitaires et environnementales de la zone concernée, mais aussi à servir de modèle pour la gestion durable des eaux usées dans des contextes similaires.

## II.4 Spécifications techniques

La réussite du projet de station de traitement des eaux usées repose sur le respect de plusieurs spécifications techniques essentielles, qui encadrent les performances attendues, les contraintes d'exploitation et les normes environnementales applicables.

Les principales spécifications techniques à respecter sont les suivantes :

### II.4.1 Matériaux et équipements

Les matériaux utilisés devront être résistants à la corrosion, notamment pour les parties en contact avec l'eau ou les produits chimiques (ex. : inox pour les ponts racleurs). Les équipements mécaniques et électromécaniques devront répondre aux normes CE ou ISO et garantir une longue durée de vie avec un entretien limité.

## II.4.2 Sécurité et accessibilité

L'ensemble de l'installation devra intégrer des dispositifs de sécurité pour le personnel (garde-corps, accès sécurisés, signalisation) et des systèmes de contrôle pour éviter tout débordement ou défaillance critique.

## II.4.3 Adaptabilité et évolutivité

La conception devra permettre, si nécessaire, l'extension ou la modification de la station en fonction de l'évolution des besoins ou de la réglementation.

# II.5 Description des équipements nécessaires

Le bon fonctionnement d'une station de traitement des eaux usées repose sur l'intégration cohérente et performante d'un ensemble d'équipements, chacun jouant un rôle spécifique dans la chaîne de traitement. Voici les principaux équipements prévus dans la conception de la station, accompagnés de leur rôle fonctionnel.

## II.5.1 Pompe de relevage type submersible eau chargée

De type ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5 est un équipement électromécanique immergé, conçu pour l'évacuation et le transfert de fluides contenant des matières solides en suspension, tels que les eaux usées domestiques, industrielles ou pluviales. Elle fait partie de la gamme DRG de ZENIT, spécifiquement dédiée aux installations intensives [11].



**Figure (II.2) :** Pompe de relevage De type ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5 [11].

**Tableau (II.1) :** Représente les caractéristiques de pompe ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5 [11].

Élément	Détail
<b>Marque / Modèle</b>	ZENIT DRG 100/2/80 B0FT5
<b>Type de pompe</b>	Submersible – eaux chargées
<b>Quantité</b>	03 unités (fonctionnement 2 en service + 1 en secours)
<b>Puissance moteur</b>	7,5 kW
<b>Tension d'alimentation</b>	400 V triphasé
<b>Intensité nominale</b>	13,75 A
<b>Câble d'alimentation</b>	4G1.5 + 3x1 mm <sup>2</sup> (4 conducteurs de puissance + 3 pour contrôle/sonde)
<b>Type de roue</b>	Vortex ou canal (selon configuration DRG)
<b>Passage libre</b>	Adapté aux solides (généralement $\geq 50$ mm pour cette série)
<b>Application</b>	Poste de relevage, traitement des eaux usées, pompage industriel
<b>Fonctionnement</b>	2 pompes en fonctionnement + 1 en réserve (2/3)

### II.5.2 Pompe à sable submersible

De type ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5 est une pompe électrique immergée conçue pour le pompage d'eaux chargées abrasives contenant des matières solides comme le sable. Elle est utilisée dans des environnements domestiques, semi-industriels ou de chantier pour l'évacuation d'eaux sablonneuses ou légèrement boueuses. Elle appartient à la gamme DG Blue PRO de ZENIT, connue pour sa robustesse et sa capacité à résister à l'abrasion [10].



**Figure (II.3) :** Pompe à sable De type ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5 [11].

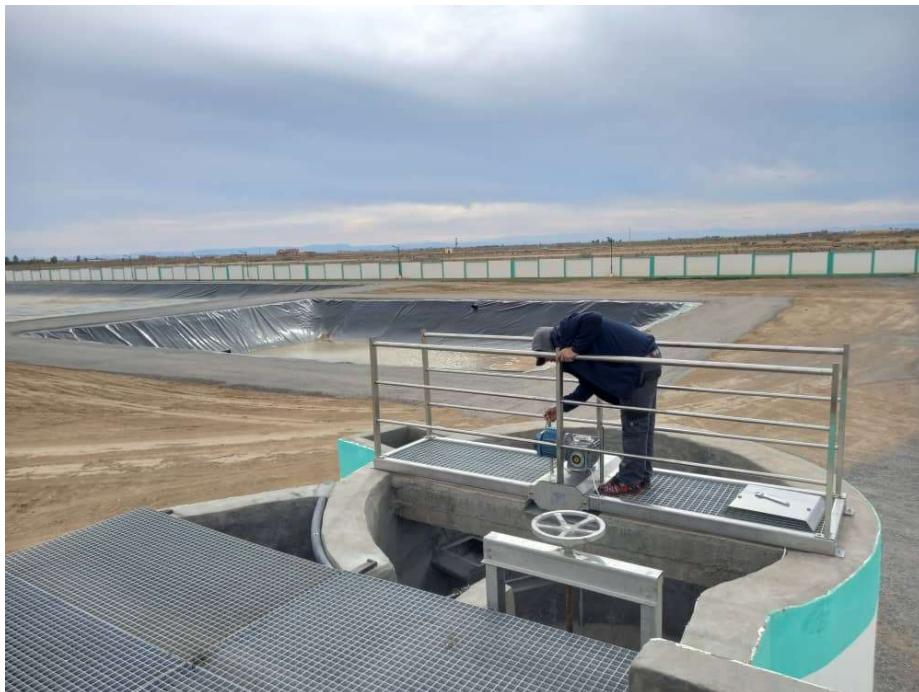
**Tableau (II.2) :** Représente les caractéristiques de pompe à sable submersible De type ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5 [11].

Élément	Détail
<b>Marque / Modèle</b>	ZENIT DG Blue PRO 75/2/G40V A1BT5
<b>Type de pompe</b>	Pompe submersible pour eau sablonneuse / eaux chargées
<b>Quantité</b>	02 unités
<b>Puissance moteur</b>	0,55 kW
<b>Tension d'alimentation</b>	400 V triphasé
<b>Intensité nominale</b>	1,6 A
<b>Câble d'alimentation</b>	4G1 mm <sup>2</sup> (3 conducteurs de puissance + terre)
<b>Type de roue</b>	Vortex (type DG) pour passage de solides
<b>Passage libre</b>	Ø 40 mm (G40V = passage libre de 40 mm)
<b>Construction</b>	Poste de relevage, traitement des eaux usées, pompage industriel
<b>Utilisation typique</b>	2 pompes en fonctionnement + 1 en réserve (2/3)

### II.5.3 Pont racleur en inox

Est un équipement mécanique utilisé principalement dans les stations d'épuration des eaux usées (STEP), destiné à extraire les boues et les flottants des bassins circulaires (décanteurs primaires ou secondaires). Il est constitué d'une structure métallique en acier inoxydable (généralement AISI 304 ou 316 pour la résistance à la corrosion), équipée d'un système de raclage monté sur un pont tournant.

Le mouvement du pont est assuré par un motoréducteur de puissance 1,1 kW, permettant une rotation lente et continue autour de l'axe central du bassin [12].



**Figure (II.4) :** Pont racleur en inox 01.



**Figure (II.5) :** Pont racleur en inox 02.

**Tableau (II.3) :** Représente les caractéristiques Pont racleur tournant [12].

Élément	Détail
<b>Type d'équipement</b>	Pont racleur tournant
<b>Matériaux</b>	Acier inoxydable (Inox AISI 304 ou 316)
<b>Motorisation</b>	Motoréducteur intégré
<b>Puissance moteur</b>	1,1 kW
<b>Quantité</b>	02 unités
<b>Application</b>	Récupération des boues de fond et flottants en décantation circulaire
<b>Vitesse de rotation</b>	Lente (généralement 1 à 2 tr/h selon le diamètre du bassin)
<b>Installation</b>	En pont mobile central ou périphérique (selon conception du bassin)

### II.5.4 Classificateur à sable

Est un équipement de séparation solide-liquide utilisé principalement dans les stations d'épuration des eaux usées pour séparer, laver et extraire le sable contenu dans les eaux prétraitées. Il permet de réduire l'usure des équipements en aval et d'améliorer l'efficacité du traitement biologique. Le classificateur est généralement constitué d'une cuve inclinée, dans laquelle une vis sans fin (ou convoyeur à vis) transporte le sable vers un point de décharge après décantation. Le motoréducteur de 1,5 kW entraîne la vis de manière lente et continue afin d'assurer le transport du sable tout en favorisant la décantation et l'égouttage [13].



Figure (II.6) : Classificateur à sable [14].

Tableau (II.4) : Représente les caractéristiques Classificateur à sable [12].

Élément	Détail
Type d'équipement	Classificateur à sable (ou séparateur à sable)
Quantité	01 ou 02 unités (selon configuration de l'installation)
Motorisation	Motoréducteur intégré
Puissance moteur	1,5 kW
Principe de fonctionnement	Décantation gravitaire + extraction mécanique par vis sans fin
Matériaux	Récupération des boues de fond et flottants en décantation circulaire
Vitesse de rotation	Cuve et vis généralement en acier inoxydable (AISI 304 ou 316)
Inclinaison typique	Environ 20° à 30° (optimisation décantation/évacuation)
Débit nominal traité	Varie selon modèle, souvent 10–50 L/s pour un classificateur standard
Application	Prétraitement des eaux usées urbaines et industrielles

### II.5.5 Aérateur à soufflante

Un aérateur à soufflante est un équipement mécanique utilisé pour injecter de l'air dans un système, généralement un bassin de traitement des eaux usées, afin de favoriser l'oxygénation et les processus biologiques. La puissance de 0,34 kW indique la puissance électrique consommée par la soufflante pour assurer le déplacement de l'air. Ce type d'aérateur est souvent une soufflante à canal latéral, caractérisée par un débit d'air modéré et une pression adaptée aux besoins spécifiques de l'aération à faibles consommations énergétique [15].



**Figure (II.7) : Aérateur à soufflante [16].**

### II.5.6 Protection des pompes submersibles

Est un ensemble de dispositifs électriques, mécaniques et électroniques conçus pour préserver l'intégrité de la pompe et de son moteur en milieu immergé, en assurant une détection précoce des défaillances thermiques ou d'étanchéité. Ces dispositifs sont essentiels pour garantir la durabilité, la sécurité et la continuité de service des équipements en environnement humide et souvent difficile [17].

**Tableau (II.5) :** Représente les Systèmes de protections et leur Fonctions [17].

Système de protection	Fonction
<b>Thermique sur bilame interne (GEPS)</b>	Surveillance de la température du moteur grâce à un bilame thermique intégré (Type GEPS). En cas de surchauffe, le bilame ouvre le circuit de commande pour arrêter la pompe et prévenir les dommages thermiques.
<b>Classificateur à sable (ou séparateur à sable)</b>	Une sonde de fuite placée dans la chambre d'huile détecte la présence d'eau, indiquant une perte d'étanchéité (infiltration d'eau). Elle déclenche une alarme ou l'arrêt préventif de la pompe.
<b>Thermique sur disjoncteur moteur</b>	Le disjoncteur moteur thermique protège contre les surcharges électriques externes au moteur. Il coupe l'alimentation en cas de dépassement du courant nominal ou d'échauffement prolongé.

## II.6 Conditions d'exploitation et de maintenance

Le bon fonctionnement à long terme d'une station de traitement des eaux usées repose non seulement sur la qualité de sa conception et de ses équipements, mais également sur une exploitation rigoureuse et un programme de maintenance efficace.

### II.6.1 Conditions d'exploitation

- Surveillance continue** : La station devra être équipée de capteurs et d'un système de supervision (SCADA ou équivalent) permettant le suivi des paramètres clés : débits, niveaux, concentrations (DBO, MES, etc.), pH, oxygène dissous....
- Personnel qualifié** : L'exploitation de la station nécessite une équipe formée, capable d'assurer la gestion quotidienne, de réaliser les analyses de contrôle, et d'intervenir rapidement en cas d'anomalie.
- Gestion des produits chimiques** : L'utilisation de réactifs (désinfectants, coagulants, etc.) implique une manipulation sécurisée, un stockage adapté et un suivi rigoureux des consommations.
- Suivi environnemental** : Des contrôles réguliers de la qualité des eaux rejetées doivent être effectués pour garantir le respect des normes. Des rapports périodiques peuvent être exigés par les autorités.

### II.6.2 Conditions de maintenance

- Entretien préventif** : Un calendrier de maintenance sera établi pour chaque équipement (pompes, soufflantes, ponts racleurs, etc.) incluant les vérifications, nettoyages, remplacements de pièces et graissages nécessaires.

- **Maintenance corrective** : En cas de panne, un système d'alerte rapide doit permettre une intervention immédiate afin de limiter les interruptions de service.
- **Stock de pièces de rechange** : Un stock minimal de pièces critiques doit être prévu sur site pour limiter les délais d'intervention.
- **Contrats d'assistance** : Des partenariats avec des fournisseurs ou des entreprises spécialisées peuvent être envisagés pour garantir une réactivité optimale sur les réparations ou les mises à jour techniques.

### II.6.3 Sécurité des équipements

- **Protection des machines** : Les pompes, soufflantes et autres équipements doivent être équipés de protections mécaniques, de coffrets de commande sécurisés, et de systèmes d'alarme en cas de surchauffe, surcharge ou panne.
- **Maintenance préventive** : Elle contribue à éviter les défaillances techniques et les incidents liés à l'usure ou à un mauvais fonctionnement.

## II.7 Présentation organisationnelle et technique de l'EURL WATAIR FLOW

### II.7.1 Présentation générale de l'entreprise

Implantée dans la wilaya de Bejaïa, l'EURL WATAIR FLOW est une entreprise spécialisée dans l'étude technique, la fourniture, ainsi que l'installation d'équipements électromécaniques. Forte de plus d'une décennie d'expérience sur le terrain, l'entreprise a su évoluer et se restructurer afin de mieux répondre aux exigences croissantes de son secteur d'activité.

WATAIR FLOW se positionne comme un partenaire technique fiable, capable d'accompagner ses clients dans toutes les étapes de leurs projets. Grâce à un bureau d'études intégré, l'entreprise propose des solutions sur mesure allant du dimensionnement des équipements à leur mise en service, en passant par l'élaboration des bilans énergétiques et des schémas techniques.

### II.7.2 Valeurs et engagement client

L'approche de WATAIR FLOW repose sur trois principes fondamentaux :

- **Écoute** : Le service commercial joue un rôle central dans la compréhension des besoins explicites et implicites des clients, garantissant ainsi des solutions adaptées.
- **Proximité** : L'entreprise assure une couverture nationale afin d'assurer une réactivité optimale sur l'ensemble du territoire.
- **Qualité** : La société met un point d'honneur à maintenir un haut niveau de qualité, tant sur les produits fournis que sur les installations réalisées, dans une optique de collaboration à long terme.

### II.7.3 Domaines de compétence technique

WATAIR FLOW intervient principalement dans le domaine des stations de pompage, de relevage et d'épuration. Son offre de services comprend :

- Étude et dimensionnement des équipements.
- Fourniture de plans de pose, schémas et bilans énergétiques.
- Équipement de stations de pompage.
- Fourniture et installation d'armoires électriques.
- Câblage et raccordement des équipements.

### II.7.4 Les solutions techniques proposées couvrent un large éventail de besoins, notamment

- Systèmes de commande : TGBT, CLPG, commande de démarrage des pompes (local/distante), gestion anti-bélier.
- Automatisation : Automates, HMI, gestion automatique des stations.
- Équipements électriques : Coffrets, armoires, cellules, câbles de puissance et de commande, chemins de câbles.
- Raccordements complexes : Poste transformateur, groupes électrogènes, inverseurs, auxiliaires (pompes, dégrilleurs, compresseurs, etc.).

### II.7.5 Capacité d'intervention et mise en service

WATAIR FLOW maîtrise différentes techniques de démarrage des équipements, adaptées à une large gamme de puissances :

- Démarrage direct : de 4,5 kw à 15 kw.
- Démarrage étoile/triangle : de 15 kw à 75 kw.
- Démarreurs progressifs : de 3 kw à 500 kw.
- Variateurs de vitesse : de 3 kw à 1250 kw.

Grâce à cette expertise, l'entreprise est capable de proposer des installations fiables, durables et adaptées aux contraintes spécifiques de chaque projet.

## II.7.6 Quelques réalisations

- Station d'épuration 3x4 kw – M'TARFA – MSILA.
- Station d'épuration 3x7,5 kw Ouanougha – MSILA.
- Station de relevage 2x11 kw Tahir – Jijel.
- Station de relevage 4x37 kw – AADL SAFSAF LARBAA Partenaire Hydraulique : Sarl H.E.E.
- Station relevage 2x 132 kw Sidi Bel Abbès Fourniture armoires et travaux de raccordement.
- Station de relevage 2x4 kw – Mosquée Sidi El Kebir – ADRAR Partenaire Hydraulique : SARL H.E.E

## II.8 Conclusion

Ce chapitre a permis de définir l'ensemble des spécifications techniques, fonctionnelles et réglementaires relatives à la conception et à la mise en œuvre d'une station de traitement des eaux usées. À travers l'analyse des équipements nécessaires, du schéma de fonctionnement, des contraintes techniques et environnementales, ainsi que des exigences en matière de sécurité et de performance, ce cahier des charges établit un cadre clair pour le projet. Il servira de référence tout au long des phases de conception, de réalisation et d'exploitation de la station. Il garantit ainsi que la future installation répondra non seulement aux attentes en termes d'efficacité de traitement, mais également aux obligations réglementaires et aux enjeux de durabilité. Ce cadre rigoureux permettra de passer, dans le chapitre suivant, à l'étude plus approfondie de la conception technique et du dimensionnement de la station, en lien direct avec les besoins spécifiques du site et les objectifs de performance définis ici.

# **Chapitre III : Câblage électrique**

### III.1 Introduction

Les schémas électriques jouent un rôle fondamental dans le domaine de l'électricité. Ils permettent de représenter de manière claire et visuelle le fonctionnement d'un circuit électrique, en illustrant comment les différents composants tels que les interrupteurs, disjoncteurs, moteurs ou lampes sont reliés entre eux. Ces représentations utilisent des symboles normalisés, ce qui facilite la lecture et l'interprétation du circuit, que ce soit pour comprendre, concevoir, installer ou dépanner une installation électrique. Ils offrent une vue d'ensemble du parcours du courant et de l'organisation des éléments du circuit. Utilisés dans tous les secteurs résidentiels, industriels ou électroniques, les schémas électriques permettent d'intervenir de manière précise, rapide et en toute sécurité. Ils constituent un langage technique universel, compris par tous les professionnels du domaine : techniciens, électriciens et ingénieurs.

### III.2 Câblage électrique

#### III.2.1 Définition

Le câblage électrique désigne l'ensemble des connexions réalisées à l'aide de fils ou de câbles pour relier les différents composants d'un circuit électrique. Il assure la distribution de l'énergie électrique ou des signaux de commande entre les éléments du système, selon un schéma défini à l'avance.

#### III.2.2 Rôle Câblage électrique

Le câblage électrique assure la distribution du courant dans un appartement, une maison, un bâtiment ou une installation industrielle. Il est composé d'une série de fils et de câbles électriques qui alimentent les sources électriques de la structure. Tous ces câbles sont branchés au tableau général de répartition. Pour concevoir, comprendre et entretenir ces installations, on utilise le schéma électrique, un dessin normalisé qui illustre clairement les circuits et connexions, facilitant ainsi le travail des professionnels.

#### III.2.2.1 Appareillage électrique des équipements

##### III.2.2.1.1 Commutateur volt métrique

Les commutateurs de voltmètres assurent la commutation de phases d'un circuit triphasé pour mesure de tension ou de courant. L'utilisation d'un commutateur volumétrique permet d'utiliser un seul indicateur analogique, pour mesurer 3 tensions différentes [18].



Figure (III.1) : commutateur volt métrique [18].

### III.2.2.1.2 Relais de phase

Un relais de surveillance de phases est un appareil utilisé en électricité pour contrôler automatiquement les phases d'un système triphasé. Il vérifie :

- Que les trois phases sont bien présentes,
- Que l'ordre des phases est correct,
- Que la tension est équilibrée entre les phases.

S'il détecte une anomalie, il coupe ou modifie le circuit pour protéger l'installation et éviter des dysfonctionnements [19].



Figure (III.2) : Relais de phase RM22TR [20].

### III.2.2.1.3 Contacteur

Un contacteur est un appareil électromécanique à commande à distance, conçu pour établir, supporter et interrompre des courants dans un circuit électrique de puissance, sans fonction de protection contre les surintensités. Il est principalement utilisé pour la commande de moteurs et d'autres charges industrielles [21].



Figure (III.3) : Contacteur TeSys Deca [20].

### III.2.2.1.4 Disjoncteur moteur magnétothermique

Un disjoncteur-moteur magnétothermique est un appareil de protection utilisé pour les moteurs électriques.

Il combine deux fonctions :

- Une protection thermique, qui réagit aux surcharges grâce à une lamelle bimétallique (réaction lente),
- Une protection magnétique, qui détecte les courts-circuits avec un électro-aimant (réaction rapide).

Ce système permet d'arrêter automatiquement l'alimentation du moteur en cas de surcharge ou de court-circuit. Il respecte les exigences de la norme IEC 60947-2 [22].



**Figure (III.4) :** Disjoncteur moteur magnétothermique Tesys GV [20].

### III.2.2.1.5 Sectionneur

Un sectionneur est un appareil qu'on utilise pour ouvrir ou fermer un circuit à la main. Il a deux positions : ouvert ou fermé. Il permet de séparer un circuit de façon sûre, surtout pendant les opérations de maintenance. Même s'il n'est pas fait pour couper le courant pendant le fonctionnement, il doit pouvoir supporter un court-circuit pendant un court instant (environ 1 seconde). Il doit aussi être solide, résister aux surtensions, et garantir une bonne isolation [23].



**Figure (III.5) :** Interrupteur sectionneur INS250 [20].

### III.2.2.1.6 Disjoncteur à fusible

Un disjoncteur à fusible est un ensemble constitué d'un fusible calibré pour fondre en cas de surintensité, assurant ainsi l'interruption du circuit. La courbe temps/courant du fusible est choisie de manière à intervenir avant la détérioration des composants, tout en évitant les déclenchements non nécessaires [24].



**Figure (III.6) :** DISJONCTEUR-FUSIBLE LE-606708 [25].

### III.2.2.1.7 Sélecteur manuel de pompe

Un sélecteur manuel de pompe est un dispositif de commutation mécanique utilisé pour changer manuellement l'alimentation électrique entre plusieurs pompes ou modes de fonctionnement dans une installation hydraulique. Il permet à l'opérateur d'enchaîner ou isoler une pompe spécifique pour l'entretien, la mise en service, ou le basculement automatique manuel, tout en garantissant la sécurité électrique grâce à une position clairement ouverte ou fermée. Ce type d'équipement est souvent intégré dans les armoires de contrôle des stations de pompage, offrant une commande simple, robuste et fiable de l'alimentation des pompes [26].



**Figure (III.7) :** Sélecteur manuel de pompe Harmony XB5 [20].

### III.3 La représentation des schémas de câblage électrique de notre station

#### III.3.1 Schéma de câblage de puissance 01.

Cette figure présente le schéma de câblage de puissance de la station de relevage, spécifiquement pour les trois groupes électropompes (GEPS 1, GEPS 2, GEPS 3), alimentés en 400 V AC triphasé depuis un tableau général basse tension (TGBT).

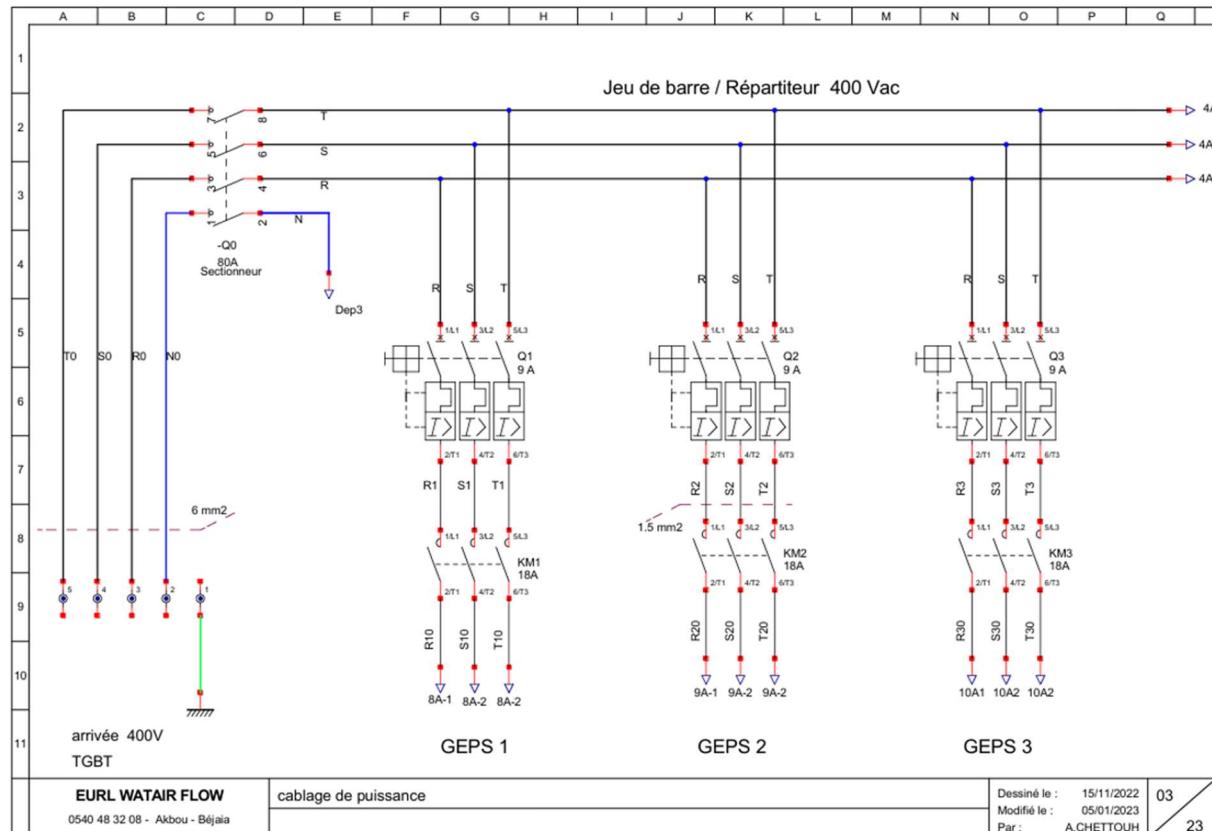


Figure (III.8) : Schéma de câblage de puissance 01.

##### III.3.1.1 Arrivée et distribution générale

L'alimentation principale (R, S, T, N, Terre) est introduite par l'intermédiaire d'un sectionneur Q0, puis répartie à travers un jeu de barres triphasé. Chaque phase est protégée et acheminée via des bornes vers les différents départs moteurs.

##### III.3.1.2 Commandes de puissance – GEPS 1 à 3

Chaque GEPS dispose d'un ensemble de composants de commande :

- Contacteurs principaux (Q1A, Q2A, Q3A).
- Relais thermiques (R1, R2, R3) assurant la protection contre les surcharges.
- Contacteurs auxiliaires (KM1, KM2, KM3) pour démarrage étoile/triangle ou autre mode de commande.

- Disjoncteurs moteurs (Q1, Q2, Q3) calibrés à 18 A, adaptés à la puissance nominale (7.5 kw).

Le câblage utilise des sections de 6 mm<sup>2</sup> pour l'alimentation principale et 1,5 mm<sup>2</sup> pour les commandes auxiliaires, assurant une bonne tenue thermique et une conformité aux normes de sécurité électrique.

### III.3.1.3 Fonction général

Ce schéma permet de comprendre :

- La logique de distribution triphasée.
- Le cheminement du courant de puissance de l'arrivée jusqu'aux moteurs.
- Les protections thermiques et magnétiques mises en place.
- L'interconnexion entre puissance et commande.

### III.3.2 Schéma de câblage de puissance 02

Les phases (Art 1, Art 2, Art 3) sont dérivées du répartiteur principal et alimentent chaque groupe moteur via des protections dédiées :

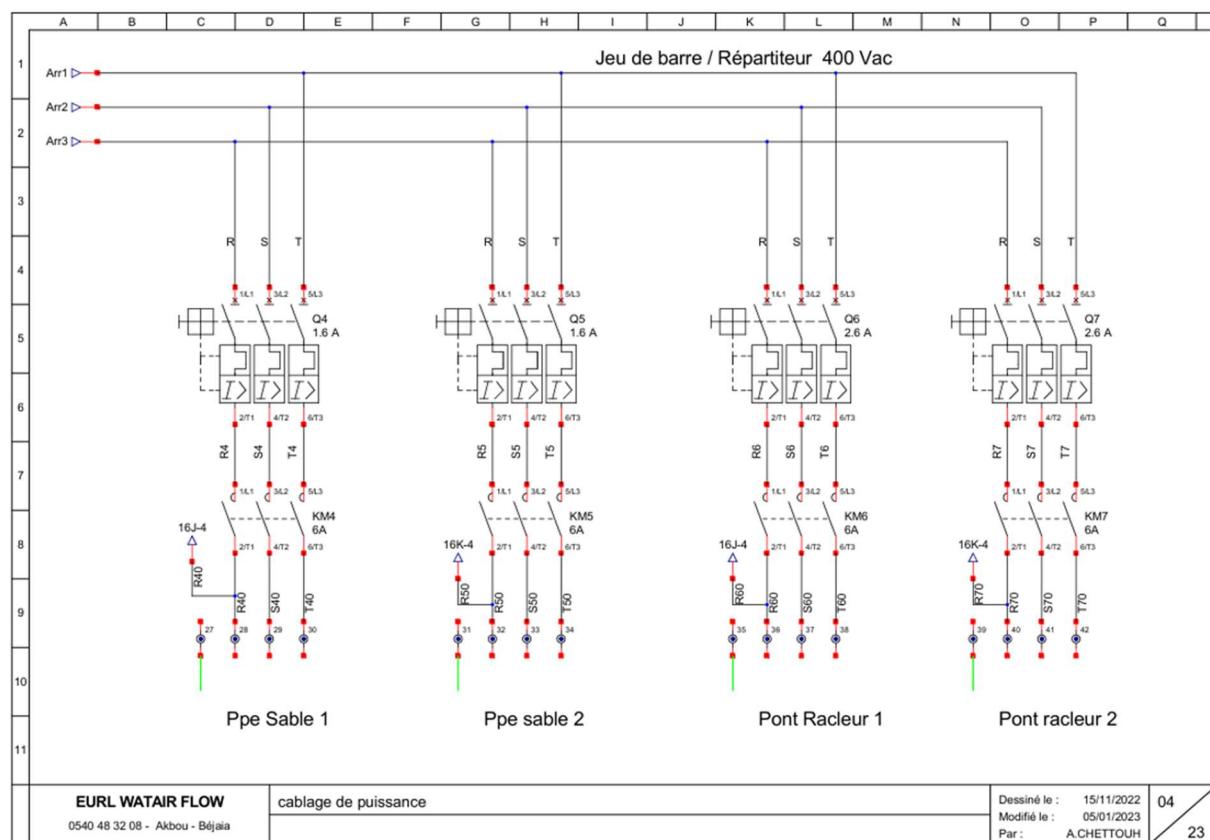


Figure (III.9) : Schéma de câblage de puissance 02.

- Disjoncteurs moteurs calibrés (6A).
- Contacteurs de puissance (Q4 à Q7).
- Relais thermiques pour la protection contre les surcharges (type R6, R7, etc.).

Les câbles de puissance sont correctement dimensionnés, et chaque départ est mis à la terre pour garantir la sécurité.

### III.3.2.1 Fonctionnement des équipements

- Pompes à sable 1 et 2 : utilisées pour extraire les matières lourdes ou particules solides accumulées. Alimentées via contacteurs Q4 et Q5 avec relais thermiques de 1,6 A.
- Ponts Racleurs 1 et 2 : systèmes mécaniques de raclage, chacun commandé par des contacteurs (Q6, Q7) et protégés par des relais thermiques de 2,6 A.

L'ensemble du câblage est conçu pour assurer une commande indépendante des équipements tout en maintenant une alimentation centralisée. Ce schéma facilite le diagnostic de panne, la maintenance ciblée, et l'optimisation de la gestion énergétique.

### III.3.3 Schéma de signalisation

Cette figure montre le circuit de signalisation de la tension réseau et de surveillance des défauts de phase dans la station de relevage, Essentielle pour garantir la sécurité des équipements électriques fonctionnant en triphasé.

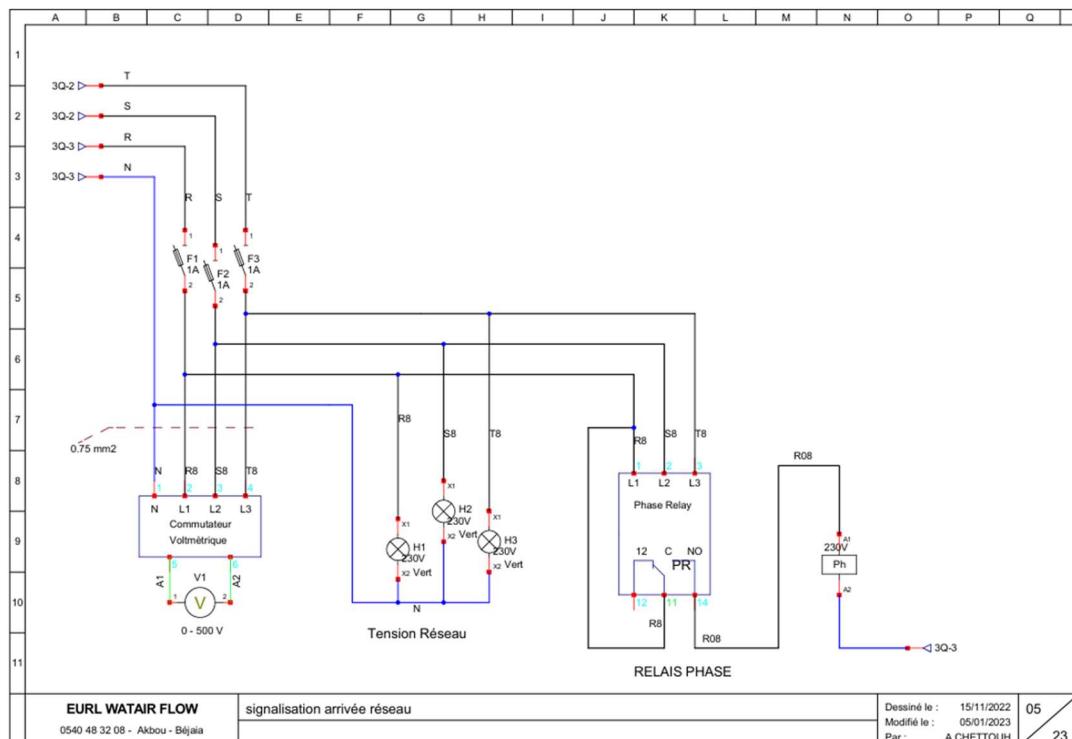


Figure (III.10) : Schéma de signalisation arrivé réseau.

### III.3.3.1 Mesure et affichage de la tension réseau

Les trois phases R, S, T (L1, L2, L3) ainsi que le neutre (N) sont raccordés à un voltmètre commuté (V), permettant de mesurer la tension entre phases par l'intermédiaire d'un commutateur rotatif. L'opérateur peut ainsi lire successivement les tensions L1-L2, L2-L3, et L3-L1 sur une échelle de 0 à 500 V.

### III.3.3.2 Voyants de présence tension

Trois voyants (H1, H2, H3) indiquent la présence de tension sur chaque phase. Lorsqu'un voyant est éteint, cela signifie qu'une phase est absente ou hors service, ce qui pourrait impacter le bon fonctionnement des équipements triphasés (moteurs notamment).

### III.3.3.3 Relais de contrôle de phase (PR1)

Un relais de surveillance de phase est utilisé pour détecter :

- L'absence de phase.
- Le déséquilibre de tension.
- L'inversion de phases (si configuré).

En cas de défaut, le relais PR1 ouvre le contact (C-NO), signalant une anomalie. Ce défaut peut être traité par un automate ou déclencher une alarme locale (sonore ou visuelle).

### III.3.3.4 Voyant général de défaut réseau

Le voyant PH (en 230 V AC) est alimenté via le relais R08 et s'allume uniquement si toutes les conditions de tension sont réunies. Il permet une vérification immédiate par un technicien en cas de coupure partielle ou totale du réseau.

### III.3.4 Schéma de commande de la pompe de relevage 3x7.5kw (1)

L'alimentation provient d'une source 24 VDC protégée par un fusible F4 (1 A).

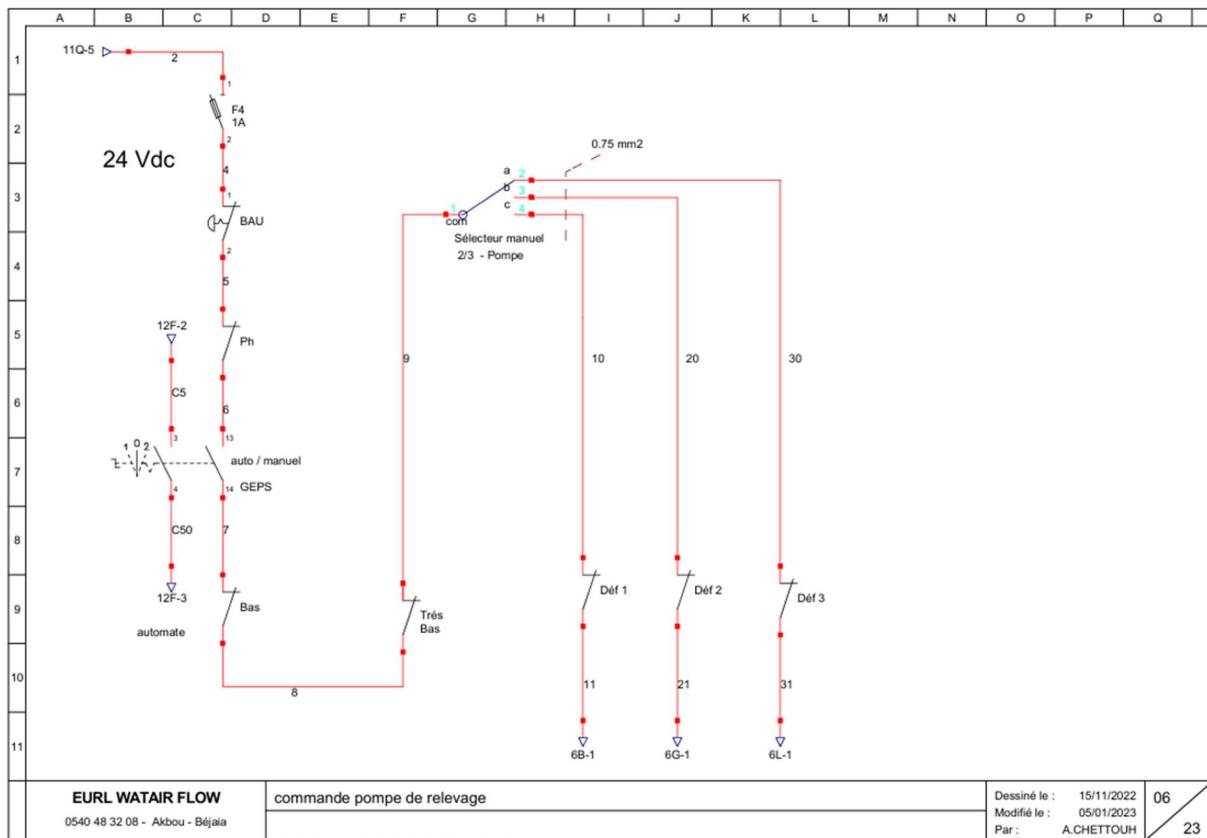


Figure (III.11) : Schéma de la commande pompe de relevage 01.

Plusieurs sécurités sont intercalées :

- Arrêt d'urgence (BAU) : coupe instantanément le circuit de commande en cas de danger.
- Présence tension (Ph) et contact de disjoncteur (Q4) : garantissent que la ligne est active.
- Sélecteur auto / manuel : permet à l'utilisateur de basculer entre une commande par automate ou manuelle.
- Contact de l'automate : intègre l'automatisme programmable dans la logique de démarrage.

#### III.3.4.1 Commande par niveau d'eau

Les capteurs de niveau (contacts Bas et Très Bas) déterminent si le déclenchement des pompes est autorisé. Cette logique assure :

- Une protection contre le fonctionnement à sec.

- Le respect des consignes de niveau minimal avant activation.

### III.3.4.2 Sélecteur manuel 2/3 pompes

Un sélecteur rotatif permet de choisir si 2 ou 3 pompes doivent être engagées en mode manuel, ce qui peut être utile en cas de forte affluence ou d'urgence.

### III.3.4.3 Détection de défauts (Défaut 1, 2, 3)

Les signaux Déf1, Déf2, Déf3 (avec contacts 69-1, 69-2, 69-3) indiquent un défaut sur chacune des pompes. En cas de problème, l'alimentation de commande est interrompue pour éviter tout dommage.

### III.3.5 Schéma de commande de la pompe de relevage 3x7.5kw (2)

Ce schéma détaille le câblage de commande individuel en 24 VDC des trois pompes de relevage (BPM1, BPM2, BPM3) dans la station 3×7.5 kw. Il permet à l'automate ou à un opérateur via boutons de commander le démarrage ou l'arrêt de chaque pompe séparément.

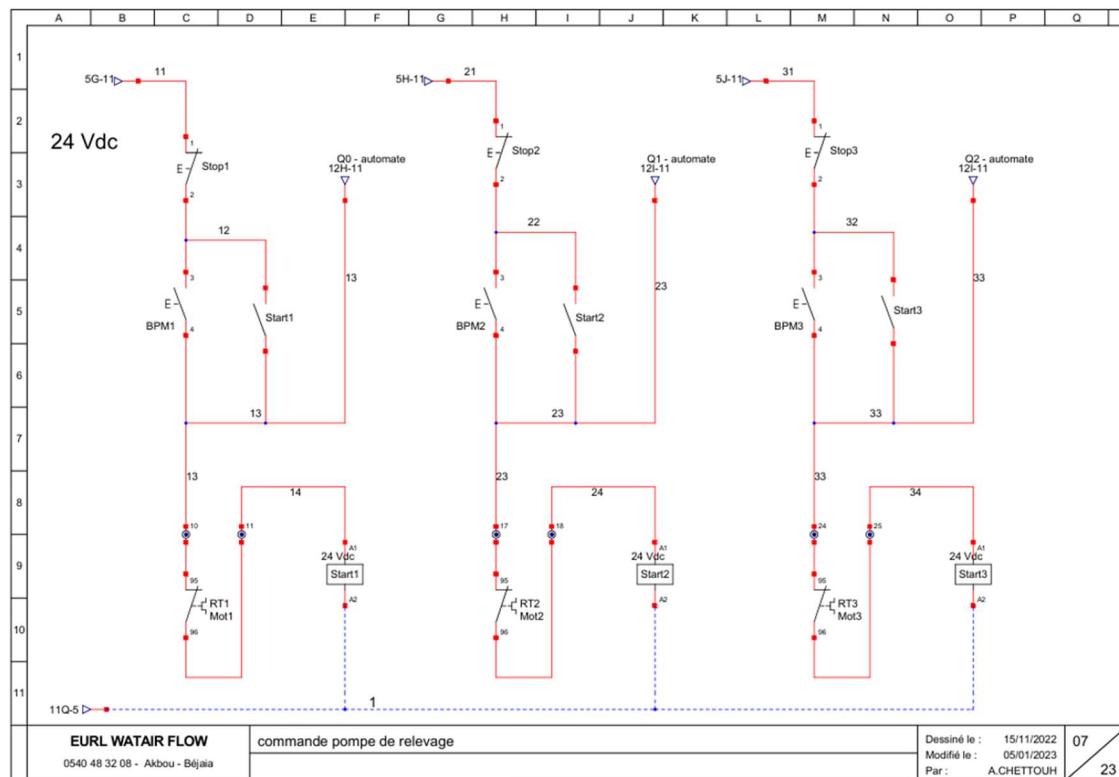


Figure (III.12) : Schéma de commande pompe de relevage 02.

### III.3.5.1 Commande par bouton-poussoir

Chaque pompe est équipée de :

- Un bouton de mise en marche (Start1, Start2, Start3).
- Un bouton d'arrêt (Stop1, Stop2, Stop3).
- Un contact d'automate (Q1 automate) permettant un déclenchement à distance.

Ces circuits forment une logique de commande locale + automatique, assurant la redondance et la sécurité opérationnelle.

### III.3.5.2 Relais de commande et signalisation

Les sorties RT1, RT2, RT3 correspondent aux relais de commande des contacteurs de puissance associés à chaque pompe.

Chaque bouton Start est connecté à une bobine de relais (K1, K2, K3) sous 24 VDC qui ferme le circuit de puissance côté contacteur, enclenchant ainsi le démarrage de la pompe.

### III.3.5.3 Alimentation et structure

L'ensemble du schéma fonctionne sous 24 VDC, garantissant une commande basse tension sécurisée, avec des conducteurs en 0,75 mm<sup>2</sup> adaptés aux faibles courants de commande.

La structure est modulaire, permettant une extension facile ou une maintenance ciblée sur chaque ligne de commande.

### III.3.6 Schéma de commande pompe à sable

Ce schéma présente le câblage de commande en 230 V AC pour les pompes à sable (BPM4 et BPM5) dans la station de relevage. Ces pompes servent à évacuer les sédiments solides accumulés dans les bassins ou zones de décantation.

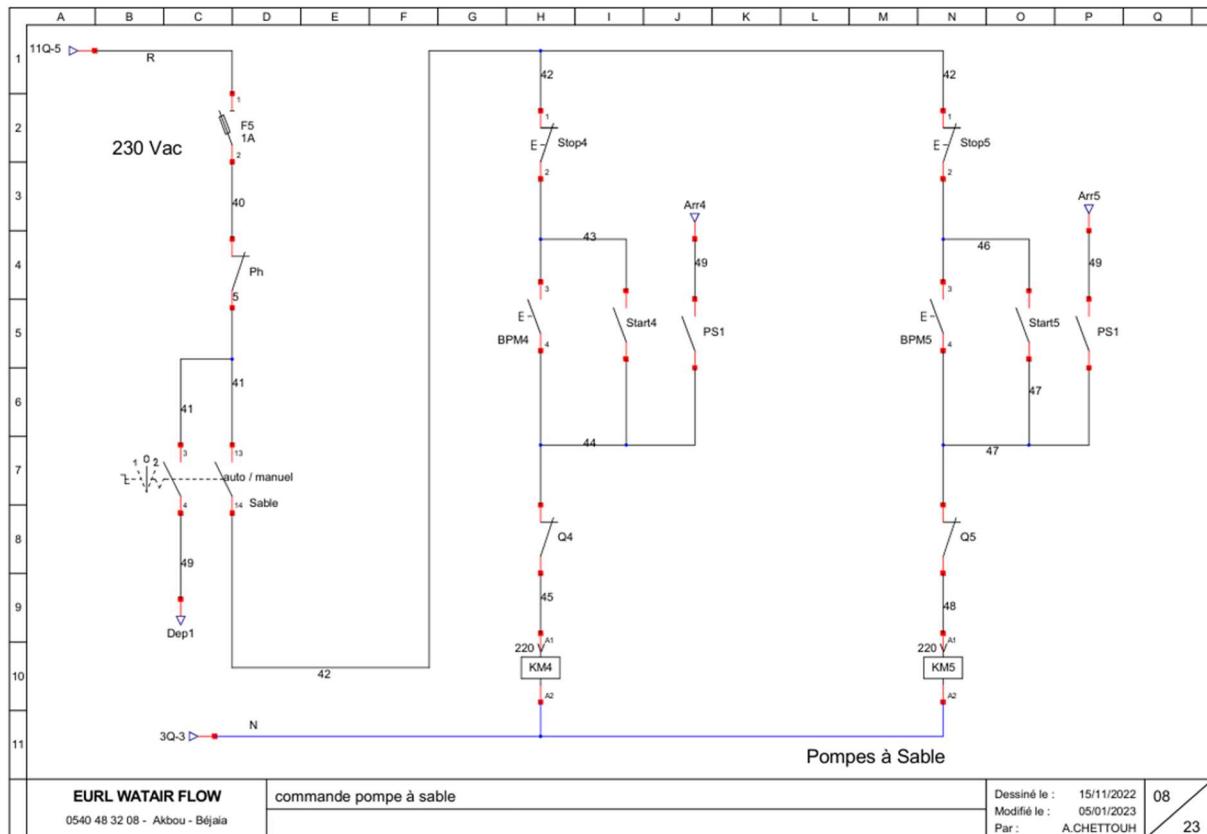


Figure (III.13) : Schéma de commande pompe à sable.

#### III.3.6.1 Alimentation et sécurité

Le circuit est alimenté par la phase R et protégé par un disjoncteur F5 (1 A). Un contact de présence de tension (Ph) et un sélecteur auto / manuel assurent la flexibilité de fonctionnement selon les conditions du site ou les interventions de maintenance.

#### III.3.6.2 Commande des pompes

Chaque pompe est contrôlée par :

- Un bouton d'arrêt (Stop4 / Stop5).
- Un bouton de démarrage (Start4 / Start5).
- Un relais thermique ou contact de protection (PS1) en cas de surcharge.
- Un contacteur de puissance (KM4 pour BPM4, KM5 pour BPM5) activant le démarrage de la pompe.

Les signaux passent par les contacts des relais (Q4, Q5), enclenchant les contacteurs lorsque les conditions sont réunies.

### III.3.6.3 Mode automatique / manuel

La commande est activable en manuel (via les boutons Start/Stop) ou automatique (via automate ou temporisation), selon la position du sélecteur rotatif "sable". Cela permet une souplesse d'exploitation, notamment pour les cycles de nettoyage programmés.

### III.3.7 Schéma de commande pont racleur

Le circuit est protégé par un disjoncteur F6 (1 A) et équipé d'un contact de présence tension Ph. Un sélecteur auto / manuel (S4) permet de choisir le mode de commande selon le contexte d'exploitation.

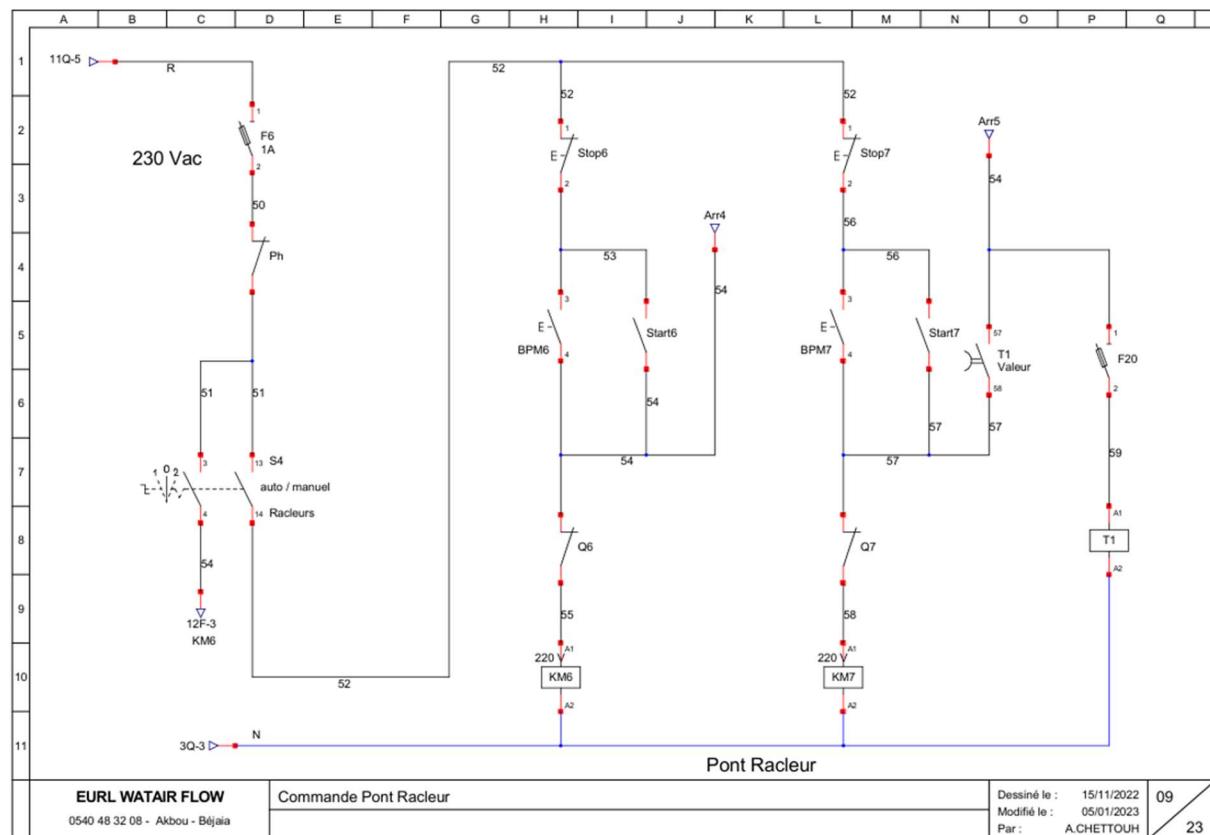


Figure (III.14) : Schéma de commande pont racleur.

### III.3.7.1 Commande du système de raclage

Le pont racleur est constitué de deux moteurs (BPM6 et BPM7), chacun commandé par :

- Un bouton d'arrêt (Stop6, Stop7).
- Un bouton de démarrage (Start6, Start7).
- Un contact de protection (PS1) assurant la coupure en cas de surcharge.

- Des contacteurs de puissance (KM6, KM7) activés via les relais Q6, Q7.

Le second moteur (BPM7) est temporisé grâce à un relais temporisé T1 (ou contact F20), afin de démarrer 5 secondes après le premier. Cette temporisation évite un appel de courant trop important simultané au démarrage.

### III. 3.7.2 Mode de fonctionnement

- En manuel, l'opérateur utilise les boutons poussoirs.
- En automatique, le démarrage est géré via un automate ou commutateur horaire, souvent en continu (H24) dans les stations nécessitant un raclage constant.

### III.3.8 Schéma de câblage démarreur 1

Cette figure illustre le câblage de puissance et de commande pour le démarrage progressif du moteur de la première pompe (GEPS 1) de la station de relevage, à l'aide d'un démarreur électronique ATS01N2.

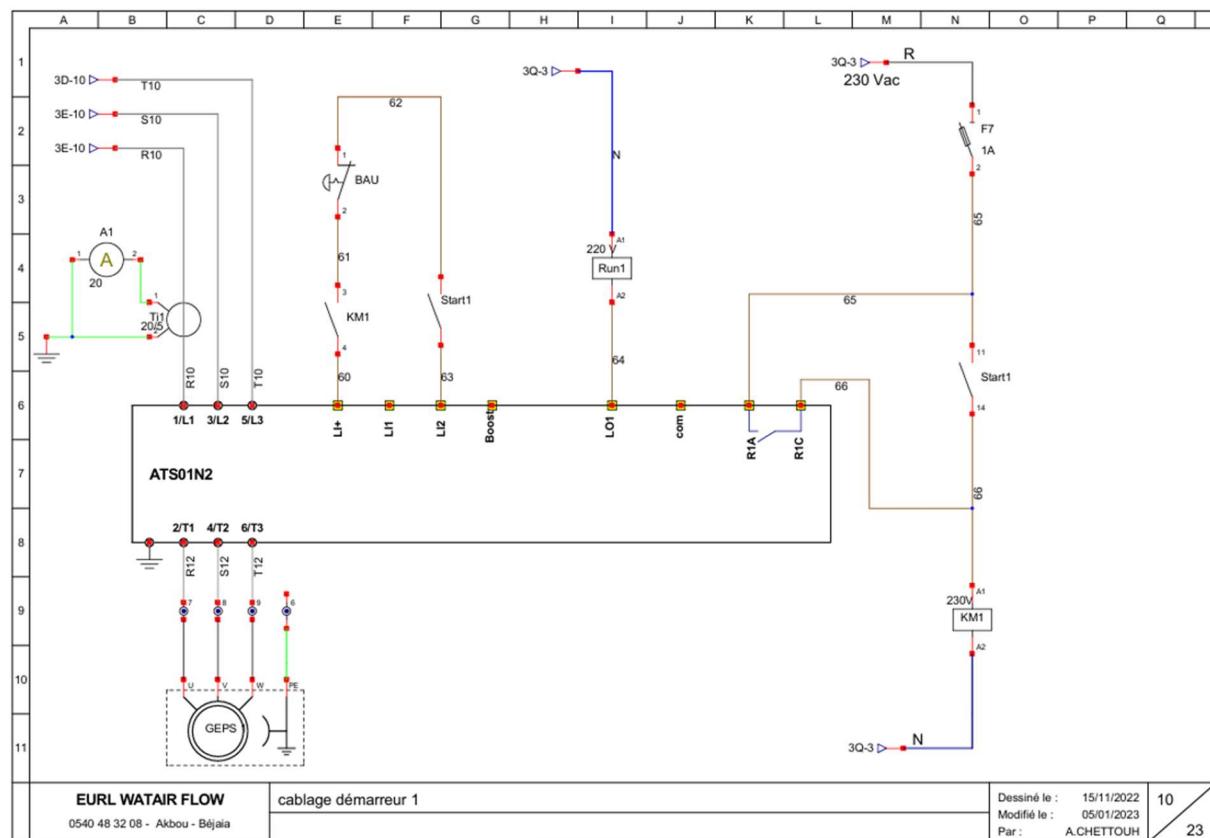


Figure (III.15) : Schéma de câblage démarreur 1.

### III.3.8.1 Section puissance

Le moteur triphasé GEPS 1 est alimenté à travers :

- Un disjoncteur thermique (A1) assurant la protection contre les surcharges.
- Un contacteur KM1, utilisé pour autoriser le démarrage.
- Le démarreur ATS01N2, qui permet un démarrage en douceur en réduisant la contrainte mécanique et électrique à l'enclenchement.

### III.3.8.2 Les connexions

- Entrée L1, L2, L3 : alimentation triphasée.
- Sortie T1, T2, T3 : vers le moteur.

L'ensemble est surveillé par un ampèremètre pour la lecture du courant moteur.

### III.3.8.3 Section commande

La commande en 230 V AC comprend :

- Un bouton Start1 déclenchant l'entrée du contacteur KM1.
- Un arrêt d'urgence (BAU) inséré en série pour une sécurité immédiate.
- Un voyant Run1 indiquant le fonctionnement du moteur.
- Le contact Q2 comme autorisation de commande par l'automate.

Le signal traverse ensuite le bloc logique du démarreur via les bornes LI1, LI2 et R1A, R1C, permettant la temporisation et le contrôle progressif de la montée en vitesse.

### III.3.9 Schéma de câblage démarreur 2

Cette figure représente le câblage de puissance et de commande du démarrage progressif de la deuxième électropompe (GEPS 2) à l'aide d'un démarreur électronique ATS01N222QN, assurant un démarrage en douceur du moteur alimenté en triphasé.

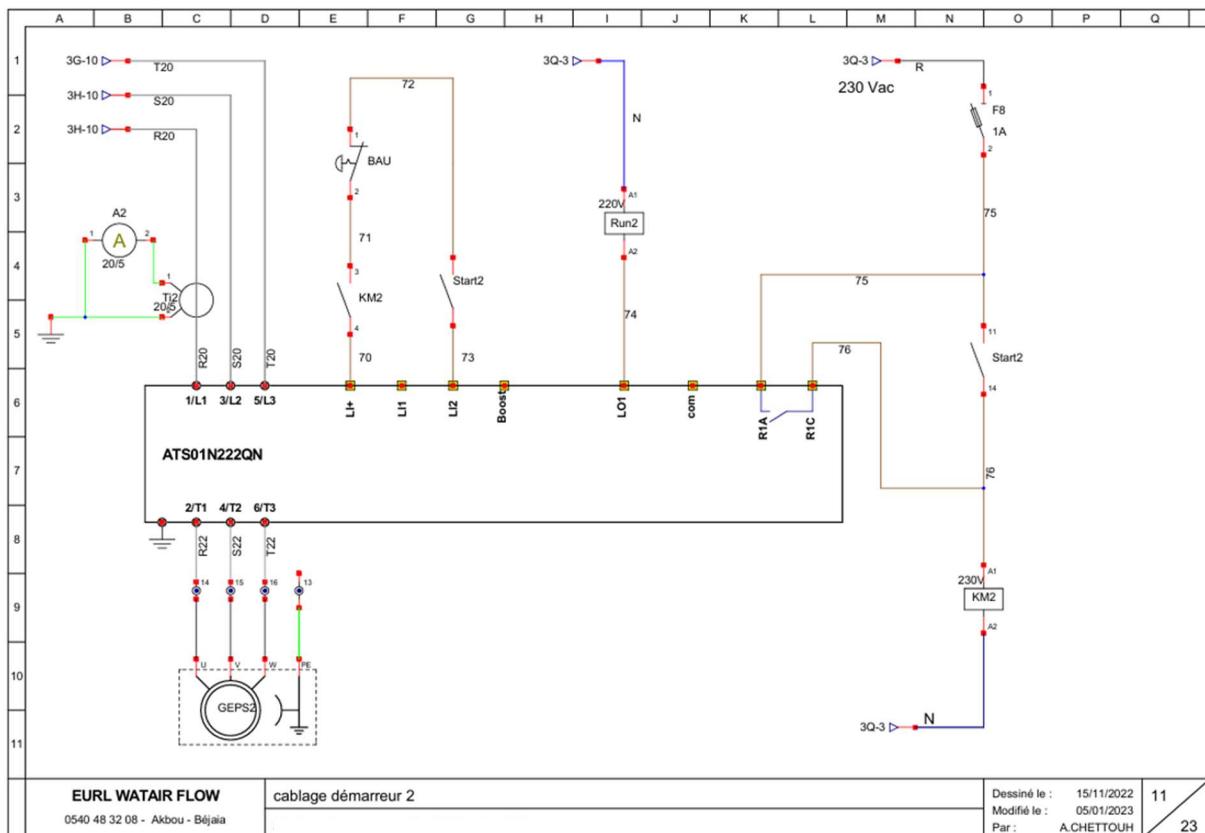


Figure (III.16) : Schéma de câblage démarreur 2.

#### III.3.9.1 Section puissance

L'alimentation se fait en triphasé 400 V via un disjoncteur thermique. L'intensité absorbée est mesurée par un ampèremètre analogique, et le démarreur électronique est inséré entre le contacteur KM2 et le moteur :

- Entrée (L1, L2, L3) : alimentation du démarreur.
- Sortie (T1, T2, T3) : vers les enroulements du moteur GEPS 2.
- Ampèremètre A : pour contrôle en temps réel du courant moteur.

Ce montage permet de limiter les pics de courant au démarrage et protège les composants mécaniques du système de pompage.

### III.3.9.2 Section commande 230 V AC

Le circuit de commande inclut :

- Bouton Start2 pour enclencher le démarrage.
- BAU (arrêt d'urgence) pour sécuriser l'installation.
- Voyant Run2 indiquant l'état actif de la pompe.
- Relais interne du démarreur (R1A-R1C) gérant le signal de fin de démarrage.

Le contacteur KM2 est actionné lorsque toutes les conditions sont réunies, assurant une activation progressive du moteur.

### III.3.10 Schéma de câblage démarreur 3

Le moteur est alimenté en triphasé 400 V, avec un passage par un disjoncteur thermique (non représenté ici, mais lié en amont). Le courant moteur est mesuré par un ampèremètre analogique.

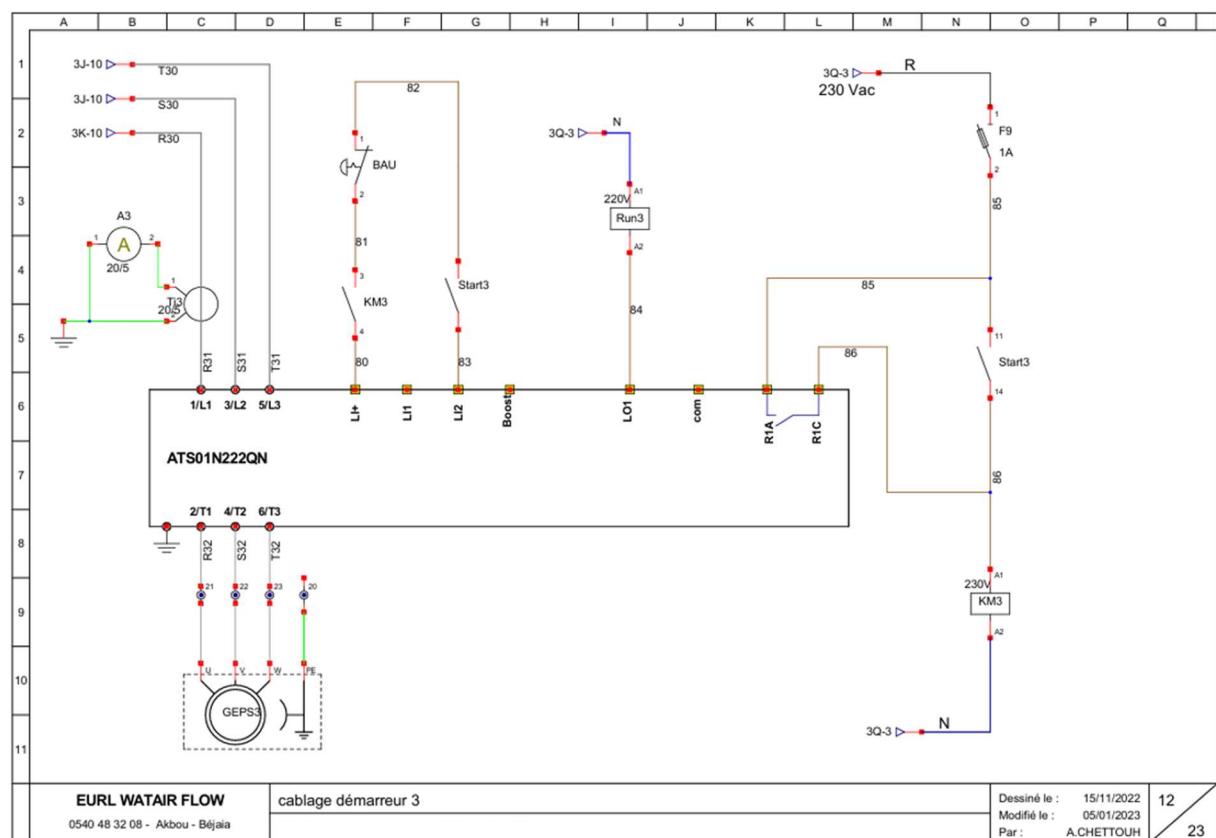


Figure (III.17) : Schéma de câblage démarreur 3.

Le démarreur ATS01N222QN est câblé comme suit :

- Entrée (L1, L2, L3) : reliée au réseau.

- Sortie (T1, T2, T3) : connectée au moteur GEPS 3.
- Le démarreur module la tension et le courant au démarrage pour éviter les à-coups mécaniques et réduire les appels de courant.

### III.3.10.1 Commande 230 VAC

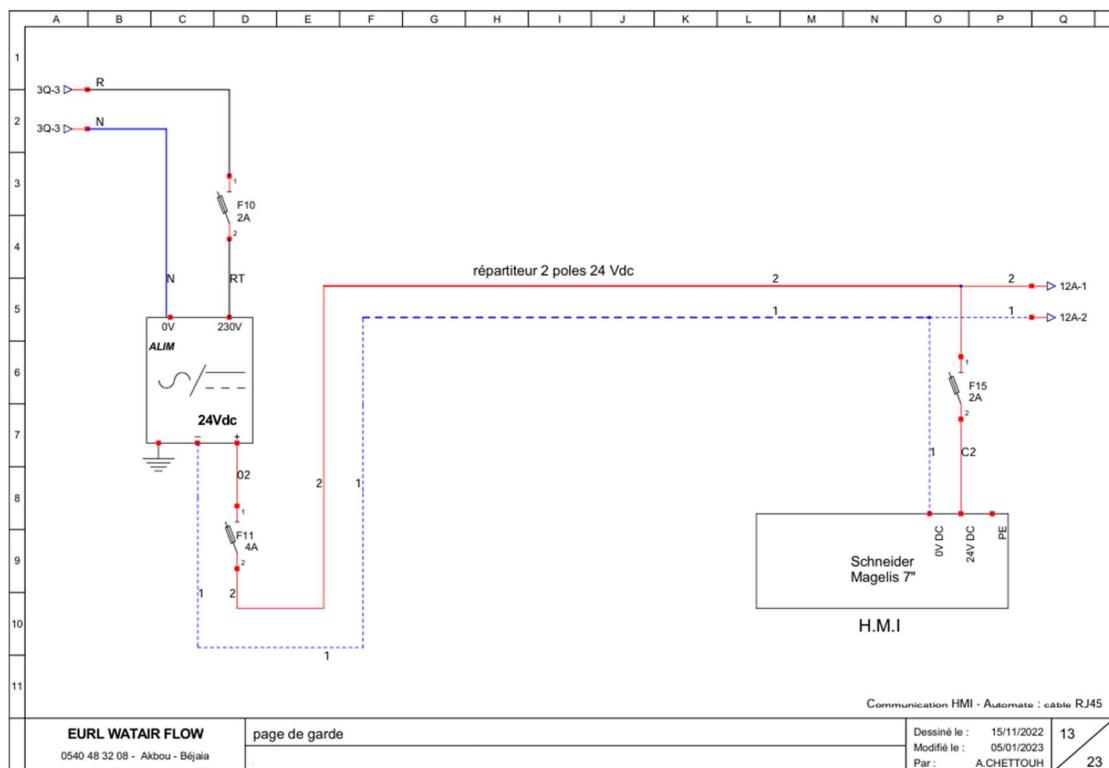
Le circuit de commande inclut :

- Un bouton Start3 pour le démarrage manuel ou automatique.
- Un contact d'arrêt d'urgence (BAU).
- Le voyant Run3 (indication de fonctionnement moteur).
- Un relais de commande (KM3) qui autorise l'alimentation du démarreur.
- Le retour d'information du démarreur via les bornes R1A / R1C, signalant que le cycle de démarrage est terminé.

Le tout est alimenté par un disjoncteur 1 A (F9) et protégé dans la logique de sécurité du système.

### III.3.11 Alimentation et câblage de l'interface homme-machine (HMI)

L'alimentation est acheminée via les bornes repérées +24V / 0V de l'HMI.



**Figure (III.18) :** Alimentation et câblage de l'interface homme-machine (HMI) – Station de relevage.

Le câble RJ45 mentionné dans la légende (non visible dans ce schéma) assure la liaison de communication entre l'IHM et l'automate programmable, permettant l'échange de données pour :

- La visualisation des niveaux, le contrôle manuel ou automatique, l'affichage des alarmes et défauts moteurs.

### III.3.11.1 Importance fonctionnelle

L'IHM joue un rôle central dans la supervision locale de la station de relevage. Elle permet à l'opérateur :

- De lancer ou arrêter les pompes, de consulter des historiques ou alarmes.
- D'ajuster des paramètres.
- De diagnostiquer les dysfonctionnements.

L'alimentation soignée en 24 VDC et la communication fiable avec l'automate sont donc essentielles pour le bon fonctionnement de l'ensemble du système.

### III.3.12 Câblage de l'automate programmable TM221 CE24R

Ce schéma présente le câblage des entrées/sorties (E/S) de l'automate programmable Schneider Modicon TM221 CE24R,

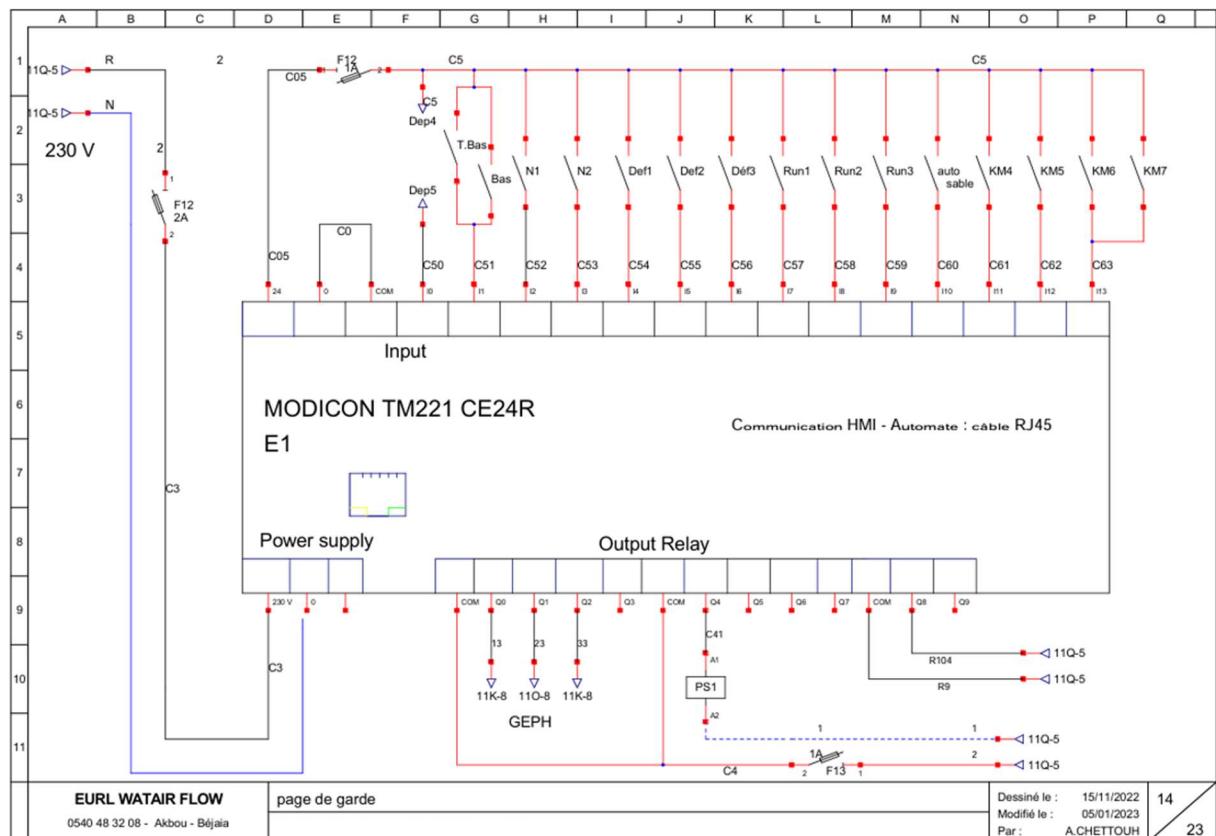


Figure (III.19) : Câblage de l'automate programmable TM221 CE24R – Station de relevage.

Qui constitue le cœur logique de la commande automatique de la station de relevage.

### III.3.12.1 Alimentation et sécurité

L'automate est alimenté en 230 V AC, protégé par un disjoncteur F12 (2 A). Une alimentation interne en 24 VDC alimente les capteurs (flotteurs, pressostats...) et les circuits logiques du système.

### III.3.12.2 Entrées (Input)

Les bornes d'entrée (I0.0 à I0.15) reçoivent les signaux de :

- Niveaux d'eau : Très bas, Bas, Niveau 1, Niveau 2.
- Défauts moteurs : Déf1, Déf2, Déf3.
- États de fonctionnement : Run1, Run2, Run3.
- Sélecteurs et commandes : Auto/Manuel, BAU (arrêt d'urgence), et autres états externes.

Les capteurs sont connectés par des câbles en rouge (positif) et bleu (0 V commun), avec diodes ou opto-isolateurs internes à l'automate pour filtrer les signaux parasites.

### III.3.12.3 Sorties (Output Relay)

Les sorties (Q0.0 à Q0.13) commandent :

- Les relais de démarrage des pompes (KM1 à KM7).
- Les voyants ou alarmes.
- Les signaux vers les démarreurs et relais externes.

Les relais de sortie actionnent directement les circuits 24 V ou transmettent des ordres à des relais intermédiaires (ex. : PS1, R104).

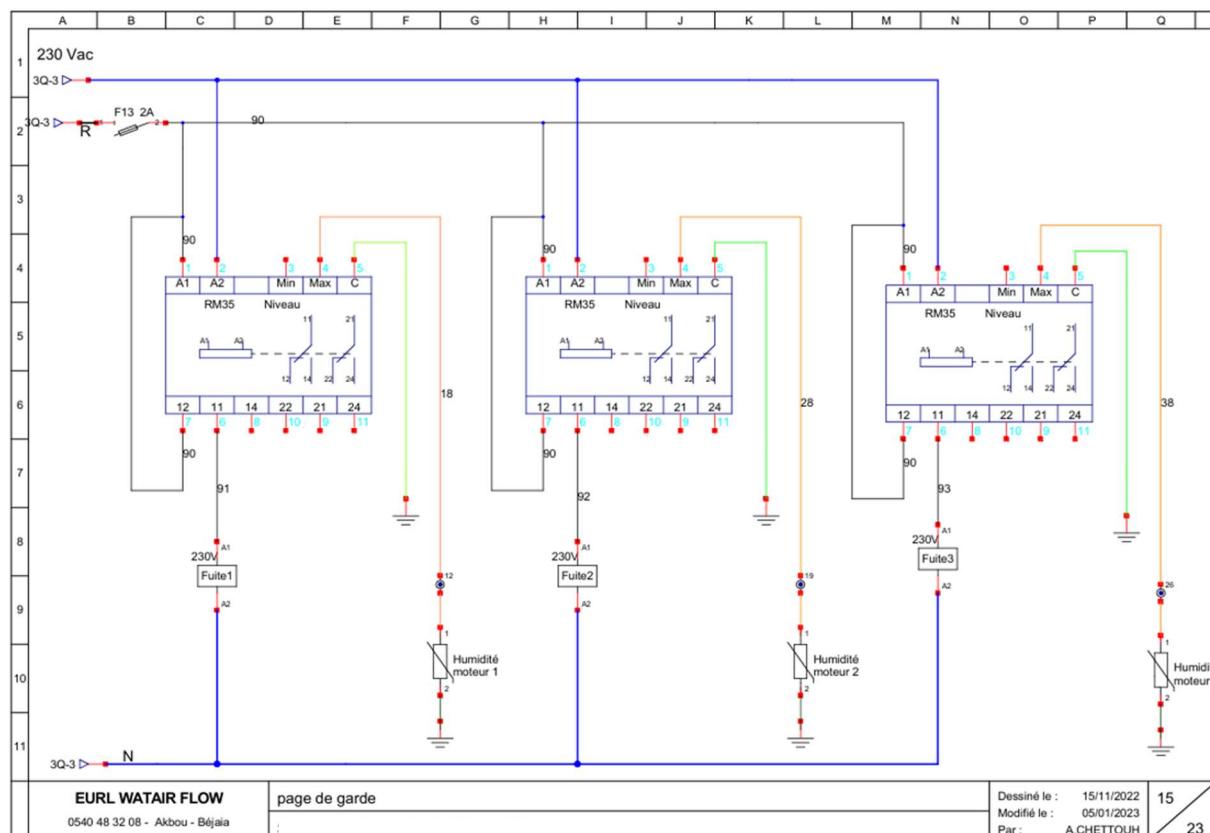
### III.3.12.4 Communication IHM

Une liaison RJ45 assure la communication avec l'IHM (voir figure précédente). Cela permet :

- La visualisation des états du système.
- La saisie de commandes utilisateur.
- Le retour d'informations de fonctionnement et de défaut.

### III.3.13 Schéma de câblage des relais de contrôle de niveau et de détection d'humidité

Cette figure illustre le système de surveillance de l'humidité interne et du niveau de liquide pour les moteurs immergés ou pompes de la station de relevage. Il s'agit ici d'un montage de protection préventive, destiné à anticiper les défauts liés à la pénétration d'eau ou à une défaillance d'étanchéité dans les groupes électropompes (GEPS).



**Figure (III.20) :** Schéma de câblage des relais de contrôle de niveau et de détection d'humidité pour la station de relevage 3x7.5 kw.

#### III.3.13.1 Alimentation et protection

Le circuit est alimenté en 230 V AC et protégé par un disjoncteur F13 (2 A). Chaque module de détection est alimenté individuellement, avec retour à la terre et au neutre.

#### III.3.13.2 Modules de surveillance (RA05)

Trois modules RA05 sont utilisés pour surveiller :

- GEPS 1.
- GEPS 2.
- GEPS 3.

Chaque module reçoit des signaux depuis :

- Un capteur de niveau (Niveau) interne à la pompe.
- Un capteur d'humidité (Humidité Moteur 1, 2, 3) situé dans le moteur.

Les modules disposent de contacts de sortie (K1, K2, K3) qui peuvent être utilisés pour :

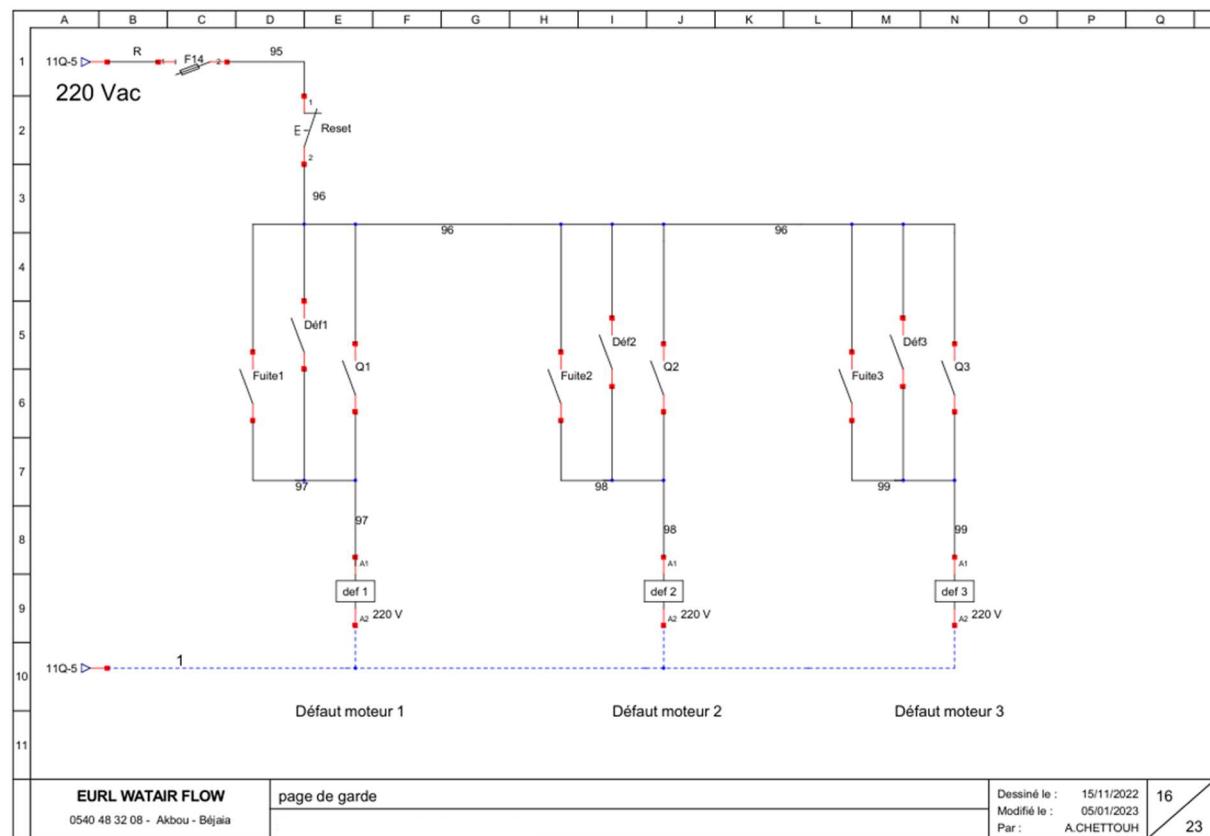
- Déclencher une alarme lumineuse ou sonore.
- Couper la commande moteur en cas de défaut grave.
- Remonter l'information à l'automate programmable.

### III.3.13.3 Indications locales

Des voyants de défaut (Fuite1, Fuite2, Fuite3) sont câblés pour donner une indication immédiate de la détection d'humidité, afin de permettre une intervention rapide de maintenance avant dommage.

### III.3.14 Schéma de détection de défauts moteurs

La figure ci-dessus représente un schéma électrique de commande basse tension (220 V AC) pour la détection de défauts sur trois moteurs dans une station de relevage. Ce schéma est conçu pour signaler un dysfonctionnement individuel sur chaque moteur (moteur 1, moteur 2, moteur 3) via une chaîne de relais et de contacts.

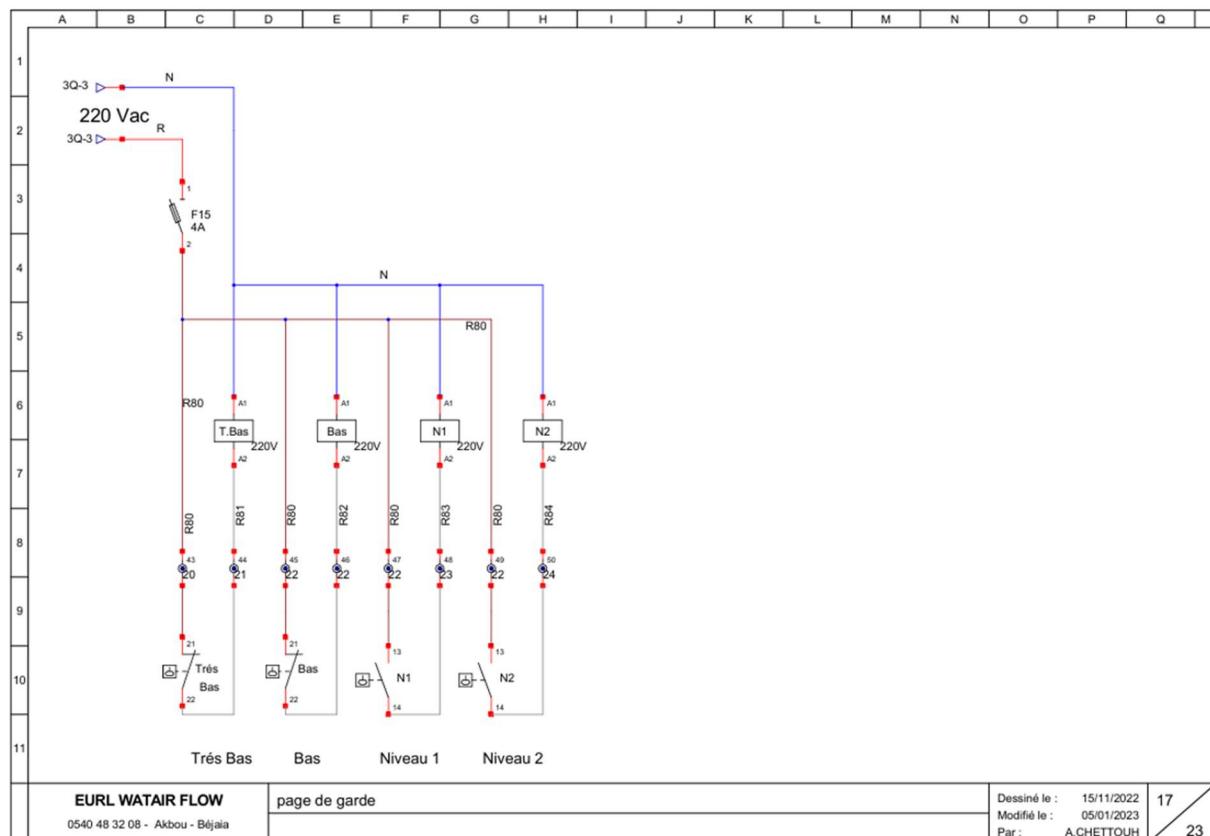


**Figure (III.21) :** Schéma de détection de défauts moteurs pour une station de relevage 3x7.5 kw – Commande automatique.

Chaque branche du circuit comporte un relais thermique (Q1, Q2, Q3) associé à un bouton poussoir de réarmement (Reset), un relais de défaut (Déf1, Déf2, Déf3), ainsi que des voyants lumineux (Fus1, Fus2, Fus3) indiquant la présence de défaut. Le contact auxiliaire du relais thermique permet d'ouvrir le circuit de commande en cas de surcharge ou de court-circuit, déclenchant ainsi le signal de défaut. Ce type de montage est courant dans les systèmes d'automatisme industriels afin d'assurer une surveillance continue des équipements électromécaniques et de garantir une intervention rapide en cas de panne. La conception modulaire permet un repérage clair des défauts et un réarmement individuel après intervention.

### III.3.15 Schéma de commande des niveaux d'eau

Cette figure illustre un schéma de commande électrique en 220 V AC destiné à surveiller et contrôler les niveaux d'eau dans une station de relevage.

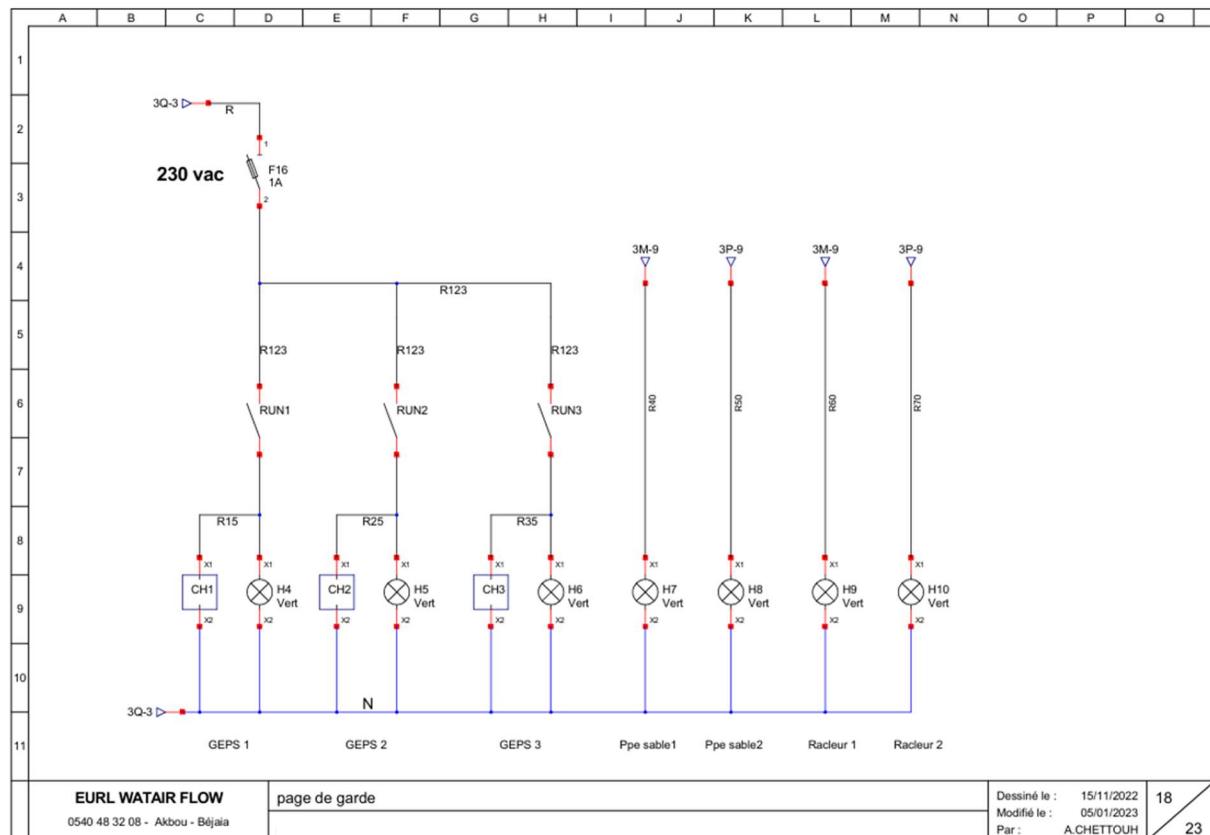


**Figure (III.22) :** Schéma de commande des niveaux d'eau dans une station de relevage 3×7.5 kw.

Le circuit est structuré autour de quatre points de mesure de niveau : Très Bas, Bas, Niveau 1, et Niveau 2, correspondant chacun à une étape critique de remplissage ou de vidange de la station. Chaque niveau est associé à un relais de contrôle (TB, B, N1, N2) commandé par des capteurs ou flotteurs de niveau. Ces relais pilotent des voyants lumineux signalant l'état de la cuve et permettent l'automatisation des démaragements ou arrêts des pompes en fonction de la hauteur d'eau détectée. Les relais R80 et R81 distribuent l'alimentation vers les différentes lignes de commande, garantissant une distribution stable de la tension de commande (220 V AC) à chaque point de mesure. Le montage permet une surveillance en temps réel de la cuve, optimisant ainsi la gestion automatique du cycle de pompage. Ce type de commande est essentiel pour éviter le fonctionnement à sec des pompes (protection Très Bas), prévenir les débordements (détection Niveau 2), et garantir un cycle de pompage fluide et efficace.

### III.3.16 Schéma de signalisation lumineuse des équipements

Ce schéma représente un circuit de signalisation lumineuse en 230 V AC, utilisé pour visualiser l'état de fonctionnement de divers équipements électromécaniques dans une station de relevage. Il s'agit ici d'un système de retour d'état par voyants lumineux, installé dans l'armoire électrique ou sur un pupitre de supervision.



**Figure (III.23) :** Schéma de signalisation lumineuse des équipements d'une station de relevage – 3×7.5 kw.

Chaque voyant (de type CH1, CH2, CH3, etc.) est relié à un contact de relais de fonctionnement (RUN1, RUN2, RUN3) ou directement à une ligne de puissance, permettant ainsi d'indiquer visuellement :

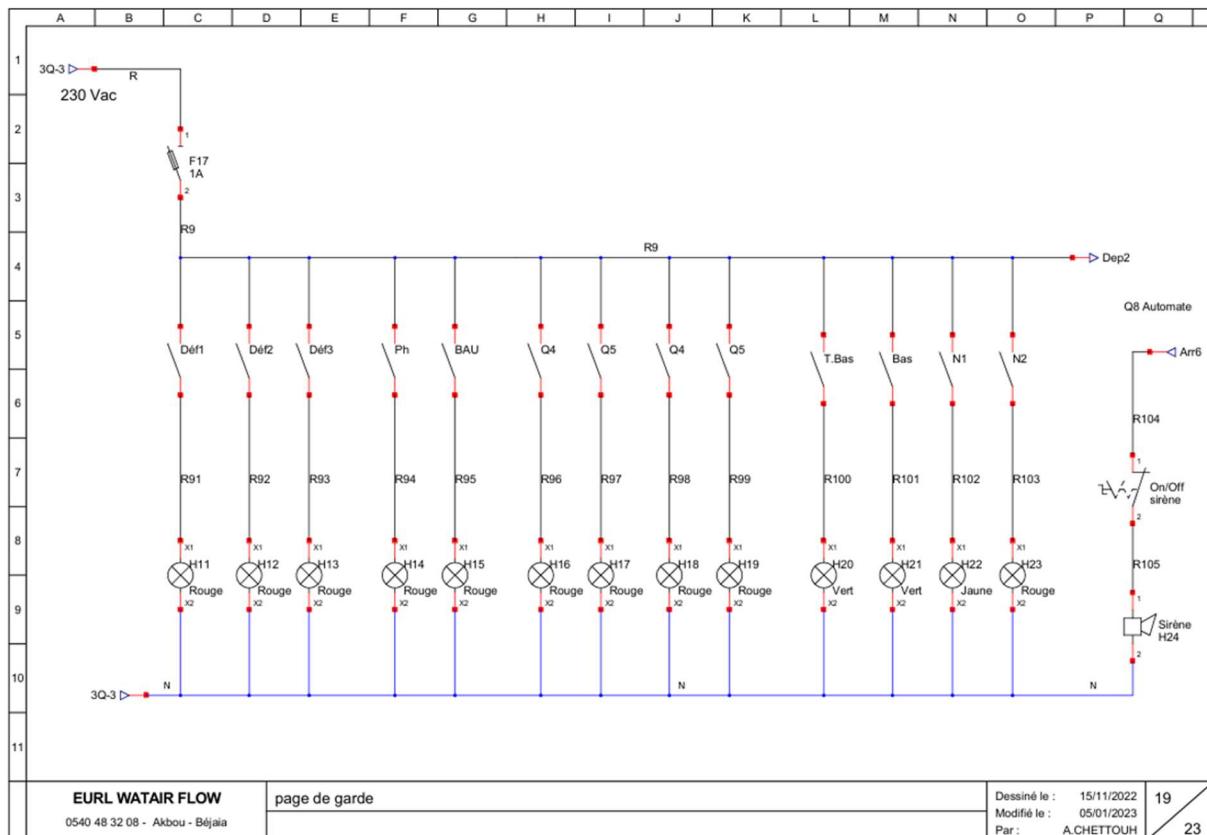
- Le fonctionnement des groupes électropompes GEPS 1, 2 et 3.
- L'état des vannes sur les tuyaux sablés 1 et 2.
- Le fonctionnement des réducteurs 1 et 2.

Tous les voyants sont câblés avec un neutre commun et protégés par un disjoncteur (F16 – 1A), assurant la sécurité du circuit de signalisation. Les relais R123 distribuent la commande vers les témoins lumineux.

Ce type de dispositif est fondamental pour le contrôle visuel rapide et la maintenance préventive, car il permet aux opérateurs de détecter immédiatement les anomalies ou les arrêts inattendus des équipements sans ouvrir l'armoire de commande.

### III.3.17 Schéma de signalisation d'alarme et de surveillance

Ce schéma représente le circuit de signalisation d'alarme et de surveillance visuelle pour une station de relevage automatisée. Alimenté en 230 V AC, le système regroupe l'ensemble des voyants lumineux et signaux sonores permettant d'informer en temps réel les opérateurs des états de fonctionnement ou des anomalies.



**Figure (III.24) :** Schéma de signalisation d'alarme et de surveillance – Station de relevage 3×7.5 kw.

Les voyants lumineux (rouges, verts et jaunes) sont associés à différents éléments et états du système :

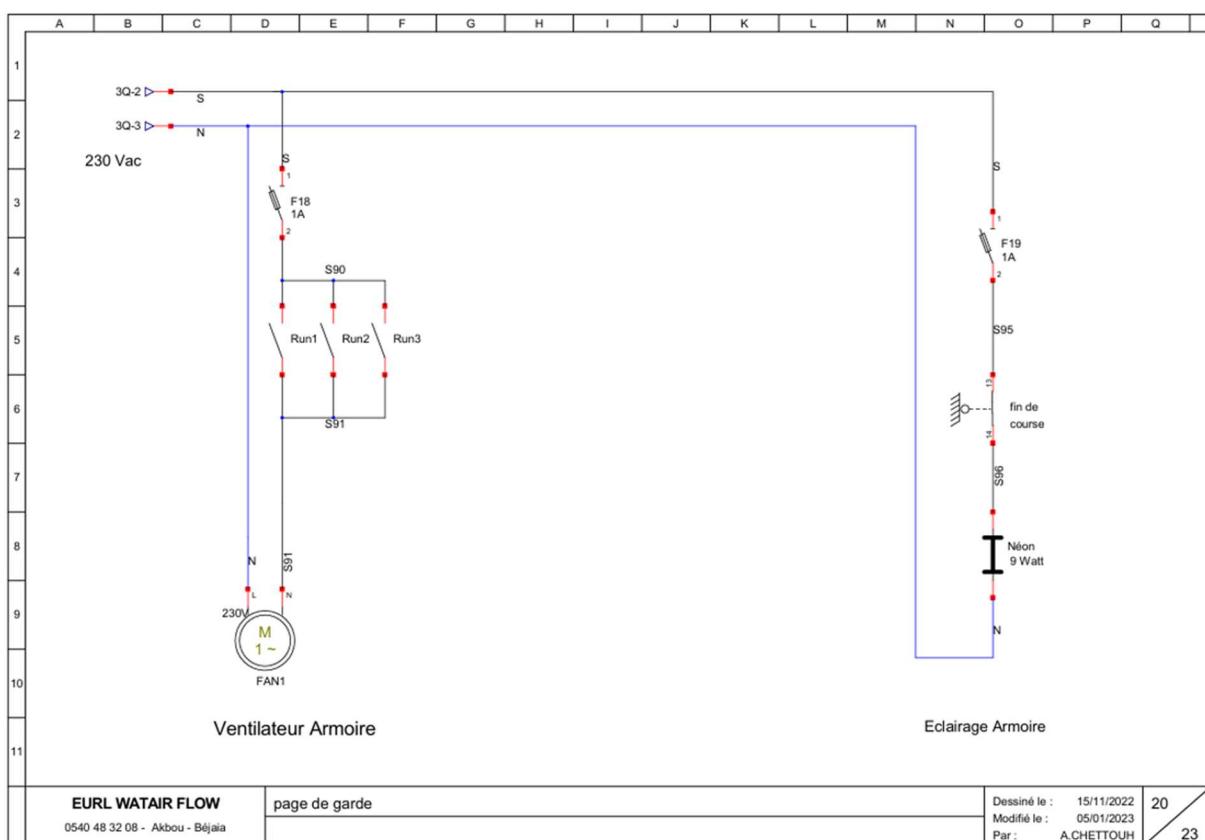
- Défauts moteurs (Déf1, Déf2, Déf3) : indiqués par des voyants rouges (VQ13, VQ14, VQ15).
- Présence tension générale (Ph) et arrêt d'urgence (BAU) : signalés par les voyants VQ16 et VQ17.
- Ordres moteurs (Q4, Q5, Q6) : activés via R07 à R09.
- États de niveau d'eau (Très Bas, Bas, Niveau 1, Niveau 2) : signalés par des voyants verts (VQ18 à VQ21).
- Défaut général ou alarme sonore : associé à une sirène (Sirène 24V) commandée par R105.

Le circuit est protégé par un disjoncteur (F17 – 1 A) et intègre également une commande de sirène manuelle/automatique via un interrupteur à trois positions (Auto/Off/On – R104).

L'ensemble de ces éléments est essentiel pour assurer une supervision locale fiable, en complément du pilotage automatique via un automate programmable (mentionné "Q8 Automate" dans le schéma). Cela permet aux techniciens de maintenance et aux opérateurs de réagir rapidement en cas de dysfonctionnement ou de niveau d'eau critique.

### III.3.18 Schéma de commande du ventilateur et de l'éclairage de l'armoire électrique

Ce schéma représente le circuit de commande du ventilateur et de l'éclairage interne de l'armoire électrique d'une station de relevage. Alimenté en 230 V AC, le dispositif est conçu pour améliorer les conditions thermiques et visuelles à l'intérieur de l'armoire de commande.



**Figure (III.25) :** Schéma de commande du ventilateur et de l'éclairage de l'armoire électrique – Station de relevage.

#### III.3.18.1 Partie gauche – Ventilation de l'armoire

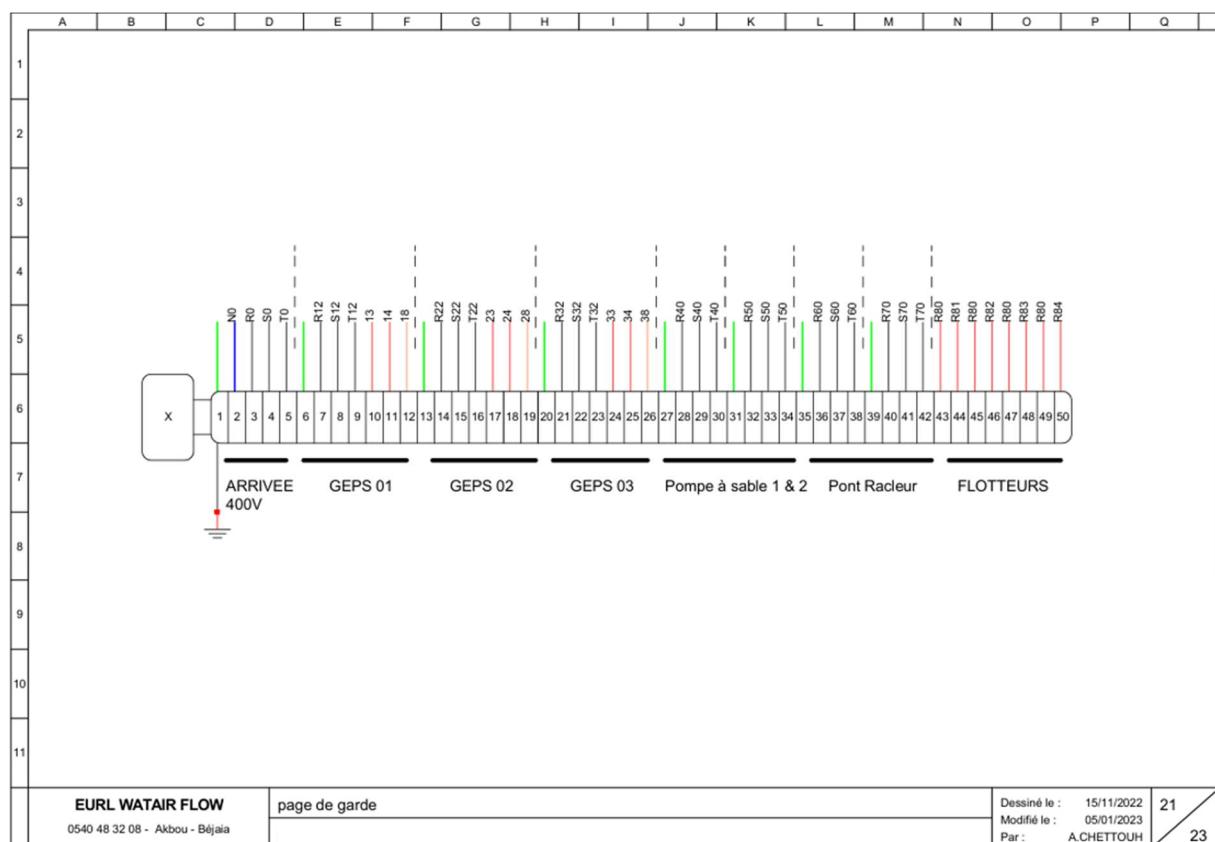
Un ventilateur (FAN1) est activé automatiquement lorsque l'un des trois moteurs (Run1, Run2, Run3) est en fonctionnement. Les contacts S90 et S91 agissent comme relais ou capteurs de fonctionnement pour déclencher la ventilation. Le circuit est protégé par un disjoncteur (F18 – 1 A) pour sécuriser la ligne. Cette disposition permet de refroidir l'armoire électrique uniquement en cas de fonctionnement effectif des moteurs, optimisant ainsi la consommation énergétique et prolongeant la durée de vie des composants.

### III.3.18.2 Partie droite – Éclairage de l'armoire

L'éclairage est assuré par un néon de 9 W, qui s'allume à l'ouverture de la porte de l'armoire, grâce à une fin de course (interrupteur mécanique). Le circuit est protégé par un disjoncteur dédié (F19 – 1 A) et actionné via l'interrupteur S95. Ce dispositif améliore la visibilité lors des interventions de maintenance ou de réglage, garantissant ainsi sécurité et efficacité pour les opérateurs.

### III.3.19 Schéma de répartition des départs en armoire

Ce schéma présente la répartition des départs électriques en armoire pour une station de relevage alimentée en 400 V triphasé.



**Figure (III.26) : Schéma de répartition des départs en armoire – Station de relevage 400.**

Il s'agit d'une vue d'ensemble des bornes de distribution qui assurent l'alimentation et la protection de différents sous-systèmes électromécaniques. Les départs sont clairement identifiés et affectés à plusieurs éléments de la station :

- GEPS 01, 02, 03 : Groupes électropompes principaux, chacun disposant de lignes distinctes pour les phases (R, S, T) ainsi que pour la terre.
- Pompes à sable 1 & 2 : Utilisées pour le traitement ou l'évacuation des solides, avec un câblage dédié.

- Pont racleur : Équipement mobile souvent utilisé pour collecter les boues ou matières lourdes, nécessitant également une alimentation triphasée.
- Flotteurs : Capteurs de niveau à contact sec, jouant un rôle central dans la commande automatique du système.

Le repérage par couleurs (rouge, vert, bleu) correspond vraisemblablement aux phases L1, L2, L3. Le neutre et la terre sont également identifiés, ce qui est essentiel pour la sécurité et la conformité aux normes électriques. Cette disposition normalisée facilite le diagnostic, l'entretien et le câblage, tout en assurant une séparation claire des circuits de puissance et de commande. Elle représente une composante indispensable dans l'organisation physique et fonctionnelle d'une armoire de commande industrielle.

### III.3.20 Le cahier de charge et le bilan énergétique

Nous avons une étape que nous souhaitons automatiser en suivant les instructions proposées dans ce cahier. Le système se divise en trois parties principales : les pompes de relevage, les pompes à sable et le pont racleur.

Le système de relevage des eaux usées fonctionne à l'aide de trois pompes disposées en permutation, dans un objectif de redondance. Ce système permet le fonctionnement simultané de deux pompes. Une seule pompe démarre lorsque le niveau 1 est atteint, tandis que deux pompes se mettent en marche lorsque le niveau 2 est atteint, avec un délai de 5 secondes (T3) entre les deux démaragements. L'arrêt des pompes se fait automatiquement dès que les niveaux bas ou très bas sont atteints.

Le système de pompage du sable assure la séparation des eaux et du sable. Ces pompes fonctionnent automatiquement deux fois par jour (toutes les 24 heures). La pompe PS1 démarre automatiquement pendant une durée de 5 minutes (T4), puis la pompe PS2 se met en marche après un délai de 5 secondes (T5) suivant le démarrage de PS1.

Le système du pont racleur, quant à lui, est destiné à l'élimination des boues actives. Le pont racleur PR1 est activé à l'aide d'un commutateur (H24), après le cycle des pompes à sable. Ensuite, PR2 démarre 5 secondes plus tard (T6).

Un système d'alarme sonore, par sirène (buzzer), est intégré pour signaler les anomalies. En cas d'arrêt d'urgence au niveau 2, la sirène s'active avec un reset automatique. En revanche, en cas de défaut de fonctionnement de l'un des équipements suivants : les pompes de relevage (P1, P2, P3), les pompes à sable (PS1, PS2) ou les ponts racleurs (PR1, PR2), une sirène permanente se déclenche avec un reset manuel requis.

Enfin, le système surveille plusieurs niveaux d'eau : très bas, bas, niveau 1 et niveau 2. Une temporisation de 10 secondes (T1) est appliquée pour la validation du niveau 1, et une autre de 10 secondes (T2) pour celle du niveau 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
	<b>Bilan énergétique</b>																
2		<b>- Pompe de relevage eaux usées</b>															
3		GEPS P2 = 7.5 kW - In = 13.75 A															
4		Puissance nominale de fonctionnement en 2/3 => Pn = 7.5*2 = 15 kW															
5		Courant nominale de fonctionnement en 2/3 => In = 13.75 *2 = 27.5 A															
6		<b>- Pompe à sable</b>															
7		GEPS P2 = 0.55 kW - In = 1.6 A															
8		Puissance nominale de fonctionnement en 2/2 => Pn = 0.55 x2 = 1.1 kW															
9		Courant nominale de fonctionnement en 2/2 => In = 3.2 A															
10		<b>- Pont Racleur</b>															
11		GEPS P2 = 1.1 kW - In = 2.6 A															
		Puissance nominale de fonctionnement en 2/2 => Pn = 1.1 x2 = 2.2 kW															
		Courant nominale de fonctionnement en 2/2 => In = 5.2 A															
		<b>- commande</b>															
		Relais, automate, HMI, ventilo, éclairage, voyants ...															
		Puissance approximative : 0.25 kW - 1.5 A															
		<b>Puissance nominale totale = 15 + 1.1 + 2.2 + 0.25 = 18.55 kW / 37.4 A</b>															
	EURL WATAIR FLOW 0540 48 32 08 - Akbou - Bejaia	Page de garde															
		Client : Amroun Mémoire : 09/11/2023 Par : A. CHETTOUH															
		23															
		23															

Figure (III.27) : Bilan énergétique global de la station de relevage 3×7.5 kw.

### III.4 Conclusion

Le câblage électrique représente une composante centrale. Il assure l'interface entre les différents organes de puissance, de commande, de protection et de supervision, constituant ainsi la base technique de l'automatisation du processus. À travers ce chapitre, nous avons étudié en détail l'ensemble des schémas électriques liés à la station : alimentation, démarreurs progressifs, relais de protection, automate programmable, interface homme-machine (HMI) et capteurs de niveau et d'humidité. Cette documentation technique permet de mieux comprendre comment chaque sous-système est intégré et comment les signaux sont transmis pour garantir un fonctionnement fluide, sécurisé et optimisé de l'ensemble. Ce câblage structuré, normé et bien documenté permet non seulement une commande automatique fiable, mais aussi une maintenance simplifiée, une protection renforcée des équipements, et une meilleure gestion de l'énergie. Il reflète les exigences modernes en matière de gestion des eaux usées, notamment en combinant des solutions technologiques (automates, HMI) et électromécaniques (GEPS, démarreurs, protections). En définitive, le câblage électrique constitue l'ossature technique de notre projet de station de relevage. Il traduit concrètement la mise en œuvre du thème de notre mémoire en assurant l'interconnexion cohérente entre les fonctions essentielles de surveillance, de commande et de sécurité.

## **Chapitre IV : Programmation et simulation de la station de traitement**

## IV.1 Introduction

Dans le cadre de notre projet, nous avons développé un programme automate destiné à la gestion automatisée d'une station de traitement des eaux usées. Ce programme prend en charge les différentes étapes du processus de traitement, depuis l'arrivée des eaux usées jusqu'à leur rejet ou réutilisation, tout en respectant les normes environnementales en vigueur. Et nous avons également intégré une interface HMI (Interface Homme-Machine) afin de permettre une supervision simple et efficace de l'ensemble du système. Cette interface permet aux opérateurs de visualiser en temps réel l'état de la station, de surveiller les données de fonctionnement, et d'intervenir rapidement en cas de besoin. Elle facilite aussi le diagnostic des alarmes et la maintenance. Grâce à cette solution automatisée et interactive, nous avons cherché à améliorer la fiabilité du traitement, à réduire les erreurs humaines et à optimiser le fonctionnement global de la station.

## IV.2 L'automatisme

### IV.2.1 La définition de l'automatisme

L'automatisme est un domaine technique qui regroupe l'ensemble des méthodes et des dispositifs permettant à un système ou une machine d'exécuter automatiquement une suite d'opérations, sans intervention humaine, dès que certaines conditions sont remplies. Ces opérations sont généralement programmées à l'avance dans un dispositif de commande, tel qu'un automate programmable industriel (API) [27].

### IV.2.2 L'objectif

L'objectif de l'automatisme est d'assurer la répétabilité, la fiabilité et la rapidité des tâches dans les procédés industriels ou techniques [27].

### IV.2.3 Adressage

**Tableau (IV.1) : Entrées numériques**

Adresse	Symbole
%10.0	AUTO
%10.1	BAS_ET_TRÈS_BAS
%10.2	N1
%10.3	N2
%10.4	DEF_P1
%10.5	DEF_P2
%10.6	DEF_P3
%10.7	RUN1
%10.8	RUN2
%10.9	RUN3
%10.10	AUTO_PS
%10.11	AUTO_RACLEUR
%10.12	KM4
%10.13	KM5

Tableau (IV.2) : sorties numériques

Adresse	Symbole
%Q0.0	MARCHE_P1
%Q0.1	MARCHE_P2
%Q0.2	MARCHE_P3
%Q0.3	BUZZER
%Q0.4	PS1
%Q0.5	PS2
%Q0.6	CLASSIFICATEUR
%Q0.7	RACLEUR_1
%Q0.8	RACLEUR_2

### IV.3 La programmation du programme



Figure (IV.1) : Réseau LADDER de gestion des alarmes de niveau bas et très bas avec temporisation (TON).

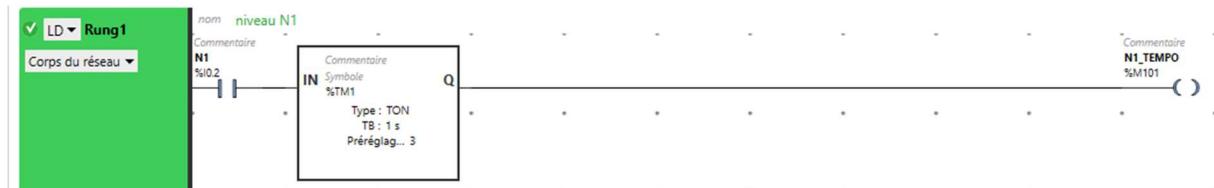


Figure (IV.2) : Réseau LADDER de détection du niveau N1 avec temporisation (TON).

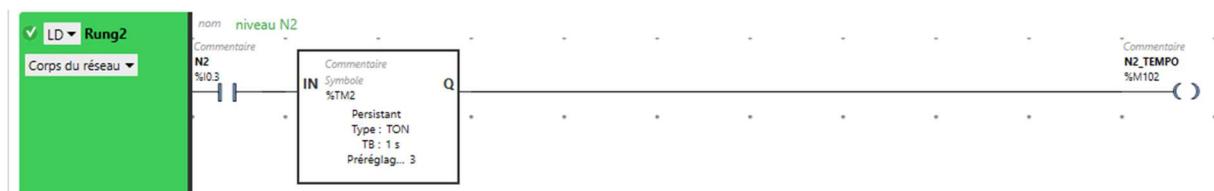


Figure (IV.3) : Réseau LADDER de détection du niveau N2 avec temporisation (TON).



Figure (IV.4) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P1 avec temporisation (TON).



Figure (IV.5) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P2 avec temporisation (TON).

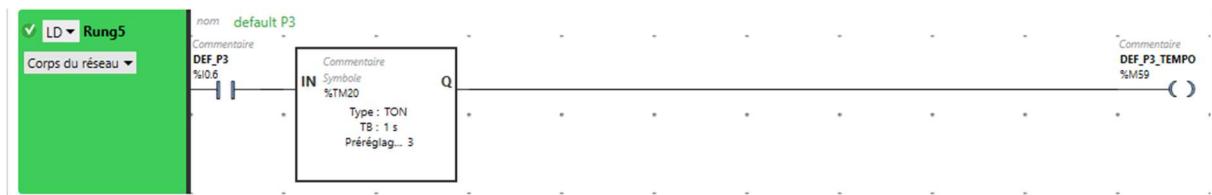


Figure (IV.6) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe P3 avec temporisation (TON).



Figure (IV.7) : Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P1.



Figure (IV.8) : Réseau LADDER de détection du défaut de marche de la pompe P2.

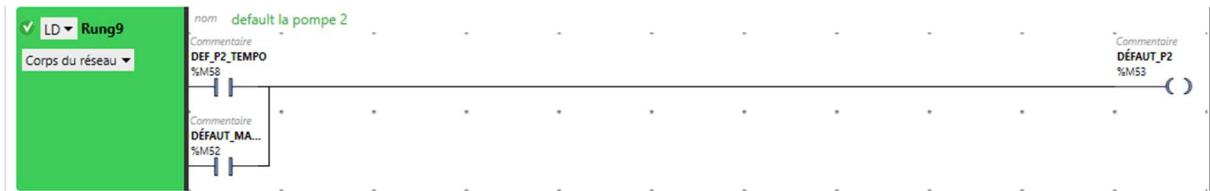


Figure (IV.9) : Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P2.



Figure (IV.10) : Réseau LADDER de détection du défaut de marche de la pompe P3.



Figure (IV.11) : Réseau LADDER de validation du défaut de la pompe P3.



Figure (IV.12) : Réseau LADDER de commande d'arrêt des pompes.



Figure (IV.13) : Réseau LADDER de mise en marche de deux pompes (fonction SET).



Figure (IV.14) : Réseau LADDER d'arrêt des deux pompes (fonction RESET).



Figure (IV.15) : Réseau LADDER de mise en marche d'une seule pompe (fonction SET).



Figure (IV.16) : Réseau LADDER d'arrêt d'une seule pompe (fonction RESET).

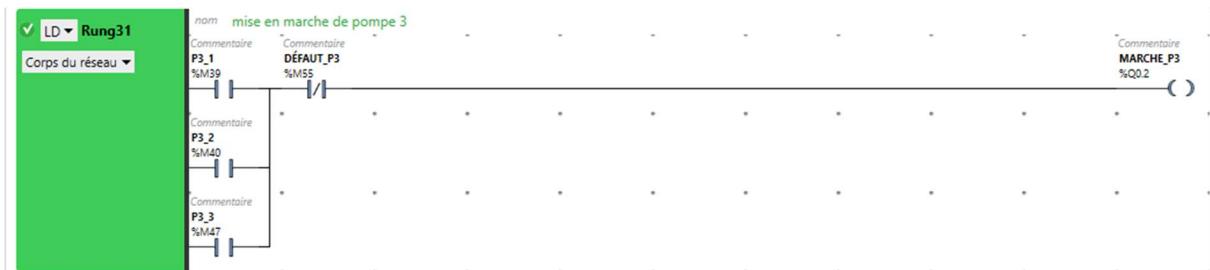


Figure (IV.17) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P3.

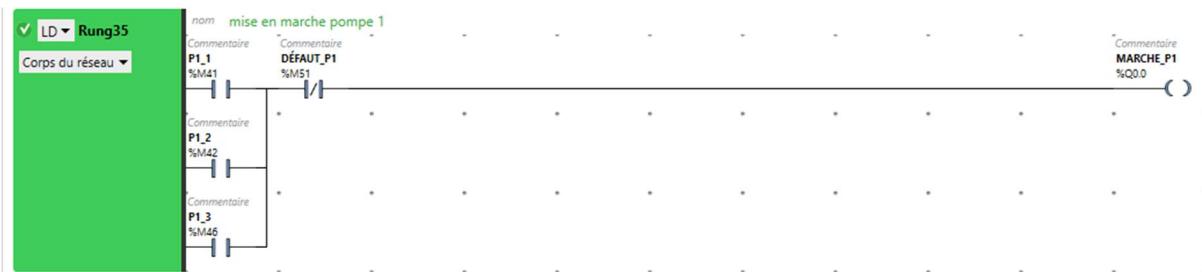


Figure (IV.18) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P1.

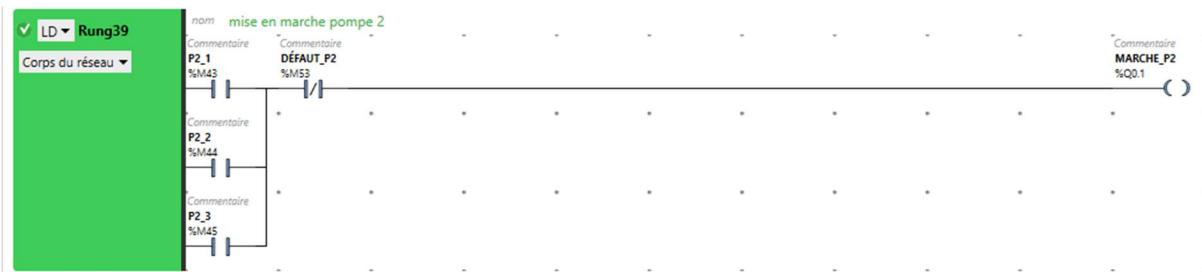


Figure (IV.19) : Réseau LADDER de mise en marche de la pompe P2.



Figure (IV.20) : Réseau LADDER de détection de défaut de niveau N1 et N2.

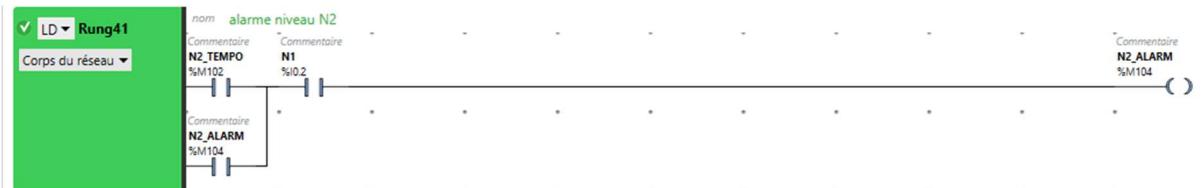


Figure (IV.21) : Réseau LADDER de déclenchement de l'alarme pour le niveau N2.

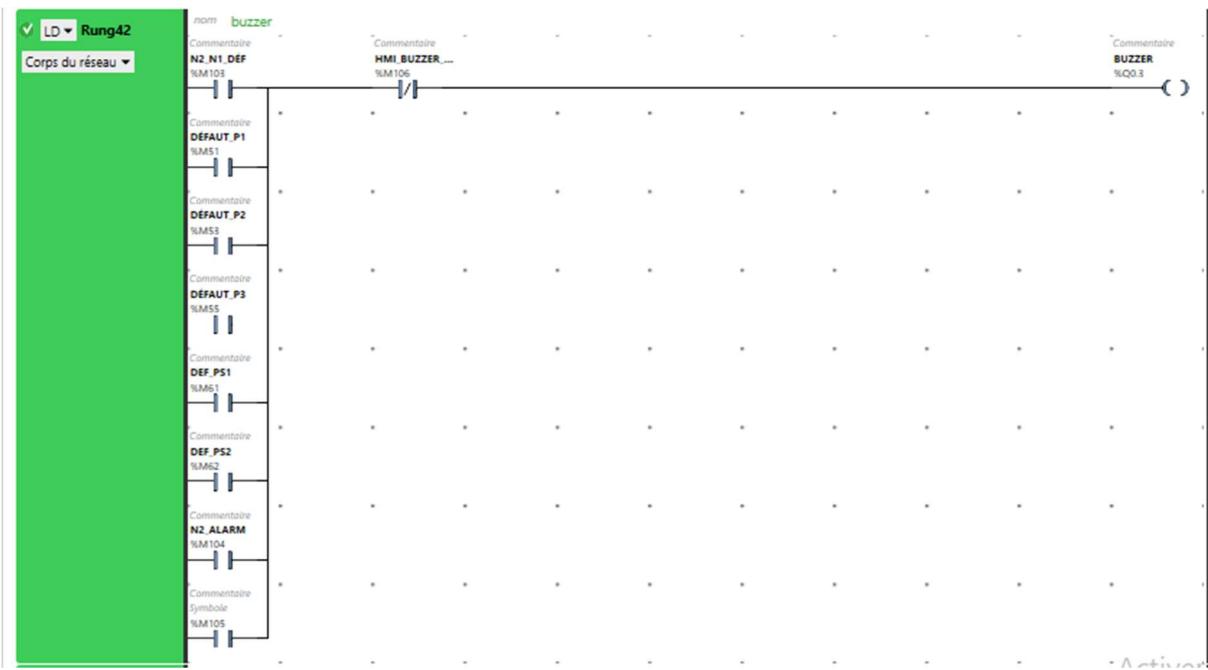


Figure (IV.22) : Réseau LADDER de gestion du buzzer d'alarme.



Figure (IV.23) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe à sable 1.

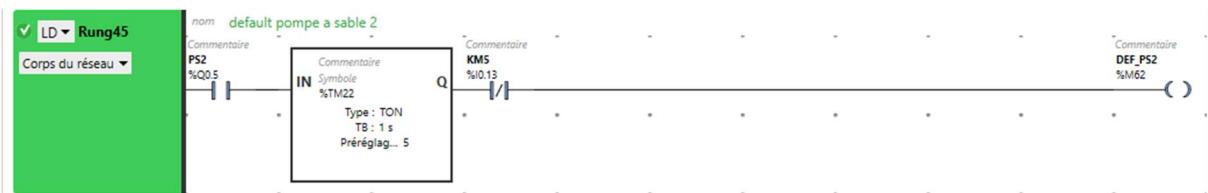


Figure (IV.24) : Réseau LADDER de détection de défaut de la pompe à sable 2.



Figure (IV.25) : Réseau LADDER de commande automatique de la pompe à sable 1.

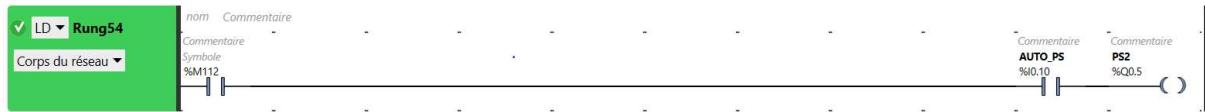


Figure (IV.26) : Réseau LADDER de commande automatique de la pompe à sable 2.



Figure (IV.27) : Réseau LADDER de commande automatique du racleur 1.



Figure (IV.28) : Réseau LADDER de commande automatique du racleur 2.

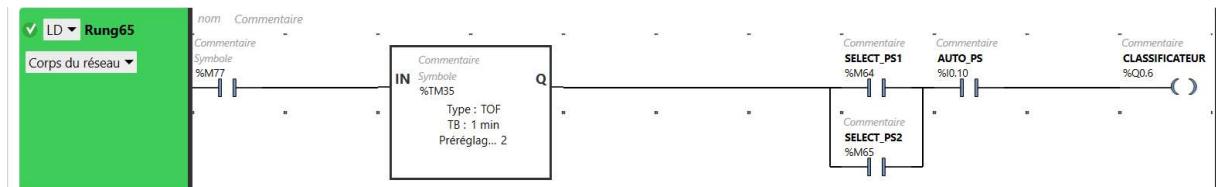


Figure (IV.29) : Réseau LADDER de commande automatique du classificateur.

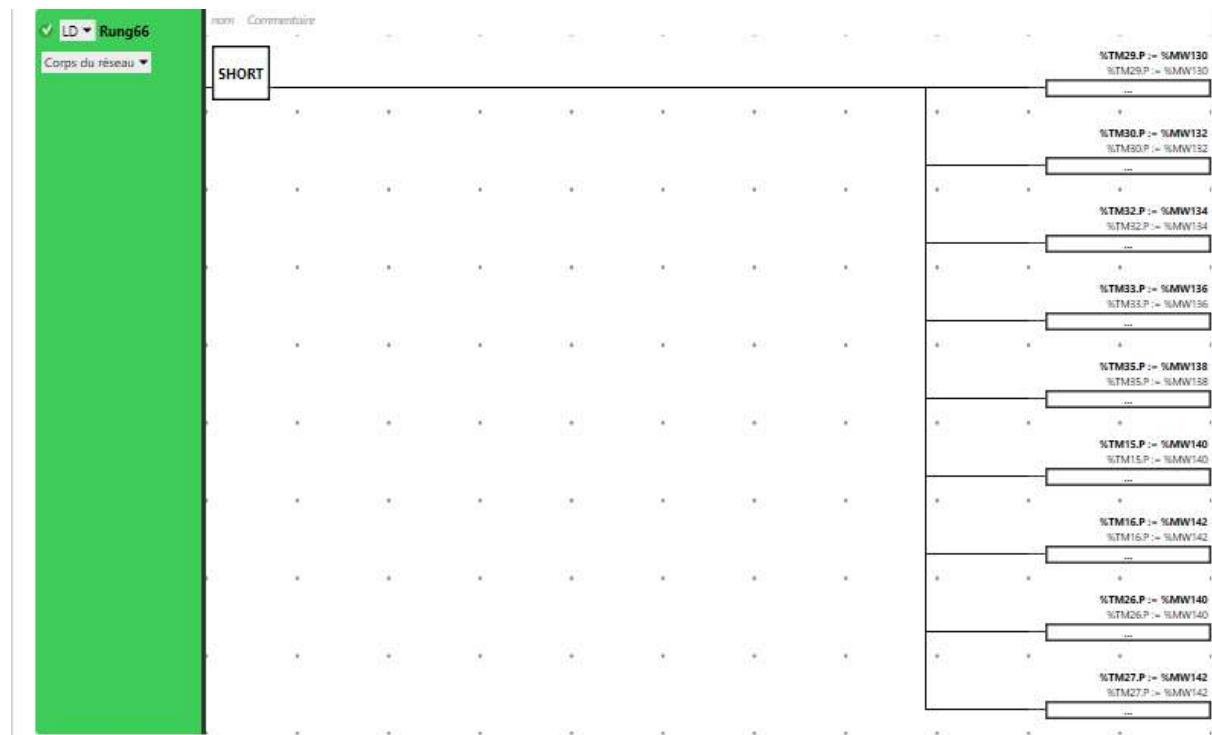


Figure (IV.30) : Réseau LADDER connexion automate et interface homme machine.

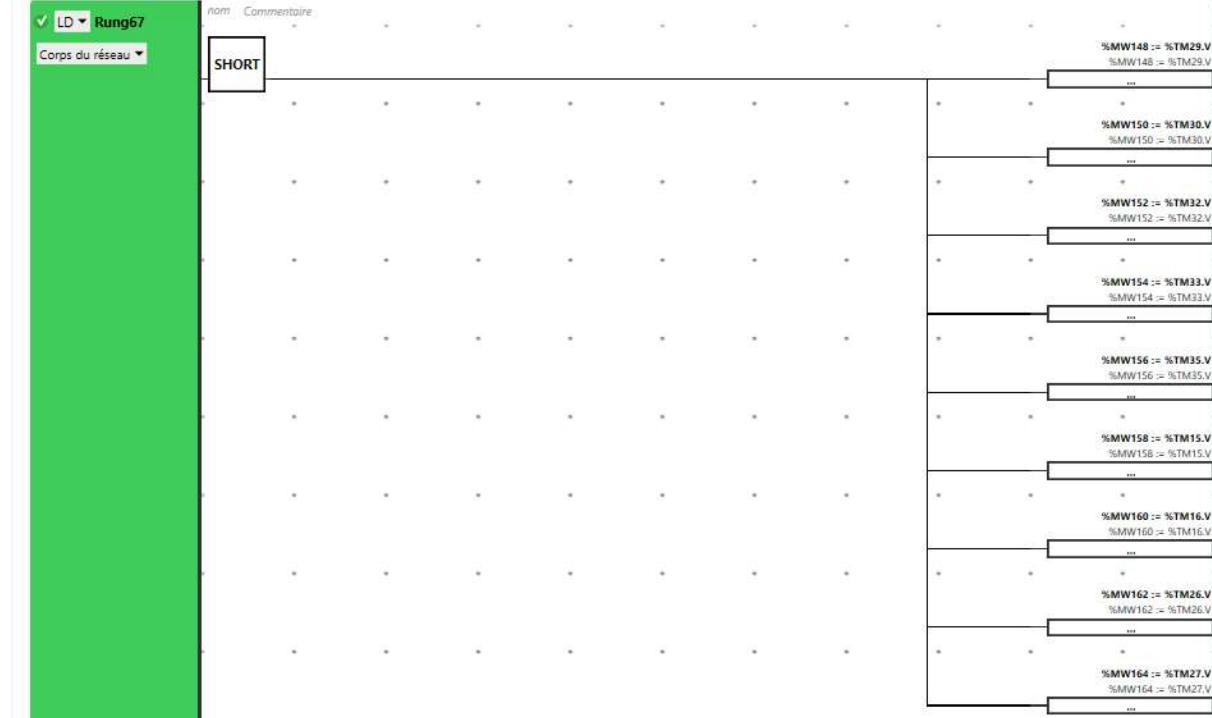


Figure (IV.31) : Réseau LADDER connexion automate et interface homme machine.

#### IV.4 Interface homme machine

Une Interface Homme-Machine (IHM) est une interface utilisateur permettant de connecter une personne à une machine, à un système ou à un appareil. Ce terme définit globalement n'importe quel dispositif permettant à un utilisateur d'interagir avec un appareil en milieu industriel.

L'interfaçage fait appel aux 3 principales fonctions d'interactions humaines :

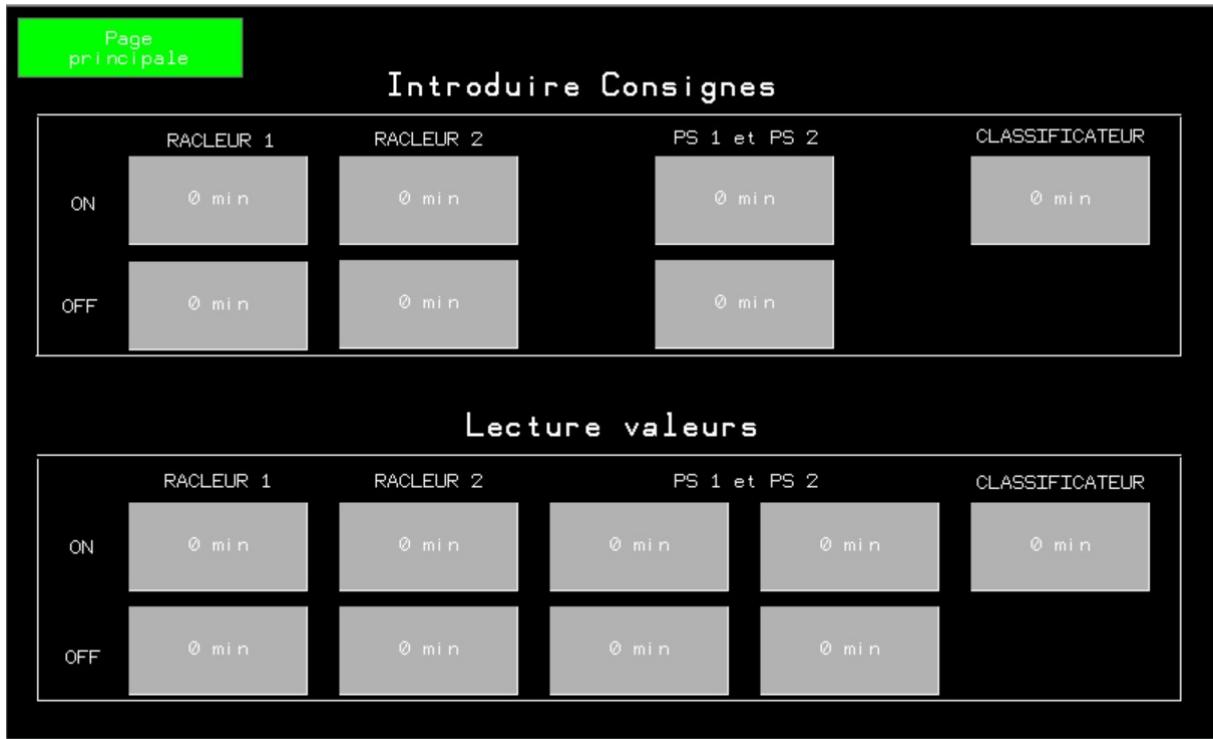
- Le toucher (commande par boutons, écrans tactiles, claviers, pavés numériques).
- Le regard (surveillance et contrôle sur écran, supervision de colonnes lumineuses).
- L'écoute (alarmes sonores, bips) [28].

Les appareils HMI en milieu industriel permettent de surveiller (et / ou) de contrôler les équipements auxquels ils sont reliés à travers un automate (programmable ou non). Les fonctions sont :

- Réglages, Contrôle commande, Stockage d'historiques.
- Passerelle intelligente.
- Surveillance et supervision [28].



**Figure (IV.32) :** IHM d'une station d'épuration OULED ADDI GUEBALA.



**Figure (IV.33) :** IHM d'une page de paramétrage des consignes et lecture des temps de fonctionnement.

## IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons décrit le programme automate que nous avons élaboré à l'aide du logiciel EcoStruxure Machine Expert, dans le but d'automatiser les différentes fonctions de la station de traitement des eaux usées. À travers une programmation en langage LADDER, nous avons mis en œuvre la gestion des niveaux d'eau, le fonctionnement des pompes, la détection des défauts, ainsi que le déclenchement des alertes. Nous avons également développé une interface Homme-Machine (IHM) claire et fonctionnelle, facilitant l'interaction avec le système. Cette IHM permet de visualiser l'état des équipements en temps réel, d'accéder aux commandes manuelles, et de suivre les alertes de manière efficace. L'utilisation d'EcoStruxure Machine Expert nous a permis de structurer notre travail de manière professionnelle, tout en renforçant nos compétences en automatisme industriel et en supervision. Ce projet représente une étape importante dans la mise en œuvre d'une solution fiable et intuitive au service du traitement des eaux usées.

## **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion général

---

Au terme de ce projet de fin d'études, nous avons pu mener à bien une réalisation technique concrète et formatrice dans le domaine de l'automatisation industrielle, appliquée à un enjeu environnemental majeur : le traitement des eaux usées. Cette expérience nous a permis de mobiliser et de renforcer nos connaissances dans plusieurs disciplines techniques, tout en prenant conscience de l'importance d'une démarche structurée et rigoureuse.

Nous avons commencé par nous familiariser avec le fonctionnement global d'une station de traitement des eaux usées, ses différentes étapes, ses objectifs et ses contraintes. Puis, à travers une démarche progressive, nous avons conçu un système automatisé basé sur un câblage électrique conforme aux standards, un programme automate structuré et une interface Homme-Machine claire et intuitive. Cette solution permet non seulement de garantir la continuité du fonctionnement du processus, mais aussi d'optimiser la surveillance, la détection des défauts et l'intervention humaine.

L'utilisation du logiciel EcoStruxure Machine Expert nous a offert un environnement de développement professionnel et complet, nous donnant l'opportunité de réaliser un programme en langage LADDER robuste et fiable, adapté aux exigences du terrain. De plus, l'intégration d'une IHM a représenté un atout considérable en matière de supervision, d'ergonomie et de sécurité.

Ce projet a constitué un véritable exercice de synthèse de nos compétences techniques, mais également de nos capacités à analyser une problématique réelle, à travailler de manière autonome et à collaborer efficacement. Nous en tirons une expérience riche, qui nous prépare activement à notre future insertion dans le monde professionnel.

En conclusion, cette réalisation marque l'aboutissement d'un parcours d'apprentissage, mais également le point de départ d'une carrière que nous espérons poursuivre dans le domaine de l'automatisme et du contrôle des procédés industriel

## RéFERENCE

- [1] Université de Biskra. Les eaux usées [PDF]. Disponible sur : [http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201 LES%20EAUX%20USEES\\_.pdf](http://thesis.univ-biskra.dz/891/3/Chap%201 LES%20EAUX%20USEES_.pdf)
- [2] Zeghoud, M. S. (2014). Étude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel du village de Méghibra. Mémoire de Master en Hydraulique, Université d'El Oued, p. 16.
- [3] 1H2O3. Caractéristiques des eaux usées. Disponible sur : <https://www.1h2o3.com/apprendre/parametres-eaux-usees/caracteristiques-eaux-usees/> (Consulté en juin 2025).
- [4] Actu-Environnement. Définition : station d'épuration des eaux usées (STEP). Disponible sur [https://www.actuenvironment.com/ae/dictionnaire\\_environnement/definition/station\\_d\\_epuration\\_des\\_eaux\\_usees\\_step.php4](https://www.actuenvironment.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/station_d_epuration_des_eaux_usees_step.php4) (Consulté en juin 2025).
- [5] Revue EIN. Illustration de processus de traitement des eaux usées. Disponible sur : <https://www.revueein.com/media/redaction/e5d74dfc3102efc25d5acda44d179ff067e4312ab83fa.jpg> (Consulté en juin 2025).
- [6] Air Liquide. À quoi sert le traitement des eaux usées ? Disponible sur : <https://fr.airliquide.com/solutions/traitemet-des-eaux/quoi-sert-le-traitemet-des-eaux-usees> (Consulté en juin 2025).
- [7] 1H2O3. Traitement des eaux usées municipales et industrielles. Disponible sur : <https://www.1h2o3.com/apprendre/traitemet-biologique/application-traitemet-biologique/traitemet-eaux-usees-municipales-industrielles/> (Consulté en juin 2025).
- [8] Mita Water Technologies. Les traitements mécaniques des eaux usées. Disponible sur : <https://www.mitawatertechnologies.com/fr/technologies/traitements-mecaniques> (Consulté en juin 2025).
- [9] Condorchem Envitech. Le traitement biologique des eaux usées. Disponible sur : <https://condorchem.com/fr/blog/traitemet-biologique-des-eaux-usees/> (Consulté en juin 2025).
- [10] Google LLC, Station de traitement des eaux usées – Ouled Addi Guebala (M'sila, Algérie), Google Maps, <https://maps.app.goo.gl/RLxfVVZBbUdSYDfW7> (consulté le 8 juin 2025)
- [11] Zenit. Le monde vu de Rome – Agence d'information internationale sur l'Église catholique. Disponible sur : <https://www.zenit.com> (Consulté en juin 2025).
- [12] EMO France. Solutions et équipements pour le traitement des eaux usées. Disponible sur : <https://www.emo-france.com/> (Consulté en juin 2025).
- [13] ASTEE. Normes de conception et applications pour les stations d'épuration : recommandations techniques et guides STEP. Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (France).

- [14] Google Images. Illustration d'un procédé de traitement des eaux usées [image]. Disponible sur : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRiC8AgybvuuJW1-qz3jolYrW6QqLyEuSSXEQ&s> (Consulté en juin 2025).
- [15] International Organization for Standardization (ISO). ISO 1217:2011 - Displacement compressors, including compressors for air and other gases — Acceptance tests. Geneva: ISO; 2011 (Consulté en juin 2025).
- [16] ISO 21939-1:2020 – Aérateurs utilisés pour le traitement des eaux usées — Partie 1 : Aérateurs à air diffusé. Organisation internationale de normalisation (ISO), 2020. [En ligne] : <https://www.waterlandtechnologies.com/wp-content/uploads/2023/10/Havalandiricular-1-scaled.jpg> (Consulté en juin 2025).
- [17] Normes IEC 60034-11. Protection thermique des moteurs électriques. Recommandations intégrées aux prescriptions techniques des fabricants ZENIT, Flygt (Xylem), Grundfos, KSB, etc. Équipements de protection GEPS (France) : <https://www.geps-techno.com> [consulté le 8 juin 2025]. Documentation SIAAP. Cahier des charges type STEP – protection des moteurs immersés.
- [18] SOCOMEC. Commutateurs de voltmètres [en ligne]. Disponible sur : <https://www.socomec.fr/fr/p/commutateurs-de-voltmetres> (consulté en juin 2025).
- [19] IEC. IEC 60947-6-1 : Low-voltage switchgear and controlgear — Part 6-1 : Multiple function equipment — Transfer switching equipment. 3<sup>e</sup> éd., Genève : International Electrotechnical Commission (IEC), 2021.
- [20] SCHNEIDER ELECTRIC. Site officiel [en ligne]. Disponible sur : <https://www.se.com> (consulté en juin 2025).
- [21] AFNOR. NF EN 60947-4-1 : Appareillage à basse tension – Partie 4-1 : Contacteurs et démarreurs – Contacteurs et démarreurs électromécaniques. Paris : AFNOR, 2010. 147 p.
- [22] IEC. IEC 60947-2 : Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2 : Circuit-breakers. Genève : International Electrotechnical Commission (IEC), 2024.
- [23] IEC. IEC 60947-3 : Low-voltage switchgear and controlgear – Part 3 : Switches, disconnectors, switch-disconnectors and fuse-combination units. Genève : International Electrotechnical Commission (IEC), 2020.
- [24] CHRISTOPOULOS, C. & WRIGHT, A. Electrical Power System Protection. Dordrecht : Springer, 1999. ISBN 978-1-4757-5065-.
- [25] DELTA ELECTRONICS. Site officiel [en ligne]. Disponible sur : <https://shopdelta.eu/> (consulté en juin 2025).
- [26] : LEGRAND. Manuel technique – Sélecteurs manuels [en ligne]. Disponible sur : site Legrand (section “Inverseur de source manuel pour DX<sup>3</sup> 3 pôles”) (Consulté en juin 2025).

[27] MOLINA, Alain. Automatisme : cours et exercices corrigés. 3e éd. Paris : Dunod, 2018. ISBN 978-2-10-077232-1.

[28] PROFACE. Définition de l'IHM (Interface Homme-Machine) [en ligne]. Proface, [s.d.]. [Consulté le 9 juin 2025]. Disponible sur : [https://www.proface.com/fr/definition\\_ihm](https://www.proface.com/fr/definition_ihm)