REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

ALOUACHE Hind, BENTARZI Imane et MENAI Nesrine

Filière : Automatique

Spécialité : Automatique et Informatique Industrielle

Etude, automatisation et supervision de la station de traitement des eaux chez Henkel

---

Soutenu le 03 / 07 / 2025 devant le jury composé de :

IKHLEF	BOUALEM	MCB	UMBB	Président
RIACHE	SAMAH	MCA	UMBB	Examinatrice
GABOUR	NOUR EL HOUDA	MCB	UMBB	Examinatrice
CHERRAT	NIDHAL	MCB	UMBB	Rapporteur

Année Universitaire : 2024/2025

REMERCIEMENT

En préambule à ce mémoire, nous remercions Allah, Le Tout-Puissant, de nous avoir accordé la patience, le courage et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur, **Monsieur CHERRAT Nidhal**, pour son accompagnement, ses précieux conseils et son soutien tout au long de cette étude. Son expertise et sa disponibilité ont grandement contribué à l'avancement de notre travail.

Nos vifs remerciements s'adressent également aux membres du jury, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce mémoire, ainsi que pour l'intérêt qu'ils portent à notre recherche et leurs remarques constructives qui ne manqueront pas d'enrichir notre travail.

Nous remercions sincèrement toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet.

Enfin, nos remerciements les plus chaleureux vont à nos familles, pour leur soutien inconditionnel, leurs encouragements et leur présence constante tout au long de notre parcours universitaire.

Dédicace

À ma mère, pour son amour inconditionnel, son courage et ses sacrifices, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

A ma chère famille pour leur soutien et leurs encouragements de chaque instant.

À ma meilleure amie Karima, pour son soutien, son écoute et sa présence précieuse à chaque étape de ce parcours.

À mes amis et collègues, pour les moments partagés et leur précieuse aide tout au long de ce parcours.

Enfin, à tous ceux qui ont cru en moi et m'ont soutenu de près ou de loin.

MENAI Nesrine

Dédicace

Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour, sincérité et fierté.

À Allah,

À qui je dois tout, qui m’a guidée, soutenue et accordé la force de persévérer.

الحمدلله pour chaque souffle، chaque pas، chaque réussite، chaque étape franchie.

Sans Lui, rien n’aurait été possible.

À mes parents bien-aimés,

Pour leur amour inépuisable, leurs sacrifices silencieux, leurs prières constantes, et leur foi en moi même dans les moments de doute.

À mes frères et mes sœurs,

Compagnons de vie, de rires et de soutien sincère.

À toute ma famille et mes Amis,

Pour leur encouragement, leur affection et leur présence rassurante.

Qui ont su m’apporter sourire, aide et motivation tout au long de ce parcours.

À mes enseignants,

Pour leur savoir, leur encadrement et leurs conseils précieux.

Grâce à vous, ce projet a pris vie.

Je n'oublie pas de dédier cette réussite à la Palestine,

Terre de courage, de résistance et de dignité.

À ce peuple qui continue de lutter pour la justice et la liberté, qui debout malgré les épreuves,

À ces enfants aux yeux pleins d'espoir malgré le bruit des bombes.

Votre force m'inspire, votre lutte me touche, et votre espoir éclaire nos consciences.

Que la paix, la justice et la liberté triomphent un jour sur cette terre sainte.

فلسطين في القلب... حرة رغم كل شيء

ALOUACHE Hind

Dédicace

À ceux qui occupent une place sacrée dans mon cœur…

Je dédie ce mémoire à mes parents bien-aimés, ma chère maman et mon cher papa. Votre amour inconditionnel, vos sacrifices silencieux et votre soutien indéfectible ont été les piliers de mon chemin. C'est grâce à votre foi en moi et à votre présence constante que j'ai pu avancer avec force et confiance. Que ces mots vous rendent, ne serait-ce qu'en partie, tout ce que vous m'avez donné.

À mes frères, Sofiane, Fateh et Anis : merci pour votre affection, vos encouragements et votre présence rassurante. Vous avez été pour moi une source de courage et de stabilité dans les moments d'épreuve.

À ma chère sœur Malek, ta tendresse, ta patience et ta lumière douce m'ont souvent apaisée et guidée. Ton soutien discret mais profond a compté plus que tu ne le crois.

Ce mémoire est le reflet d'un amour familial sincère, et c'est avec une immense reconnaissance et tout mon amour que je vous le dédie.

BENTARZI Imane

Résumé

Ce projet de fin d'études mené au sein de l'usine Henkel de Réghaïa a porté sur la conception et l'implémentation d'un système automatisé de traitement des eaux, couvrant l'ensemble du cycle depuis le filtrage jusqu'au stockage final.

L'objectif principal était de garantir un fonctionnement fiable et sécurisé du procédé tout en minimisant les risques d'incidents techniques et les coûts de maintenance. Pour ce faire, la solution retenue repose sur l'utilisation d'un automate programmable industriel (API) de marque Siemens, assurant le pilotage des différentes étapes du traitement.

La partie supervision, réalisée à l'aide de pupitre opérateur, permet un suivi en temps réel et un contrôle précis des opérations, offrant ainsi aux utilisateurs une visualisation complète et intuitive du système.

Mots clés : Automatisation, API, TIA PORTAL, Supervision, Traitement des eaux, Grafcet, WinCC.

الملخص

هذا المشروع الخاص بنهاية الدراسة الذي أُنجِز داخل مصنع هينكل في الرغاية يهدف إلى تصميم وتنفيذ نظام آلي لمعالجة المياه، يغطي كامل الدورة بدءًا من الترشيح وصولًا إلى التخزين النهائي.

كان الهدف الرئيسي ضمان تشغيل موثوق وآمن للعملية مع التقليل من مخاطر الحوادث التقنية وتكاليف الصيانة. ولتحقيق ذلك، اعتمدت الحلول المختارة على استخدام جهاز تحكم منطقي مبرمج **(PLC)** من علامة سيمنس، يتولى قيادة مختلف مراحل المعالجة.

أما جانب الإشراف والمراقبة، فقد تم تنفيذه بواسطة لوحة تشغيل، مما يتيح المتابعة اللحظية والتحكم الدقيق في العمليات، ويوفر للمستخدمين رؤية شاملة وبديهية للنظام.

كلمات المفتاحية:التحكم التلقائي، وحدة **TIA PORTAL,** شاشة التحكم، معالجة المياه, **WinCC, GRAFCET.**

Abstract

This final-year project carried out at the Henkel factory in Reghaïa focused on the design and implementation of an automated water treatment system, covering the entire cycle from filtration to final storage.

The main objective was to ensure reliable and safe operation of the process while minimizing the risks of technical incidents and maintenance costs. To achieve this, the chosen solution relies on the use of a Siemens-brand Programmable Logic Controller (PLC) that manages the various stages of treatment.

The supervision component, implemented through an operator panel, enables real-time monitoring and precise control of operations, providing users with a comprehensive and intuitive visualization of the system.

Keywords: Automation, PLC, TIA PORTAL, HMI, Supervision, Water Treatment, Grafcet, WinCC.

Table des matières

REMERCIEMENT ***2***

Dédicace ***3***

Résumé ***6***

Introduction générale ***12***

Chapitre I : Présentation De L'entreprise Henkel – ALGERIE ***14***

I.1 Introduction 15

I.2 Présentation du groupe Henkel 15

I.2.1 Aperçu du groupe Henkel 15

I.2.2 Historique du groupe Henkel 16

I.2.3 Secteurs d'activité du groupe Henkel 16

I.3 Présentation de Henkel Algérie 17

I.3.1 Historique 17

I.3.2 Présentation du site de Réghaïa 18

I.4 Mission et positionnement de l'entreprise 18

I.4.1 Position sur le marché 18

I.4.2 Produits fabriqués par Henkel Algérie 18

I.5 Structure organisationnelle de l'entreprise 19

I.6 Principales stations et directions de l'entreprise 21

I.7 Station de traitement des eaux 22

I.8 Présentation de la problématique 24

I.9 Conclusion 24

Chapitre II : Étude et analyse fonctionnelle de la station de traitement des eaux ***25***

II.1 Introduction 26

II.2 Présentation et rôle de la station 26

II.3 Processus de traitement d'eau : description détaillée 26

II.3.1 Processus de pompage 26

II.3.2 Processus de filtrage 27

II.3.3 Processus d'adoucissement et stockage 28

II.4 Analyse des équipements électriques existants 30

II.4.1 Pré-actionneurs 30

II.4.2 Actionneurs 35

II.4.3 Capteurs 38

II.5 Identification des problèmes de la ligne de traitement d'eau 45

II.6 Solutions techniques proposées 46

II.7 Instrumentation proposée pour ces solutions 46

II.7.1 Sonde PH 47

II.7.2 Capteur Fin de course 47
II.7.3 Capteur de pression 48
II.8 Les équipements de la partie commande 49
II.8.1 Automate Programmable Industriel (API) 49
II.8.2 Interface Homme-Machine (IHM) 50
II.9 Conclusion 51
Chapitre III : Modélisation et automatisation de la station : intégration les solutions proposées.... 52
III.1 Introduction 53
III.2 Cahier des charges de fonctionnement de la station 53
III.2.1 Le fonctionnement de la ligne des filtres à sable 53
III.2.2 Le fonctionnement des adoucisseurs 1 et 2 54
III.2.3 Remplissage des cuves 55
III.3 Modélisation en grafcet 56
III.3.1 Description du Grafcet 56
III.4 Elaboration du Grafcet du système 57
III.4.1 Grafcet de sécurité 57
III.4.2 Grafcet de conduite 57
III.4.3 Grafcet de la ligne des filtres à sables 58
III.4.4 Grafcet de la ligne de filtrage 59
III.4.5 Grafcet pour le fonctionnement des adoucisseurs 1 et 2 60
III.4.6 Grafcet pour le remplissage des cuves 60
III.5 Automatisation de la station via S7-1500 et TIA PORTAL V18 61
III.5.2 Partie software de l'automatisation 66
III.6 Conclusion 83
Chapitre IV : Supervision et simulation de la station 84
IV.1 Introduction 85
IV.2 La supervision 85
IV.3 Interface Homme Machine « IHM » 85
IV.4 Le logiciel WinCC TIA PORTAL 85
IV.4.1 Liaison entre PLC et IHM 86
IV.5 Conception de la solution sur WinCC 86
IV.5.1 Table des variables 86
IV.5.2 Création des vues 87
IV.6 Conclusion 101
Conclusion générale 102
Bibliographie 104
ANNEX 105

Liste des figures

Figure I.1 : Présence de Henkel dans le monde. 15
Figure I.2 : Henkel Réghaïa. 18
Figure I.3: Organigramme du site Henkel - Réghaïa. 20
Figure I.4 : Schéma de processus de la station de traitement des eaux. 23
Figure I.5 : Les filtres à sable n°1 et 2 de la station. 28
Figure I.6 : Les adoucisseurs n°1 et 2 de la station. 30
Figure I.7 : Contacteur Schneider - Electric 31
Figure I.8:Relais thermique Schneider Electric. 31
Figure I.9: Symbol de relais thermique. 32
Figure 10 : Disjoncteur moteur Schneider Electric. 33
Figure III.11 : Structure et interprétation du GRAFCET. 56
Figure IV.12 : Liaison entre PLC et HMI 86
Figure IV.13 : Exemple de la liste des variables dans le projet WinCC 87
Figure IV.14 : Interface d'accueil de la station de traitement des eaux. 88
Figure IV.15 : Vue de Cycle de filtrage. 89
Figure IV.16 : Vue partielle de la simulation de cycle de filtrage (niveau 57). 90
Figure IV.17 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration (niveau 32%). 90
Figure IV.18 : Vue partielle de cycle de filtration (niveau max) 91
Figure IV.19 : Vue partielle de la simulation de cycle de filtration (Mode utilisation) 91
Figure IV.20 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration dans le mode automatique (les filtres sont prêts à fonctionner). 92
Figure IV.21: Vue partielle de la simulation de filtration dans le mode automatique (le filtre 1 et la pompe sont actifs). 92
Figure IV.22 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration dans le mode automatique (le filtre 2 et la pompe sont actifs) 93
Figure IV.23 : Remplissage de la cuve en mode automatique. 93
Figure IV.24 : Vue partielle du cycle de filtration dans le mode automatique (lors du déclenchement de l'alarme (dépassement du seuil de 90%) 94
Figure IV.25: Interface d'accueil de la station de remplissage. 94
Figure IV.26 : simulation partielle du cycle de remplissage : PPE1 et adoucisseur n°3 est activé. 95

Figure IV.27: Simulation partielle du cycle de remplissage: pompe PPE3 et adoucisseur n°1 activés. 95
Figure IV.28 : Simulation partielle du cycle de remplissage : PPE1 et adoucisseur n°1 et 2 activés. 96
Figure IV.29 : Simulation partielle du cycle de remplissage : PPE3 et l'adoucisseur n°2 activés. 96
Figure IV.30 : Remplissages des cuves. 97
Figure IV.31 : Simulation partielle du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°1 activé. 97
Figure IV.32 : Vue partielle de la simulation du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°1 et n°2 activés. 98
Figure IV.33 : simulation du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°2 activé et le niveau à 82% 98
Figure IV.34 : Remplissages des cuves. 99
Figure IV.35 : simulation de la vue partielle de cycle de remplissage en mode automatique : Adoucisseur n°3 activé et le niveau à 37% 99
Figure IV.36 : Remplissage des cuves. 100
Figure IV.37 : Vue partielle de la simulation de cycle de remplissage dans le mode automatique lors du déclenchement de l'alarme (dépassement du seuil %90) 100

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Le tableau suivant représente ces marques avec leurs logos et leurs photos..... 19
Tableau II-1 : les caractéristiques techniques des pompes MVP 18900/9 de la station..... 37
Tableau II-2 : Les caractéristiques techniques des vannes pneumatique de la station..... 38
Tableau II-3 : Les caractéristiques techniques de pressostat..... 41
Tableau II-4: Les caractéristiques techniques des radars dans la station. 43
Tableau II-5 : Les caractéristiques techniques des radars dans la station. 45
Tableau III-1 : Langages de programmation des automates. 69

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, l'industrie évolue dans un environnement mondial hautement concurrentiel et en perpétuelle mutation. Pour rester compétitives, les entreprises doivent disposer de systèmes capables de s'adapter rapidement aux changements, tout en garantissant un fonctionnement stable, fiable et efficace. Cette exigence se traduit par la recherche constante de solutions innovantes et performantes, permettant de maintenir des standards de qualité élevés et de répondre aux attentes des marchés internationaux.

La technologie joue un rôle clé dans cette transformation. Elle a permis à l'humanité de surmonter de nombreuses difficultés rencontrées au fil du temps, et a profondément façonné le monde industriel. Grâce aux avancées technologiques, il est désormais possible de satisfaire des critères de production toujours plus stricts, d'améliorer la productivité, d'assurer la sécurité des travailleurs, et d'optimiser les coûts. L'automatisation et la supervision des procédés industriels illustrent parfaitement cette évolution, en apportant précision, rapidité et contrôle permanent aux processus les plus complexes.

Les détergents sont des produits de grande consommation, disponibles sous forme solide, en poudre ou liquide, et distribués dans le monde entier. Les industries de détergents liquides s'attachent constamment à développer de nouvelles formulations, améliorant ainsi leur qualité.

Henkel est l'un des leaders mondiaux dans la production de détergents, avec plusieurs unités de fabrication en Algérie. Parmi elles figure l'usine de Réghaïa, où nous avons eu l'opportunité de réaliser ce projet de fin d'études.

Ce mémoire est composé d'un ensemble des trois chapitres et répartie comme suit :

- ✓ Le premier chapitre présente l'entreprise Henkel et l'unité de production de Réghaïa, puis décrit la station de traitement des eaux, qui est au cœur de notre projet d'étude.
- ✓ Dans le deuxième chapitre, on présente une étude fonctionnelle de la station de traitement des eaux et on propose des solutions pour son optimisation et son automatisation.
- ✓ En ce qui concerne le troisième chapitre, nous allons traiter la partie automatisation du système, en présentant la modélisation, le GRAFCET et l'intégration des solutions via TIA Portal V18.
- ✓ Le quatrième et dernier chapitre concerne la supervision et la simulation de la nouvelle station.
- ✓ Enfin, notre mémoire se termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation De L'entreprise Henkel – ALGERIE

I.1 Introduction

Dans le domaine de la production de produits détergents et d'entretien, l'exigence en matière de qualité, de sécurité et de respect de l'environnement est particulièrement élevée. Henkel, acteur mondial et reconnu dans ce secteur, occupe une position de leader grâce à son engagement en faveur de l'innovation, de la durabilité et de l'excellence industrielle.

Dans ce chapitre, nous allons présenter et décrire l'entreprise Henkel, On commencera par un aperçu global du groupe Henkel, son histoire et aussi nous allons illustrer les principaux secteurs d'activité. Ensuite, On va focaliser sur Henkel Algérie, en décrivant le site de Réghaïa, sa mission, ses produits et sa structure organisationnelle. Enfin, nous nous intéresserons à la station de traitement des eaux, qui constitue le cœur de notre projet d'étude.

I.2 Présentation du groupe Henkel

I.2.1 Aperçu du groupe Henkel

Henkel est une entreprise multinationale fondée en 1876 en Allemagne, son siège social est situé à Düsseldorf. Le groupe Henkel est présent dans 125 pays répartis sur les cinq continents, avec plus de 50 000 employés à travers le monde. Actuellement, Henkel est reconnue comme un leader en matière de développement durable.

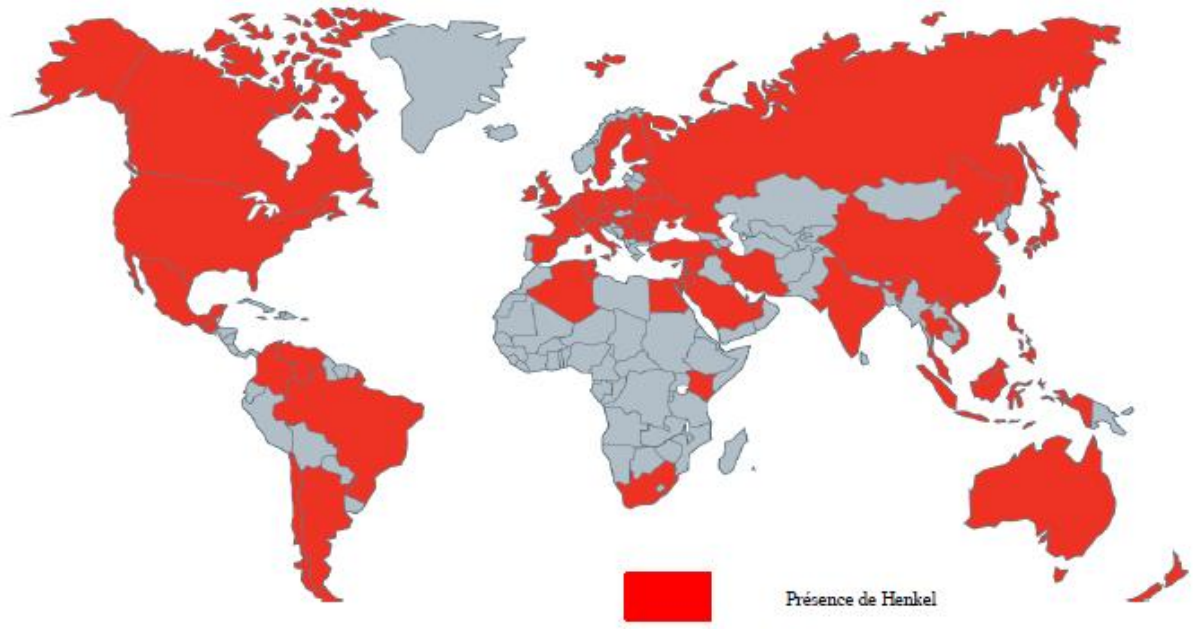


Figure I.1 : Présence de Henkel dans le monde.

I.2.2 Historique du groupe Henkel

Le groupe Henkel est un groupe mondial spécialisé dans la chimie. La société a été fondée par Fritz Henkel. La première entreprise était installée à Aix-la-Chapelle. Dix ans plus tard, forts de son succès, l'entreprise ouvre un bureau d'exportation à Vienne en Autriche.

En **1898**, Hans Schwarzkopf ouvre une première boutique à Berlin. Pour Fritz Henkel, la production commence à se mettre en place à Düsseldorf. Schwarzkopf de son côté, lance son premier shampooing en **1903**.

En **1907**, est lancée la première lessive Persil qui est considérée comme la première lessive auto-réactive du monde.

Au début des années **1920**, la production de colles de synthèse est lancée par Henkel. Elles seront vendues que sept ans plus tard.

En **1954**, Henkel vend son premier savon appelé Fa. 13 ans plus tard, la première colle en bâton sort des usines de Henkel. Deux ans plus tard, le tube de colle de la marque Pritt est lancé.

En **1975**, l'entreprise change de statut et devient une société en commandite par actions et elle entre dix ans plus tard au sein du DAX 30, la bourse allemande. Un an plus tard, le groupe fait l'acquisition de l'Union Générale des Savonneries de Marseille qui produisait des marques de lessive.

En **1987**, les marques Colgate-Palmolive et Henkel rachètent les activités de la marque Lesieur-Cotelle connu pour ses huiles mais également pour ses produits d'entretien, tels que les lessives Mir et Super Croix.

En **1995**, le groupe rachète la marque Schwarzkopf. Deux ans plus tard, le groupe reprend Loctite. Henkel se désengage de la branche des produits chimiques.

En **2004**, Henkel rachète Concorde qui était spécialisé dans le traitement des eaux ainsi que l'entreprise Indola. L'année suivante, le groupe rachète également les marques Dial, ARL & Sovereign Specialty Chemical et Rhodia Etanchéité. Trois ans plus tard, le groupe rachète National Search. [**1**]

I.2.3 Secteurs d'activité du groupe Henkel

Le groupe Henkel structure ses activités en trois principaux secteurs :

a) **Détergents et produits d'entretien :** Henkel est 1er en Allemagne et 2eme au monde dans ce domaine, Le groupe Henkel propose une variété de détergents à lessive à travers sa

division Consumer Brands. Le portefeuille de marques de Henkel comprend des produits pour lave-vaisselle, adoucissants et détachants, produits d'entretien, de soin pour sols et moquettes etc.

Les marques principales : ISIS, Pril, Le chat, Purex, Dial.

b) **Produits cosmétiques :** Henkel est 1er en Allemagne et 4eme au monde dans le secteur de cosmétique. Le groupe Henkel est considéré comme un leader du marché professionnel de la coiffure grâce à sa marque Schwarzkopf Professional. La gamme de produits Henkel comprend : Shampooings et après shampooing, colorations, savons, Crèmes pour la peau, produits pour le bain et la douche, déodorants et produits d'hygiène buccodentaire. Les marques : Schwarzkopf, Fa, Syoss, Gliss.

c) **Colles adhésifs et produits d'étanchéité:** 1er au monde du marché des adhésifs, Ces produits sont destinés aux applications industrielles, aux consommateurs et aux artisans. Le groupe propose une large gamme de produits pour la maison, le bureau et pour le marché du bricolage domestique et de la construction. Les marques : Patex, Pritt, Ceresit, Tangit.

I.3 Présentation de Henkel Algérie

La société HENKEL Algérie, une société par actions (SPA), L'entreprise dispose de trois unités de production située dans différentes région : à Réghaïa (Centre), Chelghoum El Laïd (Est) et Aïn Témouchent (Ouest). Son siège social est situé au 22, rue Ahmed Ouaked, Bois des Cars 3, Delly Ibrahim, Alger. Elle emploie environ 1 200 salariés.

I.3.1 Historique

Henkel Algérie a débuté son implantation en Algérie le 17 mai 2000 avec un capital de 1,760 milliard de Dinars en partenariat avec l'Entreprise Nationale Algérienne des Détergents (ENAD). La société Henkel acquérant de 60% d'actions, tandis que les 40% restants est sous le contrôle de L'ENAD. Le 08 Décembre 2004, Henkel a pris le contrôle total de la gestion (100%) et elle est devenue une société commerciale. **[2]**

I.3.2 Présentation du site de Réghaïa

L'unité de production de Réghaïa se concentre principalement sur la fabrication de détergents liquides tels que le Pril Isis, Le chat et Bref Javel, en différentes variantes (parfums, formats) pour le marché Algérien. Cette unité se trouve dans la zone industrielle de Réghaïa, 30Km à l'est d'Alger. Sa capacité de production est près de 3000 Tonnes par mois. Le site de production de Réghaïa emploie environ 300 salariés.



Figure I.2 : Henkel Réghaïa.

I.4 Mission et positionnement de l'entreprise

Henkel Algérie a pour mission de fournir des produits de haute qualité dans le domaine des détergents. L'entreprise optimise ses ressources pour réduire son empreinte environnementale. La société sert à répondre aux besoins des consommateurs algériens, L'objectif de Henkel Algérie est de renforcer sa position de leader sur le marché national et régional, en misant sur l'innovation, la qualité et la durabilité.

I.4.1 Position sur le marché

Le groupe Henkel Algérie se positionne comme un leader dans le domaine des détergents et produits d'entretien. Henkel Algérie est en concurrence avec Proctor & Gamble (Ariel, Tide) et d'autres marques locales, mais elle reste un acteur majeur grâce à sa qualité et sa présence sur le marché. L'entreprise dispose d'un réseau de distribution bien structuré, permettant une couverture nationale.

I.4.2 Produits fabriqués par Henkel Algérie

La gamme de produits de Henkel Algérie comprend quatre marques : Le Chat, Bref, ISIS, Pril ISIS.

Tableau I-1 : Le tableau suivant représente ces marques avec leurs logos et leurs photos.

La marque	Le Logo	Le produit	La photo
LE CHAT		Gel détergent pour lave-linge	
ISIS		lessive linge et multi-usages	
PRIL ISIS		Liquides pour vaisselle à la main	
BREF		Javel	

I.5 Structure organisationnelle de l'entreprise

Le site Henkel de Réghaïa est structuré en plusieurs directions et départements afin d'assurer une gestion efficace des activités. La structure organisationnelle détaillée est présentée dans la figure ci-dessous.

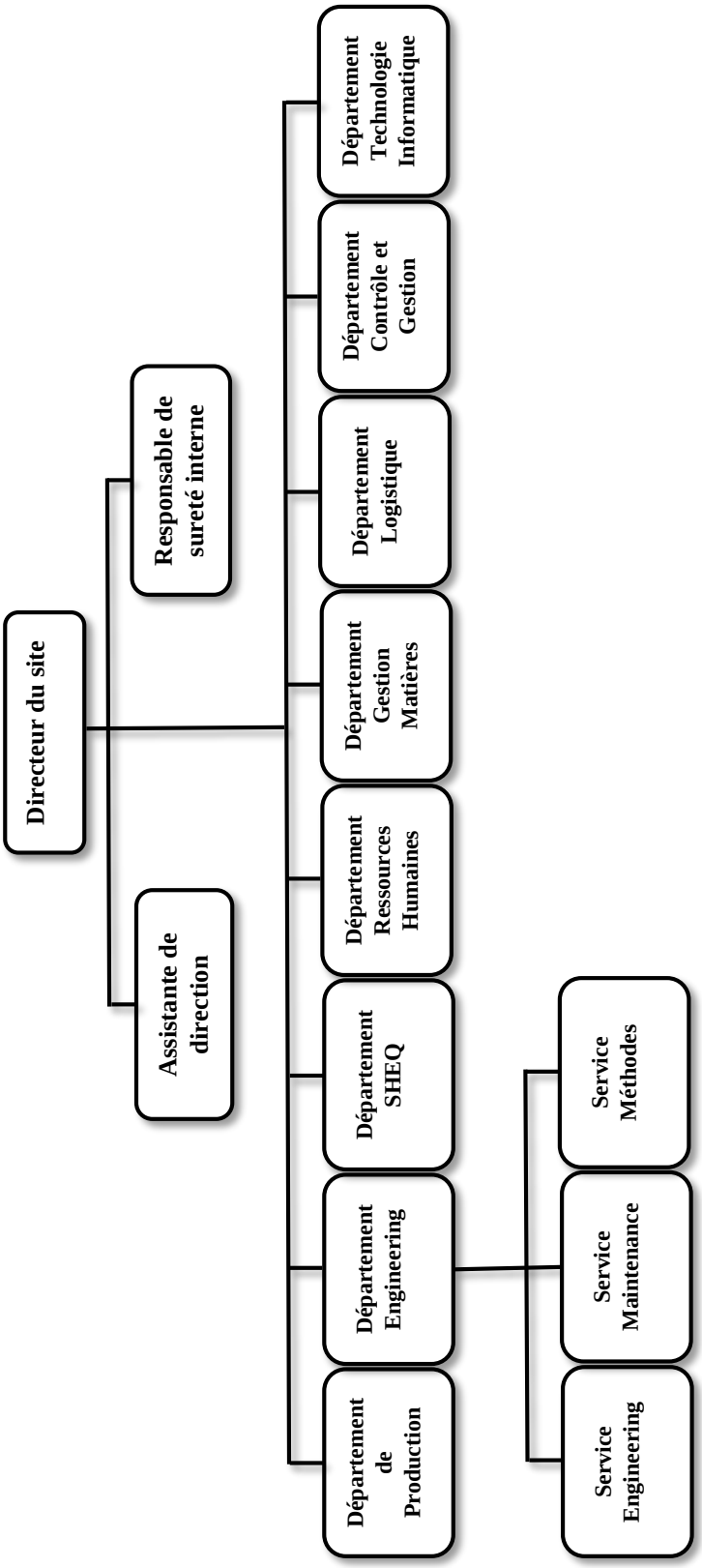


Figure I.3: Organigramme du site Henkel - Réghaïa.

I.6 Principales stations et directions de l'entreprise

a) **Département de Sécurité Hygiène Environnement Qualité (SHEQ) :** Ce département garantit une qualité répondant aux standards de Henkel, tout en réduisant, voire en éliminant les non-conformités. Il a également pour objectif de sensibiliser les agents de fabrication aux notions de qualité grâce à des recommandations et des conseils. De plus, il veille au suivi de la qualité du produit à chaque étape de son processus de fabrication.

b) **Département Engineering :** Ce département assure la continuité et l'optimisation de la production, la réalisation des projets et l'atteinte des objectifs de maintenance. Il comprend trois services :

- Service méthodes : Il vise l'amélioration continue des travaux de maintenance et l'optimisation des flux en atelier.
- Service engineering : Il a pour objectif d'améliorer les processus opérationnels et de mettre en place les plans de maintenance.
- Service maintenance : Il se consacre du suivi et de la réalisation des opérations de maintenance des équipements ainsi que de la gestion du budget alloué.

c) **Département de Production :** Ce département veille à l'application du plan de production, à la gestion des ateliers et à l'optimisation des ressources. Il suit les écarts entre le stock et la production, identifie les anomalies et mise en œuvre des solutions pour améliorer la performance des processus. Il propose également des méthodes visant à réduire les pertes.

d) **Département Technologie Informatique :** Ce département gère et maintient les systèmes informatiques de Henkel Algérie afin d'optimiser l'efficacité et réduire le temps d'exécution des tâches. Il utilise des outils tels qu'Internet, un Intranet avec messagerie interne (LOTUS) et SAP, un ERP permettant la planification de la production, la gestion des stocks, le réapprovisionnement et l'organisation des livraisons.

e) **Département Logistique :** Ce département a pour rôle de est de confirmer les commandes auprès des fournisseurs, de suivre les arrivages des matières en collaboration avec les agences maritimes, d'éditer et de surveiller les stocks de matières premières, ainsi que de préparer les documents de dédouanement.

f) **Département Ressources Humaines (RH) :** Ce département assure la mise en œuvre de la politique de gestion des ressources humaines de l'entreprise. Il vise à maintenir un

équilibre entre les attentes de l'entreprise, telles que la satisfaction du client, l'efficacité et le progrès social, et celles du personnel, notamment la qualité de vie au travail ainsi que le développement personnel et professionnel.

g) **Département Gestion des matières :** consistent à réceptionner le programme mensuel de production, le répartir en planning hebdomadaire et préparer sa mise en œuvre en tenant compte des priorités. Il est également pour mission de déterminer les besoins en matières premières et en emballages par ligne de production et par article.

I.7 Station de traitement des eaux

La station de traitement des eaux joue un rôle essentiel dans le processus industriel de l'usine Henkel. Elle garantit l'approvisionnement en eau de qualité nécessaire à la fabrication des détergents, conformément aux normes strictes du secteur.

Son importance réside dans plusieurs aspects :

- Qualité du produit fini : Une eau correctement traitée est indispensable pour assurer l'efficacité et la qualité constante des détergents produits. Elle évite la présence d'impuretés susceptibles d'altérer les formulations.
- Protection des équipements : L'adoucissement de l'eau réduit la dureté et prévient l'entartrage des installations industrielles, prolongeant ainsi la durée de vie des équipements et réduisant les coûts de maintenance.
- Sécurité sanitaire : Les étapes de filtration fine et de désinfection par UV éliminent les particules et micro-organismes potentiellement nuisibles, assurant un environnement de production plus sûr.

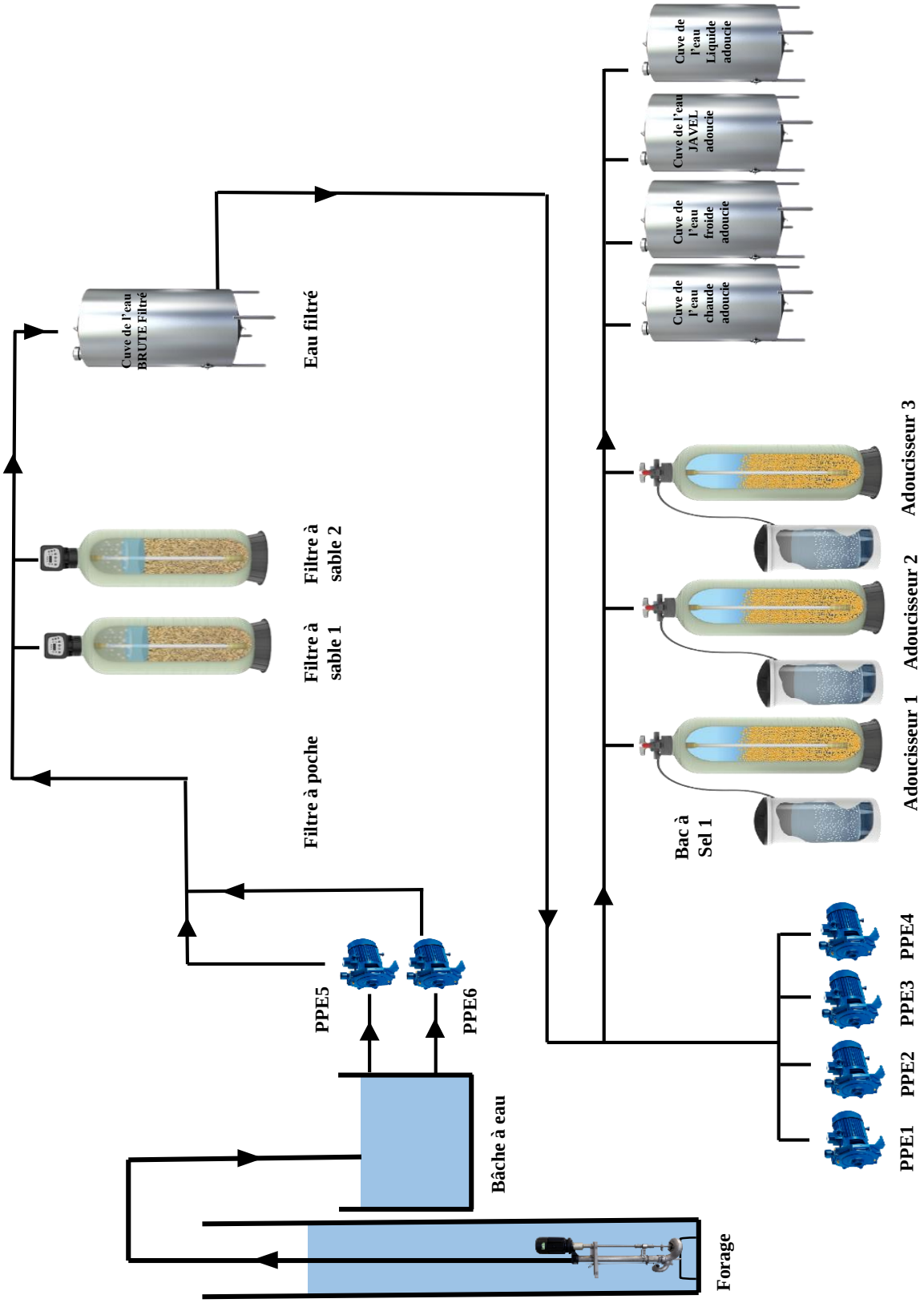


Figure I.4 : Schéma de processus de la station de traitement des eaux.

I.8 Présentation de la problématique

La station de traitement des eaux de l'usine Henkel est actuellement semi-automatisée et fonctionne en logique câblée. Cette configuration nécessite une surveillance et une gestion manuelles constantes de la part des opérateurs, depuis l'arrivée de l'eau brute dans les cuves à partir de la bâche à eau jusqu'à son déchargement après traitement. Cette dépendance à l'intervention humaine entraîne des risques d'erreurs, une efficacité opérationnelle limitée et une consommation accrue de ressources.

Notre projet vise à moderniser cette station en la dotant d'un système de supervision avancé. Ces améliorations permettront de réduire l'intervention humaine en automatisant les tâches répétitives et en minimisant les erreurs opérationnelles, d'améliorer l'efficacité opérationnelle grâce à une régulation précise et en temps réel du processus de traitement de l'eau, et de garantir la sécurité et la durabilité en assurant un fonctionnement fiable, respectueux des normes environnementales, tout en réduisant les coûts de maintenance.

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le groupe Henkel, en détaillant son historique, ses activités et son importance à l'échelle mondiale. Puis, nous nous sommes concentrés sur Henkel Algérie, en explorant son historique, la présentation du site de Réghaïa et son rôle dans le paysage industriel algérien. Ensuite, nous avons exploré les différentes stations et directions de l'usine Henkel avant de décrire en détail la station de traitement des eaux.

Dans le chapitre suivant, nous allons étudier en détail une station essentielle au fonctionnement de l'usine Henkel : la station de traitement des eaux. Cette installation joue un rôle crucial dans la gestion des ressources hydriques de l'usine, garantissant à la fois la qualité de l'eau utilisée dans les processus industriels et le respect des normes environnementales.

Chapitre II

Étude et analyse fonctionnelle de la station de traitement des eaux

II.1 Introduction

Le traitement de l'eau est un processus fondamental pour garantir une eau conforme aux normes de qualité exigées pour son utilisation industrielle.

Ce chapitre présente une étude fonctionnelle de la station de traitement des eaux de l'entreprise. Il détaille ses différents composants, les étapes de traitement de l'eau, ainsi que les problèmes existants et les solutions proposées. Cette étude permettra également de déterminer les équipements nécessaires à l'automatisation et à l'optimisation du fonctionnement de la station.

II.2 Présentation et rôle de la station

La station de traitement des eaux de Henkel Réghaïa est une installation intégrée au niveau de l'usine, conçue pour traiter l'eau issue du forage, c'est-à-dire directe de la nappe phréatique. L'eau traitée est principalement destinée aux divers procédés de fabrication, notamment la production de détergents.

Le rôle de cette station est de fournir une eau conforme aux exigences industrielles, à la fois en termes de pureté et de composition. Ce traitement permet non seulement de garantir une qualité constante dans les procédés de fabrication, mais également de préserver les équipements contre les dépôts calcaires et autres impuretés susceptibles de nuire à leur bon fonctionnement.

II.3 Processus de traitement d'eau : description détaillée

Le principe de fonctionnement de la station repose sur le prélèvement d'eau depuis deux forages, suivie d'une circulation à travers plusieurs bacs tampons et systèmes de filtration. En aval de chaque bac, deux ou trois pompes sont installées, garantissant la disponibilité permanente d'au moins une pompe de secours.

Typiquement, la station se subdivise en trois sous-systèmes :

1. Prélèvement de l'eau brute ;
2. filtration de l'eau brute ;
3. Adoucissement de l'eau filtrée et stockage de l'eau traitée dans les cuves dédiées.

II.3.1 Processus de pompage

L'usine Henkel a mis en place deux bâches de décantation, conçus pour assurer la précipitation des particules fines en suspension. La première bâche présente une capacité de **500 m³** et la seconde de **250 m³**. Ces bâches servent également de réservoirs tampons à partir desquels l'eau brute est pompée vers la station de traitement (en utilisant des pompes MVP 18-

900/9). Actuellement, les équipements tels que les vannes et les pompes sont encore commandés manuellement, ce qui limite l'efficacité du système et le contrôle précis des flux hydrauliques.

II.3.2 Processus de filtrage

Le filtrage est une étape essentielle du traitement de l'eau, consistant à éliminer les particules solides (le sable, boues et autres impuretés) en suspension. À l'usine Henkel, cette opération est réalisée au moyen de :

- Deux filtres à sable, retenant les particules de taille relativement grosse (sable, boues, etc.).
- Filtres de **10** et **50 microns**, qui permettent de capturer des particules beaucoup plus fines, en affinant ainsi la qualité de l'eau.

- **Fonctionnement du Filtre à sable :**

L'eau brute pénètre dans le filtre à travers un lit de sable où les particules en suspension sont piégées. L'eau filtrée s'écoule ensuite vers les étapes aval du circuit de traitement.

Encrassement et lavage des filtres : l'accumulation des particules dans la couche de sable provoque un encrassement progressif du filtre. Cela se traduit par une augmentation de la perte de charge entre l'entrée et la sortie du filtre, indiquant une baisse d'efficacité. Pour restaurer les performances initiales, un lavage du filtre devient alors nécessaire.

La fréquence de régénération est prédéfinie lors de la mise en service. Le système déclenche automatiquement un cycle de lavage après temporisation, paramétrable par l'opérateur, dès qu'un seuil critique de perte de charge est atteint.

Dans cette station, les deux filtres à sable fonctionnent en alternance : l'un en phase active de filtration, l'autre en mode by-pass



Figure II.1 : Les filtres à sable n°1 et 2 de la station.

II.3.3 Processus d'adoucissement et stockage

L'usine Henkel a mis en place un système d'adoucissement visant à prévenir l'entartrage des canalisations, échangeurs de chaleur, chaudières et autres équipements sensibles. Cette mesure est essentielle pour assurer la durabilité des installations et maintenir un fonctionnement optimal des systèmes techniques.

- **Fonctionnement d'adoucisseur :**

L'eau dure passe à travers un lit de résine échangeuse d'ions. Cette résine est chargée en ions **sodium Na^+**. Les ions calcium et magnésium présents dans l'eau sont **échangés** contre des ions sodium, ce qui adoucit l'eau.

Lorsque l'eau dure traverse le lit de résine, les **ions calcium et magnésium sont fixé sur la résine**, remplaçant les ions sodium qui sont alors **libérés dans l'eau**. L'eau qui sort du système est donc **adoucie**, avec une **dureté proche de zéro.**

Cependant, au fur et à mesure de ce processus, la résine **sature** ça veut dire elle cède tous ses ions sodium et se charge entièrement en calcium et magnésium. À ce stade, **l'échange ionique ne peut plus avoir lieu**, et l'eau ressort aussi dure qu'à l'entrée (Les ions calcium et magnésium ne peuvent plus y être fixés.

- **Régénération d'adoucisseur :**

Pour restaurer le pouvoir d'échange de la résine, il est nécessaire de procéder à une **régénération**. Cette opération consiste à **remettre en contact la résine saturée avec une**

solution riche en sodium, permettant de **remplacer les ions calcium et magnésium fixés** par de nouveaux ions sodium.

Cette **régénération** est réalisée à l'aide d'une solution concentrée de chlorure de sodium **(NaCl)**, appelée **saumure**, obtenue par dissolution dans l'eau de sel raffiné sous forme de pastilles ou granulés. Étant donné que la résine préfère toujours les ions calcium et magnésium, il est nécessaire d'utiliser un excès d'ions sodium pour que l'échange inverse soit efficace.

Dans notre station de traitement des eaux, on trouve trois adoucisseurs, dont deux en fonctionnement et un en By-pass.

L'eau adoucie est ensuite distribuée vers des cuves de stockage dédiées :

- Une cuve pour l'eau froide
- Une cuve pour l'eau chaude
- Une cuve pour la JAVEL
- Une cuve pour le liquide

Chaque cuve est équipée de capteurs de niveau et de dispositifs de sécurité afin de garantir un stockage optimal et une distribution contrôlée de l'eau adoucie selon les besoins du site industriel.



Figure II.2 : Les adoucisseurs n°1 et 2 de la station.

II.4 Analyse des équipements électriques existants

Dans cette partie, nous présenterons les différents instruments de la station. On peut les diviser en trois catégories :

- Pré-actionneurs (contacteurs, disjoncteurs moteurs...) ;
- Actionneurs (pompes, vannes pneumatiques...) ;
- Capteurs (niveau, pression, température, etc.).

II.4.1 Pré-actionneurs

Un pré-actionneur est un dispositif électronique ou électromécanique permettant d'adapter, amplifier ou convertir un signal de commande provenant d'un système de contrôle (ex. : contacteur) en un signal utilisable par un actionneur (pompe, moteur, vanne…). Il agit comme une interface entre la commande et l'action. **[2]**

II.4.1.1 Les contacteurs

Un contacteur est un appareil électrique il assure la fonction de **commutation** (interrupteur commandé électriquement), dont l'enclenchement et le déclenchement peuvent-être actionnés à distance. Le contacteur à exclusivement deux positions **(MARCHE/ARRÊT)** et s'active de manière monostable, en général sans précautions particulières. **[4]**



Figure II.3 : Contacteur Schneider - Electric

- **Son fonctionnement :**

La bobine du contacteur, alimentée en courant alternatif ou continu, produit un champ magnétique lorsqu'elle reçoit de l'énergie. Ce champ attire l'armature mobile vers la partie fixe du circuit magnétique. Ce mouvement provoque alors soit la fermeture, soit l'ouverture des contacts, selon leur type : **NO** (normalement ouvert) ou **NF** (normalement fermé).

Lorsque l'alimentation de la bobine est coupée, le ressort de rappel pousse l'armature mobile pour la ramener à sa position initiale. Cela entraîne l'inverse de l'action précédente : les contacts se rouvrent ou se referment, en fonction de leur configuration.

II.4.1.2 Les relais thermiques

Un relais thermique est un dispositif de protection qui protège le moteur contre les surcharges. Les coupures de phase, les démarrages trop longs et les blocages prolongés des moteurs. Pour cela, il surveille en permanence le courant dans le récepteur. **[5]**



Figure II.4:Relais thermique Schneider Electric.

- **Principe de fonctionnement :**

Un relais thermique est composé de trois bilames, chaque bilame est fabriqué par deux métaux (nickel et fer ou chrome et fer) soudés ensemble par laminage à froid. Ces métaux possèdent des coefficients de dilatation différents, ce qui permet la déformation du bilame lorsqu'il est chauffé.

Chaque bilame est traversé par le courant d'une phase et entouré d'un enroulement chauffant, ce qui provoque un échauffement en cas de surcharge. La chaleur générée déforme les bilames, ce qui déclenche un mécanisme d'ouverture d'un contact auxiliaire intégré au circuit de commande du contacteur. Ce dernier ouvre alors le circuit d'alimentation du moteur, arrêtant ainsi son fonctionnement.

Lorsque les bilames refroidissent, le relais peut être réarmé soit manuellement, soit de façon automatique, selon le type de relais.

Pour éviter les déclenchements intempestifs dus à la température ambiante, un dispositif de compensation thermique est intégré au relais, maintenant une sensibilité stable quelle que soit l'ambiance extérieure.

Le relais thermique n'interrompt pas directement le courant de puissance : il n'a aucun pouvoir de coupure. Il agit uniquement sur le circuit de commande en ouvrant un contact auxiliaire (95-96) qui coupe l'alimentation de la bobine du contacteur, ce qui entraîne l'arrêt du moteur.

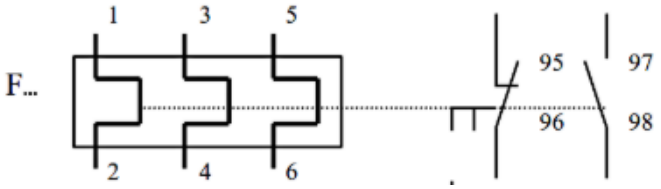


Figure II.5: Symbol de relais thermique.

II.4.1.3 Disjoncteur moteur

Un disjoncteur moteur est un dispositif électromécanique de protection, Il a pour fonction d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre les surintensités. Les surintensités sont décomposées en surcharge ou court-circuit.



Figure II.6 : Disjoncteur moteur Schneider Electric.

- **Principe de fonctionnement :**

Le disjoncteur moteur assure une double protection thermique et magnétique, offrant ainsi une sécurité complète pour les moteurs électriques. Il est équipé d'un bouton-poussoir en façade permettant une commande manuelle, et intervient automatiquement en cas de surcharge ou de court-circuit, en coupant l'alimentation pour éviter tout dommage.

La protection thermique du disjoncteur est réglable, ce qui permet d'adapter l'appareil aux caractéristiques du moteur. Le calibrage de l'intensité doit correspondre à la valeur indiquée sur la plaque signalétique du moteur, exprimée en ampères, afin de garantir une protection efficace et précise. **[6]**

- *Protection thermique :*

La protection thermique, également appelée déclencheur thermique, joue un rôle essentiel contre les surcharges. Elle est assurée par un bilame qui surveille chaque phase du moteur. Lorsqu'une surintensité prolongée survient, le bilame chauffe et déclenche un mécanisme qui ouvre les contacts, interrompant ainsi le circuit.

Le seuil de déclenchement thermique est ajustable sur le disjoncteur moteur. Cela permet notamment de tolérer un courant d'appel élevé lors du démarrage du moteur sans déclenchement intempestif.

Chaque disjoncteur moteur dispose d'une plage de réglage pour adapter précisément la protection à l'intensité nominale du moteur. Ce réglage s'effectue facilement à l'aide d'une molette située en façade de l'appareil.

- *Protection magnétique :*

La protection magnétique, également appelée déclencheur magnétique, intervient en cas de court-circuit. Elle repose sur un électroaimant qui, en cas de surintensité brutale, génère un champ magnétique déclenchant une partie mobile. Ce mouvement provoque alors l'ouverture instantanée des contacts, interrompant le circuit pour protéger le moteur.

Contrairement à la protection thermique, le seuil de déclenchement magnétique n'est pas réglable. Il est prédéterminé en usine pour réagir immédiatement dès qu'un court-circuit est détecté.

II.4.1.4 Distributeur

Un distributeur est un organe de commande pneumatique ou hydraulique qui dirige et module la circulation d'un fluide (air comprimé, eau, huile...) dans un circuit.

Il agit en ouvrant, fermant ou changeant la direction du flux à travers ses différents orifices.

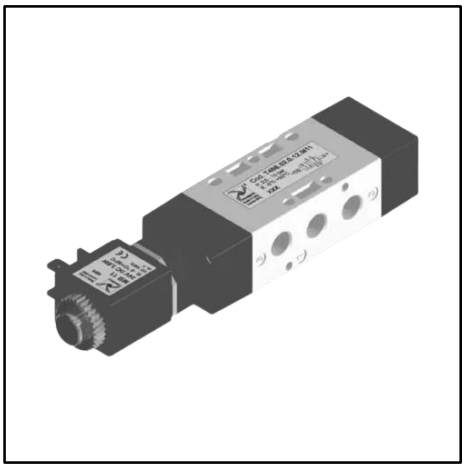


Figure II.7 : Distributeur pneumatique 3/2

- **Principe de fonctionnement :**

L'électrovanne 3/2 est un dispositif utilisé pour commander l'écoulement de l'air comprimé à travers les systèmes pneumatiques. Trois orifices et deux positions, l'état de repos de la vanne

est maintenu par un ressort qui active ou désactive le passage de l'air. Lorsque l'électrovanne est alimentée, le solénoïde crée un champ magnétique qui détient la disposition interne de la vanne contre la force du ressort, ce qui permet à l'air de circuler à travers les voies prescrites. Hors contact, l'électrovanne se replie à sa position initiale. Ce mécanisme permet un contrôle précis de la distribution de l'air comprimé.

II.4.2 Actionneurs

Un actionneur est un dispositif qui convertit un signal de commande (souvent électrique) en une action physique. Il peut produire un déplacement, une force ou un changement d'état mécanique, en utilisant différentes formes d'énergie : électrique, pneumatique ou hydraulique. Les actionneurs permettent de commander des éléments physiques comme des vannes, moteurs, vérins ou relais. **[3]**

II.4.2.1 Les pompes

Les pompes installées à la station de traitement des eaux sont :

II.4.2.1.1 Pompe multicellulaire verticale MVP 18-900/9 :

La pompe multicellulaire est une pompe de surface équipée de plusieurs turbines hydrauliques montées en série (par opposition à une pompe monocellulaire, qui n'en possède qu'une seule). Cette configuration permet de générer une pression élevée, tout en maintenant un débit constant.

Grâce à son haut rendement hydraulique, la pompe multicellulaire est particulièrement adaptée aux applications nécessitant une pression importante, comme :

- Les systèmes de surpression
- Les réseaux industriels
- Les stations de traitement d'eau
- Les installations de refroidissement ou d'irrigation

Elle est largement utilisée pour augmenter la pression en sortie de pompe, tout en assurant une grande fiabilité et une faible consommation énergétique.



Figure II.7 : Pompe multicellulaire verticale MVP 18-900/9

- **Principe de fonctionnement :**

Dans une pompe multicellulaire, plusieurs turbines, également appelées roues à aubes, sont disposées en série. À chaque passage du fluide dans une turbine, sa vitesse augmente, ce qui entraîne une élévation progressive de la pression. Cette montée en pression permet d'atteindre une hauteur de refoulement plus importante. Par ailleurs, le débit élevé associé à cette pression optimisée contribue à un meilleur rendement global, tout en maintenant une consommation électrique réduite, ce qui en fait une solution performante et économe en énergie.

- **Caractéristiques techniques des pompes multicellulaires verticales MVP 18-9009 existant dans la station :**

La station est équipée de **quatre pompes multicellulaires de type MVP**, installées en aval de la cuve d'eau brute filtrée et en amont du système d'adoucissement. Ces pompes assurent le transfert du fluide sous haute pression vers les étapes suivantes du traitement. Leur rôle est essentiel pour garantir une alimentation régulière et sous pression du système d'adoucissement, tout en maintenant un rendement énergétique optimal. Dont voici les principales caractéristiques techniques :

Tableau II-1 : les caractéristiques techniques des pompes MVP 18900/9 de la station.

Caractéristiques	Valeurs
Pression maximale de service	14 bars
Température ambiante maximale	40 °C
Température maximale du liquide transporté	35 °C
Puissance du moteur	6,6 kW (9 HP)
Type de moteur	Triphasé
Configuration du moteur	Asynchrone, 2 pôles, avec protection thermique intégrée
Classe d'isolation	Classe F
Indice de protection (IP)	IP44
Tension d'alimentation	230/400 V ±10 %, 50 Hz (triphasé)

II.4.2.2 Vannes pneumatique

La figure ci-dessus montre un actionneur pneumatique rotatif qui sert à automatiser l'ouverture et la fermeture d'une vanne (Papillon ou à boule).



Figure II.8: Vanne pneumatique INOXPA

- **Principe de fonctionnement :**

Le rotary air actuator fonctionne grâce à l'énergie de l'air comprimé. Lorsque de l'air est injecté dans le cylindre de l'actionneur, il pousse un piston qui transforme ce mouvement linéaire en mouvement rotatif. Ce mouvement est transmis à l'axe de la vanne, permettant ainsi son ouverture ou sa fermeture. Selon le type d'actionneur (simple ou double effet), l'air comprimé agit soit uniquement pour ouvrir (un ressort ferme ensuite automatiquement), soit pour ouvrir et fermer la vanne.

- **Caractéristiques techniques des vannes pneumatiques existant dans la station :**

Tableau II-2 : Les caractéristiques techniques des vannes pneumatique de la station.

Caractéristiques	Valeurs
Type de fonctionnement	Double effet (Double-acting)
Vannes compatibles	Vannes papillon (25 mm à 76 mm) et vannes à boisseau sphérique (DN 8 à DN 40)
Temps de fermeture	1,5 seconde
Pression d'air comprimé	6 bar - 8 bar
Signal de sortie	TOR
Température ambiante	-10°C à +121°C.

II.4.3 Capteurs

Les capteurs sont essentiels dans l'instrumentation : ils servent à mesurer l'état du procédé en temps réel et à transmettre des informations fiables pour permettre un fonctionnement automatisé, sécurisé et efficace.

En fonction du type de capteur, le signal électrique généré peut présenter différentes formes :

- Signal de mesure analogique : Il s'agit d'un signal dont la valeur varie de manière continue en fonction de la grandeur mesurée **(mesurande)**, selon une relation souvent linéaire. Courant 0 - 20mA, 4 - 20mA, Tension 0 – 10V, 0 – 5V
- Signal de mesure numérique : mode parallèle ou mode série.
- Signal de mesure logique : il ne comporte que deux valeurs possibles, c'est un tout ou rien **(TOR)**.



Figure II.9 : Schéma représente le principe de fonctionnement d'un capteur

II.4.3.1 Pressostats

Les pressostats sont des appareils utilisés essentiellement dans les installations frigorifiques et de conditionnement de l'air pour assurer une protection contre une pression d'aspiration trop faible ou une pression de refoulement trop élevée. Ils peuvent également être utilisés comme appareils de régulation de pression et de température de condensation des machines frigorifiques. Ces appareils sont présents aussi dans les installations de conditionnement de l'air pour contrôler l'encrassement des filtres. En cas général, Le principe de régulation des pressostats est celui de la boucle courte et fermée : Le paramètre mesuré sera contrôlé. C'est un appareil de régulation dit TOR (Tout Ou Rien) ou encore, Marche / Arrêt.

On distingue principalement deux types : les pressostats mécaniques, à membrane ou à piston avec ressort de rappel. Simple, robuste, pas besoin d'alimentation externe. Les pressostats électroniques, capteurs intégrés, plus précis, souvent avec affichage digital et programmation multiple.

Il joue donc un rôle essentiel dans la sécurité des installations, que ce soit pour garantir un fonctionnement optimal ou pour détecter un défaut de pression.

Le modèle installé dans la station : **Danfoss KP36**



Figure II.10 : Pressostat Danfoss

- **Principe de fonctionnement :**

Le pressostat fonctionne selon un principe simple mais essentiel : il agit comme un interrupteur commandé par la pression d'un fluide. Lorsqu'un liquide ou un gaz pénètre dans le pressostat, la pression exercée agit sur un élément sensible, généralement une membrane ou un piston. Cet élément se déforme sous l'effet de la pression et vient contrer un ressort dont la force est réglée selon une valeur de consigne prédéfinie. Lorsque la pression atteint ou dépasse cette valeur, le mouvement mécanique active un contact électrique interne (normalement ouvert **NO** ou normalement fermé **NF**). Ce changement d'état permet de commander un équipement externe, comme l'activation ou l'arrêt d'une pompe, d'une alarme ou d'un autre dispositif. Une fois la pression redescendue en dessous d'un certain seuil « défini par un différentiel de pression » le pressostat revient à son état initial.

- **Caractéristiques techniques de pressostat existant dans la station :**

Le pressostat est installé sur des pompes multicellulaires, directement sur la ligne de refoulement. Il est couplé à un manomètre afin de mesurer en temps réel la pression du fluide en sortie des pompes. Le tableau suivant représente les caractéristiques techniques de pressostat installé :

Tableau II-3 : Les caractéristiques techniques de pressostat.

Caractéristiques	Valeurs
Modèle	Danfoss KP36
Plage de réglage de pression	2 à 14 bars
Indice de protection (IP)	IP30
Signal de sortie	TOR
Pression différentielle	0,7 bar à 4 bars
Température ambiante	-40 °C à +65 °C
Type de contact	SPDT (unipolaire à double bascule)
Capacité des contacts électriques	AC155 : 10 A / 400 V AC16 : 16 A / 400 V AC37 : 16 A / 400 V DC138 : 12 W / 220 V LR9 : 112 A / 400 V
Élément de détection	Soufflet métallique
Fonction de réarmement	Réarmement automatique

II.4.3.2 Manomètre

Le manomètre NPPC est un instrument de mesure analogique conçu pour afficher la pression d'un fluide, qu'il s'agisse d'un liquide ou d'un gaz, dans un système fermé. Ce type de manomètre utilise un mécanisme à tube de Bourdon, dont la déformation, proportionnelle à la pression exercée par le fluide, est transmise à une aiguille mobile indiquant la valeur sur un cadran gradué.

L'instrument présente une double échelle de lecture, en bar (unité du Système International) et en PSI (pounds per square inch), ce qui permet de l'utiliser dans différents contextes internationaux. Sa fabrication en acier inoxydable lui assure une forte résistance contre la corrosion et une excellente longévité dans les milieux industriels.



Figure II.11 : Manomètre NPPC

- **Principe de fonctionnement :**

Les manomètres de pression sont installés sur les conduites du circuit au moyen d'un raccord, dans le but de mesurer la pression d'un fluide, qu'il soit liquide ou gazeux. Le fluide accède à l'intérieur du manomètre par ce raccord, générant ainsi une pression dans le boîtier. Cette pression provoque une déformation du tube de Bourdon, composant principal de détection. La déformation mécanique ainsi engendrée est transmise par un système de liaison (tirant de transmission), entraînant la rotation de l'aiguille sur un cadran gradué, permettant ainsi la lecture de la valeur de la pression.

II.4.3.3 Capteur de niveau « RADAR »

Un capteur de niveau est un dispositif électronique conçu pour mesurer la hauteur d'un liquide ou d'un matériau à l'intérieur d'un réservoir, d'une cuve ou de tout autre contenant. Il repose sur l'utilisation d'ondes électromagnétiques à haute fréquence (généralement dans la bande des micro-ondes) pour déterminer la distance entre le capteur et la surface du produit mesuré.



Figure II.12 : Radar VEGA "Capteur de niveau"

- **Principe de fonctionnement :**

Le VEGAPULS 21 utilise la technologie radar 80 GHz pour mesurer sans contact le niveau de liquides ou de solides en vrac.

Le capteur émet des ondes radar via son antenne ; ces ondes sont réfléchies par la surface du produit mesuré. Le temps mis par le signal radar pour revenir est analysé afin de calculer précisément la distance ou la hauteur de remplissage.

Cette méthode assure une mesure fiable, insensible aux variations de température, de pression, ou aux propriétés du fluide.

- **Caractéristique des radars existants dans la station :**

Le radar VEGAPULS 21 est installé sur la cuve d'eau brute filtrée. Le tableau suivant représente les caractéristiques techniques de radar installé :

Tableau II-4 : Les caractéristiques techniques des radars dans la station.

Caractéristiques	Valeurs
Plage de mesure	Jusqu'à 15 mètres
Précision	±2 mm
Angle du faisceau radar	8°
Fréquence de mesure	Bande W (80 GHz)
Type de signal de sortie	Analogique

	4–20 mA
Communication	HART
Pression de procédé	- 1 à +3 bars
Température de procédé	−40 °C à +80 °C
Tension d'alimentation	12 à 35 V DC

II.4.3.4 Débitmètre électromagnétique

Débitmètre électromagnétique destiné à mesurer le débit volumique de liquides conducteurs. Il est conçu pour des applications exigeantes nécessitant haute précision, robustesse et résistance aux conditions sévères.



Figure II.13 : Débitmètre OPTIFLUX

- **Principe de fonctionnement :**

Le débitmètre **OPTIFLUX 4300 C** fonctionne selon le principe de l'induction électromagnétique (loi de Faraday).

Lorsqu'un liquide conducteur circule dans un champ magnétique généré par l'appareil, une tension est induite perpendiculairement au flux. Cette tension est captée par des électrodes et proportionnelle à la vitesse du fluide. Le débit est ensuite calculé à partir de la section du tuyau.

- **Caractéristiques techniques de débitmètre existant dans la station :**

Tableau II-6 : Les caractéristiques techniques des radars dans la station.

Caractéristiques	Valeurs
Plage de mesure	De DN2, 5 à DN3000 (1/10" à 120")
Conductivité minimale du fluide	> 1 µS/cm
Contenu en solides dans le fluide	Jusqu'à 70 %
Type de fluides compatibles	Liquides conducteurs, y compris boues, liquides chargés
Débitmètre (OPTIFLUX 4300 C)	±0,2 % de la valeur mesurée
Convertisseur (IFC 300)	±0,15 % de la valeur mesurée ± 1 mm/s
Pression maximale	Jusqu'à 40 bars (580 psi)
Température du fluide	De −40 °C à +180 °C
Température ambiante (afficheur)	Affichage affecté en dessous de -25 °C
Sorties analogiques	4–20 mA
Sorties discrètes	Contact d'alarme, impulsions, fréquence, état

II.5 Identification des problèmes de la ligne de traitement d'eau

La station fonctionne de manière entièrement manuelle, exigeant la présence permanente d'un opérateur pour contrôler chaque phase du cycle de traitement. Aucune automatisation n'est mise en œuvre pour gérer les flux, les niveaux, ou les équipements

Les missions principales de l'opérateur consistent à :

- Vérifier manuellement la capacité des cuves de stockage pour s'assurer qu'elles peuvent contenir la quantité d'eau à recevoir.
- Commander manuellement l'ouverture/fermeture des vannes concernées pour réguler le transfert d'eau entre les différentes étapes (filtration, adoucissement, stockage).
- Activer et désactiver manuellement les pompes utilisées pour le transfert de l'eau entre les différentes parties de la station.

- Surveiller les niveaux sans système d'alerte, ce qui peut conduire à des débordements ou à des manques de remplissage.

On peut résumer les problèmes de fonctionnement de la station actuelle comme suit :

➢ Manque d'automatisation et de supervision :

- Contrôle manuel de chaque étape (flux, niveaux, équipements).
- Absence de système de supervision centralisé pour la visualisation temps réel.
- Équipements (pompes/vannes) pilotés indépendamment sans coordination.

➢ Détection des pannes retardée :

En cas de dysfonctionnement d'une pompe ou d'une vanne, aucune alarme immédiate ne prévient l'opérateur. Cela peut entraîner des arrêts prolongés ou des interventions tardives.

➢ Contrôle qualité absent :

- Risque d'envoi d'eau non conforme à la production.

II.6 Solutions techniques proposées

Suite à l'analyse du fonctionnement actuel de la station, et à ses limitations, les solutions suivantes sont proposées pour optimiser le processus, sécuriser les installations et réduire la dépendance à l'intervention humaine :

- Mettre en place une automatisation complète des étapes de traitement (filtration, adoucissement, stockage).
- Proposition de la nouvelle instrumentation adaptée au nouveau système d'automatisation proposé.
- Ajouter un système de supervision pour contrôler en temps réel l'ensemble du processus, visualiser les alarmes et les historiques de fonctionnement.

II.7 Instrumentation proposée pour ces solutions

La réussite de l'automatisation du processus industriel repose essentiellement sur le choix et l'intégration judicieuse des instruments de mesure et de contrôle. Ces instruments doivent être fiables, précis et adaptés aux conditions spécifiques de l'installation (milieu humide, présence de produits chimiques, variations de débit et de pression).

L'instrumentation proposée pour l'automatisation de cette station de traitement d'eau couvre l'ensemble des paramètres critiques du processus de traitement d'eau, en garantissant une meilleure supervision et un pilotage optimal.

II.7.1 Sonde PH

Une sonde de pH est un instrument de mesure permettant de déterminer l'acidité ou la basicité d'un liquide.

Dans notre projet, cette sonde sera installée à la sortie de l'adoucisseur, afin de vérifier le pH de l'eau adoucie. Cela permet de contrôler que le processus d'adoucissement n'a pas altéré l'équilibre chimique de l'eau.

Chez Henkel, le contrôle du pH est également réalisé par des méthodes en laboratoire, mais l'ajout d'un capteur en ligne permettra un suivi en temps réel et une réactivité immédiate en cas de dérive.



Figure II.14 : pH Sonde

II.7.2 Capteur Fin de course

Un interrupteur de fin de course est un dispositif électromécanique utilisé pour détecter la présence ou l'absence d'un objet ou la position finale d'un élément mobile, par contact physique direct.

Lorsque l'objet atteint une position prédéfinie, le capteur est actionné mécaniquement et envoie un signal électrique à l'automate ou au système de commande.

Ce type de capteur est couramment utilisé pour détecter la fin de course d'un mouvement mécanique (comme une vanne ou un vérin) afin de garantir que les opérations restent dans les limites prévues du système. **[4]**

Dans notre projet, nous allons les utiliser spécifiquement détecter d'état des vannes pneumatiques, afin de confirmer vérifier leur position (ouverte ou fermée).



Figure II.15 : Capteur de fin de course

II.7.3 Capteur de pression

Un capteur de pression est un dispositif qui mesure la pression d'un fluide (liquide ou gaz) et convertit cette grandeur physique en un signal électrique exploitable. Ce signal peut être analogique (tension ou courant) ou numérique, permettant ainsi la surveillance, le contrôle ou l'enregistrement de la pression dans divers systèmes industriels.

Dans notre projet, nous avons sélectionné ce capteur réguler de la pression et protéger les adoucisseurs. Une pression mal maîtrisée pourrait en effet endommager les résines ou réduire leur efficacité, ce qui compromettrait la qualité du traitement.



Figure II.16 : Capteur de pression

II.7.3.1 Capteur de conductivité

Dans notre projet, ce capteur sera utilisé en aval de l'adoucisseur, afin de vérifier l'efficacité du traitement. Une eau bien adoucie présente une conductivité plus faible, ce qui indique une faible concentration en ions indésirables.

Ce capteur est donc un indicateur indirect de la saturation des résines échangeuses d'ions, et permet de déclencher ou programmer une régénération si nécessaire.



Figure II.17 : Capteur de conductivité

II.8 Les équipements de la partie commande

La partie commande constitue l'élément fondamental de l'automatisation de la station. Cette partie a pour rôle de gérer, piloter et surveiller l'ensemble des opérations garantissant un fonctionnement fiable, sécurisé et optimisé. Le choix des équipements de commande s'est basé sur : la complexité du système, la capacité d'évolution, la compatibilité avec l'instrumentation proposée, et enfin la simplicité de maintenance et d'exploitation.

II.8.1 Automate Programmable Industriel (API)

Le cœur du système de commande est l'Automate Programmable Industriel, pour la gestion automatique des systèmes de commande des installations électriques industrielles, on utilise les PLC c'est-à-dire les Programmable Logic Controller d'où Automates Programmables Industriels.

Le modèle proposé pour notre projet : **Siemens S7-1500**.

- **Caractéristiques principales :**

- Modularité : conception modulaire permettant d'ajouter ou de remplacer facilement des modules selon les besoins.
- Unités centrales puissantes : processeurs rapides avec différentes capacités pour s'adapter aux applications.

- Interfaces de communication intégrées : PROFINET et, selon les modèles, PROFIBUS pour échanger avec la périphérie décentralisée.
- Modules d'entrées/sorties variés : numériques et analogiques pour un contrôle précis des signaux terrain.
- Modules de communication et technologiques : pour étendre les fonctionnalités (protocoles industriels, comptage rapide, mesure).
- Haute performance et fiabilité : temps de cycle optimisés et diagnostic intégré pour une surveillance efficace.
- Intégration dans TIA Portal : programmation et configuration simplifiées dans un environnement unifié.

Cet automate sera responsable de contrôler le processus, de réguler en temps réel, et d'allouer et de sécuriser les intrants.



Figure II.18 : API Siemens S7-1500

II.8.2 Interface Homme-Machine (IHM)

Pour permettre une interaction conviviale entre l'opérateur et la station, Le modèle proposé pour notre projet : **Écran tactile TP 700 comforte 7''(Siemens)**.

- **Caractéristiques principales :**

- Visualisation dynamique du procédé en temps réel (niveaux, pressions, débits, alarmes, états de marche/arrêt).
- Accès rapide aux paramètres de configuration.
- Historique des alarmes et événements pour analyse.

- Commandes manuelles d'urgence (Start/Stop d'équipements).



Figure II.19 : Ecran tactile TP 700 comfort Siemens.

II.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons détaillé le fonctionnement de la station de traitement des eaux, présenté les équipements électriques existants, puis nous avons défini, sur la base de cette analyse fonctionnelle, l'instrumentation requise (capteurs et actionneurs) pour l'automatisation complète du processus. Cette solution intégrée ouvre la voie à une régulation précise et une supervision centralisée, garantissant à terme un fonctionnement optimisé, sécurisé et économiquement viable de l'installation.

Chapitre

III

Modélisation et automatisation de la station : intégration les solutions proposées

III.1 Introduction

L'automatisation industrielle joue un rôle fondamental dans l'amélioration des performances, la fiabilité des installations et l'optimisation des processus. Dans le cadre du traitement des eaux industrielles, elle permet de garantir un contrôle rigoureux de chaque étape, d'assurer la qualité de l'eau traitée et de réduire les interventions manuelles susceptibles d'engendrer des erreurs ou des retards.

Ce chapitre présente la démarche de modélisation et d'automatisation de la station de traitement des eaux de l'entreprise Henkel, en détaillant le cahier des charges, la modélisation Grafcet, puis l'intégration des solutions d'automatisation via TIA Portal V18.

III.2 Cahier des charges de fonctionnement de la station

III.2.1 Le fonctionnement de la ligne des filtres à sable

L'objectif de ce système est d'assurer la filtration de l'eau brute à l'aide de deux filtres à sable.

- Initialisation du cycle : Le déclenchement du cycle se fait via une **commande manuelle "Dcy"** (Départ Cycle) et le.
- Les deux filtres sont prêt.
- Fonctionnement du filtre :

- Si le Filtre 1 est en service (FS1P) et le Filtre 2 hors service (FS2P)
- Si le Filtre 2 est en service (FS2P) et que le Filtre 1 hors service (FS1P)

- Ouverture/fermeture des vannes selon le filtre sélectionné :

- Si Filtre 1 est sélectionner :

- Ouverture des vannes : VO5, VO6, VO8
- Fermeture des vannes : VF9, VF11
- Le passage à l'étape suivante est conditionné par la vérification de : V5, V6, V8 ouverts et V9, V11 fermés

- Si Filtre 2 est sélectionné :

- Ouverture des vannes : VO5, VO9, VO11
- Fermeture des vannes : VF6, VF8
- Le passage à l'étape suivante est conditionné par la vérification de : V5, V9, V11 ouverts **et** V6, V8 fermés

- Mise en marche de la pompe de transfert :

- Condition : DPPE (Démarrage de la Pompe de Transfert).
- Dès que les vannes sont correctement positionnées, la pompe est activée.

➢ Arrêt de la pompe :

- La pompe continue à fonctionner jusqu'à l'atteinte du niveau d'eau maximal dans la cuve, ou la fin des 45 minutes.
- Elle est ensuite arrêtée automatiquement via le signal APPE (Arrêt de la Pompe de Transfert).

➢ Fin du cycle et Fermeture des vannes : Toutes les vannes utilisées dans le cycle sont fermées VF5, VF6, VF8, VF9, VF11

III.2.2 Le fonctionnement des adoucisseurs 1 et 2

L'objectif de ce système est d'assurer la production continue d'eau adoucie en alternant le fonctionnement entre deux adoucisseurs (ADS1 et ADS2), tout en intégrant des phases de temporisation et de régénération automatique.

➢ Initialisation du cycle : Le cycle débute lorsque les deux adoucisseurs sont disponibles : ADP1 et ADP2 prêt pour le fonctionnement.

➢ Mise en service de l'adoucisseur 1 :

- L'adoucisseur 1 (AD1) est mis en service.
- Il fonctionne pendant 15 minutes

➢ Mise en service de l'adoucisseur 2 :

- L'adoucisseur 2 (AD2) est activé pour fonctionner, Simultanément avec l'adoucisseur 1 pendant 15 minuts

➢ Basculement vers AD2 :

- L'adoucisseur 2 (AD2) reste en service pendant 15 minutes alors qu'AD1 est arrêté.

➢ Fin du cycle et retour à l'alternance :

- L'adoucisseur 1 est prêt à reprendre la production.
- AD2 est terminé.
- ADS2 est désactivé.

III.2.3 Remplissage des cuves

L'objectif de ce système est d'assurer le remplissage automatique de quatre cuves d'eau adoucie (chaude, froide, javel et liquide) à l'aide de quatre pompes de transfert.

- Initialisation du cycle :
- Le déclenchement du cycle se fait via une **commande manuelle "Dcy"** (Départ Cycle).
- Le cycle s'active si au moins une des quatre cuves atteint un niveau minimal dans la cuve d'eau adoucie chaude, cuve d'eau adoucie froide, cuve d'eau adoucie JAVEL ou la cuve d'eau adoucie liquide
- Choix des pompes :

- Si l'adoucisseur 1 (ADS1) et l'adoucisseur 2 (ADS2) sont en service, et aucun défaut n'est détecté sur PPE3 et PPE4 (CD3, CD4 inactifs) : Activation des pompes PPE3 et PPE4.
- Si l'adoucisseur 3 (ADS3) est en service, et aucun défaut n'est détecté sur PPE1 et PPE2 **(**CD1, CD2 inactifs) : Activation des pompes PPE1 et PPE2.

- Ouverture des vannes et démarrage des pompes :

• Si PPE3 et PPE4 sont activées :

- Ouverture des vannes : VO18, VO20, VO21, VO23, VO27, VO28
- Vérification de l'état des vannes par capteurs : VP15 (PPE3), VP16 (PPE4)
- Commandes de démarrage : DPPE3 et DPPE4

• Si PPE1 et PPE2 sont activées :

- Ouverture des vannes : VO13, VO14, VO24, VO26, VO28
- Vérification par capteurs : VP13 (PPE1), VP14 (PPE2)
- Commandes de démarrage : DPPE1 et DPPE2

- Condition d'arrêt du remplissage : Le remplissage se poursuit jusqu'à ce qu'un niveau maximal soit atteint dans l'une des cuves.
- Arrêt des pompes et fermeture des vannes :
- Les pompes concernées sont arrêtées automatiquement
- Fermeture automatique de toutes les vannes ouvertes durant le cycle : Vannes VF13 jusqu'à VF33
- La fermeture est confirmée par des capteurs de fin de course.

III.3 Modélisation en grafcet

III.3.1 Description du Grafcet

Le GRAFCET (Graphe Fonctionnel de Commande Étape-Transition), est un diagramme fonctionnel qui permet de représenter le comportement séquentiel d'un système automatisé. Il joue un rôle central dans la conception et le développement des systèmes de commande, notamment dans le cadre de l'automatisation des processus industriels.

Un GRAFCET se compose principalement de trois éléments :

- Les étapes, qui symbolisent les états stables du système. Chaque étape peut être associée à des actions exécutées tant que l'étape est active.
- Les transitions, qui lient deux étapes consécutives et sont franchies lorsque leur réceptivité est satisfaite (condition logique).
- Les actions, qui commandent des sorties ou déclenchent des opérations (ouverture de vannes, démarrage de pompe, etc.).

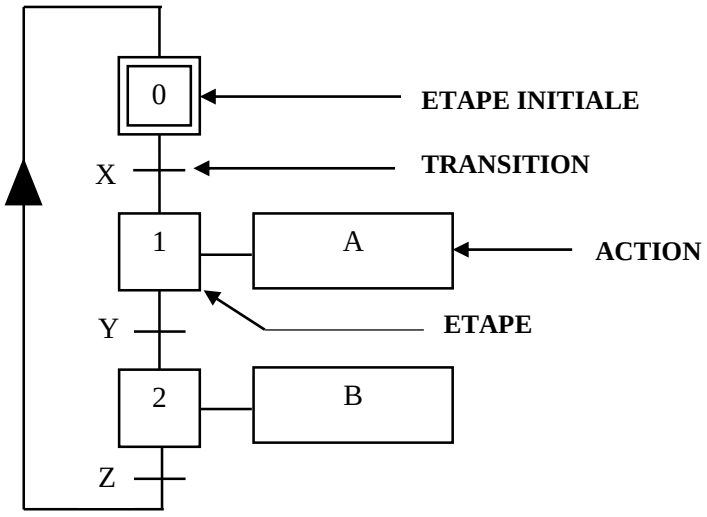


Figure III.1 : Structure et interprétation du GRAFCET.

III.4 Elaboration du Grafcet du système

III.4.1 Grafcet de sécurité

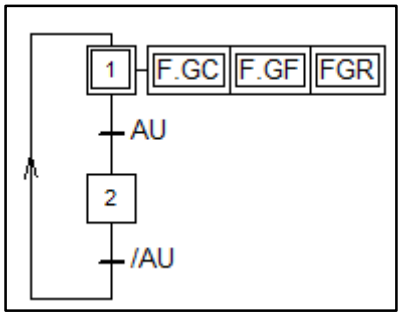


Figure III.2 : Grafcet de sécurité du système

III.4.2 Grafcet de conduite

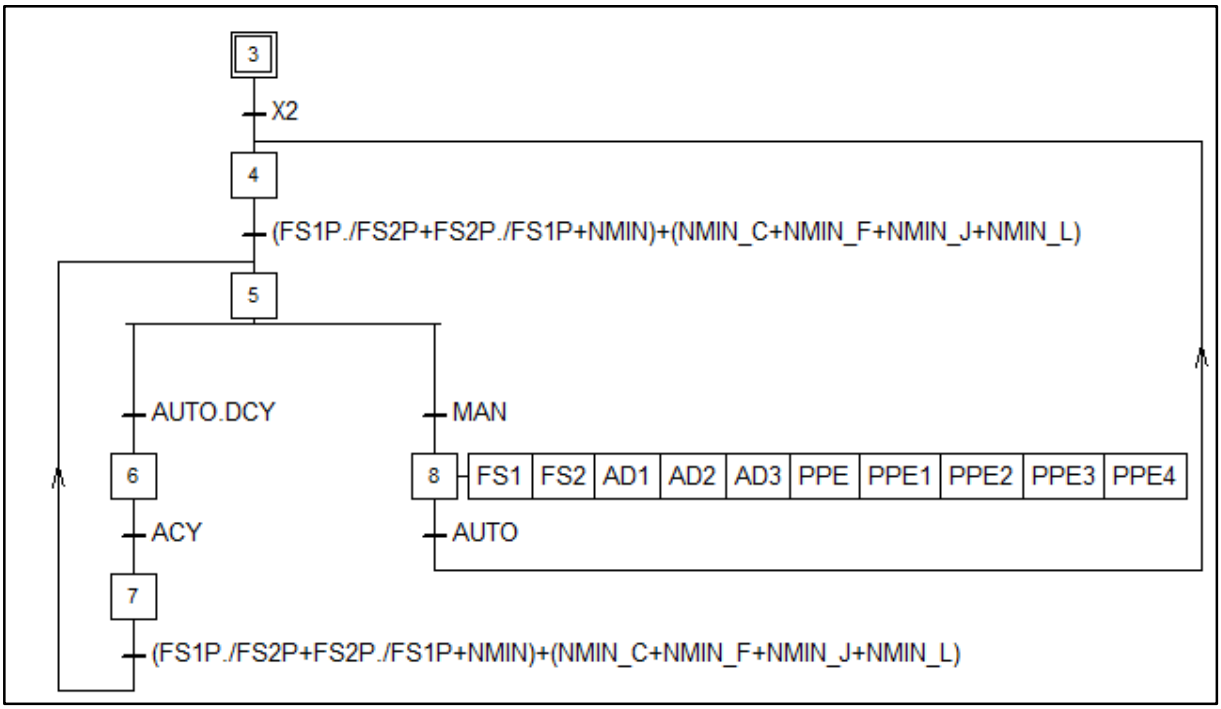


Figure III.3 : Grafcet de conduite du système

III.4.3 Grafcet de la ligne des filtres à sables

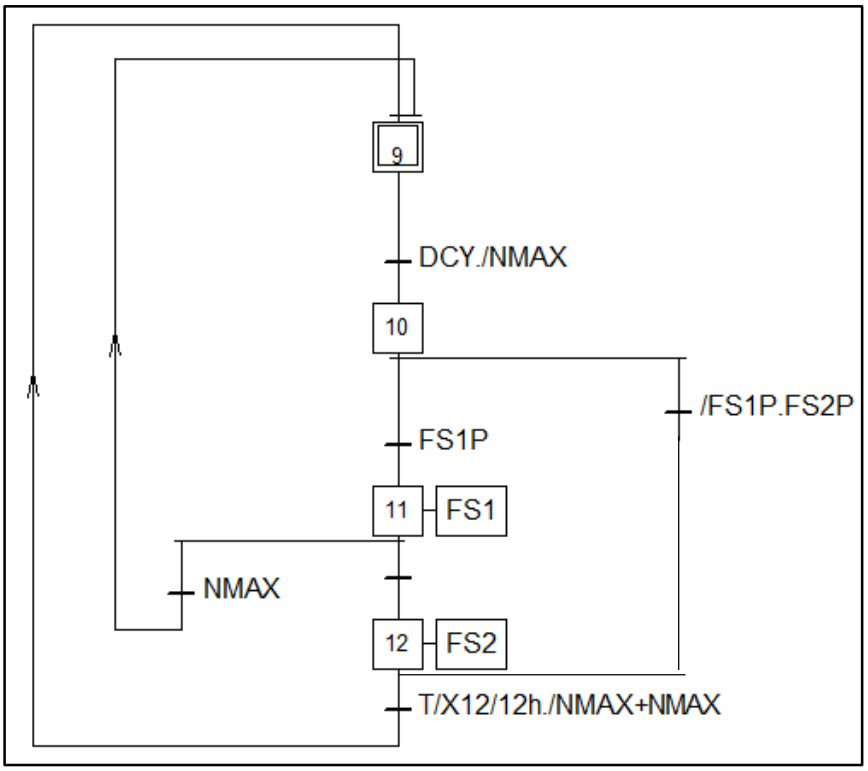


Figure III.4 : Grafcet des filtres à sables

III.4.4 Grafcet de la ligne de filtrage

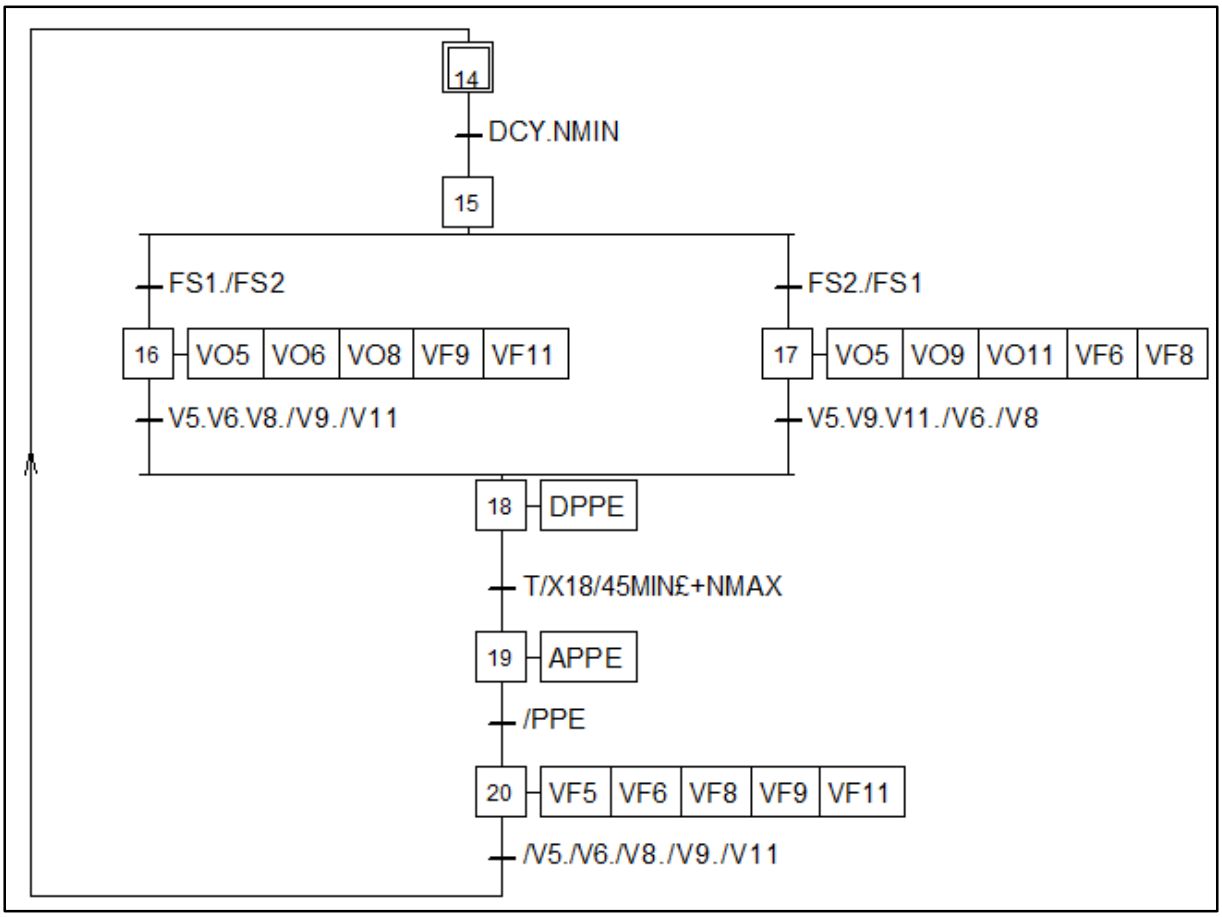


Figure III.5 : Grafcet de la ligne de filtrage

III.4.5 Grafcet pour le fonctionnement des adoucisseurs 1 et 2

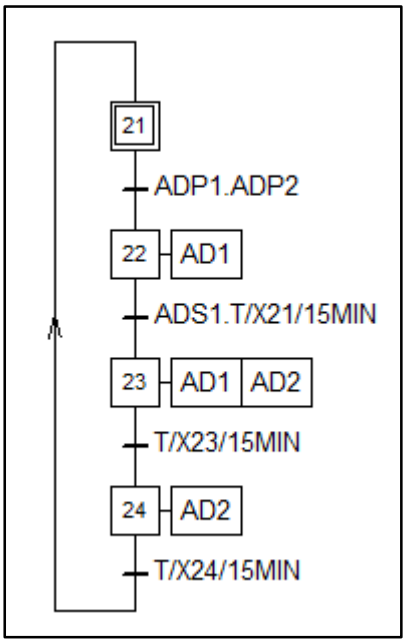


Figure III.6 : Grafcet de fonctionnement des adoucisseurs 1 et 2

III.4.6 Grafcet pour le remplissage des cuves

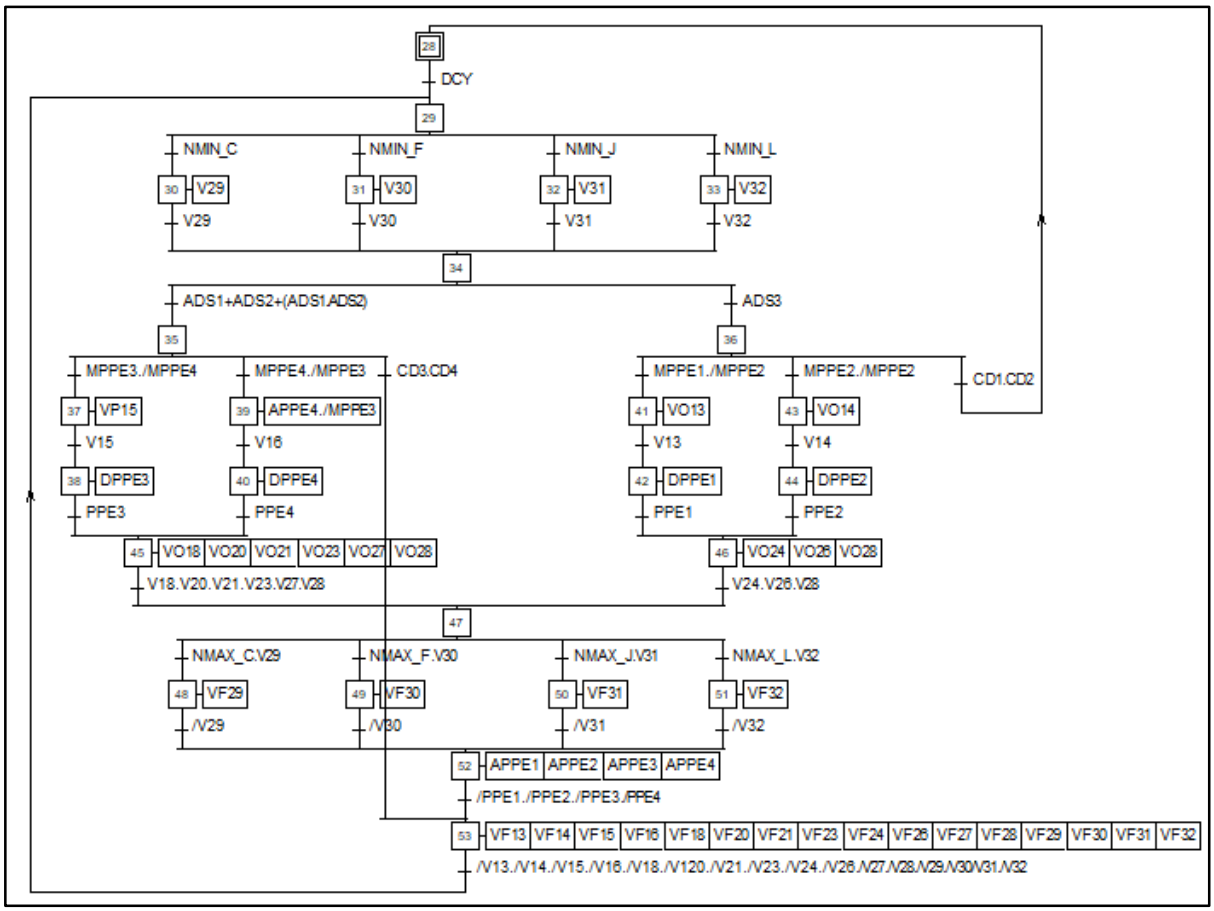


Figure III.7 : Grafcet de cycle de remplissage

III.5 Automatisation de la station via S7-1500 et TIA PORTAL V18

L'automatisation de la station de traitement des eaux a été réalisée à l'aide du logiciel TIA Portal V18, cet environnement de développement développé par Siemens permet la programmation, la configuration et la supervision des automates programmables industriels (API), notamment la gamme S7-1500 utilisée dans ce projet.

III.5.1.1 Partie hardware de l'automatisation

L'architecture matérielle constitue la base physique sur laquelle repose toute l'automatisation de la station de traitement des eaux. Cette partie regroupe l'ensemble des équipements nécessaires à l'acquisition des signaux, à leur traitement et à la commande des actionneurs.

III.5.1.2 Architecture globale du système

Le schéma de la Figure III.10 illustre l'architecture globale du système automatisé mis en place pour la station de traitement des eaux au sein de l'entreprise Henkel.

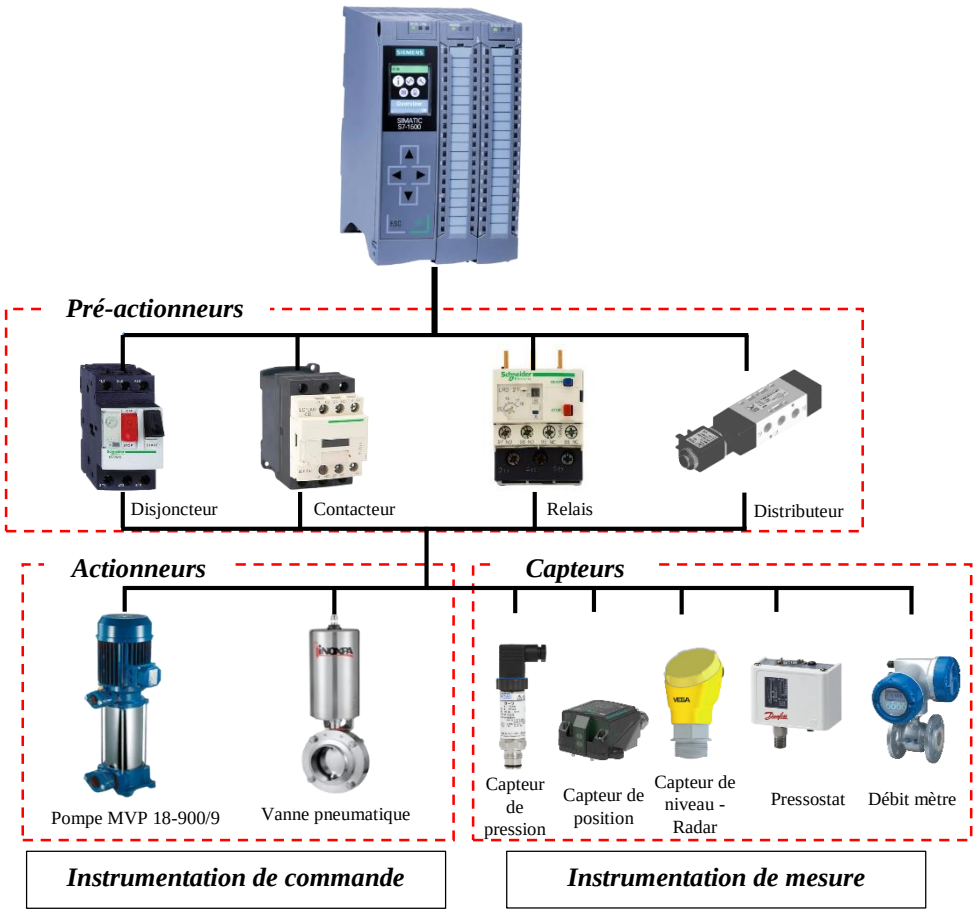


Figure III.8 : Schéma descriptif de l'architecture globale du système

III.5.1.3 Présentation de l'automate programmable

Un automate programmable industriel (API) est un dispositif électronique pour contrôler et superviser des machines ou de processus industriels. Il intègre une mémoire programmable par l'utilisateur, sans nécessiter de compétences informatiques approfondies, grâce à des langages de programmation dédiés à l'automatisme.

Spécifiquement, l'API constitue un calculateur logique spécialisé, doté d'un jeu d'instructions volontairement restreint, permettant une conduite en temps réel des systèmes automatisés. Trois caractéristiques essentielles distinguent fondamentalement l'automate programmable des ordinateurs classiques, y compris les PC industriels :

- Il dispose d'entrées/sorties industrielles permettant une connexion directe aux capteurs et actionneurs du procédé :
- Il est robuste et adapté aux environnements industriels hostiles, pouvant supporter les variations de température, les vibrations, les perturbations électromagnétiques ou encore les microcoupures d'alimentation ;
- Sa programmation, fondée sur des langages dédiés à l'automatisme, permet une prise en main et une mise en œuvre aisées, même par des techniciens non spécialisés en informatique.

III.5.1.3.1 Architecture d'un automate

a) Aspect extérieur :

Les automates programmables peuvent être classés en deux grandes catégories : les automates compacts et les automates modulaires.

Les automates compacts regroupent dans un seul boîtier l'ensemble des éléments essentiels : processeur, alimentation, entrées et sorties. Cette catégorie inclut les modules de programmation simples tels que le LOGO ! de Siemens, le ZELIO de Schneider ou encore le MILLENIUM de Crozet, ainsi que les micro-automates. Selon les modèles et les constructeurs, ces automates peuvent intégrer certaines fonctions avancées, telles que le comptage rapide ou la gestion d'entrées/sorties analogiques. Ils peuvent également être étendus par l'ajout de modules supplémentaires, bien que cette extension reste limitée. En raison de leur simplicité de fonctionnement, ces automates sont généralement utilisés pour la gestion de petits systèmes automatisés.

À l'inverse, les automates modulaires sont constitués de modules distincts — processeur, alimentation, interfaces d'E/S — montés sur un ou plusieurs racks dotés d'un fond de panier (bus de communication interne et connecteurs). Ce type d'architecture offre une grande souplesse, une puissance de traitement accrue et une capacité d'évolution importante, ce qui les rend particulièrement adaptés à la conduite de processus industriels complexes nécessitant fiabilité, performance et évolutivité.

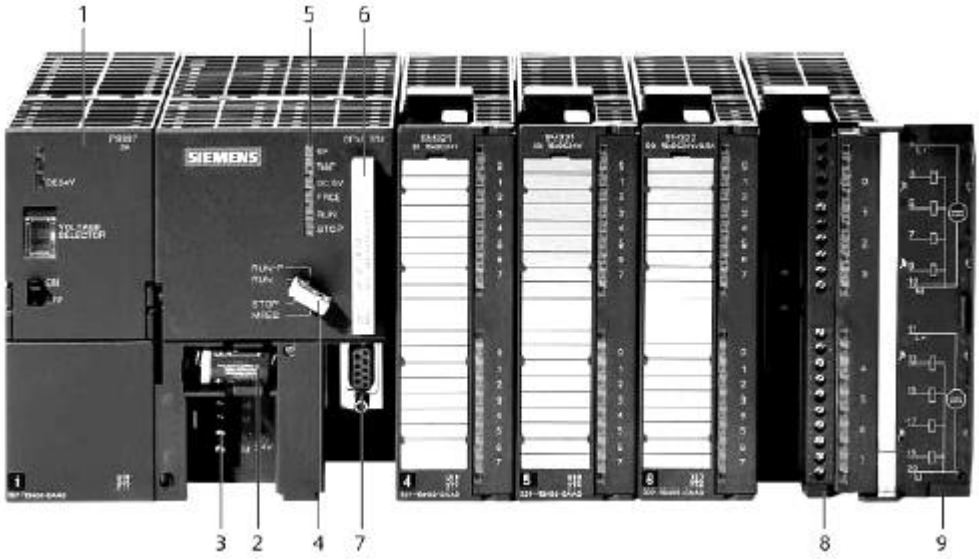


Figure III.9 : Architecture d'un API.

1- Module d'alimentation.
2- Pile de sauvegarde.
3- Connexion au 24V cc.
4- Commutateur de mode (à clé).
5- LED de signalisation d'état et de défauts.
6- Carte mémoire.
7- Interface multipoint (MPI).
8- Connecteur frontal.
9- Volet en face avant.

b) Structure interne d'un API :

Quel que soit son type, un API se compose généralement de quatre parties principales :

- L'alimentation **:** Elle fournit l'énergie électrique nécessaire au bon fonctionnement de l'ensemble de l'automate, y compris ses différents modules et cartes électroniques.

- Le processeur (ou unité centrale) **:** Véritable "cerveau" de l'automate, il exécute le programme enregistré en mémoire, traite les données reçues des capteurs et génère les ordres de commande à destination des actionneurs. Le processeur joue également un rôle croissant dans la communication industrielle, en assurant l'échange d'informations via des réseaux tels que Modbus, Ethernet, CANopen, ou encore dans des fonctions avancées comme la régulation ou la commande d'axes.

- **Les modules d'entrées :** Ce sont des cartes spécialisées destinées à recevoir, en toute sécurité pour le système, les signaux émis par les capteurs, les boutons poussoirs ou autres dispositifs de détection. Ces signaux peuvent être tout ou rien (TOR) ou analogiques, selon la nature des grandeurs mesurées.

- **Les modules de sorties :** Ces cartes permettent de transmettre les ordres de l'automate vers les éléments de commande du procédé (relais, moteurs, électrovannes, etc.). Elles sont conçues pour assurer la sécurité du système lors du pilotage de circuits extérieurs, et peuvent également être TOR ou analogiques, en fonction des besoins de l'application.

III.5.1.4 Critères du choix d'un automate programmable

Le choix d'un API dépend de plusieurs critères techniques, étroitement liés aux exigences du procédé à automatiser. Parmi les principaux facteurs à considérer :

- Le nombre d'entrées/sorties (E/S) **:** Le dimensionnement de l'API dépend du nombre total d'entrées et de sorties nécessaires pour le contrôle du processus. Un nombre élevé d'E/S peut nécessiter l'ajout de plusieurs cartes et, par conséquent, l'utilisation de racks supplémentaires. Il est donc essentiel de bien évaluer les besoins actuels et futurs en E/S, tant en tout ou rien qu'en analogique.

- Les performances du processeur : Le choix du processeur repose sur plusieurs paramètres : capacité mémoire, vitesse de traitement, et fonctionnalités avancées (temporisation, comptage rapide, régulation, etc.). Selon la complexité de l'application, il peut être nécessaire d'opter pour un processeur haut performances, capable de gérer des tâches multiples en temps réel.

- Les modules ou fonctions spéciales : Certains automatismes requièrent l'utilisation de cartes spécifiques, telles que les modules de commande d'axes, de pesage, ou de mesure analogique haute résolution. Ces modules permettent de décharger le processeur principal

de certaines tâches et doivent offrir des caractéristiques précises (précision, fréquence d'échantillonnage, etc.) en accord avec les besoins de l'application.

- Les capacités de communication : L'API doit pouvoir échanger des données avec d'autres équipements : autres automates, systèmes de supervision (SCADA), interfaces homme-machine (IHM), ou encore bases de données. Il est donc important que l'automate intègre des interfaces compatibles avec les protocoles de communication standards, tels que Modbus, Profibus, Ethernet/IP, CANopen, etc.

III.5.1.5 Présentation de l'automate S7-1500

Dans le cadre de ce projet, l'automate programmable retenu est le SIMATIC S7-1500 de la marque Siemens.

L'automate SIMATIC S7-1500, développé par Siemens, est un système d'automatisation modulaire de dernière génération, conçu pour répondre aux exigences des applications industrielles de moyenne à grande envergure. Il constitue une évolution des célèbres gammes S7-300 et S7-400, en offrant des performances accrues, une meilleure connectivité et une intégration facilitée dans les architectures d'automatisation modernes.

Le S7-1500 se caractérise par une construction modulaire qui permet une configuration flexible et évolutive. Il peut accueillir jusqu'à 32 modules montés sur un même rail DIN. Cette modularité permet d'adapter précisément l'automate aux besoins spécifiques de chaque installation.

Le système comprend les composants suivants :

- Unités centrales (CPU) de puissances variées, intégrant une interface PROFINET ou, selon les modèles, les interfaces PROFINET et PROFIBUS, assurant la communication avec la périphérie décentralisée, les terminaux opérateurs, les consoles de programmation, d'autres automates SIMATIC, ou encore des équipements tiers.
- Modules d'alimentation (PS) destinés à fournir l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'électronique interne de l'ensemble des modules.
- Modules de signaux, utilisés pour le traitement des entrées/sorties numériques (TOR) et analogiques.

- Modules de communication et processeurs de communication, permettant d'étendre les capacités de l'automate en intégrant des interfaces compatibles avec divers protocoles industriels.

- Modules technologiques, dédiés à des fonctions spécifiques telles que le comptage rapide, la saisie de position, ou encore la mesure de grandeurs physiques.



Figure III.10 : Automate 1500 - siemens

III.5.2 Partie software de l'automatisation

III.5.2.1 Le logiciel TIA PORTAL

Le Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) est une plateforme logicielle développée par Siemens, conçue pour offrir un environnement d'ingénierie intégré destiné à la programmation, la configuration, la supervision et la maintenance des systèmes d'automatisation industrielle.

➢ **Fonctionnalités principales :**

- Programmation des automates SIMATIC : TIA Portal permet la programmation des automates des gammes S7-1200, S7-1500, S7-300 et S7-400, en prenant en charge plusieurs langages normalisés selon la norme IEC 61131-3, tels que le Ladder (LAD), le Grafcet (FBD) et le langage structuré (SCL).

- Configuration des interfaces homme-machine (IHM) : Grâce à l'intégration de WinCC, TIA Portal facilite la conception et la configuration des interfaces opérateur, améliorant ainsi l'interaction entre les machines et les utilisateurs.

- Gestion des réseaux de communication : Le logiciel prend en charge la configuration des réseaux industriels tels que PROFINET, PROFIBUS et Ethernet, assurant une communication efficace entre les différents composants du système.
- Outils de diagnostic et de maintenance : TIA Portal offre des fonctionnalités avancées de diagnostic en temps réel, permettant une surveillance continue des équipements et une identification rapide des anomalies.
- Simulation des processus : La plateforme intègre des outils de simulation, tels que Simatic S7-PLCSIM Advanced, permettant de créer des jumeaux numériques pour tester et valider les applications avant leur mise en service réelle. **[5]**

III.5.2.1.1Structure de la vue du portail

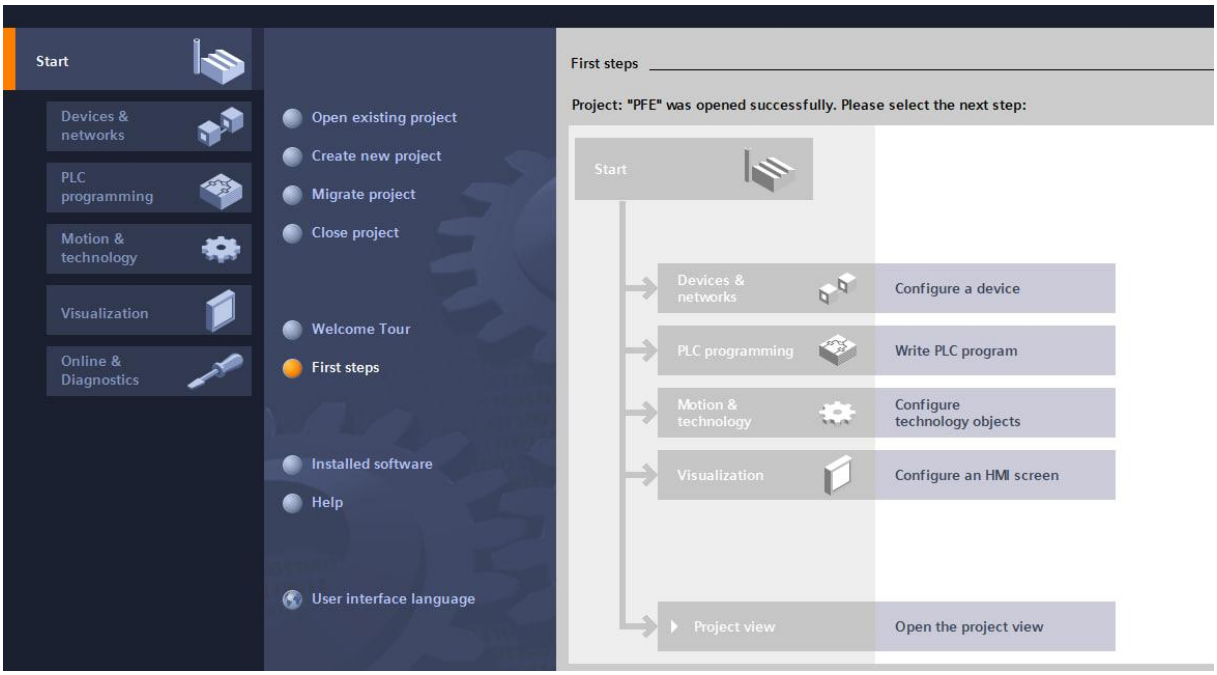


Figure III.11 : La vue du portail

III.5.2.1.2Configuration du matériel

La configuration matérielle constitue une étape fondamentale dans l'élaboration d'un nouveau projet automatisé. Elle permet de paramétrer les modules prédéfinis et d'établir les liaisons de communication nécessaires. Pour notre application, l'architecture I/O comprend. Entrées TOR, ... Sorties TOR et ... sorties analogiques. Comme illustré dans la figure III.11.

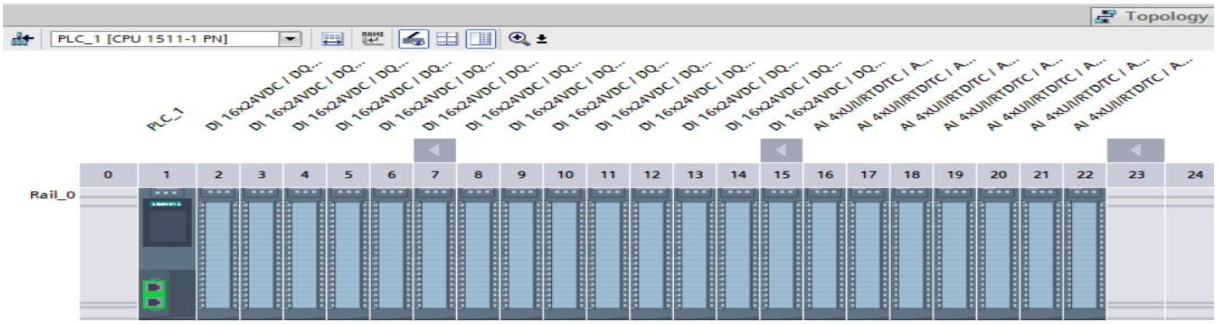


Figure III.12 : Configuration du matériel

III.5.2.1.3Langages de programmation

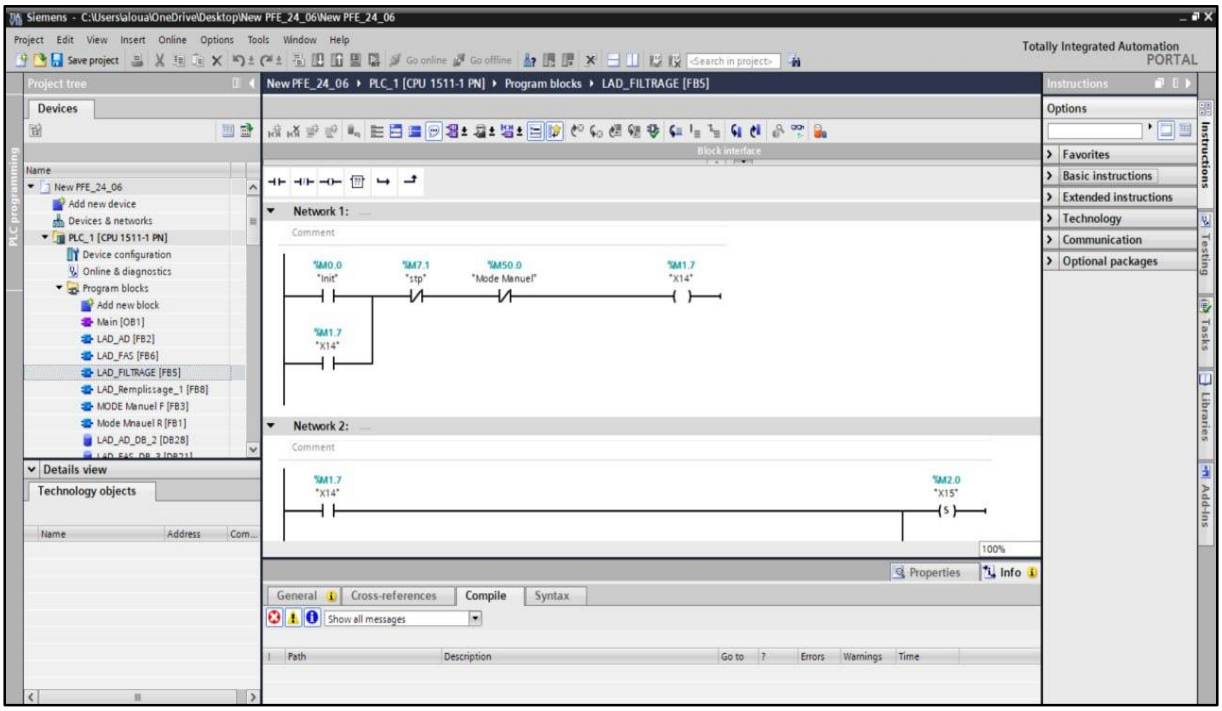


Figure III.13 : Vue du projet TIA PORTAL

La norme IEC 61131-3 définit cinq langages standardisés, voir le tableau III.1 pour la programmation des API. Ces langages sont reconnus internationalement et sont pris en charge par la plupart des plateformes de programmation, y compris TIA Portal de Siemens. **[6]**

Tableau III-1 : Langages de programmation des automates.

Langage	Nom complet	Type	Description
LAD	Ladder Diagram (ou langage à relais)	Graphique	Représente graphiquement les contacts et bobines des relais. Très utilisé pour les applications industrielles simples. Facile à comprendre pour les électriciens.
FBD	Function Block Diagram (ou Grafcet)	Graphique	Utilise des blocs fonctionnels interconnectés. Adapté aux processus séquentiels et au traitement des signaux analogiques.
ST	Structured Text	Textuel	Langage de programmation structuré, proche du Pascal. Puissant et adapté aux calculs complexes, aux boucles et aux conditions imbriquées.
IL	Instruction List	Textuel bas niveau (semblable à l'assembleur)	Moins utilisé aujourd'hui, il est désormais obsolète dans de nombreux outils.
SFC	Sequential Function Chart	Graphique séquentiel	Permet de représenter des enchaînements d'étapes et de transitions. Idéal pour les automatismes séquentiels.

III.5.2.2 Langage de programmation LADDER

Pour la programmation de notre API, nous avons utilisé le langage de programmation LADDER (Cont). La Figure III. Montre une partie du notre programme :

Le Ladder Diagram (LD), également appelé langage Ladder ou schéma à contacts, est un langage graphique largement utilisé dans le domaine industriel pour la programmation des automates programmables industriels (API). Il s'inspire directement des circuits de commande traditionnels basés sur la logique électrique câblée. Ce lien avec les schémas électriques rend le langage particulièrement intuitif pour les automaticiens.

Un programme LADDER est représenté sous forme de diagramme en échelle. Chaque échelon de cette échelle contient des symboles graphiques, principalement :

- des contacts : utilisés pour lire des variables booléennes (état logique vrai ou faux),

- des bobines : qui permettent d'affecter une valeur à une variable booléenne (par exemple, activer une sortie).

La construction des fonctions logiques suit une logique simple :

- Une fonction ET se réalise par des contacts en série.
- Une fonction OU se représente par des contacts en parallèle.

Grâce à cette approche, la logique combinatoire peut être traduite de manière visuelle à l'aide de composants graphiques, ce qui facilite la lecture, le dépannage et la maintenance en ligne des programmes.

III.5.2.3 Développement du programme LADDER de la station

III.5.2.3.1 Table des variables

La phase préliminaire du développement d'un programme en langage Ladder implique la création d'une table des mnémoniques. Cette table doit lister toutes les variables utilisées, en précisant pour chacune sa description et son type de données.

Default tag table

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision
1	CC	Int	%MW64		☑	☑	☑	
2	Tag_6	Int	%MW14		☑	☑	☑	
3	NIV MIN	Bool	%M16.0		☑	☑	☑	
4	NIV MAX	Bool	%M16.1		☑	☑	☑	
5	using	Bool	%M16.2		☑	☑	☑	
6	NIVEAU	Int	%QW10		☑	☑	☑	
7	Tag_19	Word	%MW16		☑	☑	☑	
8	Niveau Chaud	Int	%QW16		☑	☑	☑	
9	CC_1	Int	%MW56		☑	☑	☑	
10	ANIMATION _AD1	Bool	%Q12.1		☑	☑	☑	
11	CC_2	Int	%MW58		☑	☑	☑	
12	CC_3	Int	%MW60		☑	☑	☑	
13	CC_4	Int	%MW62		☑	☑	☑	
14	Mode Manuel	Bool	%M50.0		☑	☑	☑	
15	Manuel	Bool	%Q10.1		☑	☑	☑	
16	Niveau Froid	Int	%QW17		☑	☑	☑	
17	Tag_7	Word	%MW20		☑	☑	☑	
18	Niveau Javel	Int	%QW18		☑	☑	☑	
19	Niveau Liquide	Int	%QW19		☑	☑	☑	
20	Tag_10	Word	%MW21		☑	☑	☑	
21	Tag_23	Word	%MW23		☑	☑	☑	
22	Démarage manuel	Bool	%Q7.5		☑	☑	☑	
23	ADS1M	Bool	%Q7.6		☑	☑	☑	
24	ADS2M	Bool	%Q7.7		☑	☑	☑	
25	ADS3M	Bool	%Q8.0		☑	☑	☑	
26	using1	Bool	%M16.3		☑	☑	☑	
27	Mode Manuel R	Bool	%M18.0		☑	☑	☑	
28	Manuel R	Bool	%Q10.2		☑	☑	☑	
29	UTILISATION	Bool	%M16.5		☑	☑	☑	

Figure III.14 : Exemple sur la table de variable.

III.5.2.3.2Structure du programme

Après la déclaration des mnémoniques, le développement du programme d'exécution débute. Une organisation optimale du projet repose sur la création de fonctions dédiées à des tâches spécifiques.

L'architecture logicielle comprend :

- Bloc d'organisation (OB)
- Blocs de données (DB)
- Fonctions (FB)

Cette structure modulaire est illustrée dans la figure suivante.

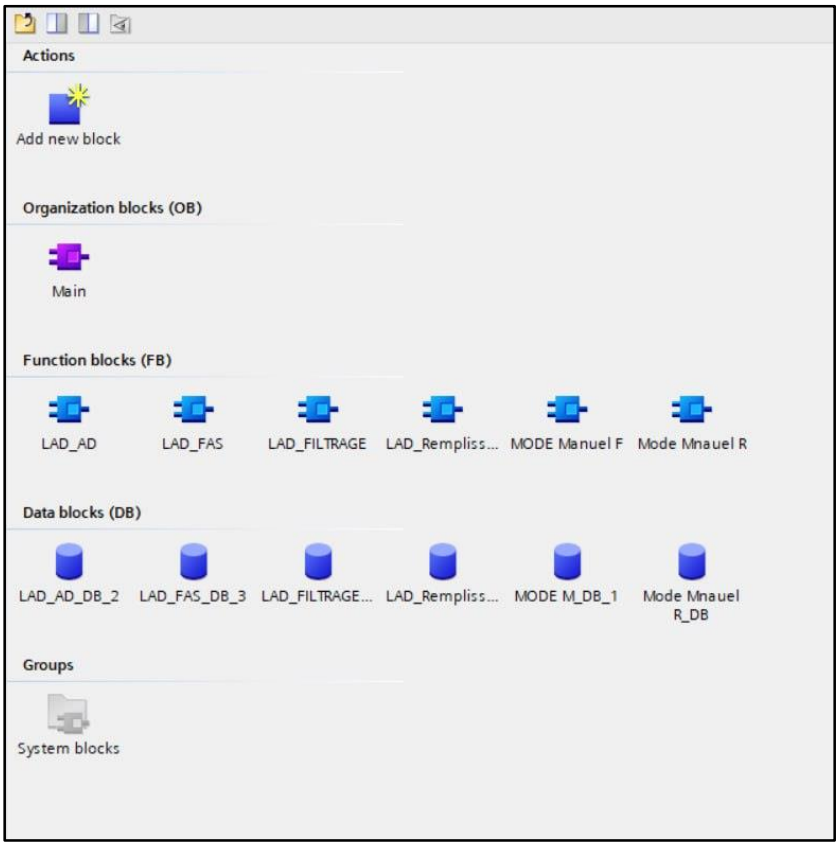


Figure III.15 : Architecture de blocs programme.

a) **Bloc d'organisation (OB) :** Initialisé automatiquement avec le projet. Agissant comme point d'entrée du PLC, il contient l'appel hiérarchique des fonctions (FC) définies par l'utilisateur

b) **LAD_FILTRAGE (FC) :** Cette fonction intègre des instructions ADD et SCALE afin afin de représenter les valeurs numériques de niveau d'eau du bac de la station de filtration en pourcentage.

c) **LAD_FAS (FC)** : La commande des deux filtres est assurée par cette fonction via l'instruction TON, qui en régule la temporisation.

d) **LAD_Remplissage (FC)**

e) **LAD_AD (FC) :** La commande des adoucisseurs est assurée par cette fonction via l'instruction TON, qui en régule la temporisation.

f) **LAD_C (FC)**

g) **Mode_M (FC) :** Cette fonction assure la commande manuelle centralisée de l'ensemble des pompes, électrovannes, filtres et actionneurs, accessible depuis l'interface de supervision (boutons virtuels) ou via les boutons poussoirs physiques en local.

h) **LAD_S (FS)**

III.5.2.3.3Simulation du programme LADDER de cycle de filtrage

Dans cette section, nous présentons une partie de la simulation du programme Ladder développé pour le cycle de filtration dans ses deux modes de fonctionnement : manuel et automatique.

➢ *Mode manuel :*

Le démarrage du cycle pour ce mode est illustré par la figure suivante

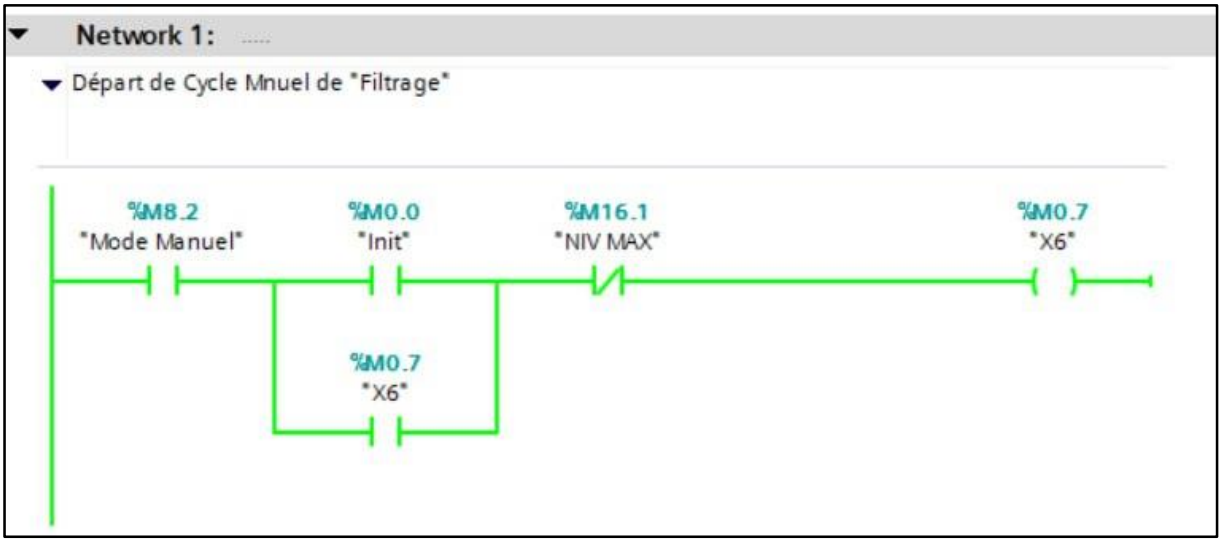


Figure III.16 : Démarrage du cycle pour le mode manuel.

Le démarrage manuel du filtre à sable n°1 pour ce mode est illustré par la figure suivante

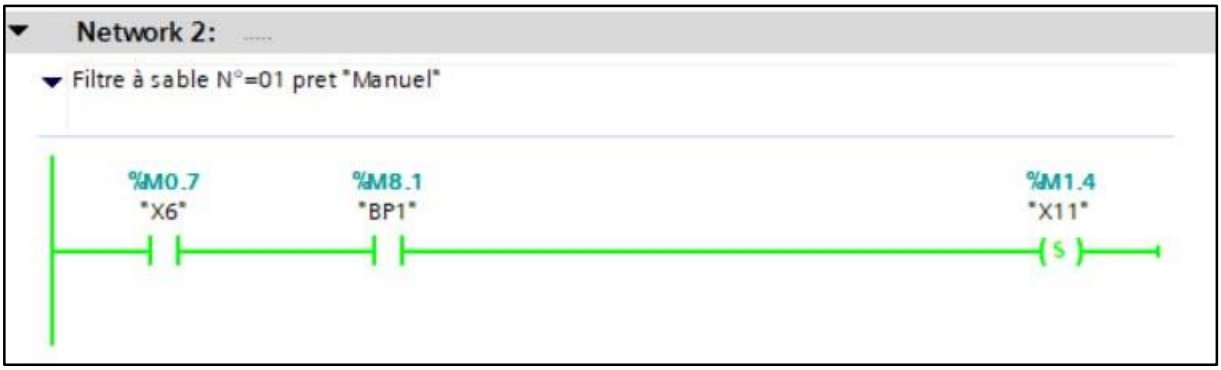


Figure III.17 : Démarrage manuel du filtre à sable n°1

Le démarrage manuel du filtre à sable n°2 pour ce mode est illustré par la figure suivante

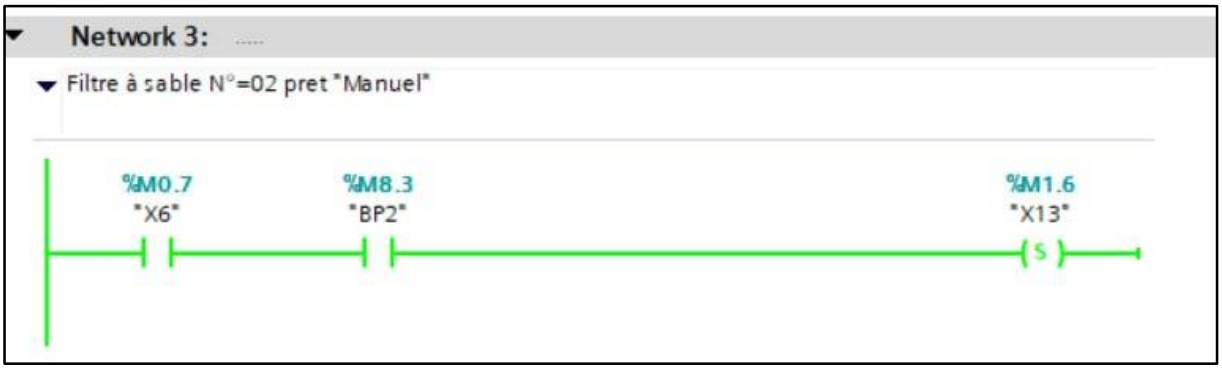


Figure III.18 : Démarrage manuel du filtra à sable n°2

Le fonctionnement du filtre à sable n°1 pour ce mode est illustré par la figure suivante

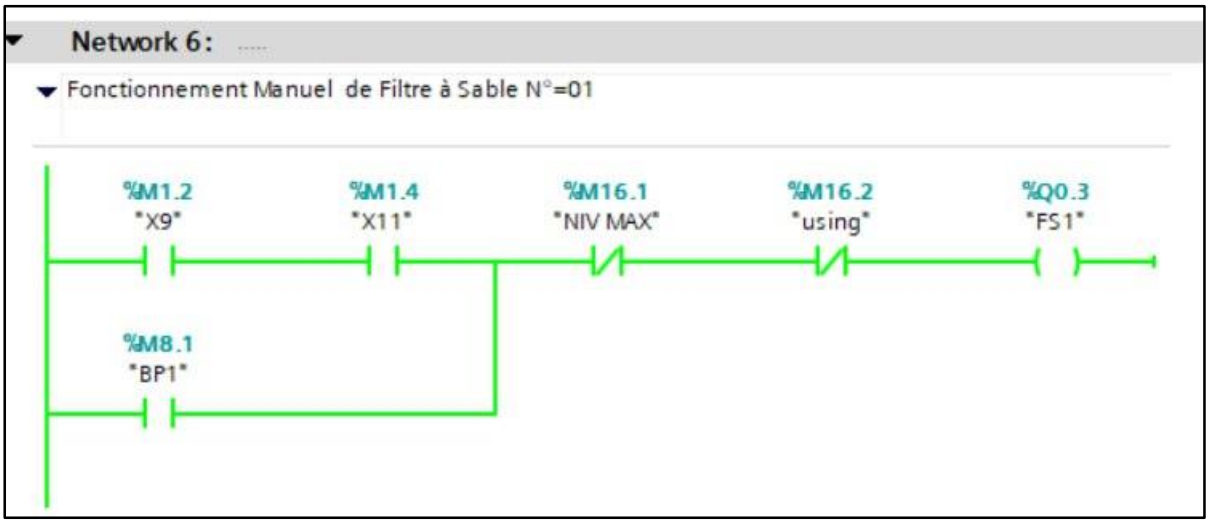


Figure III.19 : Fonctionnement du filtre à sable n°1

Le fonctionnement du filtre à sable n°2 pour ce mode est illustré par la figure suivante

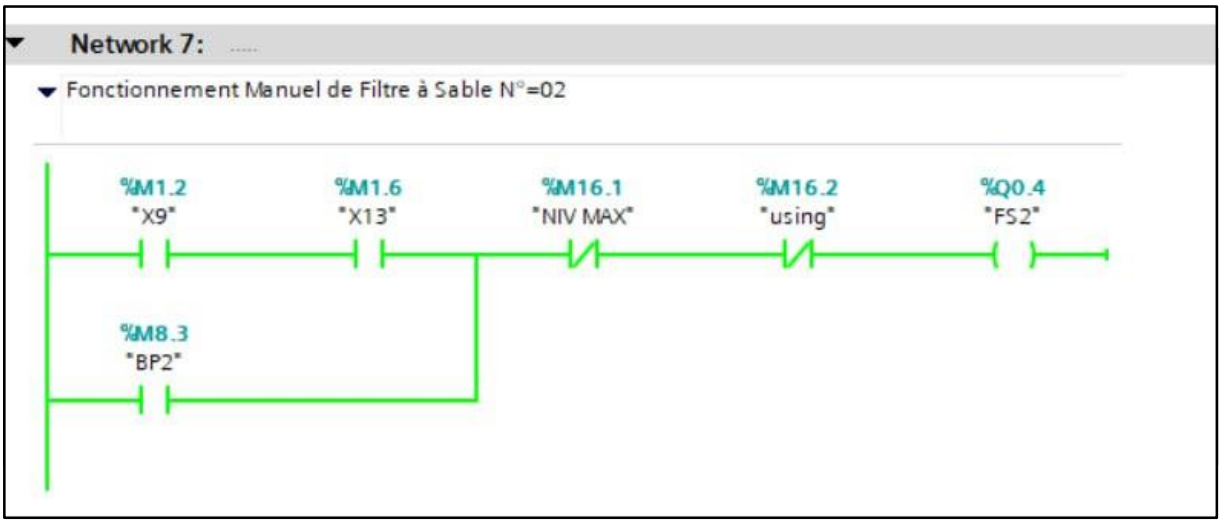


Figure III.20: Fonctionnement du filtre à sable n°2

Le Démarrage de la pompe PPE pour ce mode est illustré par la figure suivante

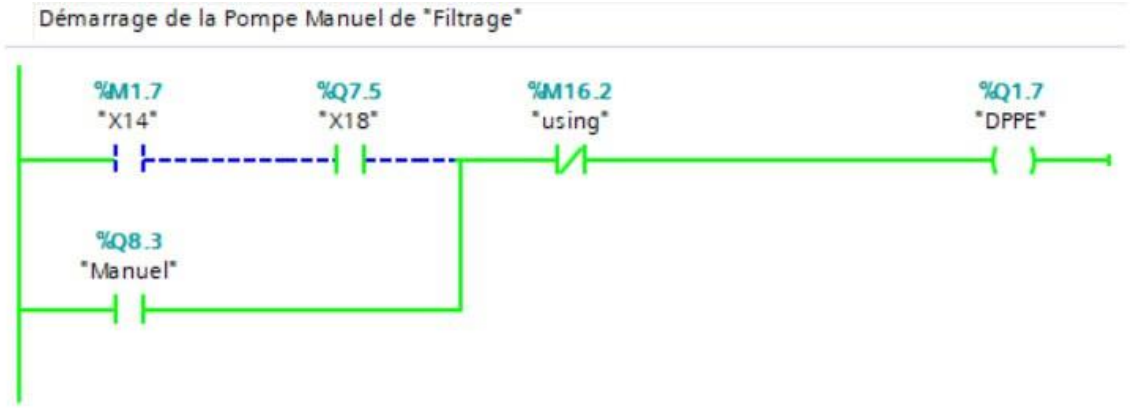


Figure III.21: Démarrage manuel de la pompe PPE

- Mode Automatique :

Dans cette partie, nous présentons le programme du mode automatique, où le système exécute des séquences prédéfinies sans intervention humaine, en s'appuyant sur des conditions logiques et des temporisations intégrées au PLC

Le démarrage du cycle pour ce mode est illustré par la figure suivante

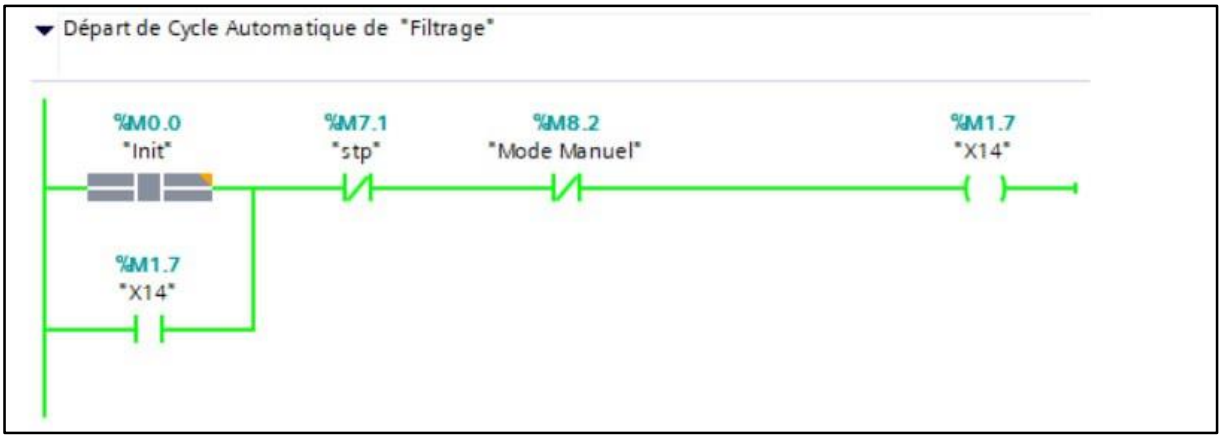


Figure III.22 : Départ de cycle pour le mode automatique.

Le démarrage automatique du filtre à sable n°1 pour ce mode est illustré par la figure suivante

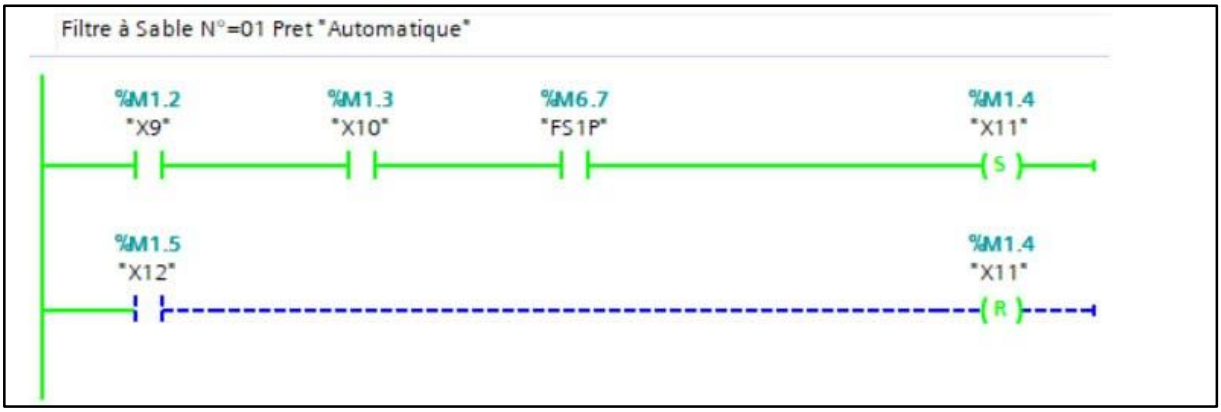


Figure III.23: Démarrage automatique du filtre à sable n°1.

Le démarrage automatique du filtre à sable n°2 pour ce mode est illustré par la figure suivante

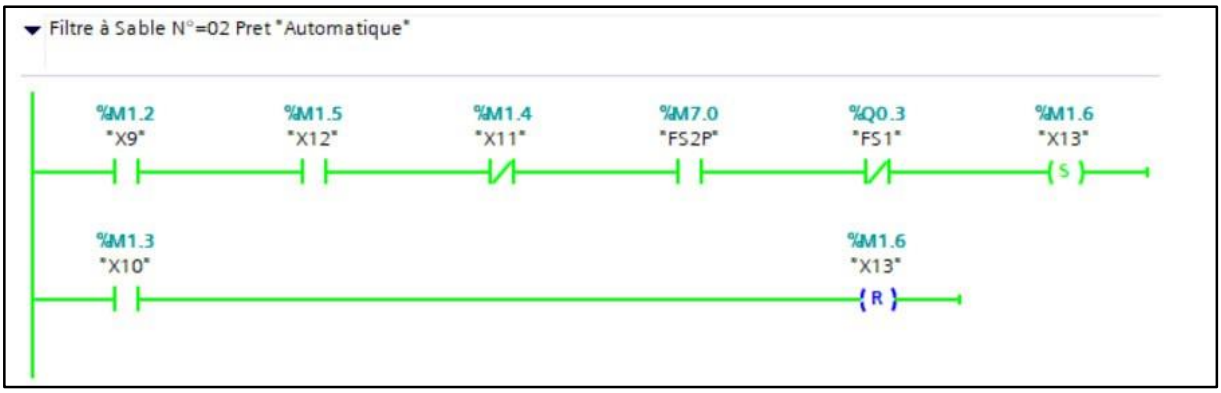


Figure III.24 : Démarrage automatique du filtre à sable n°2.

Le fonctionnement automatique du filtre à sable n°1 pour ce mode est illustré par la figure suivante

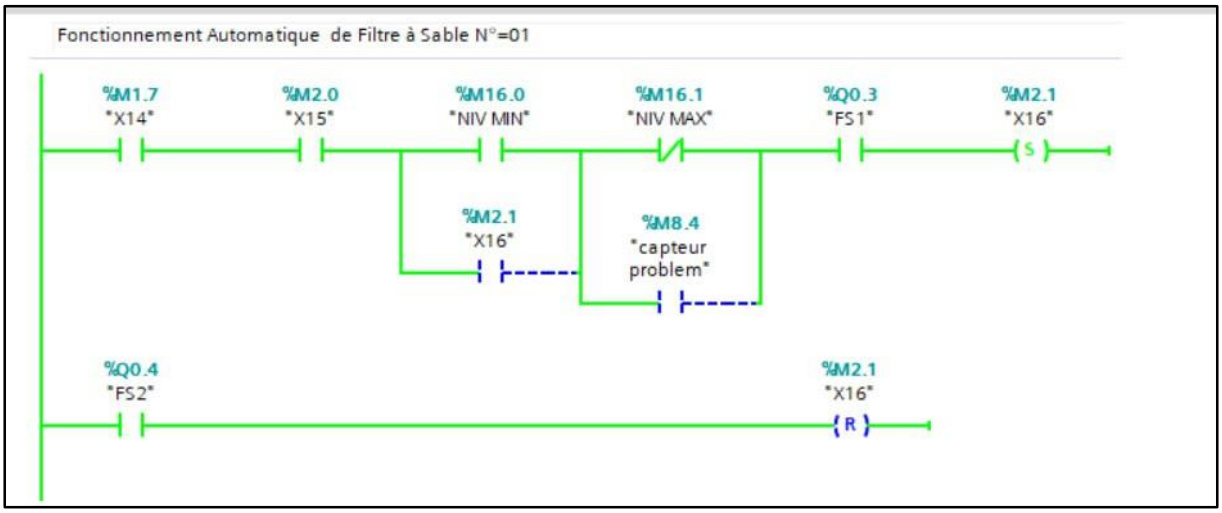


Figure III.25 : Fonctionnement automatique du filtre à sable n°1.

Le fonctionnement automatique du filtre à sable n°2 pour ce mode est illustré par la figure suivante

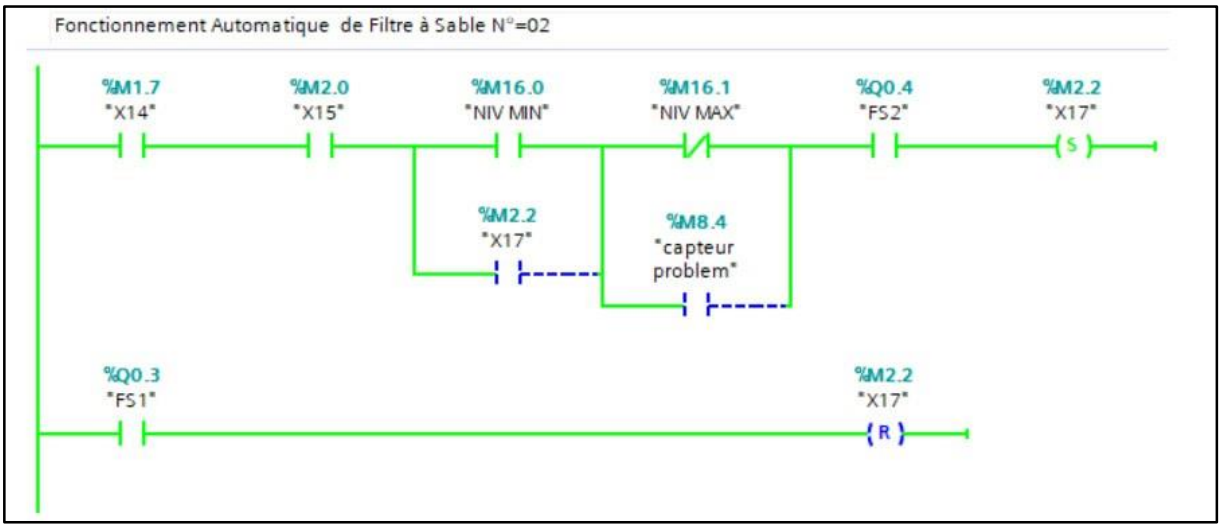


Figure III.26 : Fonctionnement automatique du filtre à sable n°2.

Démarrage automatique de pompe PPE pour ce mode est illustré par la figure suivante

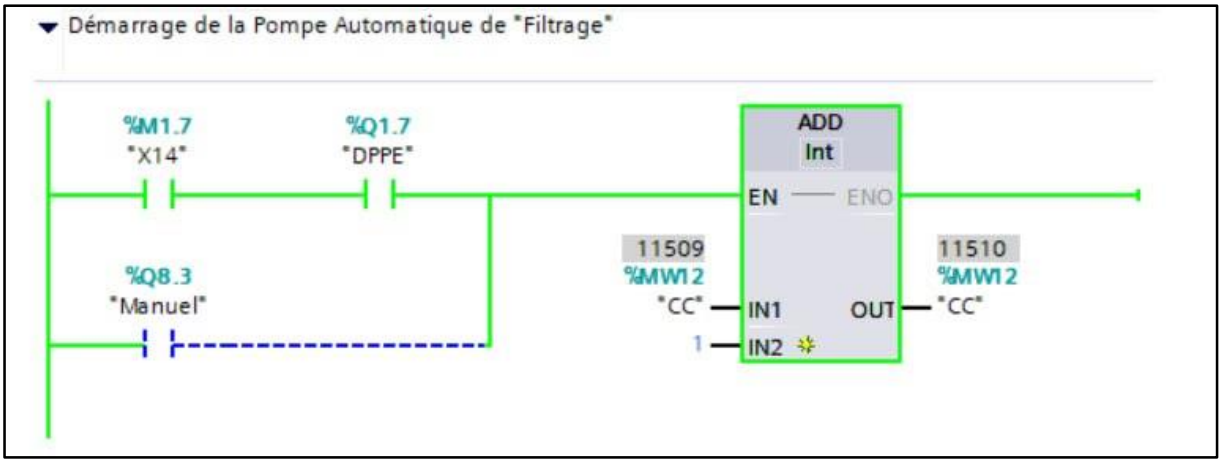


Figure III.27 : Démarrage automatique de la pompe PPE.

Les figures suivantes représentent le remplissage de la cuve d'eau filtrée

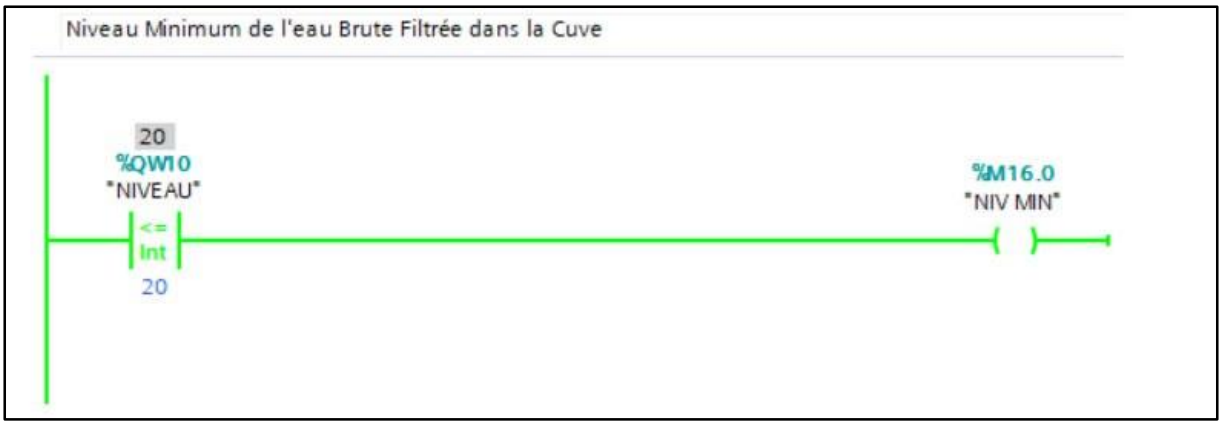


Figure III.28 : Condition de niveau de l'eau minimum dans la cuve.

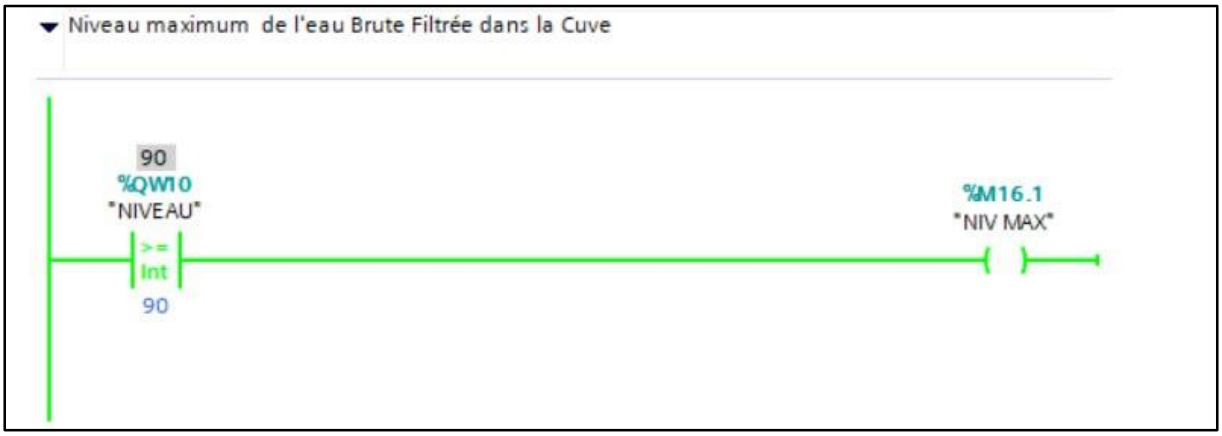


Figure III.29 : Condition de niveau de l'eau maximum dans la cuve.

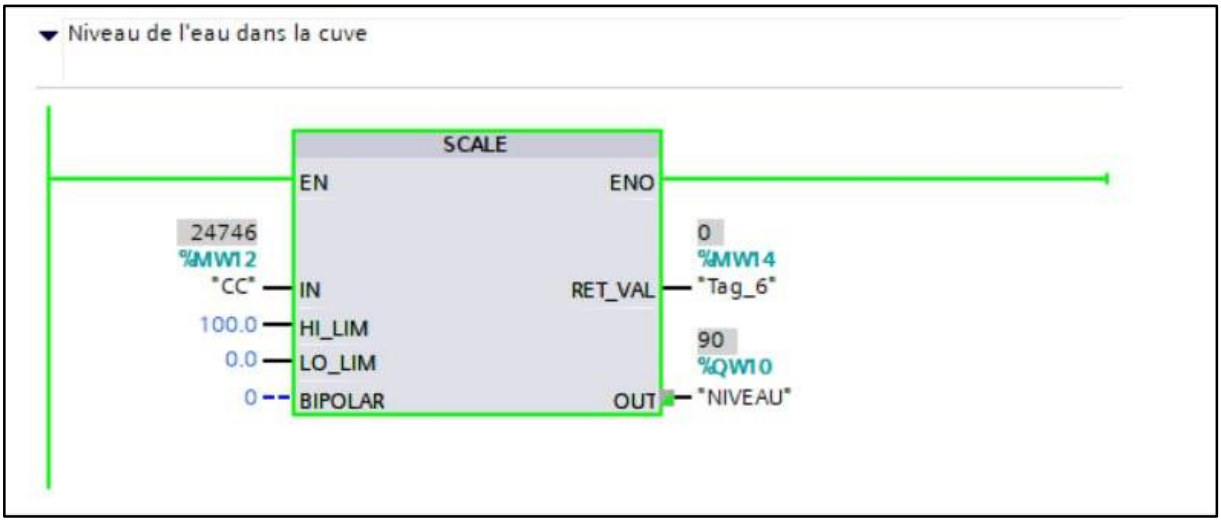


Figure III.30 : Remplissage de la cuve de l'eau filtré (niveau 90%).

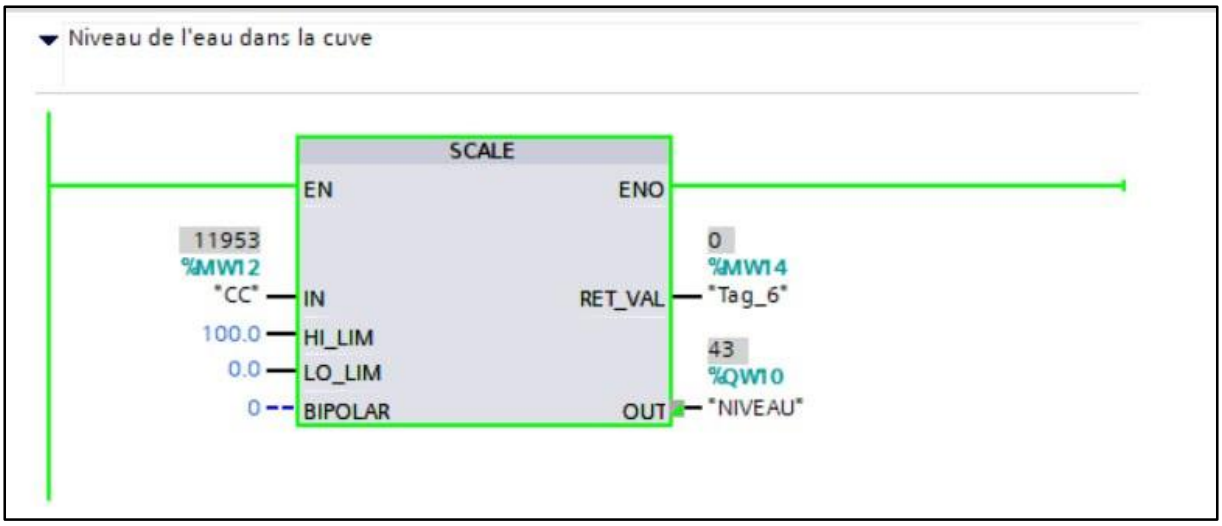


Figure III.31 : Remplissage de la cuve d'eau filtré (niveau 43%).

Arrêt de la pompe automatique de la pompe pour ce mode est illustré par la figure suivante



Figure III.32 : Arrêt de la pompe dans le mode automatique.

III.5.2.3.4Simulation du programme LADDER de cycle de remplissage

- Mode manuel :

Le démarrage du cycle pour ce mode est illustré par la figure suivante

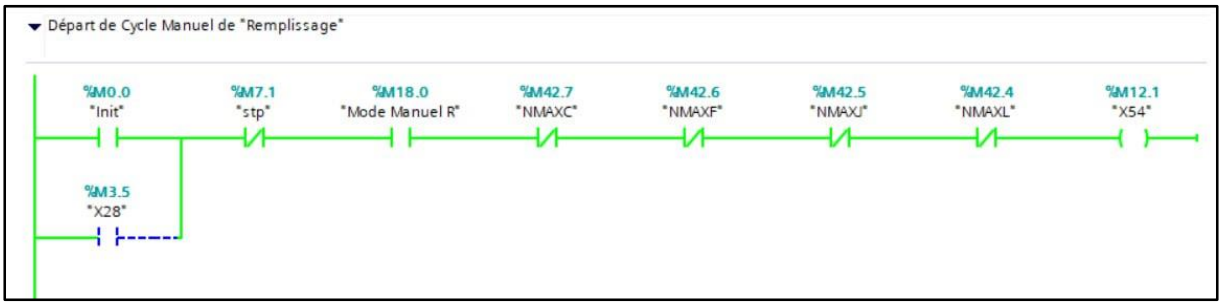


Figure III.33 : Départ de cycle en mode manuel de cycle de remplissage.

Fonctionnement de l'adoucisseur n°1, 2 et 3 pour ce mode est illustré par la figure suivante

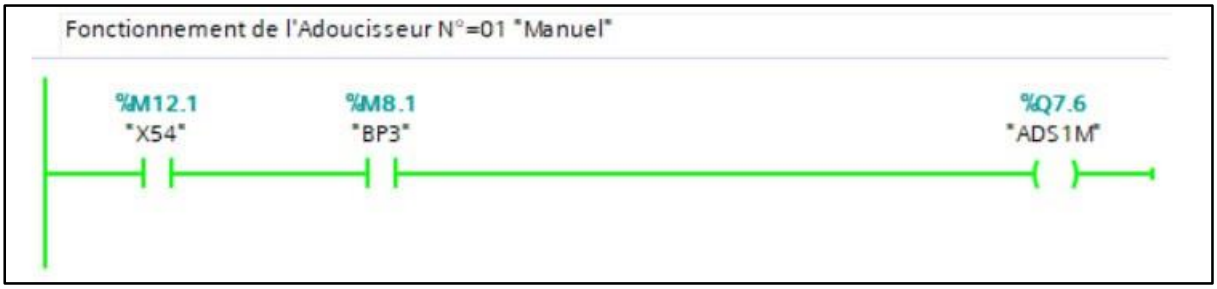


Figure III.34 : Fonctionnement de l'adoucisseur n°1 en mode manuel.

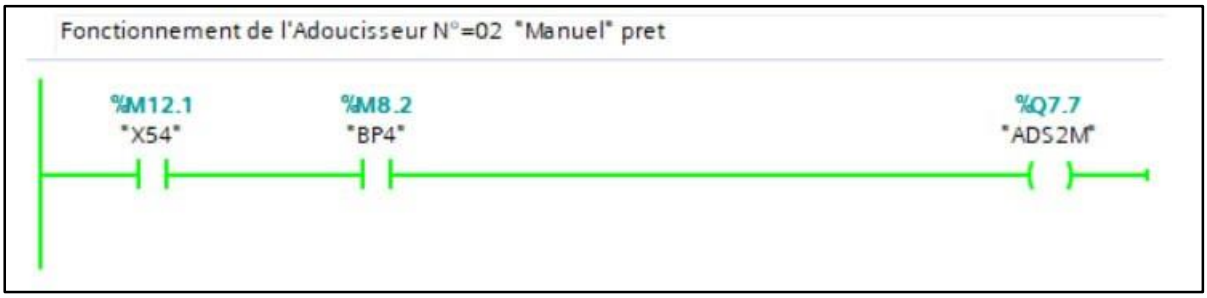


Figure III.35 : Fonctionnement de l'adoucisseur n°2 en mode manuel.

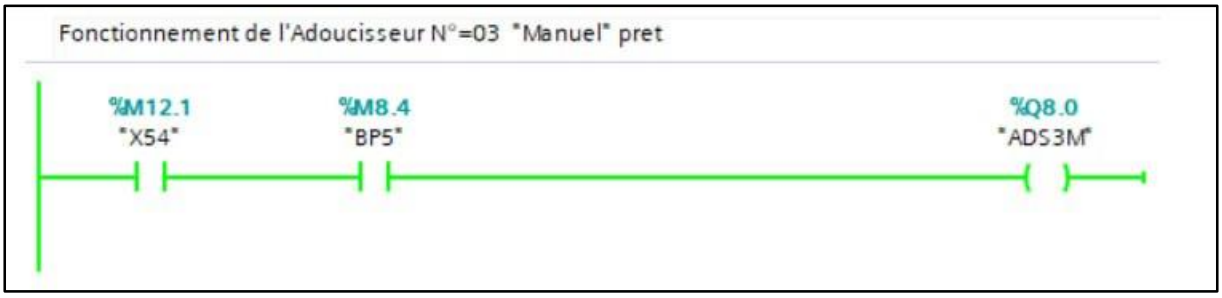


Figure III.36 : Fonctionnement de l'adoucisseur n°3 en mode manuel.

Démarrage de la pompe PPE pour ce mode est illustré par la figure suivante

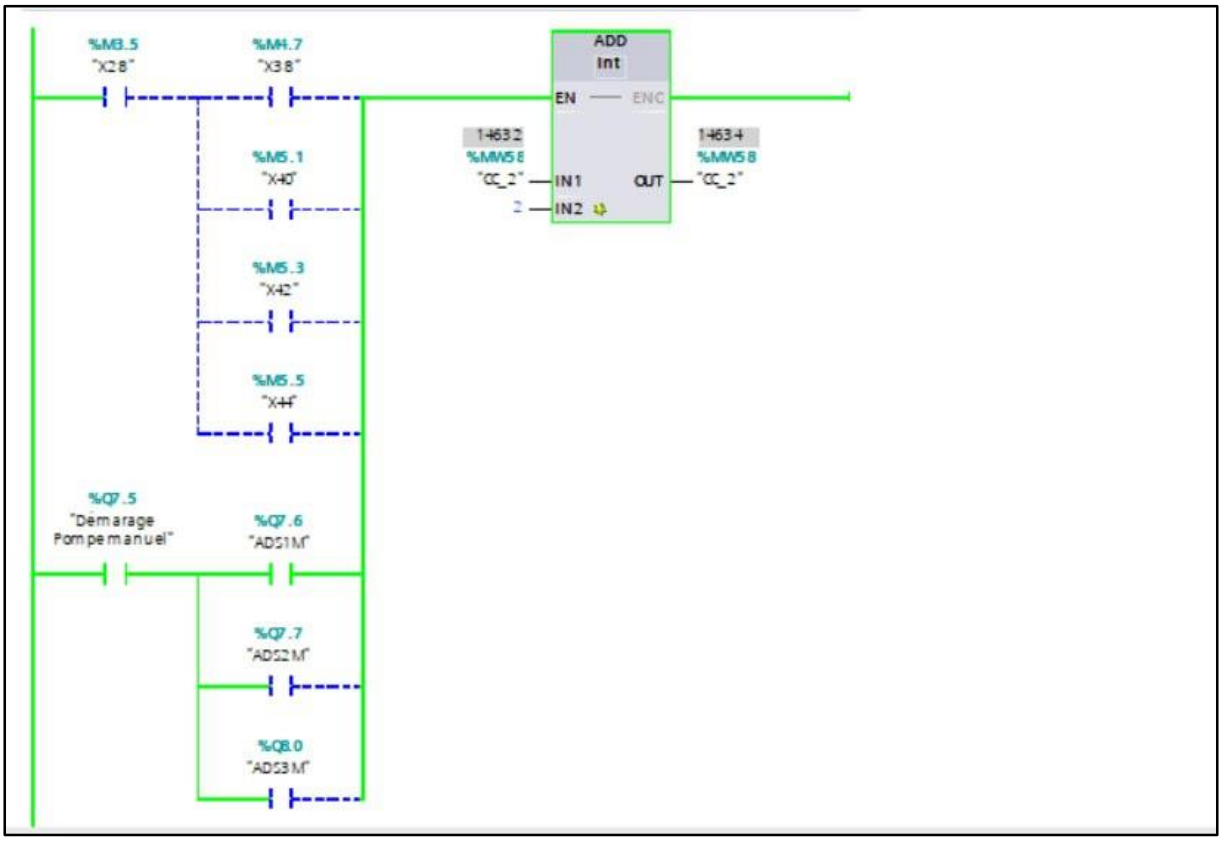


Figure III.37 : Simulation de démarrage de la pompe en mode manuel.

➢ <u>Mode automatique :</u>

Départ de cycle pour ce mode est illustré par la figure suivante

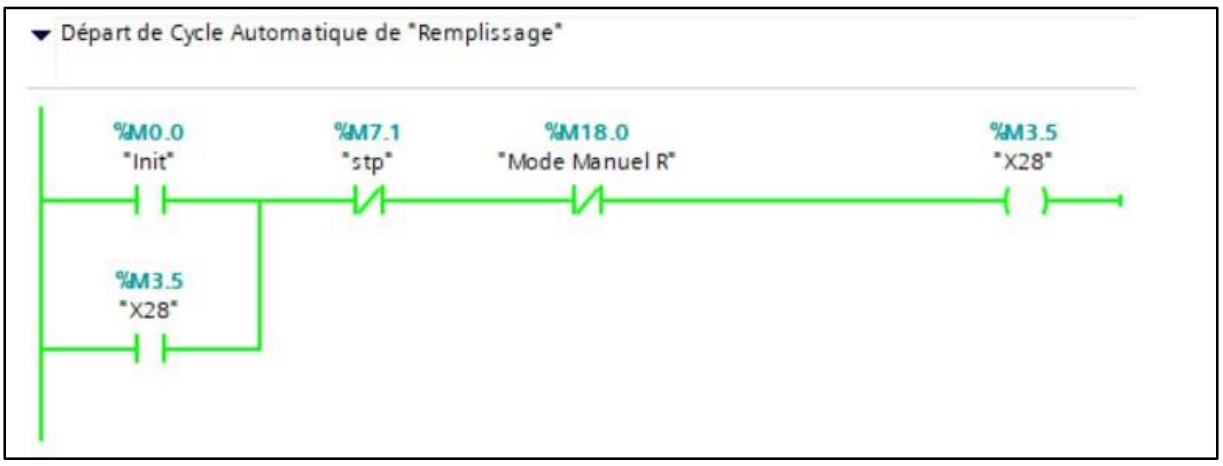


Figure III.38 : simulation de départ de cycle en mode automatique.

Fonctionnement des adoucisseurs n°1 et 2 pour ce mode est illustré par la figure suivante

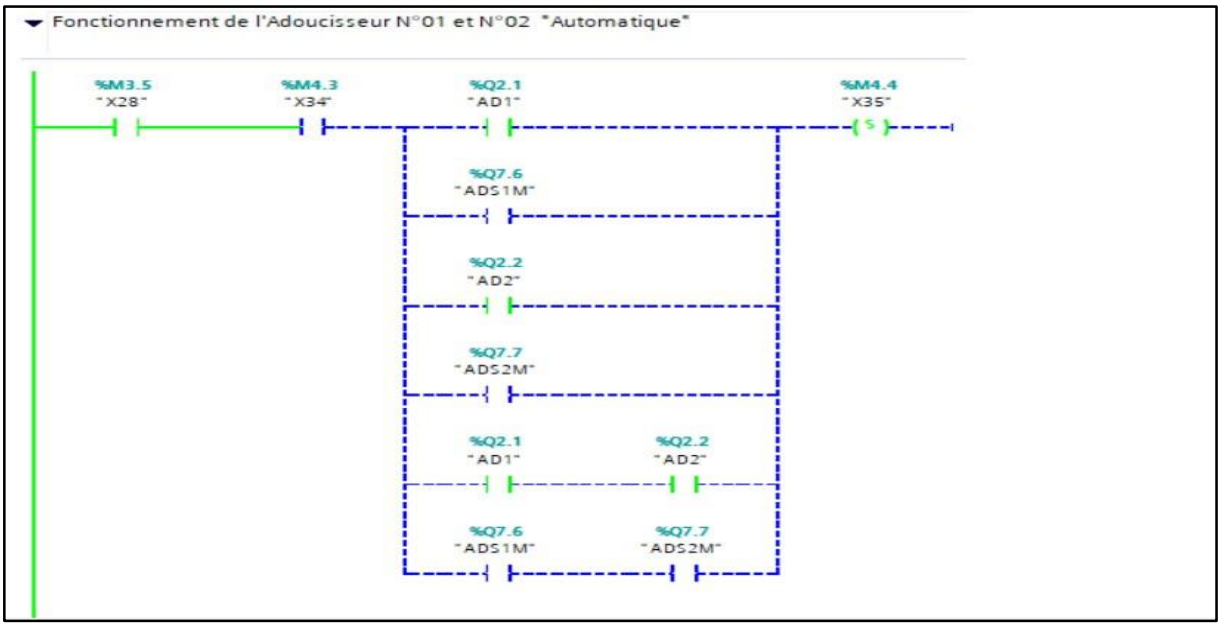


Figure III.39 : Simulation de fonctionnement des adoucisseurs n°1 et 2 en mode automatique.

Démarrage des pompes pour ce mode est illustré par la figure suivante

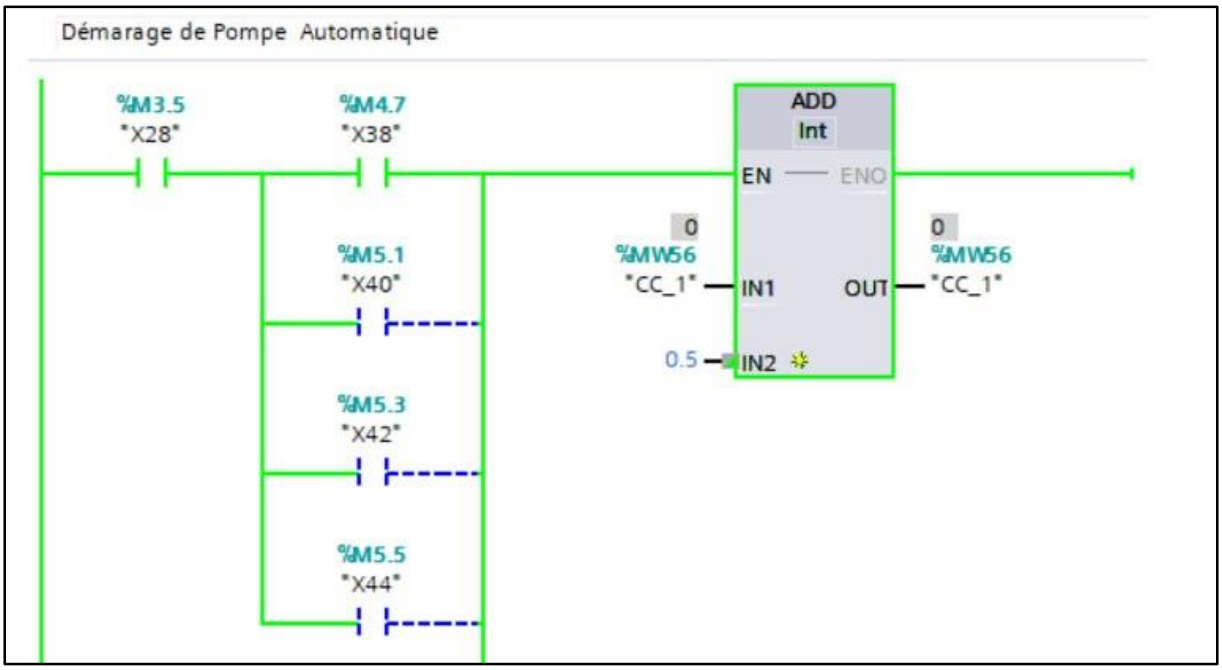


Figure III.40 : Simulation de démarrage des pompes en mode automatique.

Remplissage de la cuve d'eau chaude pour ce mode est illustré par la figure suivante

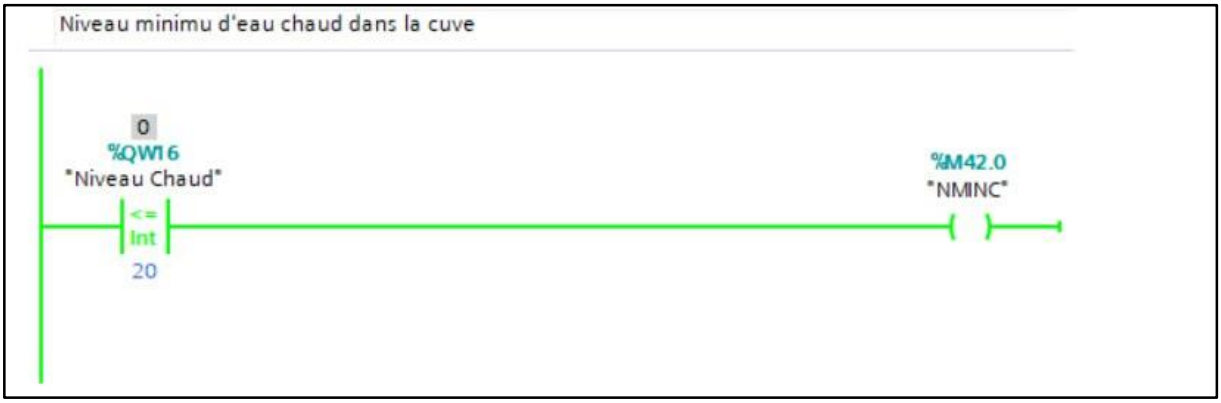


Figure III.41 : Condition de niveau minimum de l'eau dans la cuve de l'eau adoucie chaud.

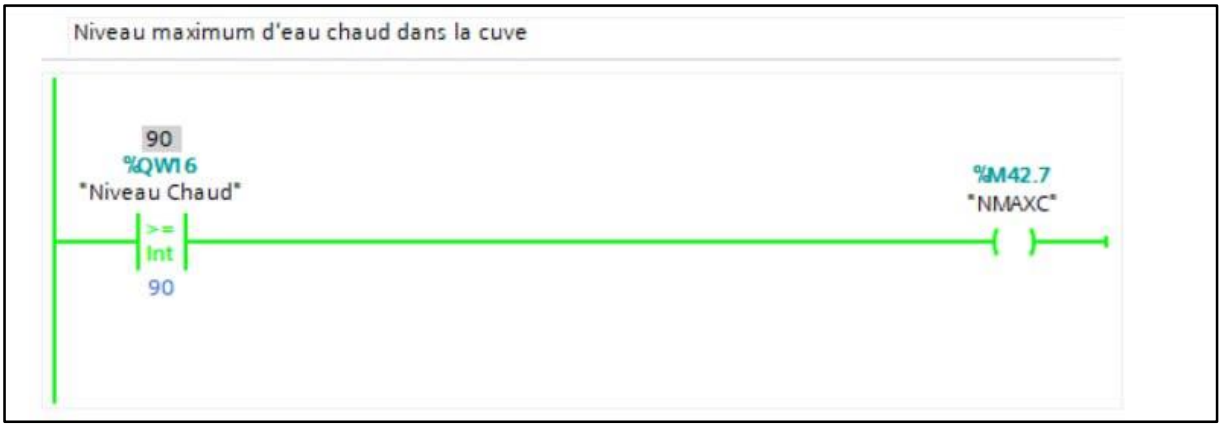


Figure III.42 : Condition de niveau maximum de l'eau dans la cuve de l'eau chaud

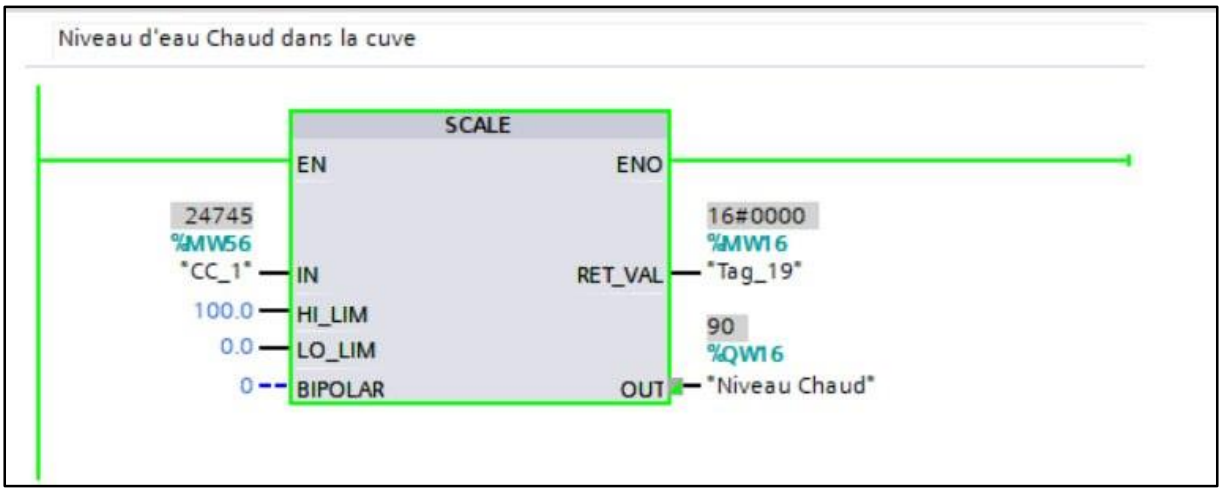


Figure III.43 : Niveau maximum de remplissage dans la cuve de l'eau chaud.

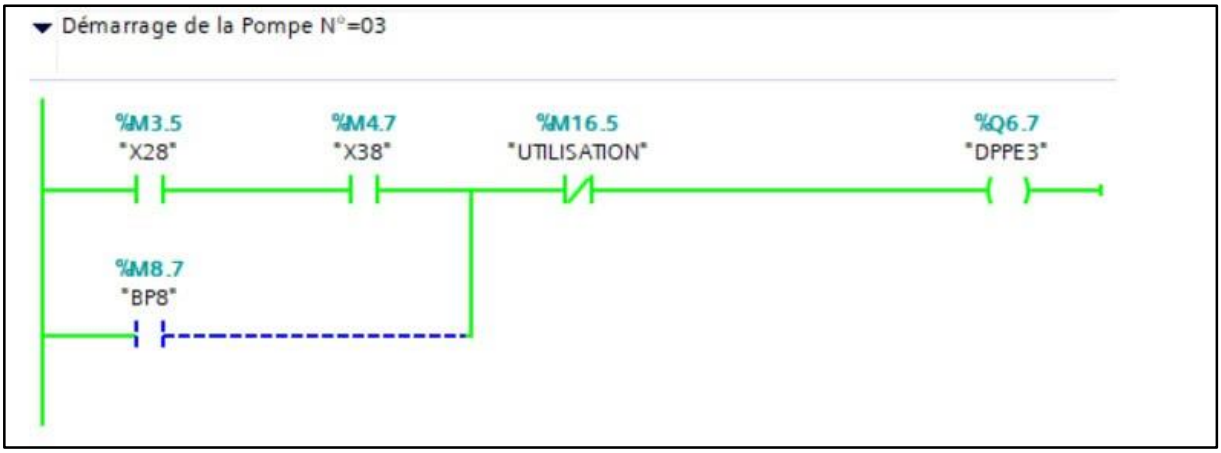


Figure III.44 : Démarrage de la pompe n°3

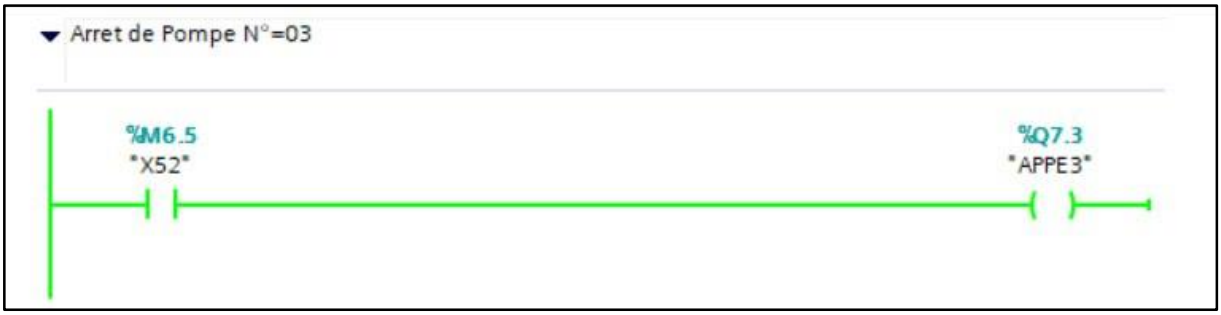


Figure III.45 : Arrêt de la pompe n°3.

III.6 Conclusion

Ce chapitre a présenté l'automatisation de la station de traitement des eaux depuis la modélisation du processus via le GRAFCET jusqu'à l'implémentation du programme dans TIA Portal. L'utilisation de l'automate S7-1500 garantit un fonctionnement fiable et entièrement automatisé, réduisant les interventions humaines et améliorant la performance globale du système.

Le chapitre suivant abordera la supervision du système automatisé via la plateforme WinCC, ainsi que la simulation du fonctionnement global de la station.

Chapitre

IV

Supervision et simulation de la station

IV.1 Introduction

La supervision permet de réduire l'intervention manuelle de l'opérateur en automatisant le contrôle, la surveillance et la commande des équipements. Elle assure ainsi un suivi en temps réel, limite les erreurs humaines et améliore la sécurité et l'efficacité du fonctionnement de la station.

Dans ce chapitre, nous présentons la supervision et la simulation de la station de traitement des eaux, en mettant en place une interface de contrôle et en validant le fonctionnement automatisé du système chez Henkel.

IV.2 La supervision

La supervision est une technique industrielle qui assure le suivi et le pilotage informatisé des procédés de fabrication automatisés. Elle comprend l'acquisition de données (mesures, alarmes, états de fonctionnement) ainsi que la gestion des paramètres de commande confiée aux automates programmables. En informatique industrielle, la supervision se présente comme un pupitre de commande avancé, permettant de surveiller et contrôler l'exécution des différentes étapes du procédé pour garantir son bon fonctionnement.

IV.3 Interface Homme Machine « IHM »

Un système IHM (Interface Homme-Machine) est une interface utilisateur ou un panneau de commande qui permet d'établir la liaison entre l'opérateur et la machine, le système ou le dispositif concerné. **[7]**

IV.4 Le logiciel WinCC TIA PORTAL

WinCC dans TIA Portal est un logiciel de Siemens utilisé pour la création d'interfaces homme-machine (IHM) et de systèmes de supervision. Il permet de configurer les pupitres opérateurs SIMATIC, ainsi que les systèmes SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sur PC. WinCC dans TIA Portal offre un environnement d'ingénierie intégré pour la configuration, la programmation et la mise en service de systèmes d'automatisation industrielle. **[8]**

IV.4.1 Liaison entre PLC et IHM

Cette figure montre la configuration de la connexion réseau entre l'automate Siemens S7-1500 (CPU 1511-1 PN) et le pupitre opérateur TP700 Comfort via Profinet dans le logiciel TIA Portal. Cette communication permet d'assurer l'échange des données nécessaires à la supervision et au pilotage en temps réel du processus.

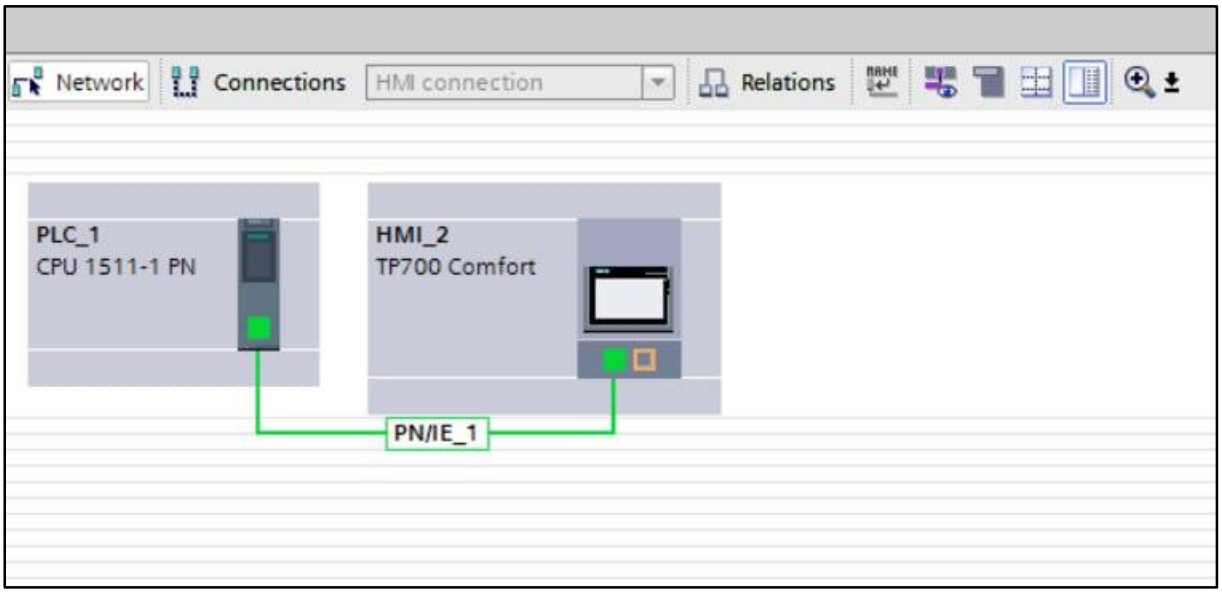


Figure IV.5 : Liaison entre PLC et HMI

IV.5 Conception de la solution sur WinCC

Présentation du développement de la solution de supervision sur WinCC, incluant la création des vues, la configuration des alarmes et l'intégration des variables pour le suivi et le pilotage de la station de traitement des eaux.

IV.5.1 Table des variables

La table de variables HMI regroupe l'ensemble des variables échangées entre l'automate et l'interface de supervision. Elle définit les adresses, noms et types des données nécessaires pour afficher les états, commander les équipements et suivre en temps réel le fonctionnement du processus sur l'écran opérateur.

Default tag table

Name	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address
AD1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	AD1	
AD2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	AD2	
AD3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	AD3	
ADP1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADP1	
ADP2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADP2	
ADS1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS1	
ADS1M	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS1M	
ADS2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS2	
ADS2M	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS2M	
ADS3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS3	
ADS3M	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	ADS3M	
ANIMATION _Ad1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"ANIMATION _AD1"	
BP1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP1	
BP2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP2	
BP3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP3	
BP4	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP4	
BP5	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP5	
BP6	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP6	
BP7	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP7	
BP8	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP8	
BP9	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	BP9	
capteur de probleme	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"capteur de probleme"	
D manuel	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Démarage manuel"	
DPPE	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	DPPE	
DPPE1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	DPPE1	
DPPE2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	DPPE2	
DPPE3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	DPPE3	

Figure IV.6 : Exemple de la liste des variables dans le projet WinCC

IV.5.2 Création des vues

La supervision est organisée de façon à permettre la visualisation complète de la station, avec les différents processus partiels représentés dans des vues distinctes pour plus de clarté et de précision.

IV.5.2.1 Vue d'accueil

Cette première vue sert de page d'accueil et propose les boutons de navigation permettant d'accéder aux différentes vues de supervision du processus, Son architecture est présentée dans la figure ci-dessous.

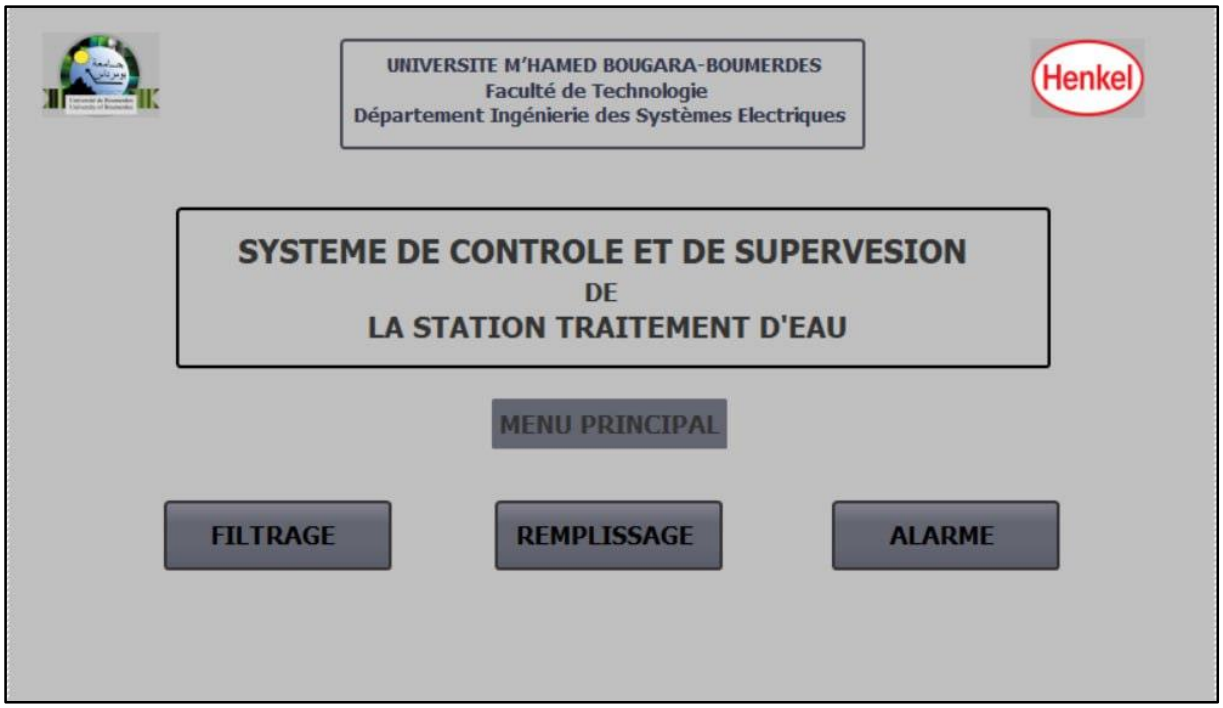


Figure IV.7 : Interface d'accueil de la station de traitement des eaux.

IV.5.2.2 La vue du cycle de filtrage

Cette vue permet de superviser et contrôler le remplissage de la cuve d'eau filtrée. Elle affiche l'état des pompes et des vannes, ainsi que le niveau d'eau dans la cuve, Cette vue est présentée dans la figure ci-dessous :

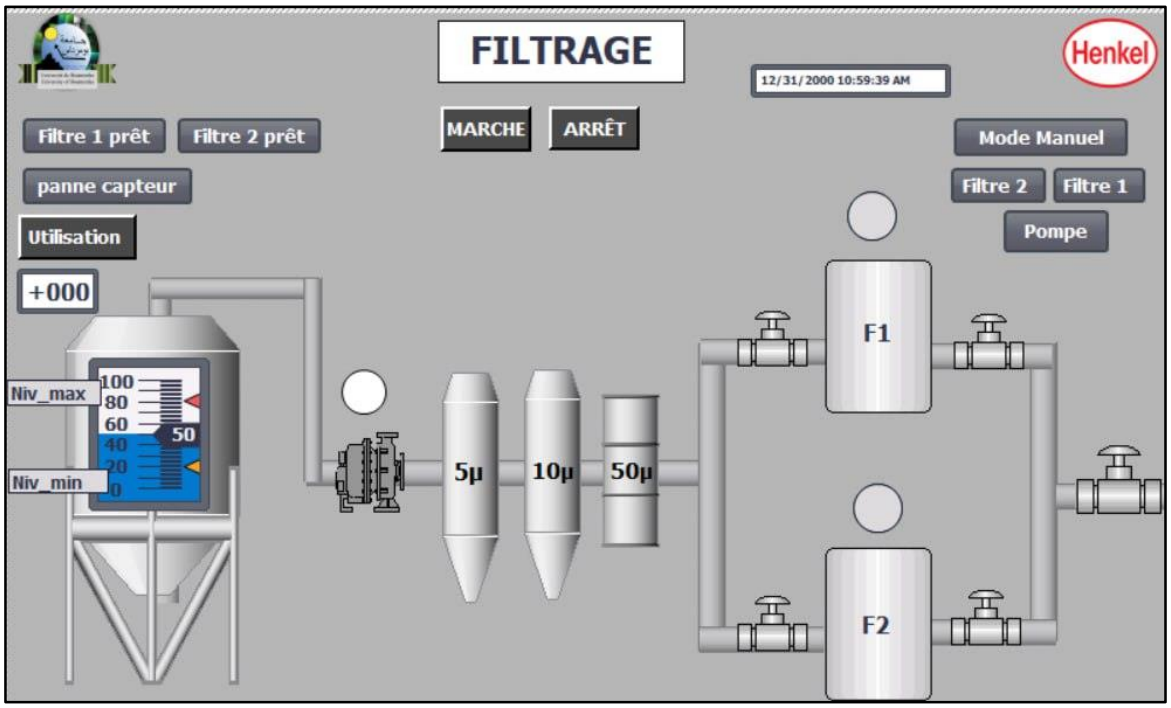


Figure IV.8 : Vue de Cycle de filtrage.

IV.5.2.2.1 Simulation de cycle de filtrage en mode manuel

L'interface permet à l'opérateur de lancer ou arrêter le cycle de filtrage, sélectionner le mode manuel, et choisir quel filtre utiliser. Cette section présente divers scénarios opérationnels de la simulation élaborée pour le cycle de filtration.

La figure suivante illustre le cas où :

- Les vannes ouvertes en vert et les vannes en gris fermé
- Le filtre à sable N°1 en vert est en service et le filtre à sable N°2 en gris est hors service
- La pompe verte ça veut dire est en état marche
- Le niveau dans la cuve est +32

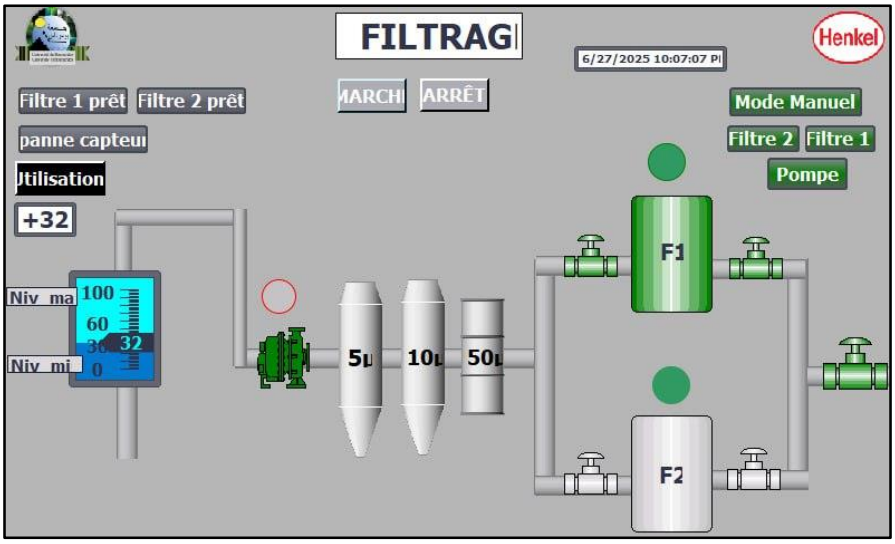


Figure IV.10 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration (niveau 32%).

La figure IV.6 illustre le cas où le filtre à sable n°2 est arrêté et le filtre à sable n°1 est en service, avec le niveau de cuve est 57 %

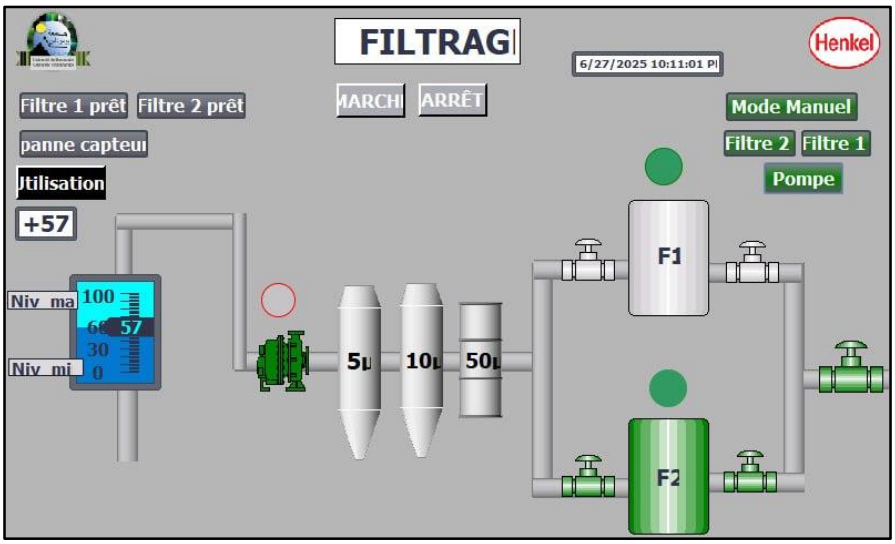


Figure IV.9 : Vue partielle de la simulation de cycle de filtrage (niveau 57).

La figure IV présente le cas où le remplissage atteint le niveau maximal de la cuve à 90 %

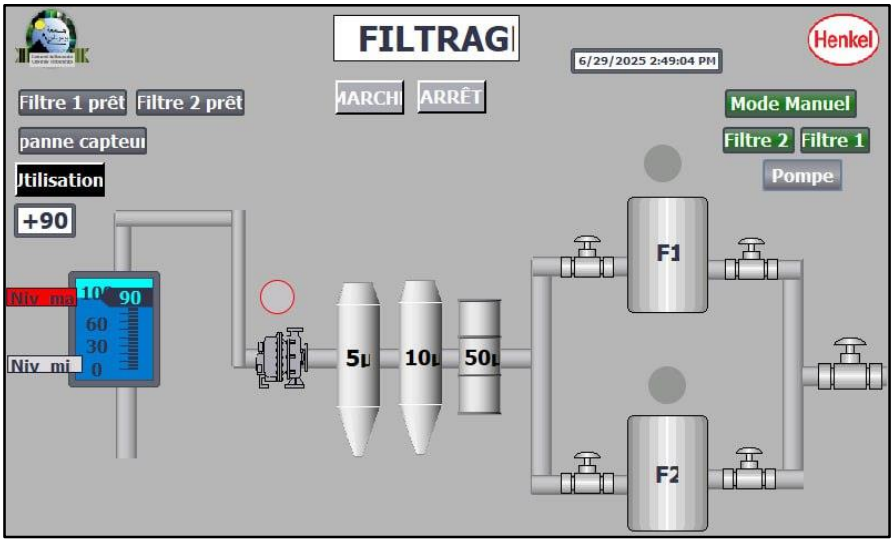


Figure IV.11 : Vue partielle de cycle de filtration (niveau max)

Dans cette interface, l'appui sur le bouton Utilisation active le mode d'utilisation, déclenchant le contrôle du niveau d'eau filtrée dans la cuve, comme illustré par la figure suivante.

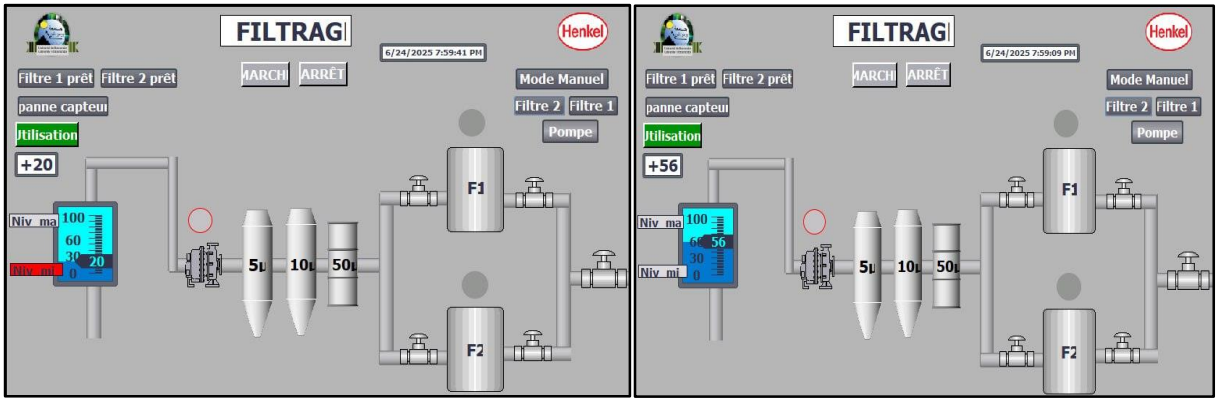


Figure IV.12 : Vue partielle de la simulation de cycle de filtration (Mode utilisation)

IV.5.2.2.2 Simulation le cycle de filtrage en mode automatique

En mode automatique, le cycle de filtrage s'exécute sans intervention manuelle continue.

Comme illustré par la figure IV.9, à l'état initial, les filtres à sable jaunes indiquent que les filtres sont prêts à fonctionner.

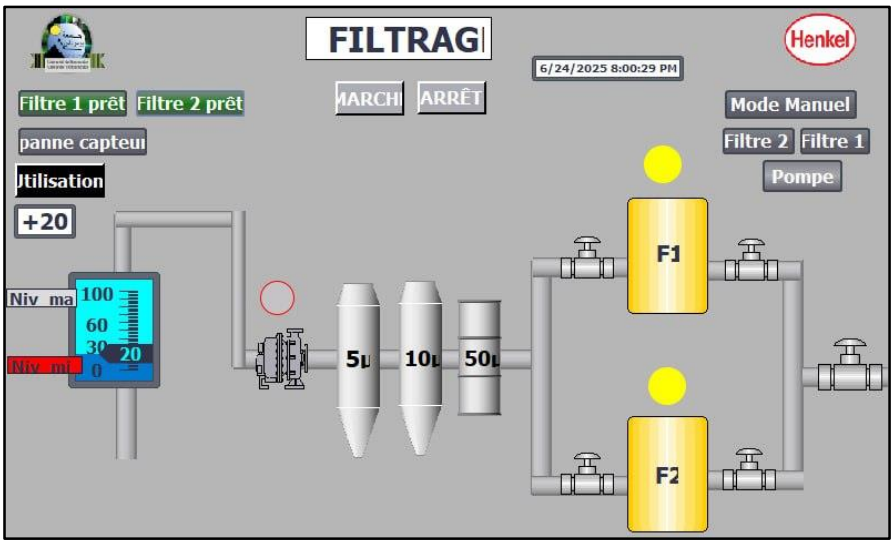


Figure IV.13 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration dans le mode automatique (les filtres sont prêts à fonctionner).

Lorsque le niveau de la cuve est au minimum (≤ 20 %), le système active automatiquement le filtre à sable n°1 et la pompe, comme le montre la figure suivante.

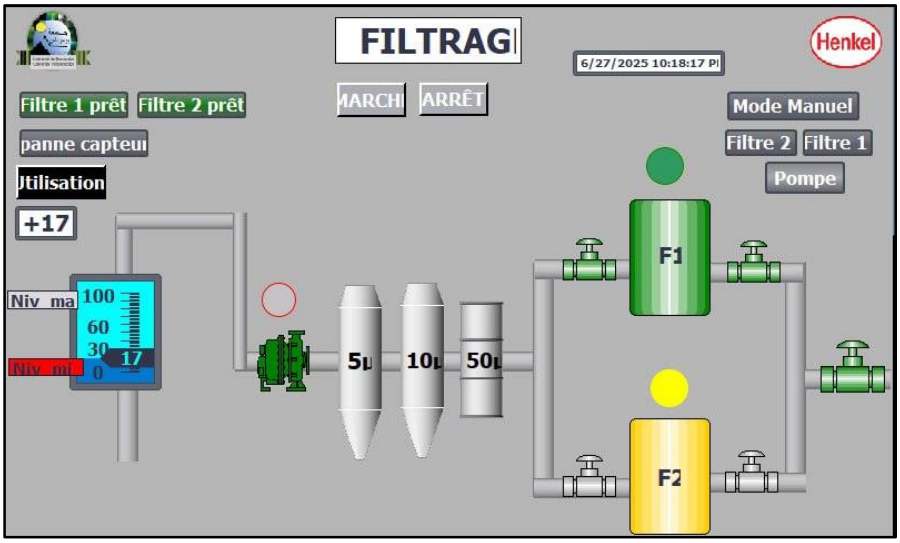


Figure IV.14: Vue partielle de la simulation de filtration dans le mode automatique (le filtre 1 et la pompe sont actifs).

Au terme de 12 heures d'opération, le filtre n°1 est désactivé pour régénération tandis que le filtre n°2 est activé automatiquement (voir figure IV.11)

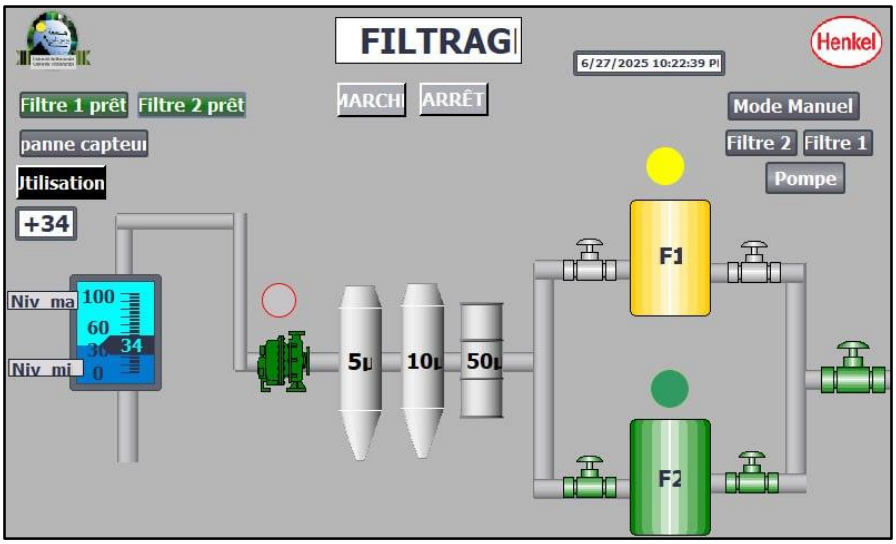


Figure IV.15 : Vue partielle de la simulation du cycle de filtration dans le mode automatique (le filtre 2 et la pompe sont actifs)

Lorsque la cuve atteint sa capacité maximale, pompe est arrêtée automatiquement, les filtres à sables sont mise hors service et les vannes se ferment.

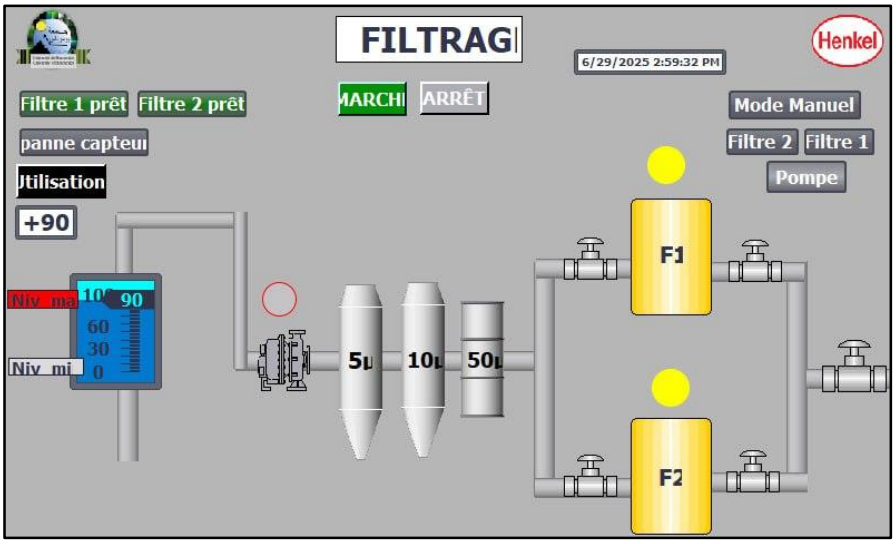


Figure IV.16 : Remplissage de la cuve en mode automatique.

IV.5.2.2.3 Fenêtre des alarmes

Cette vue présente l'ensemble des alarmes survenues pendant le fonctionnement du processus de filtrage sous forme de tableau, précisant le nom de l'alarme ainsi que la date et l'heure de son déclenchement. Dans notre cas, l'alarme est de type analogique et se déclenche lorsque le niveau d'eau dépasse 90 % comme le démontre la figure suivante



Figure IV.17 : Vue partielle du cycle de filtration dans le mode automatique (lors du déclenchement de l'alarme (dépassement du seuil de 90%)

IV.5.2.3 La vue de cycle de remplissage

Cette vue permet de visualiser en temps réel **les** niveaux des quatre cuves de stockage**,** la ligne de remplissage alimentée par les adoucisseurs 1, 2 et 3, l'ouverture des vannes pneumatiques ainsi que l'état des pompes**.** Cette vue est présentée dans la figure ci-dessous.

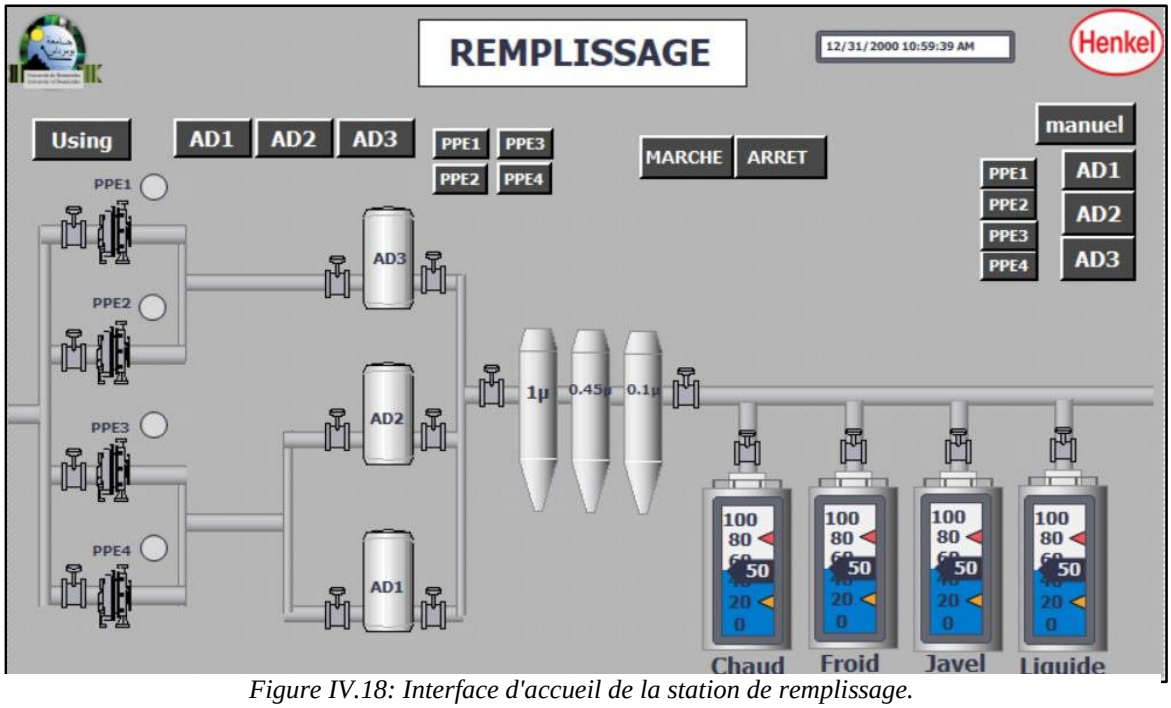


Figure IV.18: Interface d'accueil de la station de remplissage.

IV.5.2.3.1 Simulation de cycle de remplissage en mode manuel

Le démarrage de la pompe PPE1 et le fonctionnement de l'adoucisseur n°3 sont présentés par la figure IV.15

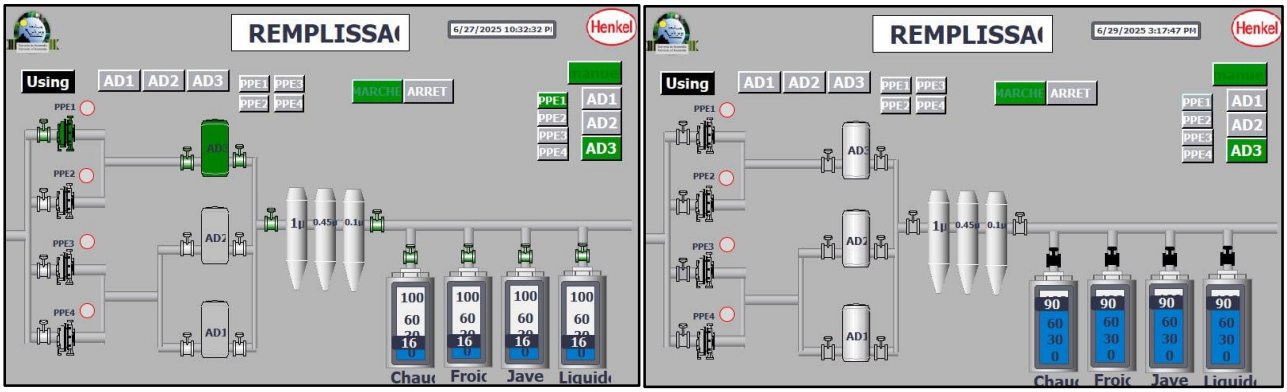


Figure IV.19 : simulation partielle du cycle de remplissage : PPE1 et adoucisseur n°3 est activé.

Le démarrage de la pompe PPE3 et le fonctionnement de l'adoucisseur n°1 sont présentés par la figure IV.16

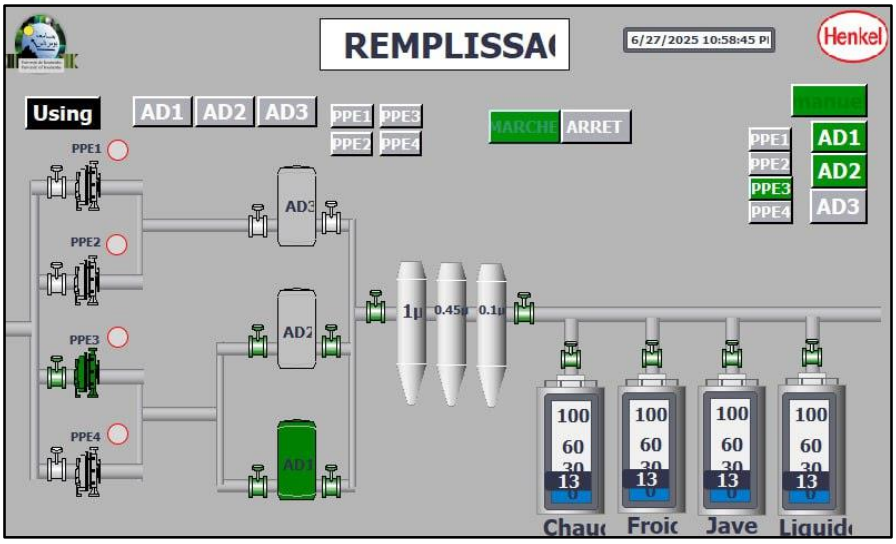


Figure IV.20: Simulation partielle du cycle de remplissage: pompe PPE3 et adoucisseur n°1 activés.

Le démarrage de la pompe PPE3 et le fonctionnement simultané des adoucisseurs n°1 et n°2 sont présentés par la figure IV.16

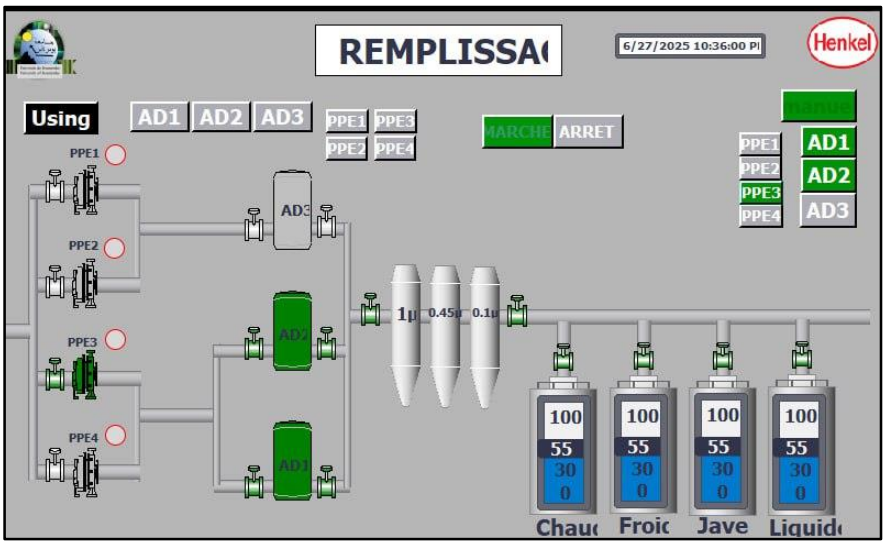


Figure IV.21 : Simulation partielle du cycle de remplissage : PPE1 et adoucisseur n°1 et 2 activés.

Le démarrage de la pompe PPE3 et le fonctionnement simultané des adoucisseurs n°1 et n°2 sont présentés par la figure IV.18

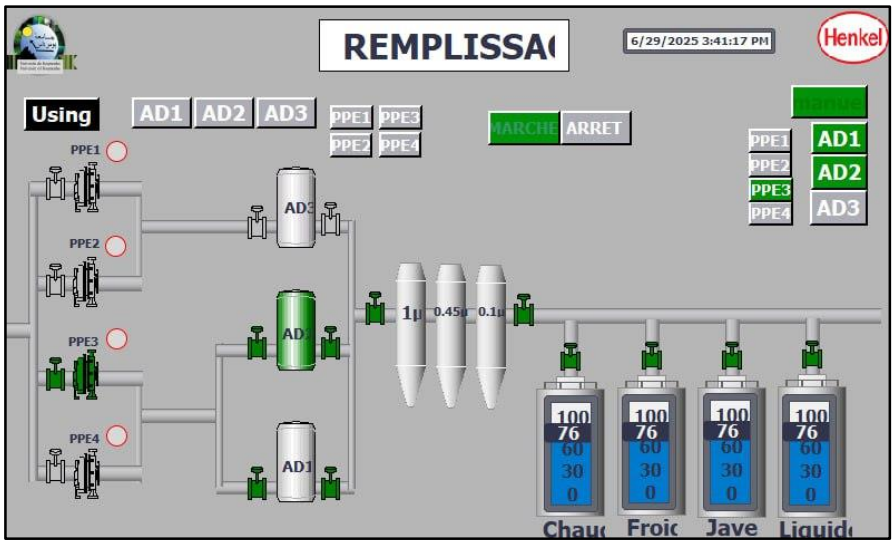


Figure IV.22 : Simulation partielle du cycle de remplissage : PPE3 et l'adoucisseur n°2 activés.

Lorsque les réservoirs est rempli au niveau maximal, les adoucisseurs s'arrête et la pompe s'éteint

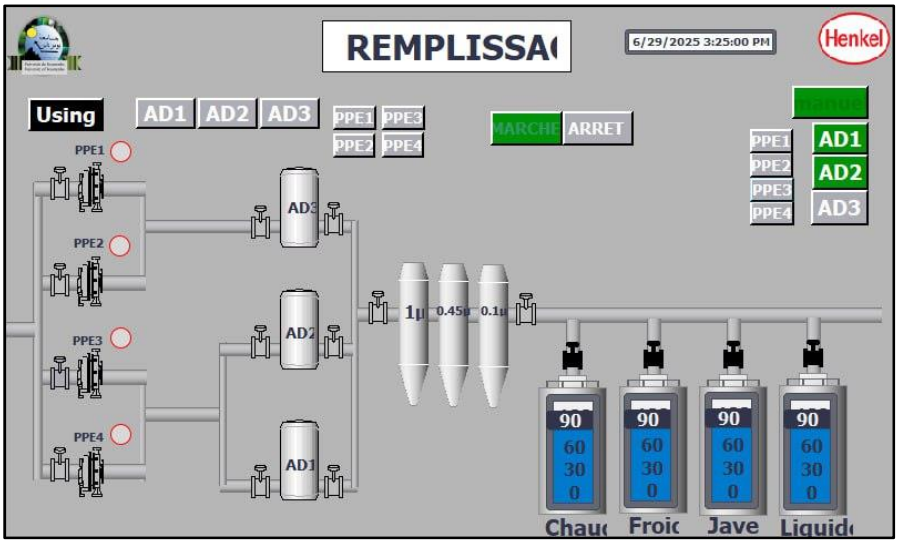


Figure IV.23 : Remplissages des cuves.

IV.5.2.3.2 Simulation de cycle de remplissage en mode automatique

La station de remplissage fonctionne automatiquement, sans intervention de l'opérateur. Cela implique que lorsque les conditions suivantes sont simultanément vérifiées :

i) La pompe PPE3 et les adoucisseurs n°1 et n°2 sont prêts au démarrage,

j) Les niveaux des cuves sont ≤ 20 %,

k) alors le remplissage des 4 cuves et la permutation entre les adoucisseurs n°1 et n°2 s'effectuent automatiquement.

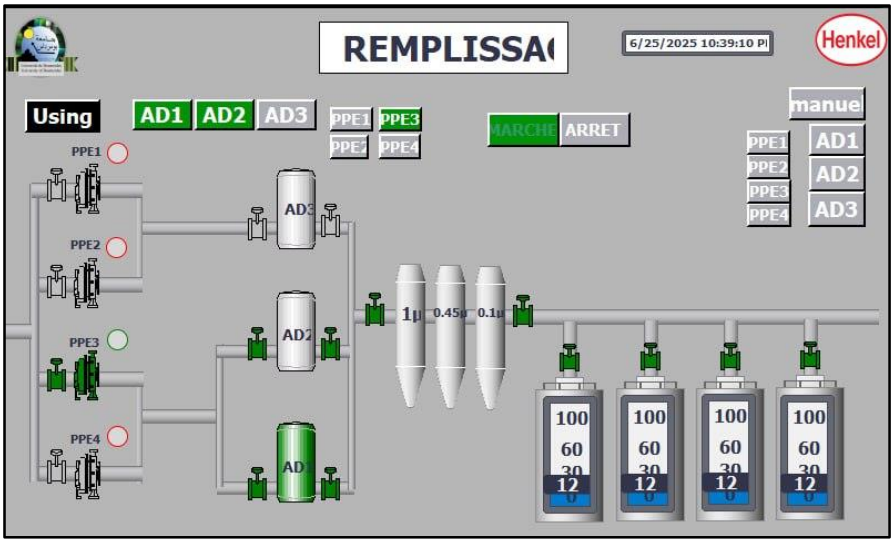


Figure IV.24 : Simulation partielle du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°1 activé.

Fonctionnement des deux adoucisseurs en même temps, voire la figure

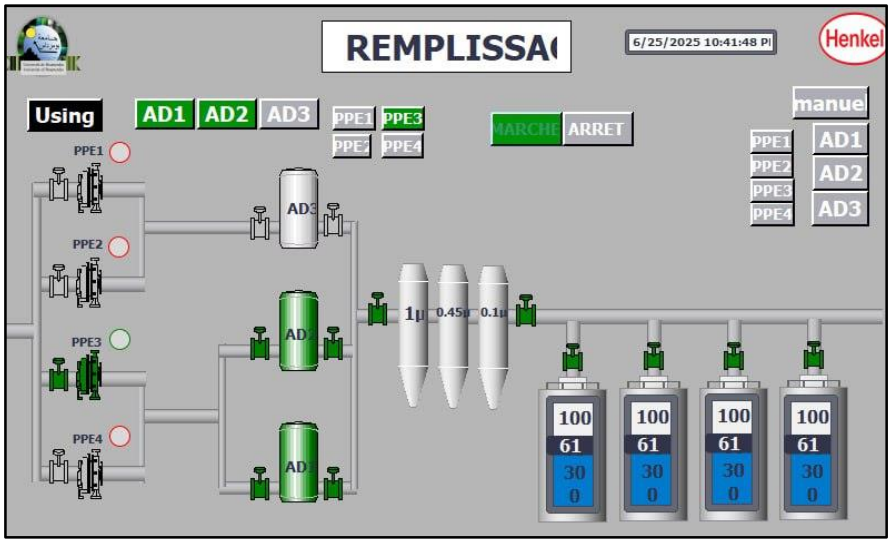


Figure IV.25 : Vue partielle de la simulation du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°1 et n°2 activés.

Fonctionnement de l'Adoucisseur n°2. Voire la figure :

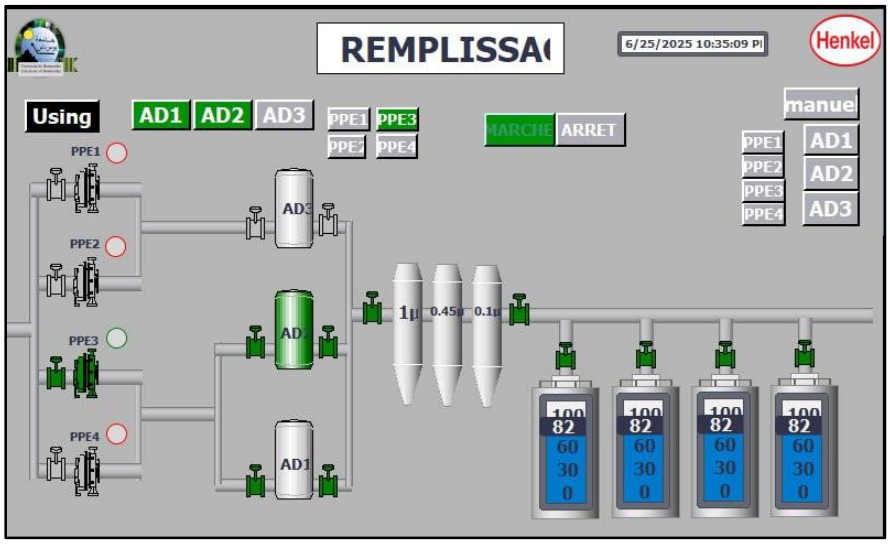


Figure IV.26 : simulation du cycle de remplissage en mode automatique : adoucisseur n°2 activé et le niveau à 82%

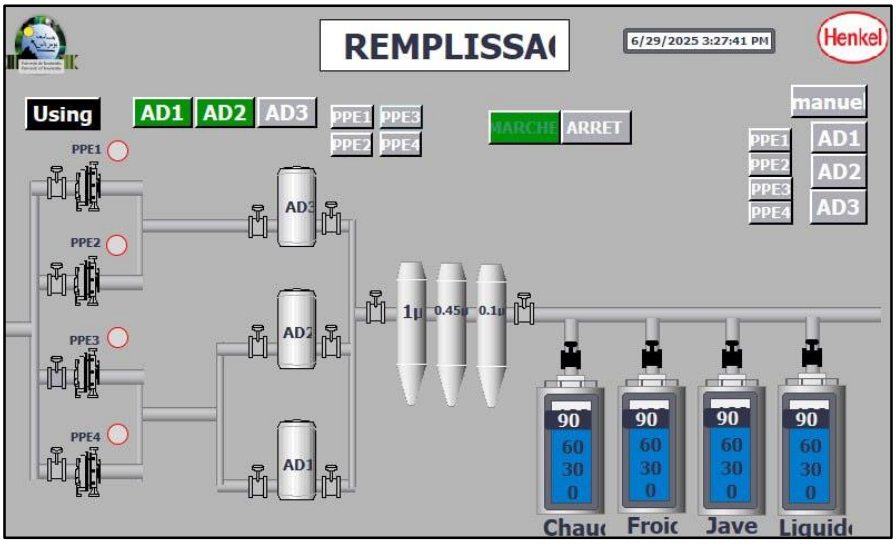


Figure IV.27 : Remplissages des cuves.

Fonctionnement de l'adoucisseur n°3. Voire la figure :

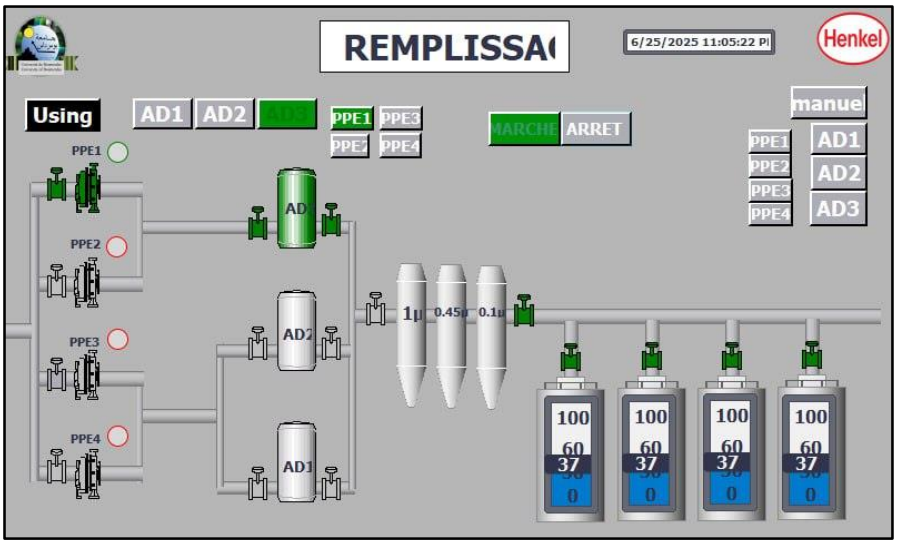


Figure IV.28 : simulation de la vue partielle de cycle de remplissage en mode automatique : Adoucisseur n°3 activé et le niveau à 37%

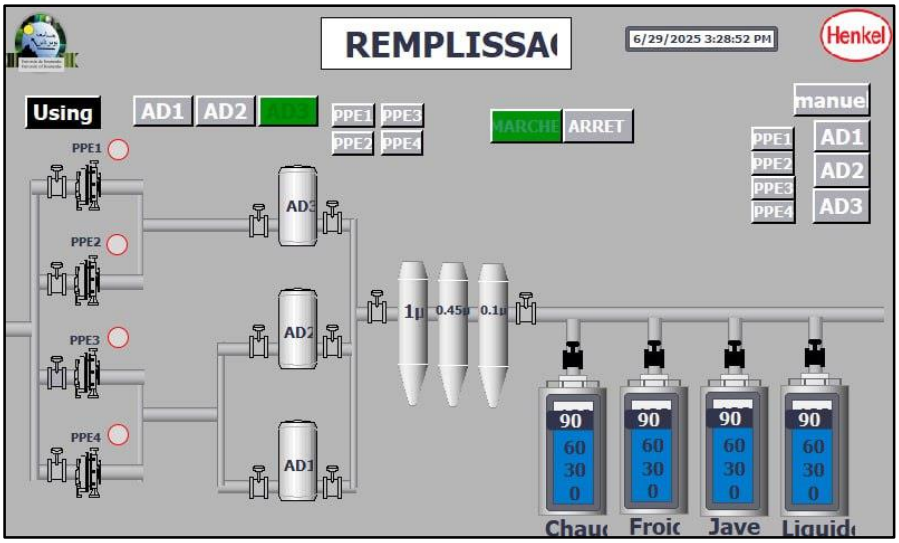


Figure IV.29 : Remplissage des cuves.

IV.5.2.3.3 Fenêtre des alarmes

Cette vue présente l'ensemble des alarmes survenues pendant le fonctionnement du processus de remplissage sous forme de tableau, précisant le nom de l'alarme ainsi que la date et l'heure de son déclenchement.

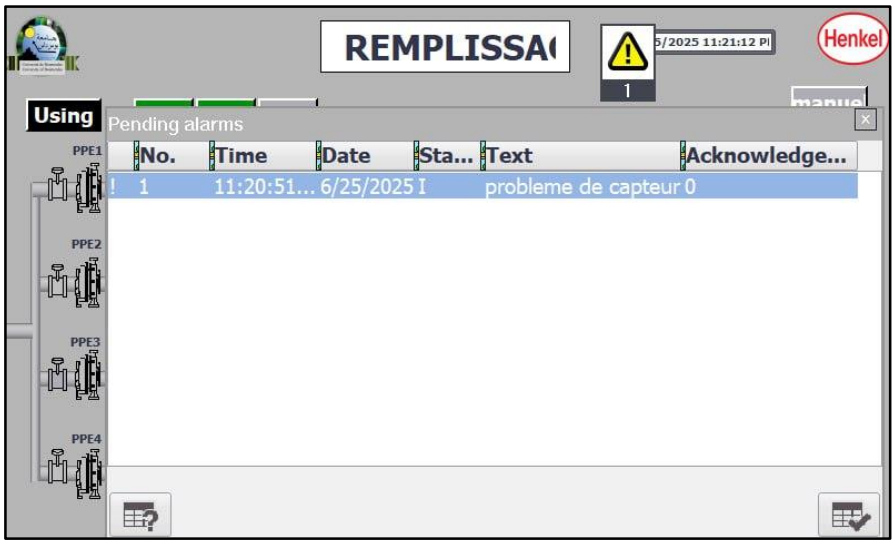


Figure IV.30 : Vue partielle de la simulation de cycle de remplissage dans le mode automatique lors du déclenchement de l'alarme (dépassement du seuil %90)

IV.6 Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter la mise en place du système de supervision et de simulation de la station de traitement des eaux. Grâce à l'utilisation de la plateforme WinCC, nous avons développé des interfaces claires et interactives permettant le suivi en temps réel, le contrôle des cycles de traitement**,** et la détection rapide des alarmes ou anomalies. Cette solution de supervision contribue à réduire l'intervention manuelle**,** à optimiser la sécurité et la fiabilité des opérations et à garantir une meilleure qualité du process pour l'usine Henkel.

Conclusion générale

Le travail mené dans le cadre de ce projet de fin d'études a permis de concevoir et mettre en place une solution complète d'automatisation et de supervision pour la station de traitement des eaux de l'usine Henkel. Cette solution répond aux exigences du projet, en permettant un contrôle autonome du processus et une meilleure adaptabilité pour de futurs ajustements ou extensions de la station. De façon générale, l'automatisation mise en œuvre améliore la continuité et la fiabilité de la production, offre une interface de supervision pour la surveillance des dysfonctionnements, facilite la détection rapide des pannes et contribue ainsi à accroître la performance et la rentabilité du système global.

L'automate programmable industriel (API) est l'un des éléments essentiels pour la réalisation des systèmes automatisés dans l'industrie. Dans cette optique, nous avons choisi d'intégrer un automate programmable S7-1500 de Siemens, reconnu pour sa construction modulaire, ses performances élevées et sa flexibilité d'intégration, afin d'automatiser la station de traitement des eaux de l'usine Henkel.

Après une présentation détaillée de l'usine Henkel, de la station de traitement des eaux, et des besoins fonctionnels, nous avons étudié en profondeur le procédé de traitement et les contraintes techniques pour élaborer un cahier des charges précis.

Pour atteindre notre objectif, nous avons d'une part sélectionné et configuré le matériel nécessaire (automate, modules d'entrées/sorties, instrumentation adaptée), et d'autre part développé le programme de commande et de contrôle sous TIA Portal V18. Ce programme permet d'assurer le démarrage, le fonctionnement, l'arrêt et la supervision en temps réel de la station via une interface opérateur développée sur WinCC.

Une fois le programme élaboré, nous avons réalisé une phase de simulation afin de vérifier le bon déroulement des différentes étapes du traitement. Les résultats obtenus ont confirmé la correspondance adéquate entre les entrées et les sorties, ainsi que la conformité du système automatisé aux exigences du cahier des charges.

Pour conclure ce mémoire, nous souhaitons que ce modeste apport puisse être utile, même de façon limitée, et qu'il contribue à inspirer ou guider d'autres travaux ou réflexions sur l'automatisation et la supervision des procédés industriels.

Bibliographie

[1] B. Rousseau, «Société Henkel, Andlil trader inside,» [En ligne]. Available: https://www.andlil.com/societe-henkel143286.html.

[2] H. Algérie, «Présentation de l'entreprise,» [En ligne]. Available: https://www.henkel.dz. [Accès le 15 03 2025].

[3] J.-M. Bouchet, Automatique industrielle : capteur, pré-actionneurs, actionneurs, Paris: Dunod, 2018.

[4] « Contacteur électrique – définition et fonctionnement,» Legrand, [En ligne]. Available: https://www.legrand.fr/pro/catalogue/contacteurs-et-telecommandes. [Accès le 05 04 2025].

[5] S. Electric, «Relais thermique – principe et protection des moteurs,» [En ligne]. Available: https://www.se.com/fr/fr/work/support/. [Accès le 05 04 2025].

[6] «Disjoncteur moteur – principe et réglage de la protection,» [En ligne]. Available: https://www.se.com/fr/fr/work/support/. [Accès le 05 04 2025].

[7] A. Chrétien et M. Mercier, Automatique et robotique industrielle, Paris: Ellipses, 2014.

[8] Tameson, «Interrupteur de fin de course,» Tameson.fr, s.d. [En ligne]. Available: https://tameson.fr/pages/interrupteur-de-fin-de-course. [Accès le 24 04 2025].

[9] Seimens, «Totally integrated Automation Portal,» Seimens AG, [En ligne]. Available: https://www.siemens.com/fr/produits/automatisation-entrainements/logiciel-indutriel/automation-software/tia-portal.html. [Accès le 24 05 2025].

[10] International Electrotechnical Commission (IEC), IEC 61131-3: Programmable Controllers - Part 3: Programming Languages, Genève: IEC Publications, 2013.

[11] a. d. i. p. IP Systèmes (organisation éditrice, «IP Systèmes.,» 13 Septembre 2021. [En ligne]. Available: https://www.ipsystemes.com/detailsqu+est+ce+qu+une+ihm+a+quoi+sert+l+interface+homme+machine+-814.html. [Accès le 17 06 2025].

[12] I. Boualem, «Contribution à l'étude de la supervision industrielle automatique dans un environnement SCADA,» Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougara de Boumerdès, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie, BOUMERDES, 2009.

ANNEX

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
1	Init	Bool	%M0.0		☑	☑	☑		Départ de cycle
2	stp	Bool	%M7.1		☑	☑	☑		Stop
3	Au	Bool	%I0.1		☑	☑	☑		Arret d'urgence
4	FGF	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑		Froçage de Filtrage
5	FGR	Bool	%Q0.1		☑	☑	☑		Forçage de Remplissage
6	FGC	Bool	%Q0.2		☑	☑	☑		Forçage de Conduite
7	FS1P	Bool	%M6.7		☑	☑	☑		Filtre à Sable 1 Pret
8	FS2P	Bool	%M7.0		☑	☑	☑		Filtre à Sable 2 Pret
9	FS1	Bool	%Q0.3		☑	☑	☑		Filtre 1 en service
10	FS2	Bool	%Q0.4		☑	☑	☑		Filtre 2 en service
11	VO5	Bool	%Q0.5		☑	☑	☑		la vanne 5 overte
12	VO6	Bool	%Q0.6		☑	☑	☑		la vanne 6 overte
13	VO8	Bool	%Q0.7		☑	☑	☑		la vanne 8 overte
14	VO9	Bool	%Q1.0		☑	☑	☑		la vanne 9 overte
15	VO11	Bool	%Q1.1		☑	☑	☑		la vanne 11 overte
16	VF5	Bool	%Q1.2		☑	☑	☑		la vanne 5 fermée
17	VF6	Bool	%Q1.3		☑	☑	☑		la vanne 6 fermée
18	VF8	Bool	%Q1.4		☑	☑	☑		la vanne 8 fermée
19	VF9	Bool	%Q1.5		☑	☑	☑		la vanne 9 fermée
20	VF11	Bool	%Q1.6		☑	☑	☑		la vanne 11 fermée
21	V8	Bool	%I1.5		☑	☑	☑		capteur de la venne 8
22	V6	Bool	%I1.4		☑	☑	☑		capteur de la venne 6
23	V5	Bool	%I1.3		☑	☑	☑		capteur de la venne 5
24	V9	Bool	%I1.6		☑	☑	☑		capteur de la venne 9
25	V11	Bool	%I1.7		☑	☑	☑		capteur de la venne 11
26	NIV MIN	Bool	%M16.0		☑	☑	☑		Niveau minimum
27	NIV MAX	Bool	%M16.1		☑	☑	☑		Niveau maximum
28	BP1	Bool	%M7.7		☑	☑	☑		Bouton poussoire 1
29	BP2	Bool	%M8.0		☑	☑	☑		Bouton poussoire 2
30	BP3	Bool	%M8.1		☑	☑	☑		Bouton poussoire 3

Figure 1 : Table des variable 1 - PLC

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
31	BP4	Bool	%M8.2		☑	☑	☑		Bouton poussoire 4
32	BP5	Bool	%M8.4		☑	☑	☑		Bouton poussoire 5
33	BP6	Bool	%M8.5		☑	☑	☑		Bouton poussoire 6
34	BP7	Bool	%M8.6		☑	☑	☑		Bouton poussoire 7
35	BP8	Bool	%M8.7		☑	☑	☑		Bouton poussoire 8
36	BP9	Bool	%M9.0		☑	☑	☑		Bouton poussoire 9
37	BP10	Bool	%M8.3		☑	☑	☑		Bouton poussoire 10
38	DPPE	Bool	%Q1.7		☑	☑	☑		Démarrage de la pompe
39	APPE	Bool	%Q2.0		☑	☑	☑		Arret de la pompe
40	PPE	Bool	%M9.4		☑	☑	☑		capteur de la pompe
41	ADP1	Bool	%M9.1		☑	☑	☑		Adoucisseur 1 pret
42	ADP2	Bool	%M9.2		☑	☑	☑		Adoucisseur 2 pret
43	ADS1	Bool	%M42.1		☑	☑	☑		Adoucisseur 1 en service
44	ADS2	Bool	%M42.2		☑	☑	☑		Adoucisseur 2 en service
45	ADS3	Bool	%M42.3		☑	☑	☑		Adoucisseur 3 en service
46	ADS1M	Bool	%Q7.6		☑	☑	☑		Adoucisseur1 en service en mode manuel
47	ADS2M	Bool	%Q7.7		☑	☑	☑		Adoucisseur2 en service en mode manuel
48	ADS3M	Bool	%Q8.0		☑	☑	☑		Adoucisseur3 en service en mode manuel
49	AD1	Bool	%Q2.1		☑	☑	☑		Adoucisseur N°=01
50	AD2	Bool	%Q2.2		☑	☑	☑		Adoucisseur N°=02
51	AD3	Bool	%I17.1		☑	☑	☑		Adoucisseur N°=03
52	DPPE4	Bool	%Q7.0		☑	☑	☑		Démarrage de pompe 4
53	DPPE3	Bool	%Q6.7		☑	☑	☑		Démarrage de pompe 3
54	DPPE2	Bool	%Q6.6		☑	☑	☑		Démarrage de pompe 2
55	DPPE1	Bool	%Q6.5		☑	☑	☑		Démarrage de pompe 1
56	APPE1	Bool	%Q7.1		☑	☑	☑		Arret de pompe 1
57	APPE2	Bool	%Q7.2		☑	☑	☑		Arret de pompe 2
58	APPE3	Bool	%Q7.3		☑	☑	☑		Arret de pompe 3
59	APPE4	Bool	%Q7.4		☑	☑	☑		Arret de pompe 4
60	MPPE2	Bool	%M7.4		☑	☑	☑		La marche de pompe 2

Figure 2 : Table des variables 2 - PLC

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
61	MPPE1	Bool	%M7.3		☑	☑	☑		La marche de pompe 1
62	MPPE3	Bool	%M7.5		☑	☑	☑		La marche de pompe 3
63	MPPE4	Bool	%M7.6		☑	☑	☑		La marche de pompe 4
64	PPE1	Bool	%I5.4		☑	☑	☑		captrue de pmope 1
65	PPE2	Bool	%I5.5		☑	☑	☑		captrue de pmope 2
66	PPE3	Bool	%I5.6		☑	☑	☑		captrue de pmope 3
67	PPE4	Bool	%I5.7		☑	☑	☑		captrue de pmope 4
68	VO13	Bool	%Q2.5		☑	☑	☑		la venne 13 overte
69	VO14	Bool	%Q2.6		☑	☑	☑		la venne 14 overte
70	VO15	Bool	%Q2.7		☑	☑	☑		la venne 15 overte
71	VO16	Bool	%Q3.0		☑	☑	☑		la venne 16 overte
72	VO18	Bool	%Q3.1		☑	☑	☑		la vanne 18 overte
73	VO20	Bool	%Q3.2		☑	☑	☑		la vanne 20 overte
74	VO21	Bool	%Q3.3		☑	☑	☑		la vanne 21 overte
75	VO23	Bool	%Q3.4		☑	☑	☑		la vanne 23 overte
76	VO24	Bool	%Q3.5		☑	☑	☑		la vanne 24 overte
77	VO26	Bool	%Q3.6		☑	☑	☑		la vanne 26 overte
78	VO27	Bool	%Q3.7		☑	☑	☑		la vanne 27 overte
79	VO29	Bool	%Q4.1		☑	☑	☑		la vanne 29 overte
80	VO28	Bool	%Q4.0		☑	☑	☑		la vanne 28 overte
81	VO30	Bool	%Q4.2		☑	☑	☑		la vanne 30 overte
82	VO31	Bool	%Q4.3		☑	☑	☑		la vanne 31 overte
83	VO32	Bool	%Q4.4		☑	☑	☑		la vanne 32 overte
84	VF13	Bool	%Q4.5		☑	☑	☑		la vanne 13 fermée
85	VF14	Bool	%Q4.6		☑	☑	☑		la vanne 14 fermée
86	VF15	Bool	%Q4.7		☑	☑	☑		la vanne 15 fermée
87	VF16	Bool	%Q5.0		☑	☑	☑		la vanne 16 fermée
88	VF18	Bool	%Q5.1		☑	☑	☑		la vanne 18 fermée
89	VF20	Bool	%Q5.2		☑	☑	☑		la vanne 20 fermée
90	VF21	Bool	%Q5.3		☑	☑	☑		la vanne 21 fermée

Figure 3 : Table des variables 3 - ¨PLC

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
121	NMAXF	Bool	%M42.5		☑	☑	☑		Niveau maximum de l'eau "Froid"*
122	NMAXJ	Bool	%M42.6		☑	☑	☑		Niveau maximum de l'eau "Javel"
123	NMAXL	Bool	%M42.7		☑	☑	☑		Niveau maximum de l'eau "Liquide"
124	CD1	Bool	%I6.4		☑	☑	☑		Capteur de défaut de la pompe 1
125	CD2	Bool	%I6.5		☑	☑	☑		Capteur de défaut de la pompe 2
126	CD3	Bool	%I6.6		☑	☑	☑		Capteur de défaut de la pompe 3
127	CD4	Bool	%I6.7		☑	☑	☑		Capteur de défaut de la pompe 4
128	Mode Manuel R	Bool	%M18.0		☑	☑	☑		
129	Manuel R	Bool	%Q10.2		☑	☑	☑		
130	UTILISATION	Bool	%M16.5		☑	☑	☑		
131	Démarage Pompe manuel	Bool	%Q7.5		☑	☑	☑		
132	Mode Manuel	Bool	%M50.0		☑	☑	☑		
133	Manuel	Bool	%Q10.1		☑	☑	☑		
134	X7	Bool	%M1.0		☑	☑	☑		
135	X8	Bool	%M1.1		☑	☑	☑		
136	X9	Bool	%M1.2		☑	☑	☑		
137	X10	Bool	%M1.3		☑	☑	☑		
138	X11	Bool	%M1.4		☑	☑	☑		
139	X12	Bool	%M1.5		☑	☑	☑		
140	X13	Bool	%M1.6		☑	☑	☑		
141	X14	Bool	%M1.7		☑	☑	☑		
142	X6	Bool	%M0.7		☑	☑	☑		
143	X15	Bool	%M2.0		☑	☑	☑		
144	X17	Bool	%M2.2		☑	☑	☑		
145	X18	Bool	%M2.3		☑	☑	☑		
146	X19	Bool	%M2.4		☑	☑	☑		
147	X20	Bool	%M2.5		☑	☑	☑		
148	X21	Bool	%M2.6		☑	☑	☑		
149	X22	Bool	%M2.7		☑	☑	☑		
150	X23	Bool	%M3.0		☑	☑	☑		

Figure 5 : Table des variables 5 – PLC

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
151	X24	Bool	%M3.1		☑	☑	☑		
152	X16	Bool	%M2.1		☑	☑	☑		
153	X25	Bool	%M3.2		☑	☑	☑		
154	X5	Bool	%M0.6		☑	☑	☑		
155	X3	Bool	%M0.4		☑	☑	☑		
156	X4	Bool	%M0.5		☑	☑	☑		
157	X0	Bool	%M0.1		☑	☑	☑		
158	X1	Bool	%M0.2		☑	☑	☑		
159	X2	Bool	%M0.3		☑	☑	☑		
160	X26	Bool	%M3.3		☑	☑	☑		
161	X27	Bool	%M3.4		☑	☑	☑		
162	X28	Bool	%M3.5		☑	☑	☑		
163	X52	Bool	%M6.5		☑	☑	☑		
164	X53	Bool	%M6.6		☑	☑	☑		
165	X51	Bool	%M6.4		☑	☑	☑		
166	X54	Bool	%M12.1		☑	☑	☑		
167	X50	Bool	%M6.3		☑	☑	☑		
168	X49	Bool	%M6.2		☑	☑	☑		
169	X48	Bool	%M6.1		☑	☑	☑		
170	X29	Bool	%M3.6		☑	☑	☑		
171	X30	Bool	%M3.7		☑	☑	☑		
172	X31	Bool	%M4.0		☑	☑	☑		
173	X32	Bool	%M4.1		☑	☑	☑		
174	X33	Bool	%M4.2		☑	☑	☑		
175	X34	Bool	%M4.3		☑	☑	☑		
176	X35	Bool	%M4.4		☑	☑	☑		
177	X36	Bool	%M4.5		☑	☑	☑		
178	X37	Bool	%M4.6		☑	☑	☑		
179	X38	Bool	%M4.7		☑	☑	☑		
180	X39	Bool	%M5.0		☑	☑	☑		

Figure 6 : Table des variables 6 - ¨PLC

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
180	X39	Bool	%M5.0		☑	☑	☑		
181	X40	Bool	%M5.1		☑	☑	☑		
182	X41	Bool	%M5.2		☑	☑	☑		
183	X42	Bool	%M5.3		☑	☑	☑		
184	X43	Bool	%M5.4		☑	☑	☑		
185	X44	Bool	%M5.5		☑	☑	☑		
186	X45	Bool	%M5.6		☑	☑	☑		
187	X46	Bool	%M5.7		☑	☑	☑		
188	X47	Bool	%M6.0		☑	☑	☑		
189	<Add new>				☑	☑	☑		

Figure 7 : Tables des variables 7 – PLC

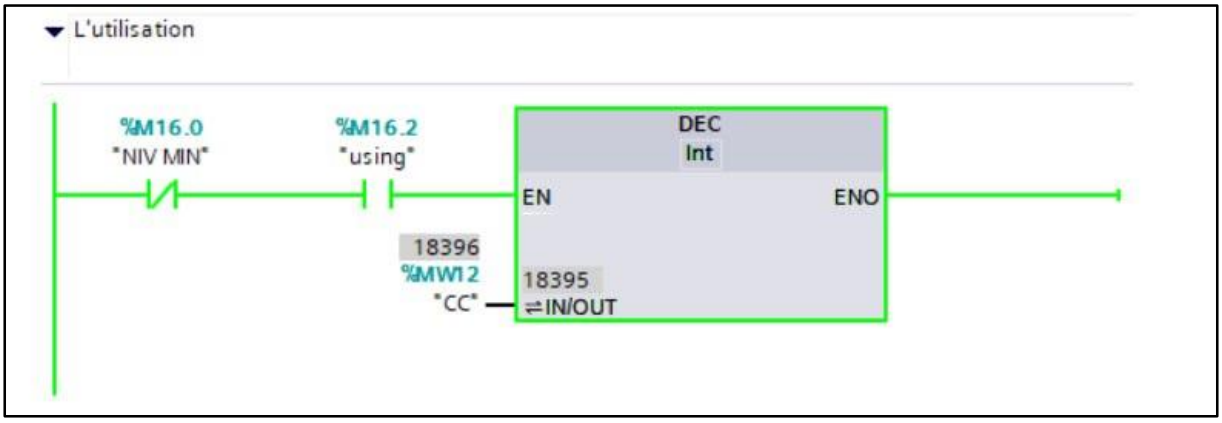


Figure 8 : Simulation de Ladder Mode utilisation - vidange de la cuve

Default tag table

Name	Data type	Connection	PLC name	PLC tag
DPPE4	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	DPPE4
FS1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	FS1
FS1P	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	FS1P
FS2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	FS2
FS2P	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	FS2P
Init	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Init
Mode Manuel	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Mode Manuel"
Mode Manuel R	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Mode Manuel R"
MPPE	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MPPE
MPPE1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MPPE1
MPPE2	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MPPE2
MPPE3	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MPPE3
MPPE4	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	MPPE4
NIV MAX	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"NIV MAX"
NIV MIN	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"NIV MIN"
NIVEAU	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	NIVEAU
Niveau Chaud	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Niveau Chaud"
Niveau Froid	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Niveau Froid"
Niveau Javel	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Niveau Javel"
Niveau Liquide	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Niveau Liquide"
PPE	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	PPE
stp	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	stp
using	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	using
using1	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	using1
UTILISATION	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	UTILISATION
VO11	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO11
VO13	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO13

Figure 9 : Table des variables 1 – HMI

Default tag table

Name	Data type	Connection	PLC name	PLC tag
VO14	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO14
VO15	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO15
VO16	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO16
VO18	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO18
VO20	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO20
VO21	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO21
VO23	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO23
VO24	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO24
VO26	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO26
VO27	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO27
VO28	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO28
VO29	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO29
VO30	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO30
VO31	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO31
VO32	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO32
VO5	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO5
VO6	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO6
VO8	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO8
VO9	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	VO9
X18	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X18
X38	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X38
X40	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X40
X42	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X42
X44	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X44
X6	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X6
X8	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	X8
<Add new>				

Figure 10 : Tables des variables 2 – HMI

Tag table_1

	Name	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	Supervision	Comment
180	X39	Bool	%M5.0		☑	☑	☑		
181	X40	Bool	%M5.1		☑	☑	☑		
182	X41	Bool	%M5.2		☑	☑	☑		
183	X42	Bool	%M5.3		☑	☑	☑		
184	X43	Bool	%M5.4		☑	☑	☑		
185	X44	Bool	%M5.5		☑	☑	☑		
186	X45	Bool	%M5.6		☑	☑	☑		
187	X46	Bool	%M5.7		☑	☑	☑		
188	X47	Bool	%M6.0		☑	☑	☑		
189	<Add new>				☑	☑	☑		

Figure 11 : Tableau affichage des alarmes

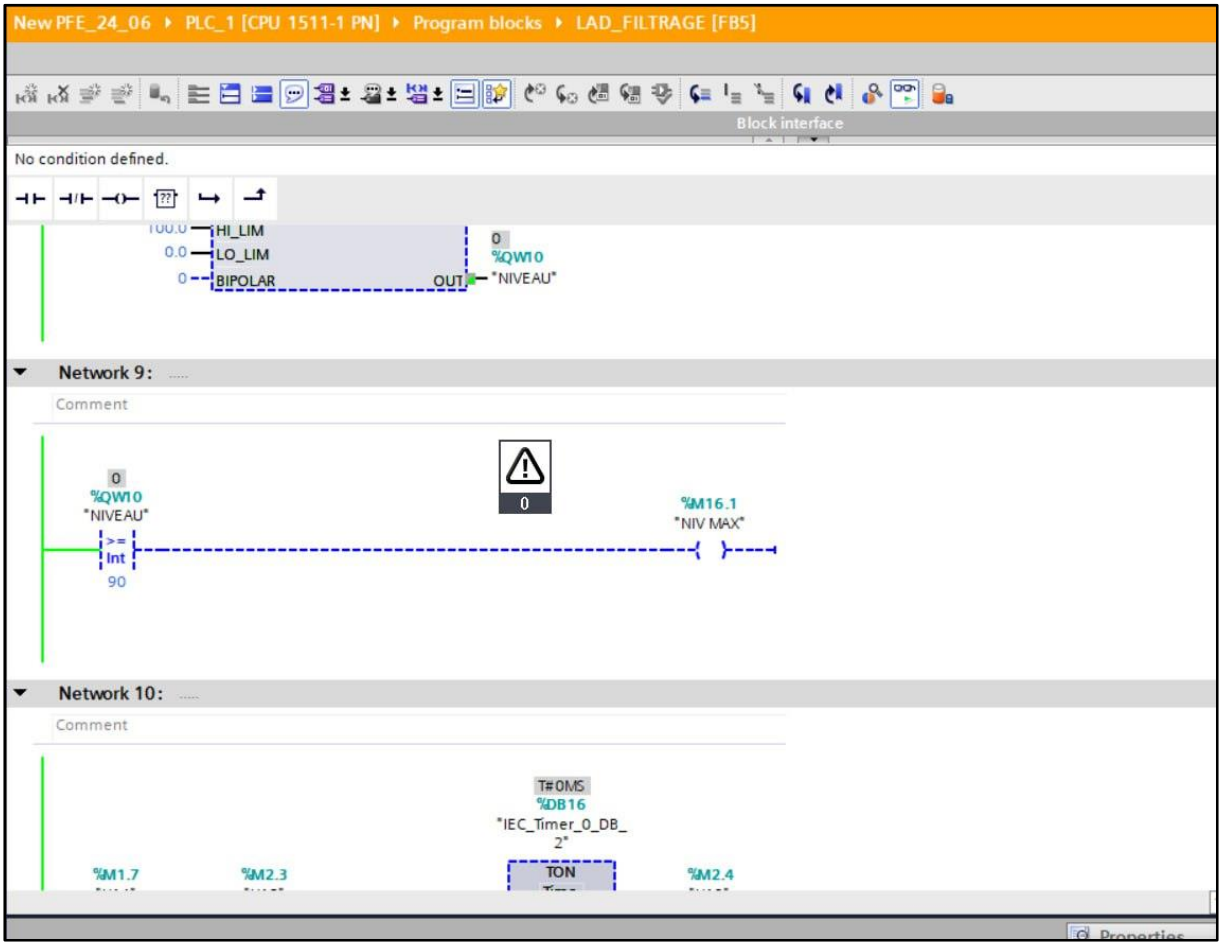


Figure 12 : Indication des alarmes sur le programme



Figure 13 : Photo réel de la station.