

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المركز الجامعي بلحاج بوشعيب لعين تموشنت
Centre Universitaire de Ain Témouchent - BELHADJ Bouchaib
Institut de Technologie
Département de Génie Electrique



Mémoire de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme de Master Académique en :

Domaine : Sciences & Technologies

Filière : Electronique

Spécialité : Instrumentation

Thème

Étude de l'automatisation d'une station de dessalement

Présenté Par :

- Mlle KEDDAR Meriem Hadjer
- Mr ADLA Yacine

Devant le jury composé de :

Mr MECIRDI Noredine	M.A.A	C.U.A.T	Président
Mr BENDIMERAD Karim	M.A.A	C.U.A.T	Examineur
Mr ZEBENTOUT Abdel-Djawad	M.C.B	C.U.A.T	Encadrant

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce travail ...

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

ADLA YACINE

À mes parents bien-aimés

À mes précieux frères et sœurs

À mes tantes et grand-mère

À mes amis et à tous ceux qui m'ont aidé

Je dis merci à tous d'être à mes côtés et de m'avoir poussé vers le haut, aucun mot ne peut décrire ma gratitude

KEDDAR MERIEM HADJER

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour mener à bien ce modeste travail.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre encadrant Monsieur Abdel-Djawad ZEBENTOUT, enseignant au Centre Universitaire de Ain Témouchent, pour sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions.

Nous tenons aussi à remercier Messieurs Karim BENDIMERAD et Noredine MECIRDI, enseignants au Centre Universitaire de Ain Témouchent aussi, pour avoir accepté d'être membre du jury et examiné ce travail.

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué au succès de nos stages et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire. Nos sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, écrits, conseils et critiques nous ont guidé, et ont accepté de nous rencontrer et de répondre à nos questions durant nos recherches.

À tous ces intervenants, nous présentons nos remerciements, notre respect et gratitude.

Table des matières

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Table des matières	iii
Résumé	v
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Introduction Générale.....	2
CHAPITRE I Dessalement de l'eau de mer.....	
I.1. Introduction	4
I.2. Répartition de l'eau douce sur la planète	4
I.3. Disponibilité de l'eau douce.....	5
I.4. Historique du dessalement	7
I.5. Les stations de dessalement de l'eau de mer dans le monde.....	8
I.6. Les stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie	9
I.7. Conclusion.....	12
CHAPITRE II Station de Honaine	
II.1. Introduction	14
II.2. Rôle d'une station de dessalement	14
II.3. Les principales technologies de dessalement	15
II.4. Présentation de la station de Honaine	16
II.5. Description de différentes zones de la station	20
II.5.1. Captation d'eau de mer et filtration primitive.....	20
a) Tour de captage	21
b) Filtre rotatif.....	22
c) Pompes d'eau de mer.....	23
II.5.2. Prétraitement	23
A) Le prétraitement chimique	23
B) Prétraitement physique.....	25
II.5.3. Osmose inverse	27
a) Un châssis à membrane	28
b) Une pompe à haute pression	29
c) Pompe à basse pression	30

d) Récupération de l'énergie avec échangeur de pression	30
Nettoyage chimique des lignes à haute pression :	32
II.5.4. Salle de contrôle	32
II.5.5. Post traitement	33
II.5.6. Sous-station électrique	35
II.6. Conclusion	36
CHAPITRE III Système automatisé de la station de dessalement	
III.1. Introduction	38
III.2. Généralité sur le système automatisé dans la station de Honaine	38
III.2.1. La partie commande (P.C)	40
Le contrôleur C300 d'Honeywell	40
L'automate SIEMENS SIMATIC S7-300	41
III.2.2. La partie opérative (P.O)	42
a. Les pré-actionneurs	42
b. Les actionneurs	43
c. Capteurs	46
III.3. Supervision	49
III.4. Conclusion	50
CHAPITRE IV Simulation de la partie commande de l'unité d'osmose inverse	
IV.1. Introduction	52
IV.2. Fonctionnement de l'unité d'osmose inverse	52
IV.3. Algorithme et GRAFCET de la commande d'unité	54
IV.4. Logiciel de programmation et de simulation	55
STEP 7	55
L'interface homme/machine (IHM)	56
WinCC	56
IV.5. Création et configuration du projet en TIA Portal	57
IV.6. Programmation en langage ladder et simulation	59
IV.7. Conclusion	67
Conclusion Générale	69
Bibliographie	71
Webographie	73
Annexes	77

Résumé

Ce travail consiste en l'étude du fonctionnement de la station de dessalement de Honaine, qui appartient à la Direction Régionale de Tlemcen, et à la simulation du système de commande de cette unité de traitement d'eau de mer par osmose inverse. L'automatisme est basé sur un automate programmable industriel Siemens S7-300 et un contrôleur Honeywell C300. La simulation d'un programme de contrôle/commande qui gère le cycle de fonctionnement de l'unité avec Step7. Pour la commande et la supervision du procédé, on a utilisé le WINCC HMI afin de faciliter l'entretien et les deux programmes sont inclus dans un seul logiciel TIA Portal.

Mots clés : Dessalement, Osmose inverse, Automatisation, Etude du Fonctionnement.

الملخص:

يتكون هذا العمل من دراسة نظام عمل وأجهزة التحكم في وحدة معالجة مياه البحر عن طريق التناضح العكسي لمحطة هونين التابعة للمديرية الإقليمية في تلمسان. تعتمد العملية على وحدة التحكم الصناعية القابلة للبرمجة من Siemens ووحدة التحكم Honeywell C300. محاكاة برنامج التحكم / القيادة الذي يدير دورة تشغيل الوحدة باستخدام Step7. للتحكم والإشراف على العملية، تم استخدام WINCC HMI، وتم تضمين كلا البرنامجين في برنامج TIA Portal. الكلمات المفتاحية: تحلية المياه، التناضح العكسي، التشغيل الآلي، دراسة كفاءة العمل.

Abstract:

This work involves studying the operation of the Honaine desalination station, which belongs to the Tlemcen Regional Directorate, and simulating the control system of this reverse osmosis seawater treatment unit. The automation is based on a Siemens S7-300 industrial programmable logic controller and a Honeywell C300 controller. The simulation of a control / command program that manages the operating cycle of the unit is done with Step7. The WINCC HMI was used for the control and supervision of the process. Both programs are included in a single TIA Portal software.

Keywords: Desalination, Reverse osmosis, Automation, Study of Process.

Liste des figures

Chapitre I

Fig. I.1. Répartition de l'eau douce .	5
Fig. I.2. Estimation de la disponibilité de l'eau douce en 2025	6
Fig. I.3. Illustration historique des Grecs condensant la vapeur dans les éponges	8
Fig. I.4. Les plus grandes usines de dessalement de l'eau de mer	9
Fig. I.5. Les stations de dessalement en Algérie.	10

Chapitre II

Fig. II.1. Schéma basique du processus de dessalement.	13
Fig. II.2. Différents procédés existants pour le dessalement de l'eau de mer.	14
Fig. II.3. Principe de L'osmose inverse.	14
Fig. II.4. Vue satellite de la station de Honaine.	16
Fig. II.5. Les zones de la station de dessalement.	18
Fig. II.6. Prise de l'eau de mer.	19
Fig. II.7. Vue de la zone de captation et pompage.	20
Fig. II.8. Le chemin de l'eau de mer dans la zone de captage.	20
Fig. II.9. Tour de captage de l'eau de mer.	21
Fig. II.10. Filtre rotatif de marque « Sadyt ».	21
Fig. II.11. Pompe aspirante.	22
Fig. II.12. Schéma simplifié de l'étape de prétraitement.	22
Fig. II.13. Les réservoirs d'Hypochlorite de sodium.	23
Fig. II.14. Réservoirs de chlorure ferrique.	23
Fig. II.15. Les pompes de lavage et les soufflantes.	25
Fig. II.16. Les filtres à cartouches.	26
Fig. II.17. Les cartouches des filtres.	26
Fig. II.18. Schéma simplifié de l'étape d'osmose inverse.	27
Fig. II.19. Vue de la zone d'osmose inverse.	27
Fig. II.20. Châssis a membranes	28
Fig. II.21. Appareillage de mesure avant l'entrée d'eau dans les châssis.	28
Fig. II.22. Pompe à haute pression.	29
Fig. II.23. Pompe à basse pression.	29
Fig. II.24. Installation des échangeurs de pression.	30
Fig. II.25. Echangeur de pression de type ERI.	30
Fig. II.26. Réservoir pour le nettoyage chimique.	31
Fig. II.27. Les réservoirs de CO ₂ (liquide).	32
Fig. II.28. Réservoir d'Hypochlorite de sodium.	33
Fig. II.29. Réservoir d'eau produit.	33
Fig. II.30. Rejet de saumure.	34
Fig. II.31. Vue de la sous-station électrique.	34

Chapitre III

Fig. III.1. Principe de fonctionnement du système automatisé de la station de Honaine.....	38
Fig. III.2. Architecture système distribué (DSA).....	38
Fig. III.3. Contrôleur C300.....	39
Fig. III.4. Automate Programmable Industriel S7-300 avec les modules E/S.....	40
Fig. III.5. Vanne pneumatique (tout ou rien).....	41
Fig. III.6. Vanne motorisée.....	42
Fig. III.7. Moteur asynchrone triphasé.....	42
Fig. III.8. Moteur frein asynchrone triphasé.....	43
Fig. III.9. Pompe basse pression SIEMENS.....	43
Fig. III.10. Pompe LZ LEROY SOMER.....	44
Fig. III.11. Pompe CSM.....	44
Fig. III.12. Pompe ABB.....	44
Fig. III.13. Débitmètre.....	45
Fig. III.14. Capteur de pression.....	46
Fig. III.15. Sonde Pt100.....	46
Fig. III.16. Capteur de niveau.....	47
Fig. III.17. Capteur de vibration.....	47
Fig. III.18. Vue de la salle de supervision et de contrôle (Honaine).....	48

Chapitre IV

Fig. IV.1. Schéma d'instrumentation de l'unité d'osmose inverse.....	52
Fig. IV.2. Algorithme de commande.....	53
Fig. IV.3. Grafcet de commande.....	54
Fig. IV.4. Page de démarrage de TIA Portal.....	56
Fig. IV.5. Page de création du projet.....	56
Fig. IV.6. Page du choix des appareils à utiliser.....	57
Fig. IV.7. Configuration d'API.....	57
Fig. IV.8. Liaison entre l'API et IHM.....	58
Fig. IV.9. Programme d'initialisation de l'étape initiale.....	59
Fig. IV.10. Traduction en programme Ladder.....	60
Fig. IV.11. Etape d'arrêt.....	60
Fig. IV.12. Affectation de l'étape de nettoyage.....	61
Fig. IV.13. Affectation de l'étape de départ.....	61
Fig. IV.14. Lecture de la position des vannes de régulation.....	62
Fig. IV.15. Lecture de la conductivité.....	62
Fig. IV.16. La commande des vannes de régulation.....	63
Fig. IV.17. Changement de l'état de « départ » lors de la simulation.....	63
Fig. IV.18. Vue de l'étape 1 lors de la simulation.....	64
Fig. IV.19. Vue de l'IHM.....	64
Fig. IV.20. Changement des valeurs analogiques lors de la simulation.....	65
Fig. IV.21. Vue de l'IHM après le changement des valeurs d'entrées lors de la simulation.....	65

Liste des tableaux

Tableau. I.1. Taux de production de l'eau potable des stations d'Algérie	11
---	----

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est une ressource naturelle limitée et un bien public, elle est essentielle à la vie et à la santé. Le droit à l'eau est indispensable pour mener une vie digne. On sait qu'elle est abondante sur terre mais elle se présente essentiellement sous forme d'eau de mer (97%). Or, l'eau de mer contient près de 100 fois plus de sel que la limite fixée par l'OMS pour pouvoir être consommée par l'homme. Sur plus de 7 milliards d'êtres humains, plus de 1,1 milliard n'a pas accès à l'eau potable aujourd'hui et plus de 2,6 milliards ne disposent pas de système d'assainissement. [W1]

Pour remédier à ce problème, les autorités Algériennes ont décidé que la solution la plus adéquate pour notre pays, qui dispose d'un littoral long de 1200 km, est le dessalement de l'eau de mer. [W7]

Donc, le dessalement de l'eau de mer est devenu une industrie, et comme toutes les industries l'évolution des technologies et les besoins de compétitivité conduisent de plus en plus vers l'automatisation des systèmes de production. L'automate programmable industriel (API) apporte une solution sur mesure pour les besoins d'adaptation et de flexibilité.

A cet effet, notre présent mémoire qui traite de ce sujet est structuré en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous avons introduit des généralités sur l'eau potable sur terre et le dessalement, avec les stations dans le monde et en Algérie ;

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des différents éléments composant la station de dessalement de Honaine ;

Le troisième chapitre présente les systèmes d'automatisation de la station concerné ;

Le dernier chapitre est une présentation de la simulation du système de commande d'une partie de la station (unité d'osmose inverse) ;

Enfin, on termine par une conclusion générale.

CHAPITRE I

Dessalement de l'eau de mer

Chapitre I

Dessalement de l'eau de mer

I.1. Introduction

La nécessité de dessaler l'eau de mer se fait de plus en plus pressante dans de nombreuses parties du monde. Au cours des années 1950 à 2019, la consommation mondiale d'eau est devenue très importante à cause de l'augmentation de la population, de 2.5 milliards d'habitants en 1950, 7.7 milliards en 2019 (augmentation de 5,5 milliards d'habitants) [W1].

Dans les pays touchés par la sécheresse, les besoins en eau présents et futurs accusent une croissance effective. Il va de soi que des besoins d'une telle ampleur ne peuvent être uniquement couverts et satisfaits que si l'on a recours à des ressources en eau non conventionnelles, comme le recyclage et le dessalement de l'eau.

Le dessalement est depuis 1964 une source d'eau importante [W2]. Les usines de dessalement se trouvent dans les régions ayant un climat chaud, une pluviométrie relativement faible et imprévisible et où les ressources en eau ne peuvent répondre aux demandes industriels, agricole et à la consommation.

Le dessalement de l'eau de mer est une industrie en essor constant. Cette forme de ressource en eau pratiquement illimitée consomme de l'énergie et elle a des impacts sur l'environnement. Ces impacts proviennent principalement du concentré (saumure) produit au cours du dessalement.

Dans ce chapitre, nous allons voir la répartition de l'eau douce sur la terre et pourquoi cette ressource est rare. On va voir aussi l'historique du dessalement et les stations de dessalement de l'eau de mer dans le monde est en Algérie.

I.2. Répartition de l'eau douce sur la planète

Une quantité équivalant à 97% du stock d'eau de la planète est salée et seule une fraction correspondant à 3% se compose d'eau douce. Environ 68,7% de cette eau douce de la planète est fixée dans les calottes glaciaires des pôles et une partie importante des 30,1% restants est constituée par des nappes aquifères souterraines de régions reculées. En effet, seule une fraction minuscule de l'eau douce (moins de 1% de l'eau douce totale, soit 0,4% du stock

d'eau mondial) est disponible dans les cours d'eau, les lacs et les réservoirs et est facilement accessible à l'homme pour son utilisation directe [W3] (Comme illustré dans la Fig I.1).

En outre, la répartition spatiale et temporelle du stock et du débit d'eau douce est très inégale.

La part d'eau douce sur Terre

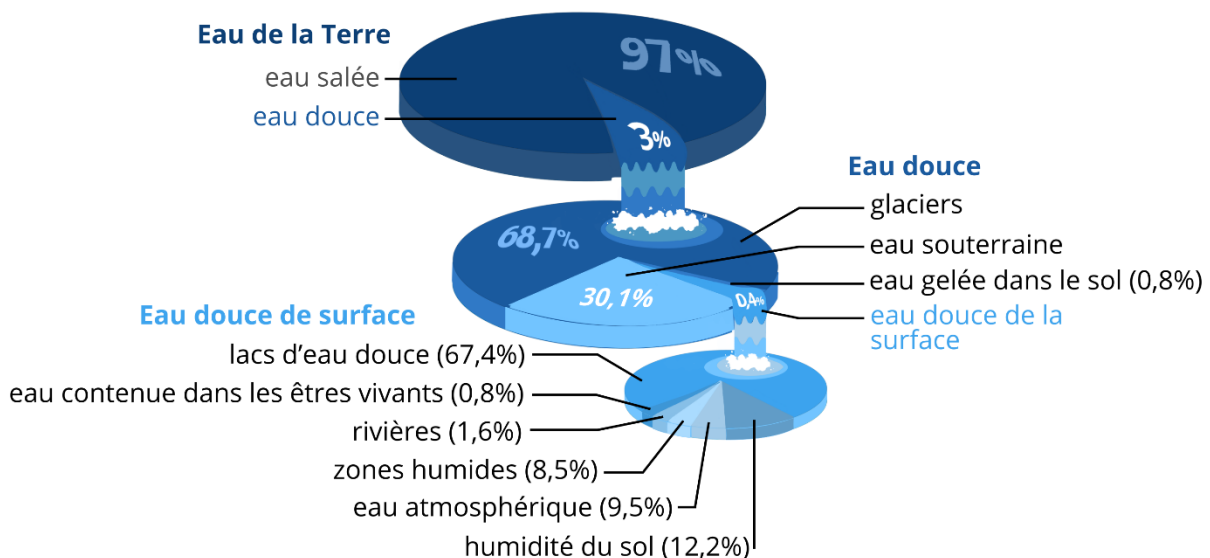


Fig. I.1. Répartition de l'eau douce [W10].

I.3. Disponibilité de l'eau douce

Il est incroyable de penser que la population mondiale et toutes les espèces vivantes dépendent de cette très faible quantité d'eau présente sur la planète ! Pendant combien de temps cela sera-t-il encore le cas ?

D'un point de vue humain, l'eau se trouve souvent au mauvais endroit, sous la mauvaise forme et elle est souvent disponible au mauvais moment. C'est pourquoi la disponibilité de l'eau dépend de :

- La quantité d'eau présente dans un pays ou une région - ex. les précipitations, la présence de rivières ou de lacs et les réserves souterraines.
- Le nombre d'habitants et l'utilisation que ces derniers font de l'eau - leur demande/consommation individuelle en eau.

Bien que les quantités absolues en eau douce sur Terre soient restées approximativement identiques, la répartition inégale de l'eau et la population humaine continuent de créer des problèmes croissants de disponibilité et d'accessibilité en eau douce. La disponibilité

incertaine des ressources en eau est un défi que doit relever un nombre croissant de pays et qui peut avoir une incidence sur la croissance économique.

En cas de pénurie d'eau, lorsque la quantité d'eau puisée dans les lacs, les rivières ou dans les réserves souterraines est si importante que les réserves hydriques ne permettent plus de satisfaire toutes les demandes humaines et de répondre aux besoins des écosystèmes, la concurrence s'aiguise entre les utilisateurs d'eau et les autres intervenants.

Actuellement, environ 40 % de la population mondiale vit dans des zones qui rencontrent des problèmes d'approvisionnement en eau. Ce chiffre devrait atteindre 50-65 % en 2025 (Voir Fig I.2). D'ici à 2050, près de la moitié de la population mondiale vivra dans des zones où l'eau sera une denrée rare [W3].

L'eau au 21^{ème} siècle

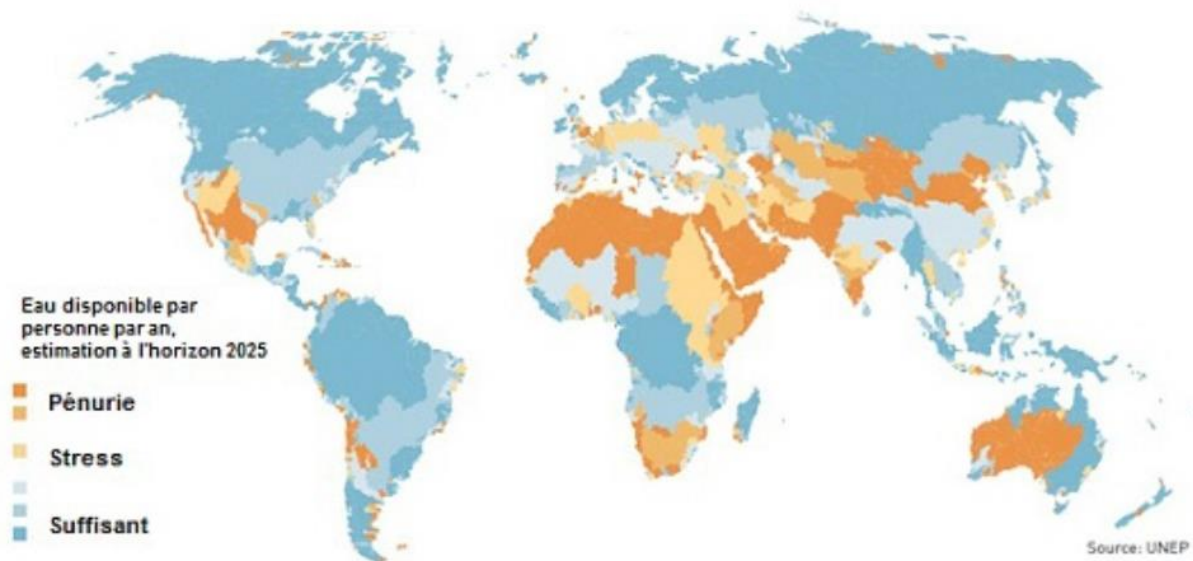


Fig. I.2. Estimation de la disponibilité de l'eau douce en 2025 [W11].

Bien que nous analysions la disponibilité des ressources en eau du point de vue des besoins humains, l'eau est également un élément essentiel pour toutes les espèces vivantes et les écosystèmes qui les abritent. Satisfaire ce besoin écologique de l'eau risque d'accroître la pénurie d'eau pour les êtres humains. Ce qui nous place devant un futur dilemme, est-ce que les besoins en eau des êtres humains (en prenant en compte tous nos « besoins », pas seulement le fait de devoir boire ou se laver) priment sur l'aspect écologique ? Et si oui, quel en sera le prix à long terme ?

À l'échelle mondiale, non seulement nous disposons de moins de 1 % de l'eau douce totale pour subvenir aux besoins des quelque 7 milliards d'êtres humains, mais en plus l'eau disponible est inégalement répartie [W4].

En résumé, les besoins en eau présents et futurs ne peuvent être couverts et satisfaits que si des ressources non conventionnelles (recyclage et dessalement de l'eau) sont utilisées.

I.4. Historique du dessalement

La distillation est la méthode la plus ancienne qui puisse répondre au dessalement de l'eau de mer dans le Monde ! Découverte par Aristote au 4^{ème} siècle avant J-C, le philosophe grec a dit dans ses *Météorologiques* (Livre 2, 3^{ème} paragraphe) « L'expérience nous a appris que l'eau de mer est réduite en vapeur devient potable et le produit vaporisé, une fois condensé, ne reproduit pas l'eau de mer ». Onze siècles plus tard, Adélard de Bath, un philosophe et naturaliste a décrit deux de ses expériences dans les *Questions naturelles* : « Au soleil, après l'évaporation sur un rocher, l'eau de mer se transforme en sel ; lorsque le soleil fait défaut, on chauffe de l'eau de mer et sous l'effet de la cuisson on la voit également se transformer en sel. Cette métamorphose explique que la mer soit plus salée l'été que l'hiver, que les mers méridionales le soient davantage que les mers septentrionales » [W5].

Ce chimiste nous explique dans un premier temps le principe de la vaporisation qui se produit naturellement et sans facteur extérieur, sur les roches qui se trouvent aux bordures des mers grâce à l'activité du soleil. En effet, la salinité de l'eau de mer augmente en fonction de la proportion du sel retenu dans les roches, conséquence de la vaporisation.

Ce procédé a souvent été utilisé par les marins grecs qui eux dessalaient l'eau de mer dans leurs croisades, ce qui leur permettait d'avoir des réserves d'eau buvable. Ces marins utilisaient le procédé le plus simple, ils utilisaient des casseroles et mettaient l'eau en ébullition et ainsi le sel restait au fond de ces enceintes et donc l'eau est dessalée. Ainsi que la méthode de vaporisation et condensation (voir Fig I.3) [W5].



Fig. I.3. Illustration historique des Grecs condensant la vapeur dans les éponges [W12].

Vient deux millénaires plus tard l'osmose inverse. Découverte en 1850, ce procédé ne s'appliquera pour le dessalement de l'eau de mer qu'en 1960. En effet, on devra attendre la deuxième moitié du 20^{ème} siècle pour que le concept de dessalage puisse se développer [W5].

En Europe, la première usine de dessalement est construite sous le régime franquiste aux îles Canaries. La forte expansion du tourisme balnéaire et la forte demande en eau ont incité le général Franco à la construction de cette usine en 1964. De nombreuses autres usines seront construites à la suite de ce premier pas révolutionnaire au défi posé : Comment subvenir aux besoins en eau pour toutes ces populations ? [W32].

Cependant, les avancées techniques et la découverte de plusieurs différents procédés n'empêchent pas l'utilisation intensive et ainsi le partage de la distillation et l'osmose dans de nombreuses usines.

I.5. Les stations de dessalement de l'eau de mer dans le monde

Beaucoup de régions et pays qui n'ont pas ou peu de ressources en eau douce et qui sont situés dans les zones côtières dépendent totalement ou partiellement de ces technologies pour leur eau potable.

La production des 15 900 usines de désalinisation opérationnelles en 2018 s'élèverait à 95 millions de mètres cubes d'eau douce par jour, dans 177 pays différents ; 62,3 % de cette eau serait destinée à l'usage humain, 30,2 % à l'industrie, et le reste à l'agriculture et à l'énergie. [W6].

En 2008, 13 869 usines de dessalement étaient construites dans le monde, principalement positionnées sur le pourtour de la méditerranée, autour du golf persique et de la péninsule arabique, sur les côtes de l'Inde, des Sud-États-Unis, de la Chine, de l'Australie et du Japon, pour un total prélevé de 52 millions de m³ par jour. La péninsule arabique (dessalement par distillation) compte pour plus du tiers des prélèvements, 13% vont aux États-Unis et 8% à l'Espagne (Voir Fig I.4) [W6].

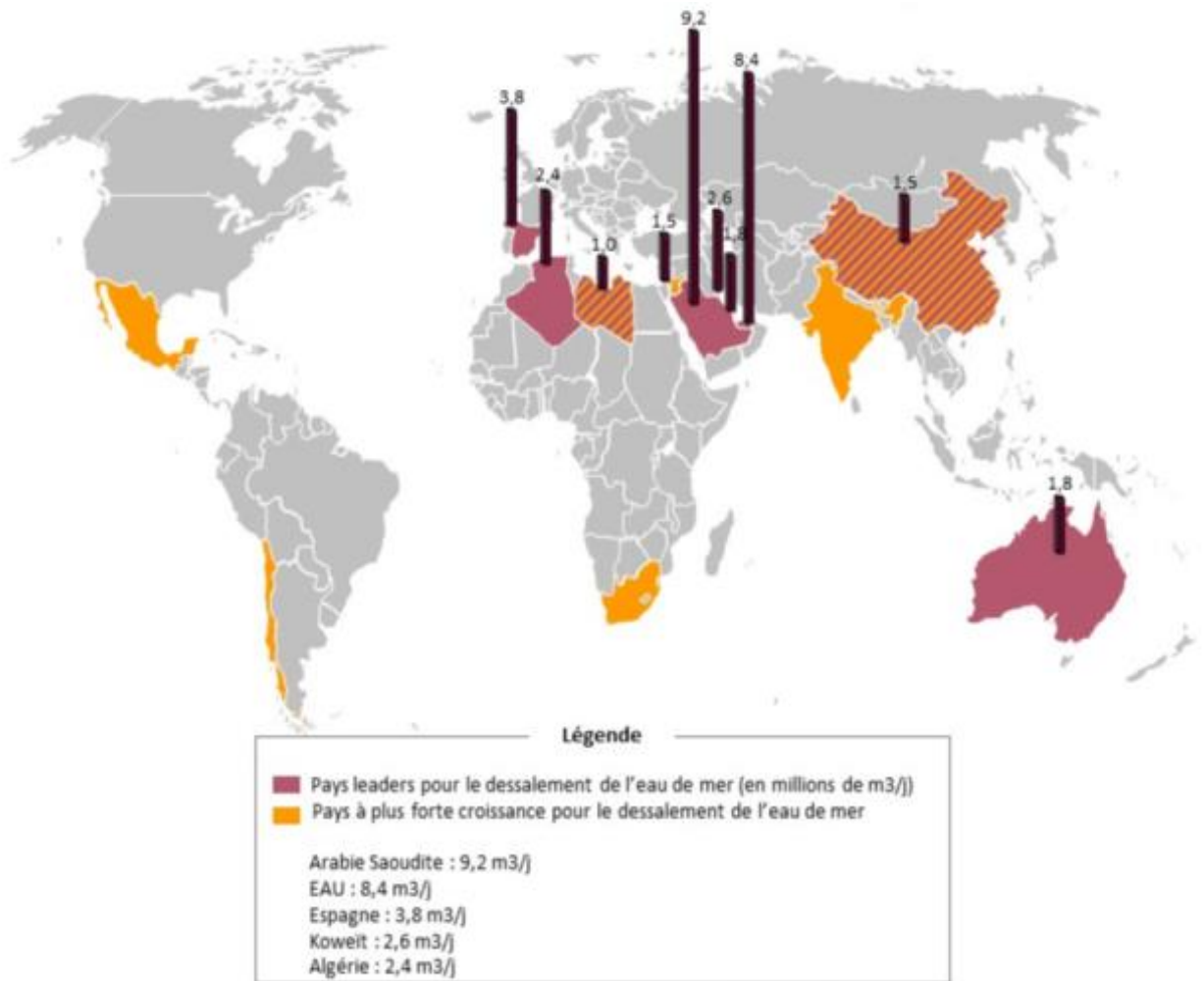


Fig. I.4. Les plus grandes usines de dessalement de l'eau de mer [W13].

I.6. Les stations de dessalement de l'eau de mer en Algérie

L'Algérie possède 21 usines de dessalement en 2019 réparties le long des 14 wilayas côtières (voir Fig I.5), fournissant 17 % de l'eau consommée dans le pays et alimentant 6 millions de personnes, deux usines sont en projet. Le pays projette de porter le nombre d'usines de dessalement à 43. [W7].

La plus grande usine utilise la méthode de l'osmose inverse, a été inaugurée le 10 novembre 2014 à El-Magtaâ dans la wilaya d'Oran, d'une capacité de 268 000 m³/jour prévue en février 2015, et 500 000 m³/jour à l'horizon 2020. (Tableau I.1) [W7].

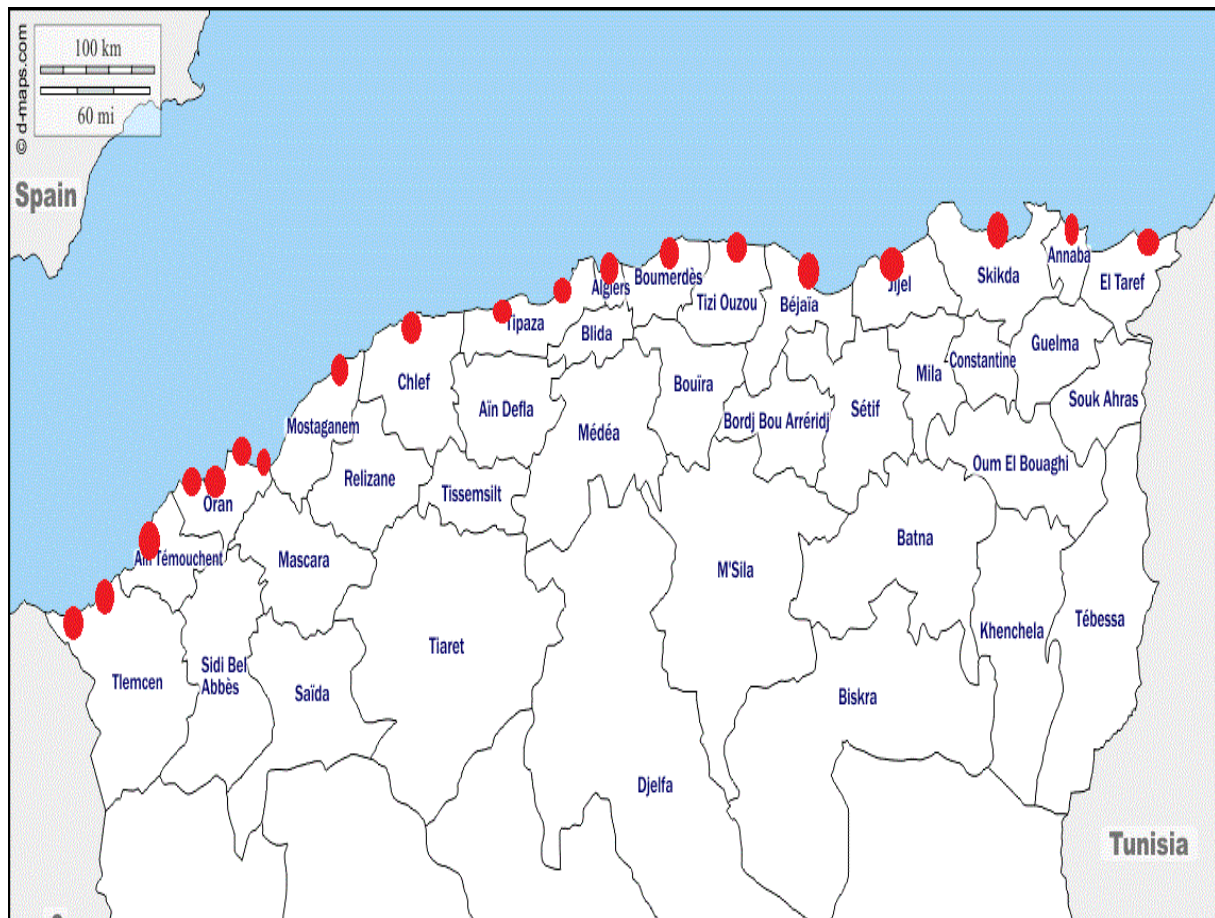


Fig. I.5. Les stations de dessalement en Algérie. [W7]

N°	Ville	Station de dessalement	Capacité de production [m ³ /jour]
1	Oran	Mactaâ	500 000
2	Chlef	Ténès	200 000
3	Tlemcen	Souk Tléta	200 000
4	Tlemcen	Honaïne	200 000
5	Alger	Hamma	200 000
6	Jijel	Jijel	200 000
7	Mostaganem	Mostaganem	200 000
8	Aïn Témouchent	Béni Saf	200 000
9	Tipaza	Douaouda	120 000
10	Béjaia	Béjaïa	100 000
12	Skikda	Skikda	100 000
13	Boumerdès	Djinet	100 000
14	Tipaza	Oued Sebt	100 000
15	Annaba	Annaba	50 000
16	El Tarf	El Tarf	50 000
17	Oran	Aïn Turck	5 500
18	Oran	Bousfer	5 500
19	Tizi Ouzou	Tigzirt	2 500

Tableau. I.1. Taux de production de l'eau potable des stations d'Algérie. [W7]

I.7. Conclusion

En réponse aux demandes croissantes en eau, causée par l'énorme augmentation de la population et le fait que la partie animale et végétale du système écologique qui a besoin de l'eau douce, alors que la quantité de cette source de vie sur terre est très limitée. La solution est le dessalement de l'eau de mer qui est utilisée depuis longtemps. Il existe de nombreuses stations à travers le monde, principalement en Méditerranée et au Moyen-Orient. En Algérie, il y a 19 stations le long de la côte et elles produisent une quantité considérable d'eau douce pour des différents usages, la plus grande station est celle de Mactaâ à Oran.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter la station de dessalement de Honaine où nous avons fait notre stage, ainsi que les différentes technologies de dessalement.

CHAPITRE II

Station de Honaine

Chapitre II

Station de Honaine

II.1. Introduction

Avec la croissance démographique et l'épuisement des ressources en eau potable, la purification des eaux qu'elles soient saumâtres où saline est devenue indispensable pour la survie de l'être humain. Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux techniques de dessalements de l'eau de mer, et plus précisément celle utilisées en Algérie puis présenter la station de dessalement de Honaine situé à l'extrême ouest de la commune de Honaine, wilaya de Tlemcen.

II.2. Rôle d'une station de dessalement

Son rôle est d'assurer un approvisionnement en eau cohérent, fiable et sûr, à travers un processus montré dans la (Fig. II.1).

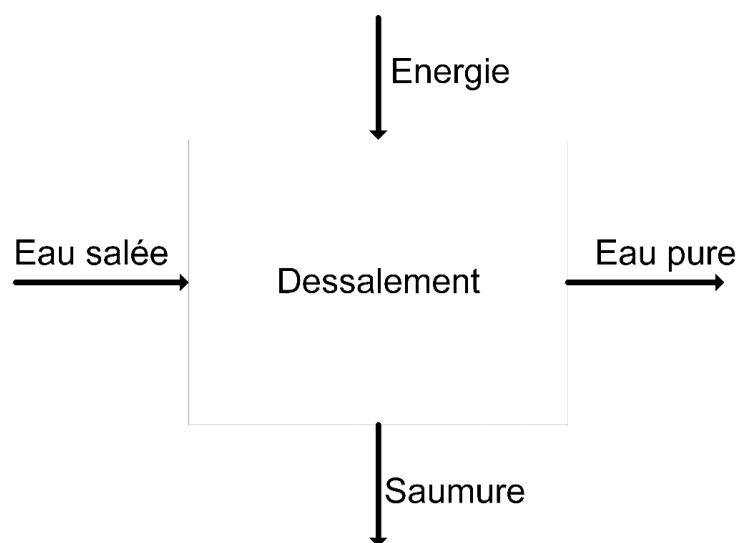


Fig. II.1. Schéma basique du processus de dessalement.

Plus de 300 millions de personnes dans le monde dépendent de l'eau dessalée pour une partie ou la totalité de leurs besoins quotidiens en eau. Actuellement, 174 pays utilisent le dessalement, où l'équivalent de 107 millions de mètres cubes d'eau dessalée est produite par jour. Cela se produit dans 17 000 usines de dessalement dans le monde, selon les informations recueillies par l'International Désaliénation Association au 07 juin 2020 [W8].

II.3. Les principales technologies de dessalement

Les technologies actuelles de dessalement des eaux sont classées en deux catégories, selon le principe appliqué :

- Les procédés thermiques faisant intervenir un changement de phases : la congélation et la distillation.
- Les procédés utilisant des membranes : l'osmose inverse et l'électrodialyse [02].

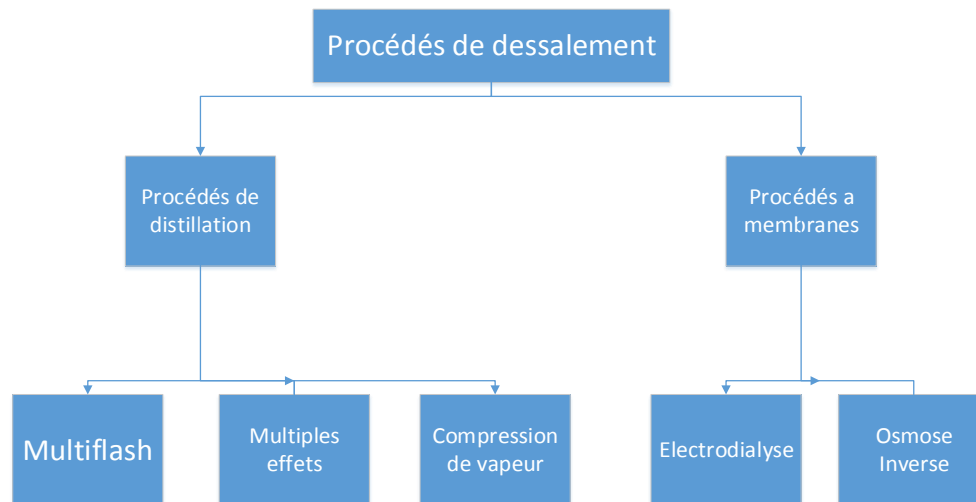


Fig. II.2. Différents procédés existants pour le dessalement de l'eau de mer.

Dans la station de dessalement de Honaine objet de notre étude, on utilise la technologie d'osmose inverse, son principe de fonctionnement consiste à appliquer à l'eau salée placée dans un compartiment délimité par une membrane semi-perméable une pression supérieure à la pression osmotique. De l'autre côté de la membrane apparaît un débit d'eau dessalée. (Fig II.3).

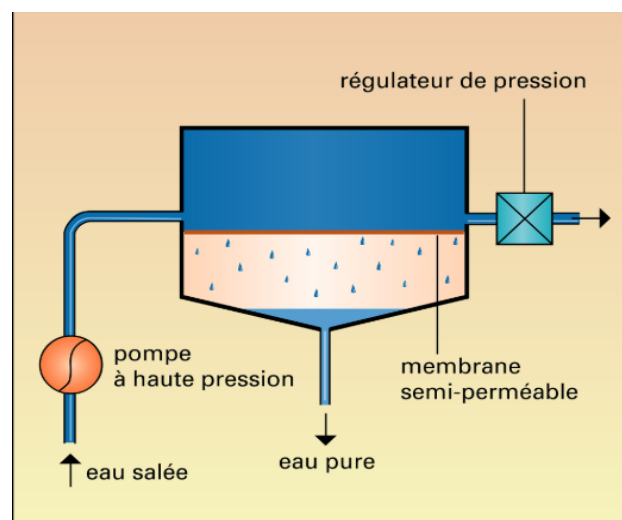


Fig. II.3. Principe de L'osmose inverse. [W14]

L'eau pure est extraite de l'eau salée par « filtration » à travers une membrane semi-perméable dont les pores, perméables aux molécules d'eau, offrent un obstacle infranchissable aux ions et aux molécules non ionisées dissoutes. La pression appliquée doit être nettement supérieure à la pression osmotique. Des pressions de l'ordre de 100 bars sont nécessaires dans le cas de l'eau de mer [W9].

Parmi les procédés précités, la distillation et l'osmose inverse sont des technologies dont les performances ont été prouvées pour le dessalement d'eau de mer. En effet, ces deux procédés sont les plus commercialisés dans le marché mondial du dessalement. Les autres techniques n'ont pas connu un essor important dans le domaine à cause de problèmes liés généralement à la consommation d'énergie et/ou à l'importance des investissements qu'ils requièrent.

II.4. Présentation de la station de Honaine

Le groupement espagnol GEIDA composé des sociétés (COBRA, SADYT, BEFESA et CODESA), a entamé les travaux de réalisation d'une station de dessalement de l'eau de mer, dans la commune de Honaine (plage de TAFSOUT) (Voir Fig. II.4).

Les délais requis fixés au premier trimestre 2011, ont été respectés. Le montant d'investissement est évalué à 250 millions de dollars. La station assurera l'eau potable pour 23 communes ainsi que les agglomérations urbaines du Tlemcen (Tlemcen, MANSOURA et CHETOUANE), soit une population d'environ 555.000 habitants. La wilaya de Tlemcen qui compte 53 communes, ne devrait plus désormais, souffrir de pénurie d'eau potable grâce à cette immense station qui sera gérée par une joint-venture créée le 19 septembre 2006 et dont les actionnaires sont AEC à hauteur de 49% et GEIDA à hauteur de 51%, avec comme dénomination « Miyeh Bahr Honaine MBH ».

La capacité de l'usine de dessalement est de 200.000 m³ / jour d'eau potable qui est produite par la filtration à sable / Osmose Inverse (OI) pour le transfert d'eau à L'Algérienne des Eaux (ADE).



Fig. II.4. Vue satellite de la station de Honaine. [W15]

Le processus du dessalement appliqué dans la station du dessalement de Honaine comporte quatre étapes principales :

- La captation de l'eau de mer
- Le prétraitement
- L'osmose inverse
- Le post-traitement

Et elles sont faites dans différentes zones (06) qui sont : (Fig II.5)

- Zone 1 : Captation d'eau de mer et filtration primitive.
- Zone 2 : Prétraitement.
- Zone 3 : Osmose Inverse.
- Zone 4 : salle de contrôle
- Zone 5 : Post traitement
- Zone 6 : Alimentation électrique de la station

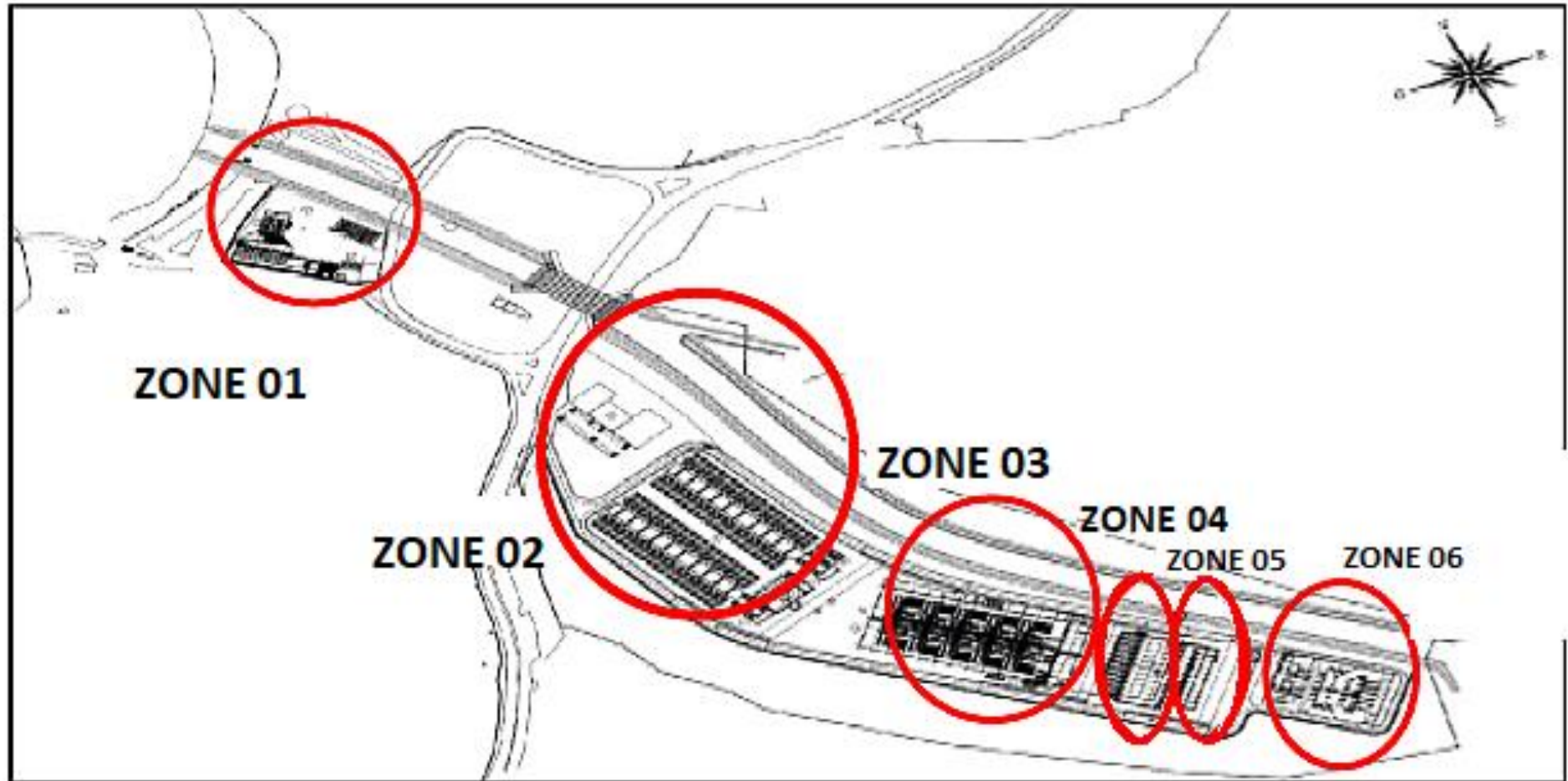


Fig. II.5. Les zones de la station de dessalement. [05]

L'eau de mer est absorbée dans la première zone appelée captation de l'eau de mer, puis remplie dans un réservoir d'eau brute.

L'eau du réservoir va à la deuxième zone à l'aide d'une pompe dans laquelle l'eau est filtrée avec différents systèmes de filtration, puis passe à l'étape d'osmose inverse dans la troisième zone à travers une pompe à haute pression et, après tout, vient l'étape finale dans la cinquième zone qui est le post-traitement.

II.5. Description de différentes zones de la station

II.5.1. Captation d'eau de mer et filtration primitive

Cette phase a comme objectif de capter l'eau et d'éliminer les particules grossières et de préparer l'eau pour les deux phases de filtration ultérieures.

La prise de mer se fait à une profondeur de 7 m et de 1800 m du bord de la plage. La captation est réalisée par prise d'eau ouverte et le captage est effectué au moyen d'une tour de captage et pompé par 11 pompes dont 10 en service et 01 de secours. [06].

Le captage doit pouvoir garantir 5 objectifs fondamentaux, à savoir :

- Garantir la quantité de l'eau de mer nécessaire ;
- Avec la meilleure qualité possible ;
- Avec la moindre variation de la qualité physique chimique et biologique ;
- Avec le moindre coût possible ;
- Avec le moindre impact physique et environnemental.

Tous ces objectifs pourraient conditionner à long terme le fonctionnement de l'usine.

(Fig II.6)

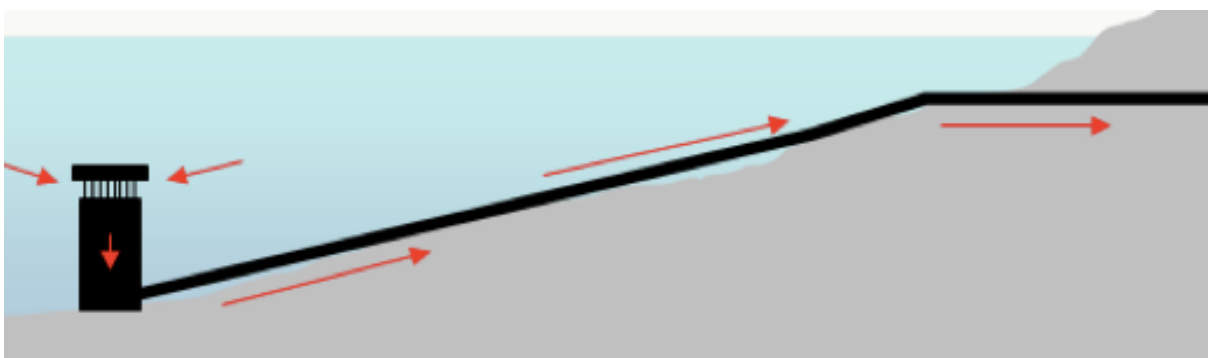


Fig. II.6. Prise de l'eau de mer. [05]



Fig. II.7. Vue de la zone de captation et pompage. [05]

Sur la fig II.7, nous pouvons voir une vue d'ensemble de la phase de captation et pompage, qui composée essentiellement de :

- Filtres rotatifs.
- Les pompes d'eau de mer.
- Le Prétraitement Chimique



Fig. II.8. Le chemin de l'eau de mer dans la zone de captage.

Cette zone est constituée de :

a) Tour de captage

Elle est en béton armé de 10 mètres de hauteur par rapport au fond marin. Cette tour est dotée de six fenêtres pour l'entrée d'eau de mer de 2 x 1.5 m ces fenêtres sont situées à 7 m au-dessus du fond comme illustré sur la Fig II.9.

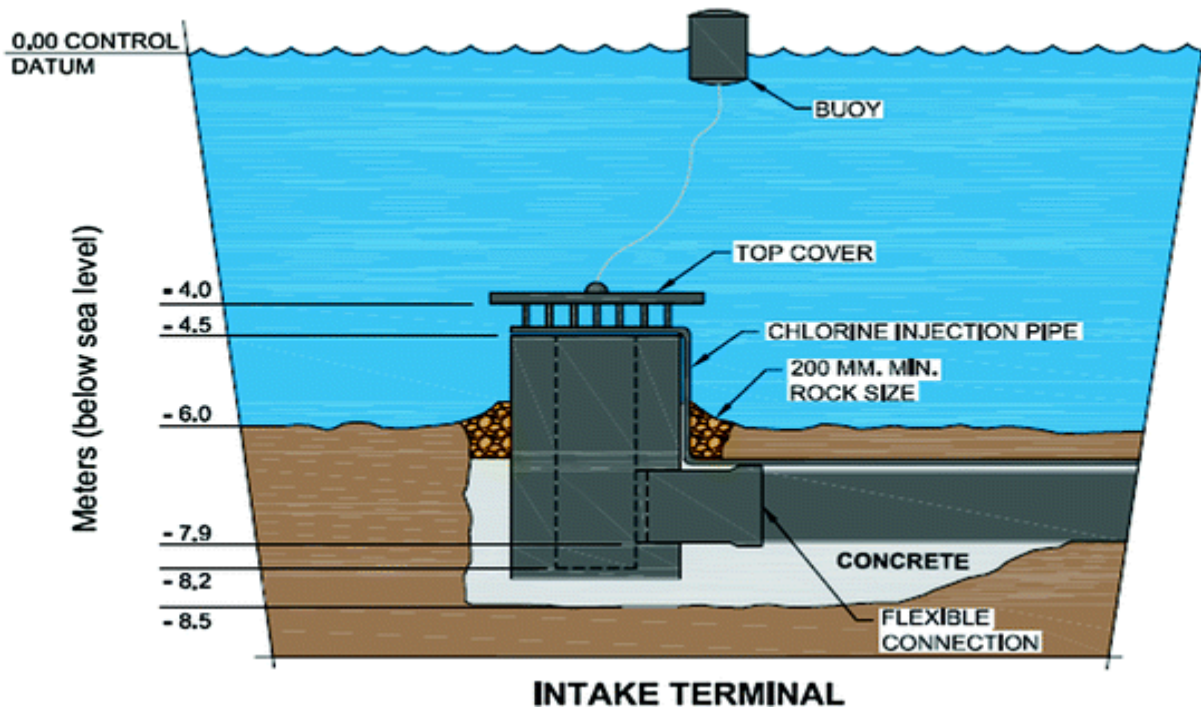


Fig. II.9. Tour de captage de l'eau de mer. [W16]

La tour de captage est dotée d'un système de pré-filtration comprenant deux tubes :

- Grilles à gros grains (1 mm).
- Tamis auto nettoyants.

b) Filtre rotatif

Il y a deux filtres rotatifs qui ont comme objectif d'éliminer les éléments solides, algues et la matière organique car ils sont constitués par des grilles mécaniques et sont nettoyés à côté de la sortie (Fig II.10).



Fig. II.10. Filtre rotatif de marque « Sadyt ». [05]

c) Pompes d'eau de mer

Le débit total du groupe de pompage de la tour de captage est légèrement supérieur au débit nécessaire ($18934 \text{ m}^3 / \text{h}$) car il doit assurer également le pompage d'eau nécessaire pour le lavage des tamis. Les pompes d'eau de mer sont de type à aspiration à vide. [06]



.Fig. II.11. Pompe aspirante. [05]

II.5.2. Prétraitement

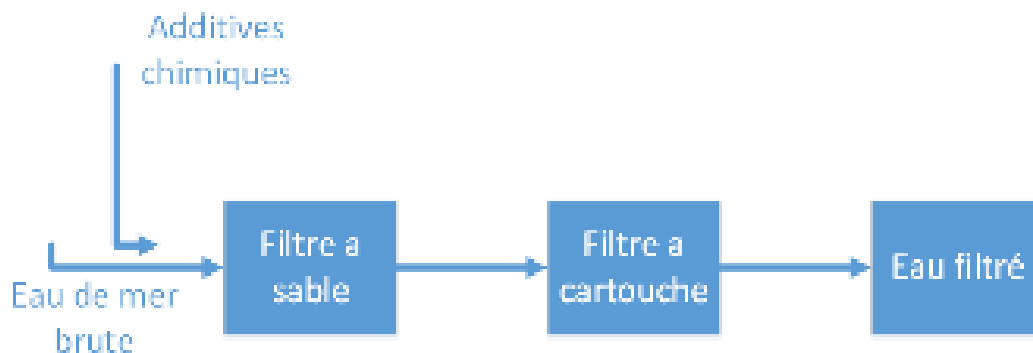


Fig. II.12. Schéma simplifié de l'étape de prétraitement.

A) Le prétraitement chimique

Il consiste en l'injection d'hypochlorite de sodium et de chlorure ferrique.

1. **Dosage d'hypochlorite de sodium :** L'injection d'hypochlorite de sodium au niveau de l'aspiration des pompes d'eau de mer. Cette injection s'effectue à l'aide de cinq pompes (4 en service et 1 en secours) de dosages de débit nominal d'environ 200 L / h chacune.

L'ajout du produit chimique s'effectuera dans la tour de captage ou dans l'aspiration des pompes à eau de mer ou dans l'impulsion des pompes à eau de mer. Deux citernes d'hypochlorite de 140 m³ de capacité chacune. Pour le remplissage des réservoirs, une pompe de 33 m³/h de débit est installée. [06]



Fig. II.13. Les réservoirs d'Hypochlorite de sodium.[05]

- Dosage de chlorure ferrique :** L'injection de chlorure ferrique a pour but d'éliminer les matières en suspension et les matières colloïdales présentes dans l'eau de mer. Le chlorure ferrique, substance coagulante, favorise la formation de floccs qui sont ensuite éliminés dans les filtres sous pression. Cette injection est également effectuée à l'aide de cinq pompes (4 en service et 1 en secours) ayant un débit nominal de 100 L/ h. L'ajout de produit sera effectué en ligne et après le refoulement des pompes d'eau de mer. On dispose de deux réservoirs de dissolution de 70 m³ de capacité chacun [04].



Fig. II.14. Réservoirs de chlorure ferrique.[05]

B) Prétraitement physique

C'est la deuxième étape du processus de dessalement dont le but est d'éliminer les solides en suspension, les matières organiques et les micro-organismes.

Elle est aussi nécessaire pour éviter la détérioration des pompes, l'incrustation, l'encrassement et la dégradation des membranes d'osmose inverse par les micro-organismes.

1. système de filtration à sable et anthracite

Ce système élimine la plupart des particules en suspension, huile et graisses qui restent dans l'eau de mer et produit une eau filtrée à basse turbidité prête pour l'étape d'osmose inverse.

L'encrassement du filtre appelé colmatage dépend :

- De la quantité de particules présentes dans l'eau
- Du débit d'eau par m² de surface de filtration (vitesse de filtration)
- De la granulométrie du sable
- De la qualité de l'eau
- De la périodicité du contre lavage

Ce système de filtration comporte 80 filtres répartis en deux phases :

La première phase est constituée de 48 filtres contenant chacun :

- Une couche supérieure de 600 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 1.6 de diamètre.
- Une couche intermédiaire de 400 mm de hauteur de lit de sable de 0.4 à 0.8 de diamètre.
- Une couche inférieure comporte à la fois 100 mm d'anthracite de 1.4 à 2.5mm et 100 mm de sable de 4 à 8 mm de diamètre.

La deuxième phase est constituée de 32 filtres contenant :

- Une couche supérieure de 700 mm de hauteur d'anthracite de 0.4 à 0.8 mm de diamètre.
- Une couche intermédiaire de 200 mm de hauteur de lit de sable de 0.55 mm de diamètre et de 1.4 de coefficient d'uniformité.
- Une couche inférieure comprenant 100 mm de sable de 2 mm et de 1.4 de coefficient d'uniformité.

Ces filtres sont dotés d'un système de lavage comprenant 3 pompes et 3 soufflantes, Le fluide de lavage est de la saumure qui est utilisés par démarrage automatique avec un lavage de 4 filtres en même temps en parallèle. Fig II.15.

L'objet de ce système est de laver les filtres de la saleté qu'ils ont retirée de l'eau de mer et qui provoque une perte de charge qui a tendance à augmenter dans le filtre, en fonctionnement normal.

Les critères de lavage sont les suivants :

- Si la pression différentielle entre l'entrée et la sortie est supérieure ou égale à 0,7 bars,
- le débit dans un filtre est de 80% par rapport au débit du fonctionnement optimal du filtre.

[06]



Fig. II.15. Les pompes de lavage et les soufflantes.[05]

2. Système de filtration à cartouche

C'est une microfiltration assurée par des cartouches en polypropylène de 25 microns et d'un diamètre de 61 mm, dans des réservoirs métalliques en position verticale. Son rôle est la protection des pompes à haute pression, Il protège aussi les membranes contre le bouchage ou les obstructions des canaux hydrauliques. Ces filtres sont renouvelés périodiquement après 171 jours d'utilisation.

Avant et après les filtres à cartouche, des prises d'échantillon d'eau pour la mesure du SDI sont installées, afin de déterminer l'efficacité de la filtration et la qualité de l'eau avant d'entrer dans les membranes.

La station est équipée de 20 filtres à cartouches, et dans chaque filtre il y a 170 cartouches.

[06]



Fig. II.16. Les filtres à cartouches.[05]

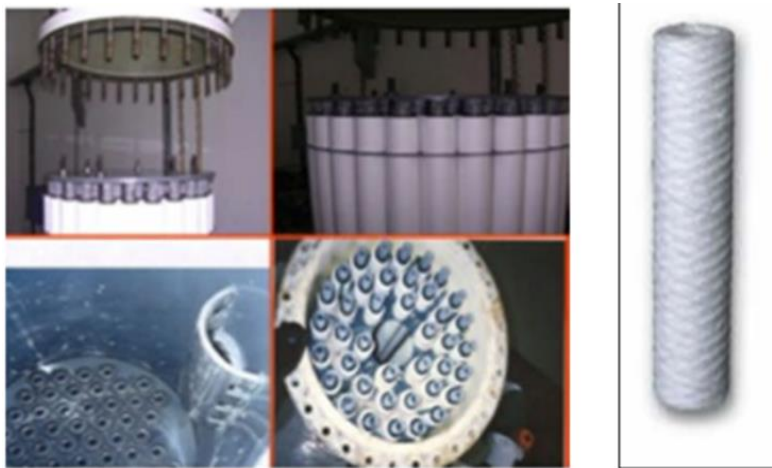


Fig. II.17. Les cartouches des filtres. [05]

L'eau filtrée produite est stockée dans un réservoir fermé. Cette eau, à partir de ce réservoir, est utilisée pour alimenter les unités d'osmose inverse, une autre partie est utilisée pour le rinçage et le nettoyage des filtres à sable.

II.5.3. Osmose inverse

Le dessalement de l'eau de mer est réalisé par son passage à travers le système d'osmose inverse, cette étape est la clé du processus, elle permet la séparation des sels de l'eau de mer. Sur les Fig II.18 et II.19 on peut voir le schéma simplifié des étapes d'osmose inverse ainsi qu'une vue d'ensemble de cette zone.

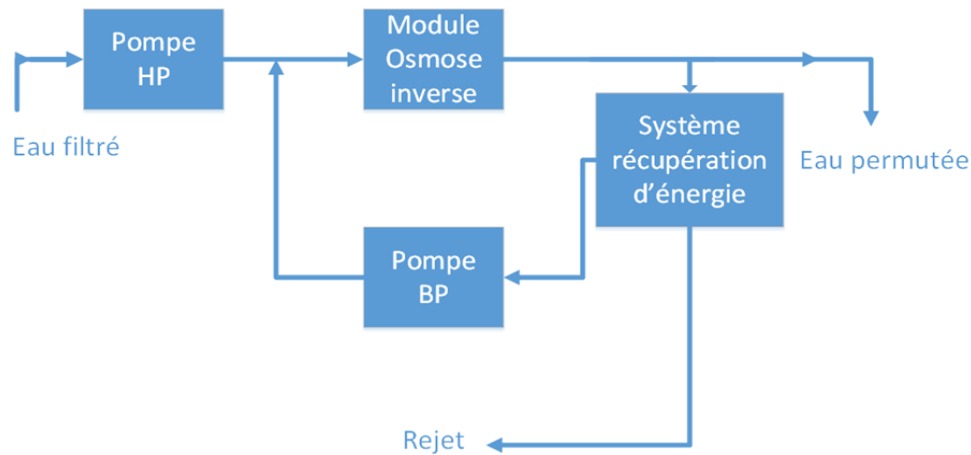


Fig. II.18. Schéma simplifié de l'étape d'osmose inverse.



Fig. II.19. Vue de la zone d'osmose inverse.[05]

Cette étape est constituée de 10 unités appelées « Rack » (Fig II.20), et chaque unité est composée de :

a) Un châssis à membrane

Composé de 222 modules à 7 membranes de type « SWC5 max, Hydranautics ». Ces membranes type spirale sont composées de :

- Une couche de polyamide à 0.15 μ
- Une couche de poly-sulfone à 40 μ pour supporter la couche polyamide
- Une couche de polyester qui donne une certaine résistance mécanique de la membrane à 100 μ . [06]



Fig. II.20. Châssis a membranes. [05]

Afin de démarrer l'unité, il faut vérifier les paramètres suivants [06] :

- Turbidité après les filtres à cartouches <0.05 NTU ;
- SDI après les filtres à cartouches <4 ;
- Redox après les filtres à cartouches <200 mv



Fig. II.21. Appareillage de mesure avant l'entrée d'eau dans les châssis. [05]

b) Une pompe à haute pression

Une pompe haute pression asservie au démarrage de l'unité d'osmose inverse doit avoir une pression de l'ordre de 4-7 bars en amont fourni par un groupe motopompe d'eau brute, commandé au moyen des pressostats, son rôle est l'augmentation de la pression en amont des membranes d'osmose inverse à une pression de service optimale jusqu'à 20 bars, si l'eau produite satisfait les conditions prédéfinies, l'eau sera orientée vers le bac d'eau

consommation sinon elle sera recyclée à nouveau par une pompe dite BP. (Fig II.22 représente la pompe à haute pression).



Fig. II.22. Pompe à haute pression. [05]

c) Pompe à basse pression

Une pompe de basse pression a comme rôle le recyclage des eaux traitées en cas de haute conductivité, une électrovanne en aval des membranes de traitement alimente la pompe qui a son tour l'oriente vers la pompe HP pour être à nouveau traité par les membranes d'osmose inverse jusqu'à l'obtention d'une eau satisfaisant les critères puis celle-ci sera orientée vers le bac d'eau consommation. [06]



Fig. II.23. Pompe à basse pression. [05]

d) Récupération de l'énergie avec échangeur de pression

Le dispositif de récupération d'énergie PX (Pressure Exchanger) (FigII.24) facilite le transfert de pression du courant de rejet saumâtre à haute pression au courant d'alimentation en eau de mer à basse pression. Il fait ceci en mettant les deux courants en contact momentané direct ce

qui se produit dans les conduits d'un rotor. Le rotor est introduit dans un manchon en céramique entre deux capuchons en céramique avec des jeux précis qui, lors du remplissage avec de l'eau à haute pression, créent un palier hydrodynamique presque sans friction. À tout instant donné, la moitié des conduits du rotor sont exposés au courant à haute pression et l'autre moitié au courant à basse pression. Alors que le rotor tourne, les conduits passent une zone scellée qui sépare la haute pression et la basse pression. Ainsi, les conduits qui contiennent la haute pression sont séparés des conduits adjacents contenant la basse pression par le joint d'étanchéité qui est formé avec les ailettes du rotor et le capuchon céramique.

Une représentation schématique des composants en céramique du dispositif de récupération d'énergie PX est donnée à la (Fig II.25). L'eau de mer fournie par la pompe d'alimentation en eau de mer circule dans un conduit de retour sur le côté gauche à basse pression. Ce flux expulse la saumure enduit côté droit. Que le rotor tourne après une zone scellée, la saumure à haute pression circule dans le côté droit du conduit, comprimant et l'eau de mer. L'eau de mer en haute pression ressort alors vers la pompe de surpression. [01]



Fig. II.24. Installation des échangeurs de pression. [05]

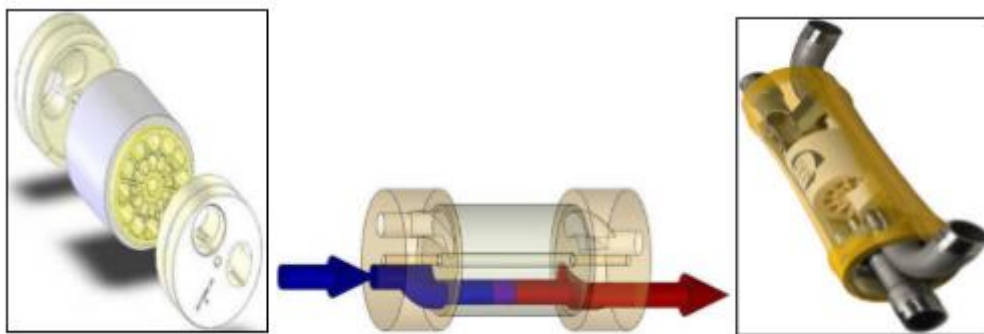


Fig. II.25. Echangeur de pression de type ERI. [W17]

Nettoyage chimique des lignes à haute pression :

Il est nécessaire d'effectuer le lavage des membranes pour éviter les dépôts au niveau de la membrane. Le lavage est fait par la soude caustique ou l'acide sulfurique qui sont dosés par des pompes doseuses. Ces produits sont stockés dans un réservoir de mélange.



Fig. II.26. Réservoir pour le nettoyage chimique. [05]

Pour le nettoyage chimique, on dispose de deux citernes de stockage de produits chimiques de nettoyage, ainsi que d'un réservoir intermédiaire d'eau traitée. Le signe pour qu'une membrane est colmaté sont :

- La différence de pression, d'entrée et de sortie de la membrane est > 1.2 bar et l'augmentation de la perte de charge à travers les modules.
- La variation des débits de rejet.
- La pression d'alimentation augmente de plus de 10 %.

L'opérateur devra initialement sélectionner la ou les citernes de nettoyage chimique qu'il souhaite utiliser pour les opérations d'agitation et de remplissage, en choisissant ensuite celle des deux opérations qu'il désire effectuer. [06]

II.5.4. Salle de contrôle

Comme toute installation industrielle, la station a fondé une architecture contrôle-commande pour surveiller et commander le procédé physique et les équipements associés.

On trouve dans la salle de contrôle des écrans de supervision doté d'un système de contrôle de type « Honeywell Experion Process knowledge » System (PKS) qui est distribué avec une plate-forme d'automatisation de processus avancée, intègre les topologies DCS et SCADA.

L'ingénieur d'exploitation communique avec l'opérateur par talkie-walkie.

II.5.5. Post traitement

L'eau issue du traitement de l'osmose inverse est indemne de tous les minéraux, c'est à dire non consommable, une reminéralisations (ajout des minéraux) est nécessaire pour rendre cette eau potable. L'injection automatique de CO_2 (Fig II.27.) pour réduire le pH proche de 5 permet de rendre plus efficace le processus de reminéralisations. Ce dernier est réalisé dans des tours ou chambres en nombre de dix, à l'intérieur desquelles est situé le lit de calcite (carbonate de calcium) de 2.86 m de hauteur, équipées par des tuyaux de distribution. A travers ce lit de calcite l'eau traitée passe et atteindra le fond (réservoir) par un canal à l'intérieur de la tour. Après et à l'aide d'un doseur automatique, il y aura un ajout d'hypochlorite de sodium à partir des deux citernes suscitées. [06]



Fig. II.27. Les réservoirs de CO_2 (liquide).[05]



Fig. II.28. Réservoir d'Hypochlorite de sodium. [05]

Le pompage des eaux produites est effectué par dix plus une (10+1) pompes pour propulser l'eau depuis la citerne de stockage de 50 000 m³, vers le réservoir de stockage comme c'est illustré sur la fig II.29, afin de la distribuer par l'ADE, tandis que le rejet de saumure sera évacué par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1000 m dans la mer dans le but d'assurer une meilleure dilution et d'éviter des conséquences indésirables pour l'environnement.



Fig. II.29. Réservoir d'eau produit. [05]

Rejet de saumure : Le rejet de la saumure est assuré par les installations de rejet. Les points d'admission sont suffisamment loin dans le large pour ne pas perturber le bon fonctionnement de ladite station, et ceci dans toutes les conditions météorologiques. Le point de rejet est positionné de telle sorte que la saumure, qui a une forte salinité ne sera pas ré-circuler dans l'eau captée qui doit subir le dessalement. [06]



Fig. II.30. Rejet de saumure. [05]

II.5.6. Sous-station électrique

Cette sous station a pour but d'alimenter les différentes zones de la station, elle est composée de deux lignes d'entrée de SONELGAZ de 220 kV :

- Ligne 1 (Beni-Saf) ;
- Ligne 2 (SBA - S-A-BOZ). [06]



Fig. II.31. Vue de la sous-station électrique. [05]

Pour chaque ligne nous avons :

- Transformateurs de courant *TC*
- Sectionneur automatique motorisé (Sectionneur de ligne)
- Transformateurs de tension *TP* (Entrée ligne)
- Sectionneur avec prise de terre (Sectionneur de malt)
- Interrupteur automatique motorisé (Disjoncteur de ligne)
- Sectionneur automatique motorisé (Sectionneur d'Guiage)
- Barre de couplage des lignes (Sectionneur d'Accouplement)
- Transformateurs de tension de mesure 220 kV / 110 V **TP**
- Sectionneur motorisé (Sectionneur Transfo,)
- Interrupteur automatique (Disjoncteur Transfo,)
- Paratonnerres de Protection
- Transformateur de 45 MVA 220 kV / 10 kV [06]

II.6. Conclusion

Dans cette partie de notre mémoire, nous avons vu la technique la plus utilisée en Algérie qui est l'osmose inverse et qui est également utilisée dans la station de Honaine, divisée en six zones et principalement composée de :

- Un système d'alimentation en eau de mer.
- Un ensemble de prétraitement physicochimique de l'eau de mer.
- Un dispositif de mise en pression de l'eau prétraitée.
- Un osmoseur proprement dit.
- Un système de récupération de l'énergie du concentrât.
- Un ensemble de post-traitements de l'eau permutée.
- Un poste de nettoyage chimique des membranes.

Dans le chapitre suivant, nous allons voir ces composants en détail et le système qui les contrôle et les surveille ainsi que l'ensemble du processus.

CHAPITRE III

Systeme automatisé de la station de dessalement

Chapitre III

Système automatisé de la station de dessalement

III.1. Introduction

Un système est dit automatisé lorsque le processus qui permet de passer d'une situation initiale à une situation finale se fait sans intervention humaine, et que ce comportement est répétitif chaque fois que les conditions qui caractérisent la situation initiale sont remplies.

L'automatisation conduit à une très grande rapidité, une meilleure régularité des résultats et évite à l'homme des tâches pénibles et répétitives.

L'automatisation de la production consiste à transférer tout ou une partie des tâches de coordination, auparavant faits par des humains, elle a pour objectif éliminer les tâches répétitives, simplifier le travail humain, augmenter la sécurité, accroître la production, économiser les matières premières et l'énergie, s'adapter à des contextes et intervenir la qualité. Dans ce chapitre, on va décrire le principe de fonctionnement du système automatisé relatif à la station de dessalement.

III.2. Généralité sur le système automatisé dans la station de Honaine

Un système automatisé est toujours composé d'une partie commande (PC), et d'une partie opérative (PO), pour faire fonctionner ce système l'opérateur (personne qui va faire fonctionner le système) va donner des consignes à la partie (PC), celle-ci va traduire ses consignes en ordre qui vont être exécutés par la (PO).

Une fois les ordres accomplis, la (PO) va le signaler à la PC (compte rendu) qui va à son tour le signaler à l'opérateur, ce dernier pourra donc dire que le travail a bien été réalisé.

Dans la station de dessalement de Honaine, on a le même principe (fig. III.1) sauf que l'architecture est plus élaborée, constituée du système distribuée DSA (fig. III.2) qui permet à plusieurs systèmes de connaissance des processus Experion (PKS) de fonctionner comme un seul sur les différentes zones de la station. Ce système intégré unique permet un accès global transparent aux données, alarmes, alertes, messages de contrôle interactif de l'opérateur et historique à travers des groupes de systèmes.

DSA assure cette intégration entre plusieurs systèmes tout en conservant un schéma de sécurité global cohérent. Les systèmes d'Expérien individuels peuvent également être intégrés sur le plan opérationnel tout en conservant leur propre autonomie d'ingénierie.

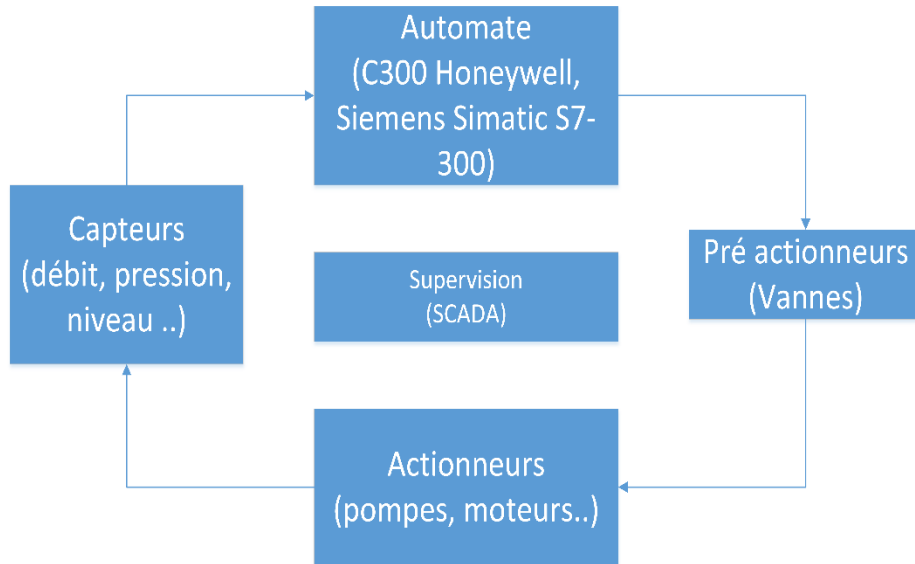


Fig. III.1. Principe de fonctionnement du système automatisé de la station de Honaine. [05]

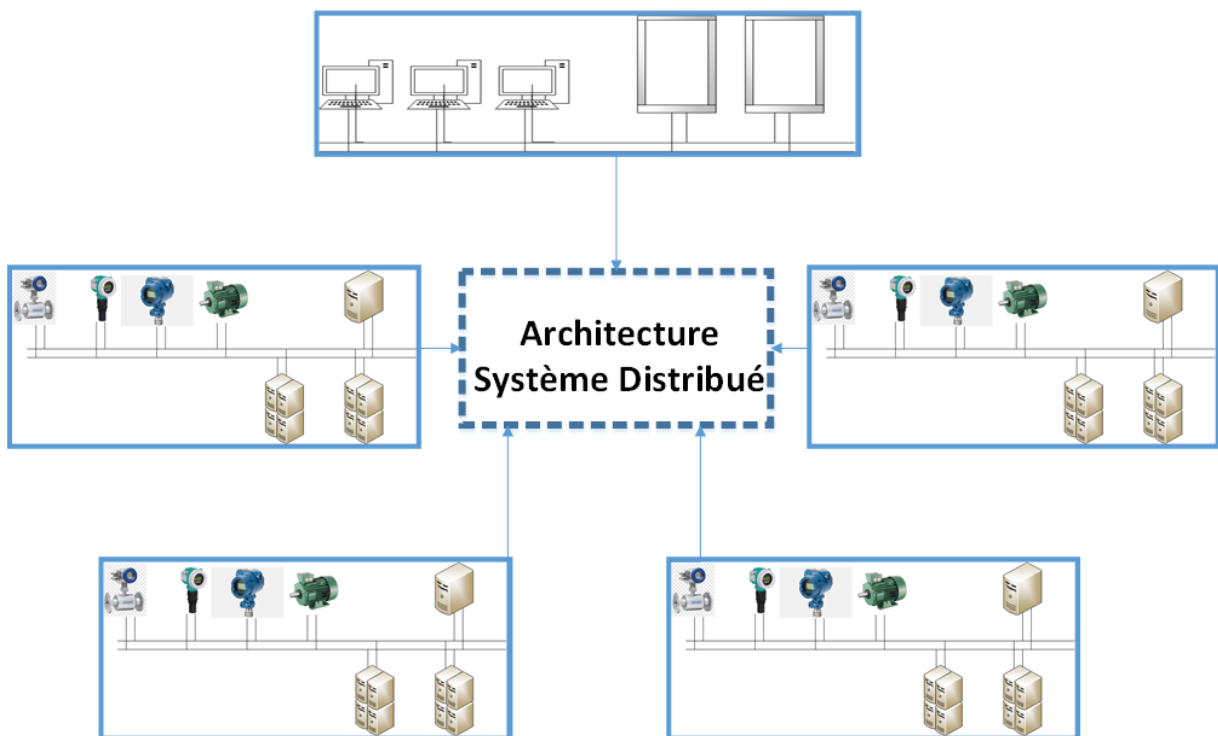


Fig. III.2. Architecture système distribué (DSA). [05]

Dans ce qui suit, nous allons décrire les différentes parties du système automatisé.

III.2.1. La partie commande (P.C)

La partie commande est le système qui permet à l'opérateur d'établir un programme qui va traiter les informations liées à l'automatisme. La partie commande reçoit les consignes de l'opérateur et adresse des ordres à la partie opérative, elle joue le rôle d'un "cerveau" du système.

Dans notre station, le système comporte :

- **Le contrôleur C300 d'Honeywell**

Les contrôleurs gèrent les processus complexes impliqués dans la fabrication industrielle, ils peuvent augmenter l'efficacité de la production et générer des économies de coûts significatives. Honeywell propose une large gamme de contrôleurs Experion® basée sur 30 ans de développement et d'expertise technologique. Il s'agit notamment de plates-formes de contrôleurs intégrées, d'environnements de contrôle sur PC pour les tâches de contrôle de supervision et de simulation pour la vérification et la validation des processus.

Le contrôleur C300 (Fig III.3) prend en charge la norme de contrôle par lots ISA S88.01 et intègre des séquences avec des appareils de terrain, notamment des vannes, des pompes, des capteurs et des analyseurs. Ces appareils de terrain suivent l'état des séquences pour effectuer des actions préconfigurées. Cette intégration étroite conduit à des transitions plus rapides entre les séquences, augmentant le débit. [06]



Fig. III.3. Contrôleur C300. [05]

Le contrôleur prend en charge :

Les entrées physiques

- Entrées analogiques (AI) pour sondes NTC20k
- Entrées digitales (DI) pour contact libre de potentiel ou 24 Vdc

Les sorties physiques

- Sorties analogiques (AO) 0-10 Vdc
- Sorties digitales (DO) 24 Vac

Ainsi que d'autres protocoles tels que FOUNDATION Field bus, Profibus, DeviceNet, Modbus et HART.

Son rôle est de contrôler et surveiller les vannes et les pompes et de lire les mesures provenant des capteurs pour les afficher dans les ordinateurs connectés.

C'est fondamentalement le cerveau de la station.

- **L'automate SIEMENS SIMATIC S7-300**

L'automate S7-300 est constitué d'une alimentation, d'une CPU et d'un module d'entrées et de sorties (Module E/S). L'automate programmable contrôle et commande une machine ou un processus à l'aide du programme S7. Les modules d'entrées/sorties sont adressés dans le programme S7 via les adresses d'entrées (E) et adresses de sorties (S).

L'automate commande le processus en appliquant une tension de 24V, par exemple : aux actionneurs via les points de connexion de l'automate appelés sorties. Ceci permet d'activer ou de désactiver des moteurs, de faire monter ou descendre des électrovannes. Les sorties de l'automate commandent les actionneurs par commutation de la tension. [06]



Fig. III.4. Automate Programmable Industriel S7-300 avec les modules E/S [W18].

Dans la zone de captage, on trouve l'Automate programmable S7-300 qui compare les niveaux L1 et L2 d'eau dans les deux bassins qui se trouve après les filtres rotatifs, chaque niveau est relié à un filtre, lorsqu'un niveau est inférieur à 4.40, l'automate envoie une alarme à l'opérateur pour l'informer que le filtre concerné a besoin d'un nettoyage.

III.2.2. La partie opérative (P.O)

Elle agit sur la matière d'œuvre (produit) afin de lui donner sa valeur ajoutée. Les actionneurs (moteurs, vérins) agissent sur la partie mécanique du système qui agit à son tour sur la matière d'œuvre. Les capteurs/détecteurs permettent d'acquérir les divers états du système [03].

a. Les pré-actionneurs

Un pré actionneur permet de distribuer de l'énergie à un actionneur, ce dernier convertissant l'énergie reçue en énergie utile.

On trouve dans la station les pré-actionneurs suivant :

1. **Les vannes pneumatiques** : Ils ont pour fonction essentielle de distribuer l'air sous pression venant du compresseur aux différents orifices des actionneurs pneumatiques.

On trouve deux types : régulatrice et T.O.R (Tout Ou Rien)



Fig. III.5. Vanne pneumatique (tout ou rien) [W19].

2. **Les vannes motorisées** : elles sont composées d'un servomoteur qui positionne la vanne conformément aux commandes de manœuvre émises par le système de contrôle-commande. Lorsque le servomoteur atteint les positions finales ou intermédiaires, il signale son état au système de contrôle commande.

Exemple : DREHMO® - Matic C Servomoteur électrique avec commande intégrée



Fig. III.6. Vanne motorisée [W20].

b. Les actionneurs

Les actionneurs sont le plus souvent des composants électroniques capables de produire un phénomène physique (déplacement, dégagement de chaleur, émission de lumière...) à partir de l'énergie qu'il reçoit. On trouve dans la station les actionneurs suivants :

1. Les actionneurs électriques :

Les moteurs asynchrones transforment l'énergie électrique (courant alternatif triphasé) en énergie mécanique.

Le moteur comporte deux parties : une partie fixe, le stator et une partie mobile, le rotor.

Exemple : Moteurs asynchrones triphasés fermés à cage ou à bagues



Fig. III.7. Moteur asynchrone triphasé [W21].

Moteurs frein asynchrones triphasés



Fig. III.8. Moteur frein asynchrones triphasé [W22].

2. Les Actionneurs hydrauliques :

Les actionneurs hydrauliques sont les pompes, elles Génèrent un débit en transformant de l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elles sont des génératrices de débit.

Le principe des pompes utilisées en hydraulique est basé sur la variation de volume entre l'aspiration et le refoulement (volumétrique).

On trouve dans la station différents types de pompes, on peut citer :

Pompe HP et Pompe BP SIEMENS



Fig. III.9. Pompe basse pression SIEMENS [W23].

Une pompe de basse pression a comme rôle le recyclage des eaux traités en cas de haute conductivité, une électrovanne en aval des membranes de traitement alimente la pompe qui son tour l'oriente vers la pompe HP pour être à nouveau traité par les membranes d'osmose inverse jusqu'à l'obtention d'une eau satisfaisant les critères puis celle-ci sera orientée vers le bac d'eau de consommation.



Fig. III.10. Pompe LZ LEROY SOMER [W24].

Les pompes dosage sont des pompes doseuses électromagnétiques commandées par microprocesseur. Elles servent au dosage de fluides avec une grande précision de reproduction dans des systèmes sous pression ainsi que dans des réservoirs ouverts et fermés.

Fig III.10 | 11 | 12.



Fig. III.11. Pompe CSM [W25].



Fig. III.12. Pompe ABB [W26].

c. Capteurs

Pour un système de dessalement d'eau entièrement fonctionnel et optimisé, la pression, le débit, le niveau, le pH, la conductivité, la turbidité, la température, le carbone organique total, le nombre de particules, le total des solides dissous et les capteurs de chlore sont souvent intégrés dans le package d'instruments. Ces capteurs fournissent des informations essentielles aux systèmes d'automatisation qui protègent les appareils contre les dommages et assurent leur fonctionnement avec une efficacité maximale. On peut citer :

1. Le débitmètre :

C'est un appareil utilisé pour mesurer le volume ou la masse d'un gaz ou d'un liquide. Les débitmètres sont désignés par de nombreux noms, tels que jauge de débit, indicateur de débit, compteur de liquide, capteur de débit, etc. en fonction de l'industrie particulière. Cependant, ils mesurent tous le débit. Les canaux ouverts, comme les rivières ou les ruisseaux, peuvent être mesurés avec des débitmètres. Ou plus fréquemment, la plus grande utilité d'un débitmètre et la plus grande variété de débitmètres se concentrent sur la mesure des gaz et des liquides dans un tuyau. L'amélioration de la précision, de l'exactitude et de la résolution de la mesure des fluides sont les plus grands avantages des meilleurs débitmètres.

Il est utilisé dans les pompes d'aspiration et à l'entrée des filtres



Fig. III.13. Débitmètre [W27].

2. Le capteur de pression :

C'est un instrument composé d'un élément sensible à la pression pour déterminer la pression réelle appliquée au capteur (en utilisant différents principes de fonctionnement) et de certains composants pour convertir ces informations en un signal de sortie.

En trouve les débitmètres dans les entrées des filtres et au niveau du zone d'osmose inverse.



Fig. III.14. Capteur de pression. [W28]

3. Le capteur de température :

Une sonde Pt100 est un type de capteurs de température aussi appelé RTD (détecteur de température à résistance) qui est fabriqué à partir de platine. L'élément Pt100 a une résistance de 100 ohms à 0 °C, et il est de loin le capteur le plus utilisé.

Ils présentent les avantages suivants :

- Grande plage de températures de -200 à 850 °C
- Courbe caractéristique quasi linéaire
- Précision élevée
- Bonne interchangeabilité

Les sondes Pt100 sont utilisées au niveau des moteurs des pompes.



Fig. III.15. Sonde Pt100. [W29]

4. Le capteur de niveau :

Les capteurs de niveau de liquide sont utilisés pour détecter les niveaux de liquide ou les interfaces entre des liquides tels que l'eau et l'huile ou des solides et des liquides. Ces capteurs peuvent également être définis comme des transducteurs ou comme des systèmes d'instrumentation et de contrôle.

Ce type de capteur de niveau de liquide est l'un des capteurs les plus importants et joue un rôle vital dans diverses applications industrielles et grand public.



Fig. III.16. Capteur de niveau. [W30]

5. Le capteur de vibration :

Il est également appelé capteur piézoélectrique. Ces capteurs sont des appareils flexibles qui sont utilisés pour mesurer divers processus. Ce capteur utilise les effets piézoélectriques tout

en mesurant les changements d'accélération, de pression, de température, de force sinon de contrainte en passant à une charge électrique.

Ces capteurs sont utilisés dans le couplage des pompes.



Fig. III.17. Capteur de vibration. [W31]

III.3. Supervision

La supervision industrielle permet de suivre en temps réel une installation ou une machine industrielle. Elle permet d'avoir un affichage dynamique du processus avec les différentes alarmes, défauts et événements survenant pendant l'exploitation de la machine. Les procédés de supervision actuelle se basent sur les architectures de systèmes distribués permettant la surveillance ou le monitoring à distance.

La supervision se fait généralement dans un poste de contrôle qui est composé de pupitre ou un PC de commande et de signalisation, il permet à l'opérateur de commander le système (marche, arrêt, départ cycle, ...).

La partie surveillance d'un superviseur a pour objectifs :

- Recueillir en permanence tous les signaux en provenance du procédé et de la commande.
- Reconstituer l'état réel du système commandé.
- Faire toutes les inférences nécessaires pour produire les données utilisées pour dresser des historiques de fonctionnement.
- Mettre en œuvre un processus de traitement de défaillance des cas échéants.
- Détecter un fonctionnement ne correspondant plus à ce qui est attendu.



Fig. III.18. Vue de la salle de supervision et de contrôle (Honaine). [05]

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes parties du système automatisé de la station de dessalement de Honaine. On a vu que son architecture utilise le système distribuée DSA, que la partie commande du système est composé d'un API S7-300 et d'un contrôleur Honeywell C300, et que la partie opérative fait intervenir un nombre important de capteurs, de pré actionneurs et d'actionneurs. Enfin, nous avons donné un très bref aperçu sur la supervision.

Dans le chapitre suivant, nous allons montrer la programmation et la simulation de l'unité de commande d'osmose inverse que nous avons effectuée.

CHAPITRE IV
Simulation de la partie
commande de l'unité
d'osmose inverse

Chapitre IV

Simulation de la partie commande de l'unité d'osmose inverse

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter la programmation et la simulation de la partie commande de l'unité d'osmose inverse que nous avons effectuée. Nous allons automatiser et superviser la partie commande de l'osmose inverse à l'aide de l'API S7-1500. Pour ce faire, on va écrire un programme en langage Grafcet puis le traduire en langage Ladder pour pouvoir simuler le processus à l'aide du logiciel TIA Portal.

IV.2. Fonctionnement de l'unité d'osmose inverse

Pour démarrer l'unité, il doit y avoir de l'eau filtrée. (Voir Figure IV.1)

L'eau passe par la vanne 01 vers une pompe haute pression, puis passe par une vanne de régulation vers le châssis d'osmose inverse. Après cela, l'eau est divisée en deux voies, l'eau pure passe par une vanne de régulation puis par la vanne 03 pour passer à l'étape finale. Et le reste de l'eau prend la route vers le système d'échangeur de pression, en passant par la vanne 04, un peu d'eau retourne au châssis d'osmose inverse en passant par une pompe basse pression et la vanne 05, et l'autre partie de l'eau va au réservoir de l'eau de lavage, commandé par la vanne 07. Et l'eau salée va être rejetée en passant par la vanne 06.

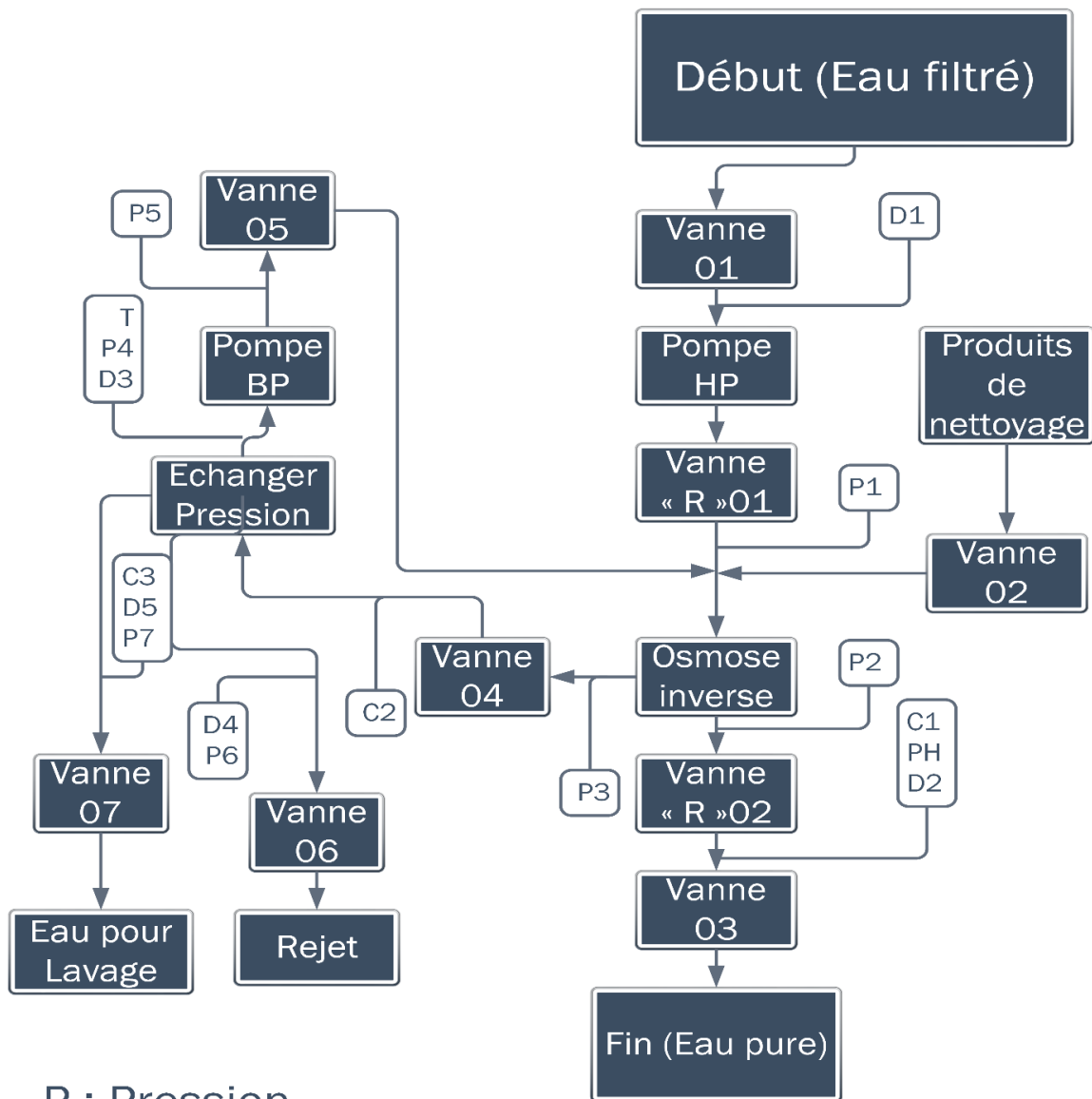
La vanne 02 s'ouvre lorsque nous appuyons sur le bouton de nettoyage pour que les produits chimiques passent dans le système.

L'eau a un débit d'environ 767 mètres cubes par heure, le fait d'appuyer sur le bouton de démarrage du cycle ouvrira la vanne 01, 03, 04, 05, 06, 07, démarrera la pompe haute pression et la pompe basse pression, ouvrira la vanne de régulation 01 et 02 dans la position souhaitée.

L'eau doit aller dans le châssis d'osmose inverse avec une pression d'environ 69,5 bars.

Après que l'eau passe les membranes l'eau pure sort avec une pression d'environ 0,90 bar et un débit proche de 750 mètres cubes par heure, il y a une vanne de régulation 02 pour ajuster ce débit aux besoins. À la fin il y a des capteurs pour mesurer le PH et la conductivité.

Le reste de l'eau qui a une conductivité plus élevée (généralement supérieure à 150 micro siemens par centimètre) ce qui signifie qu'elle contient beaucoup de sel va au système de récupération d'énergie avec une pression d'environ 68,6 bar, la température, la conductivité et le débit sont mesurés au sortie et la pression est d'environ 67,8 bars qui est augmenté à 69,5 bars par une pompe basse pression pour retourner à l'entrée du châssis, et la saumure va à la vanne 06 pour être rejetée, et de l'eau va à la vanne 07 pour être utilisée dans nettoyage.



P : Pression
 C : Conductivité
 D : Débit
 T : Température
 PH : PH

Fig. IV.1. Schéma d'instrumentation de l'unité d'osmose inverse.

IV.3. Algorithme et GRAFCET de la commande d'unité

On a pris en considération un système de commande simple avec trois options : démarrage, arrêt et nettoyage.

Le bouton de départ ouvre toutes les vannes à part la vanne 02 qui conduit le produit de nettoyage chimique et met en marche les pompes.

Le bouton de nettoyage ouvre la vanne 02 et le bouton d'arrêt ferme toutes les vannes et met le système à l'arrêt.

L'algorithme qui décrit ce processus est le suivant :

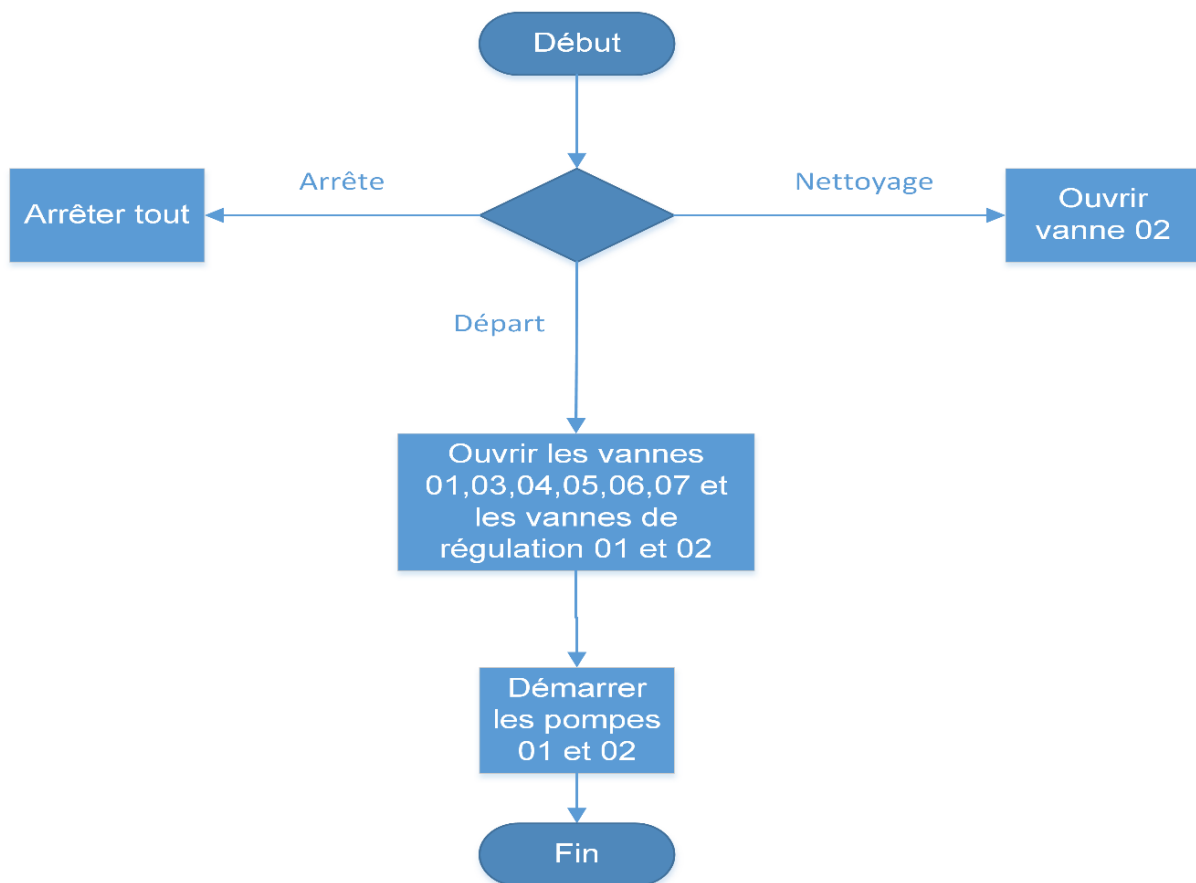


Fig. IV.2. Algorithme de commande.

Dans ce qui suit nous allons traduire cet algorithme en GRAFCET qui est un langage graphique pour décrire, étudier, réaliser et exploiter les automatismes. Il est composé d'un ensemble d'étapes et de transitions représentant le déroulement du cycle de l'automatisme.

Dans notre cas, le GRAFCET est le suivant (Fig. IV.3) :

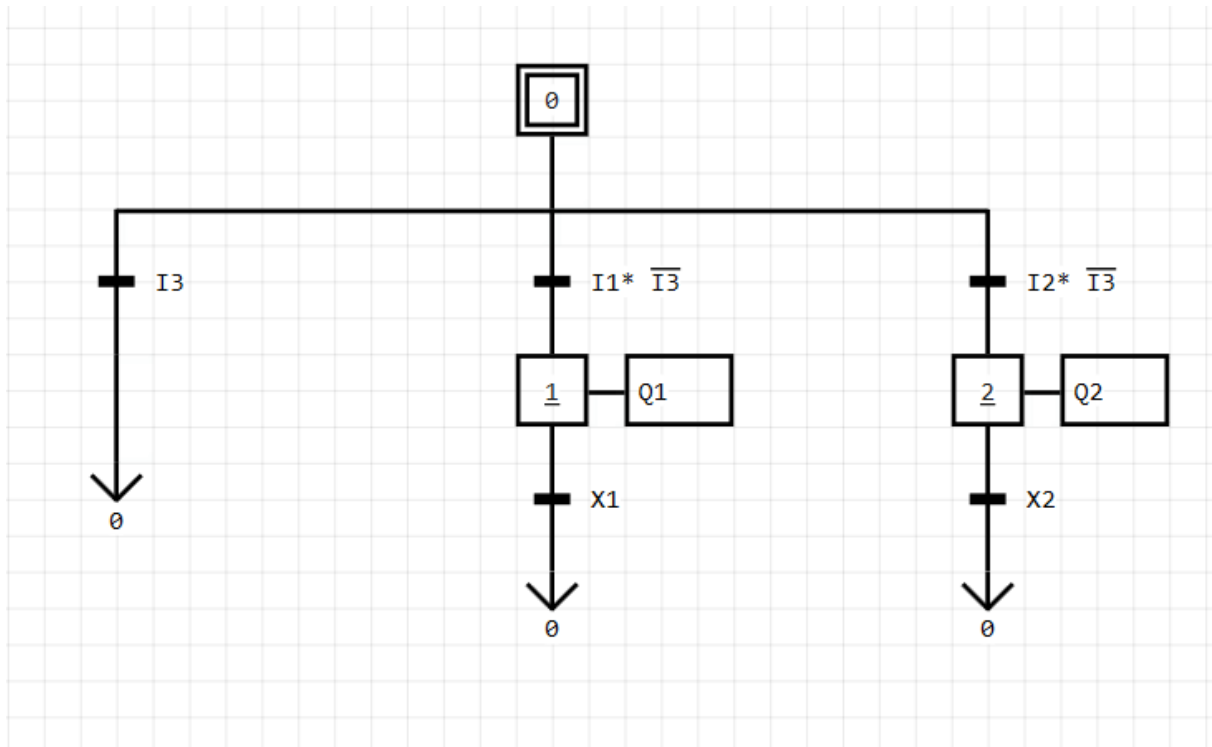


Fig. IV.3. Grafcet de commande.

I1 : Départ.

Q1 : Ouvre les vannes 01, 03, 04, 05, 06,07 et met en marche les pompes 01 et 02.

I2 : Nettoyage.

Q2 : Ouvre la vanne 02.

I3 : Arrêt.

Il s'agit d'un système simple avec trois boutons, démarrer, arrêter et nettoyer.

IV.4. Logiciel de programmation et de simulation

Le logiciel TIA PORTAL que nous avons utilisé apporte une réponse optimale à toutes les exigences et offre un concept ouvert vis à vis des normes internationales et de systèmes tiers. Avec ses six principales caractéristiques systèmes (ingénierie, communication, diagnostic, sécurité des données, sécurité des personnes et des machines), il offre des solutions complètes pour chaque segment d'automatisation sur la base d'une gamme de produits complète.

STEP 7

Le logiciel STEP 7 Professional V15 (TIA Portal V15) est l'outil de programmation des automates :

- SIMATIC S7-1500.
- SIMATIC S7-1200.

- SIMATIC S7-300.
- SIMATIC S7-400.
- SIMATIC WinCC.

Avec STEP 7 Professional V15, les fonctions suivantes peuvent être utilisées pour automatiser une installation :

- Configuration et paramétrage du matériel.
- Paramétrage de la communication.
- Programmation.
- Test, mise en service et dépannage avec les fonctions d'exploitation.
- Diagnostic.
- Documentation.
- Génération d'écrans de visualisation pour les Basic Panels SIMATIC avec WinCC

L'interface homme/machine (IHM)

Une IHM (Interface Homme-Machine) est un système pouvant être connecté à une base de données SCADA qui affiche des données pour l'utilisateur. L'IHM est installé généralement à proximité de la machine. L'IHM permet à l'opérateur d'examiner les données de diagnostic et les graphiques de tendance.

WinCC

SIMATIC WinCC est un système de supervision de processus modulable qui offre des fonctions performantes de surveillance d'automatismes. WinCC offre des fonctionnalités SCADA complètes sous Windows pour tous les secteurs depuis la configuration monoposte jusqu'aux configurations multipostes distribuées avec serveurs redondants et solutions multi sites avec clients Web.

IV.5. Création et configuration du projet en TIA Portal

On commence par créer un fichier projet.

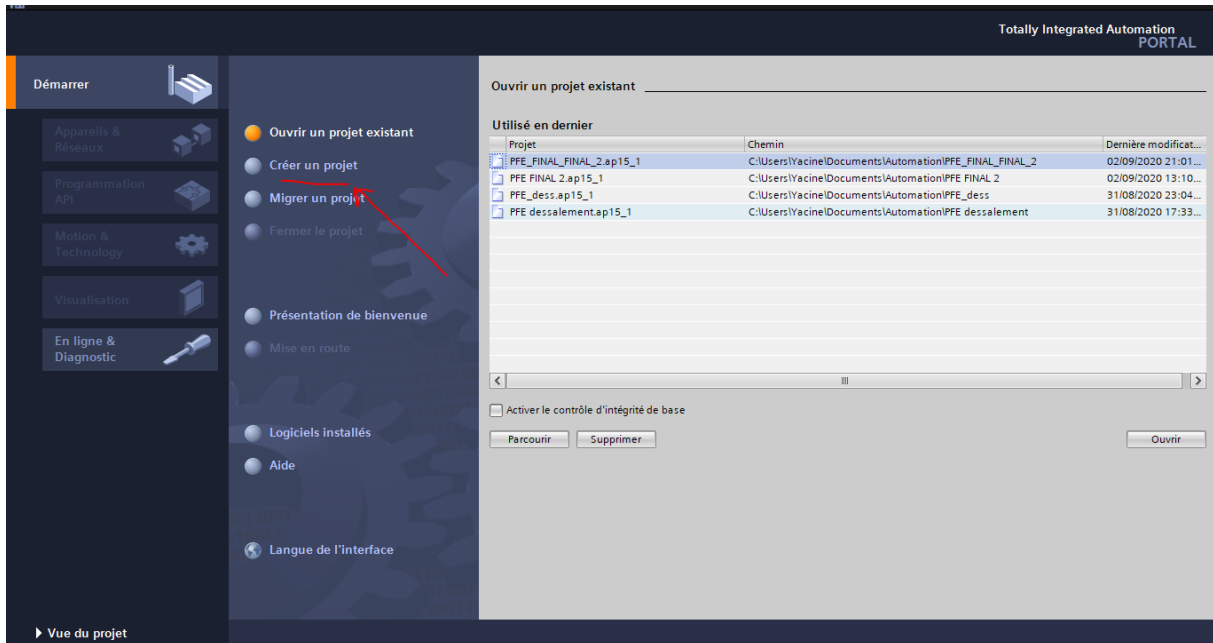


Fig. IV.4. Page de démarrage de TIA Portal.

Nous pouvons choisir le nom et où l'enregistrer

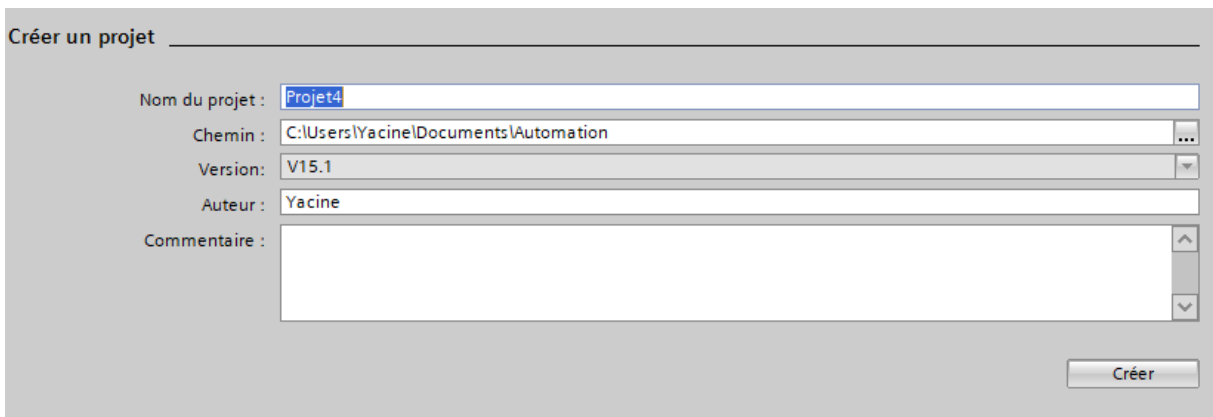


Fig. IV.5. Page de création du projet.

Pour commencer, nous choisissons les appareils avec lesquels nous allons travailler. Dans notre cas, la CPU S7-1512-PN.

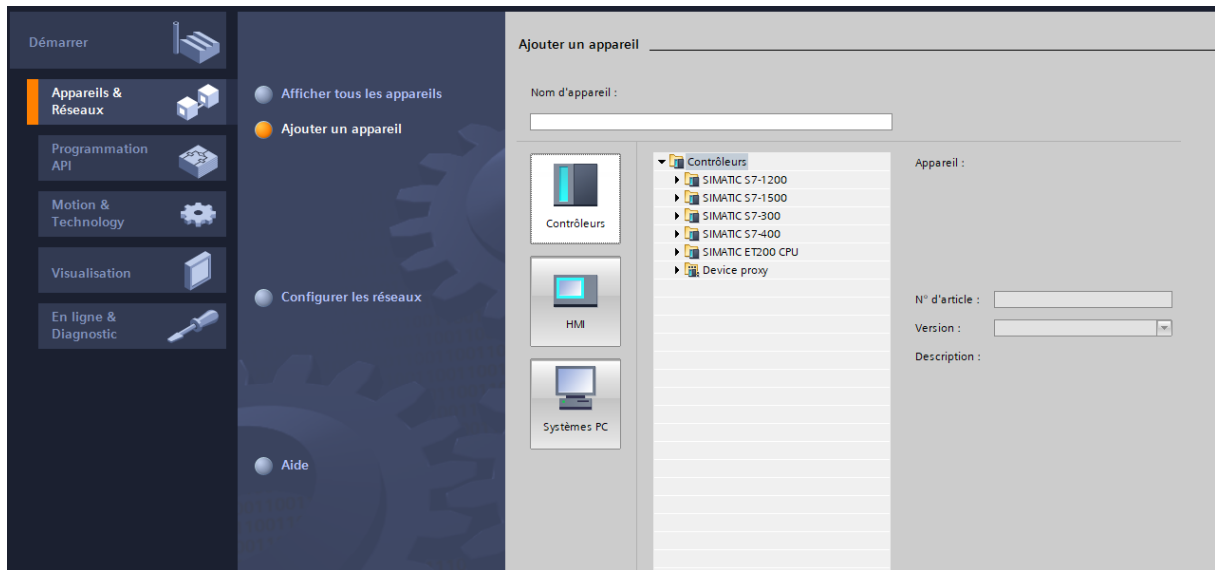


Fig. IV.6. Page du choix des appareils à utiliser.

Ensuite, nous configurons l'appareil que nous avons choisi et ajoutons des E / S (numériques et analogiques), alimentation et gestionnaire d'alimentation.

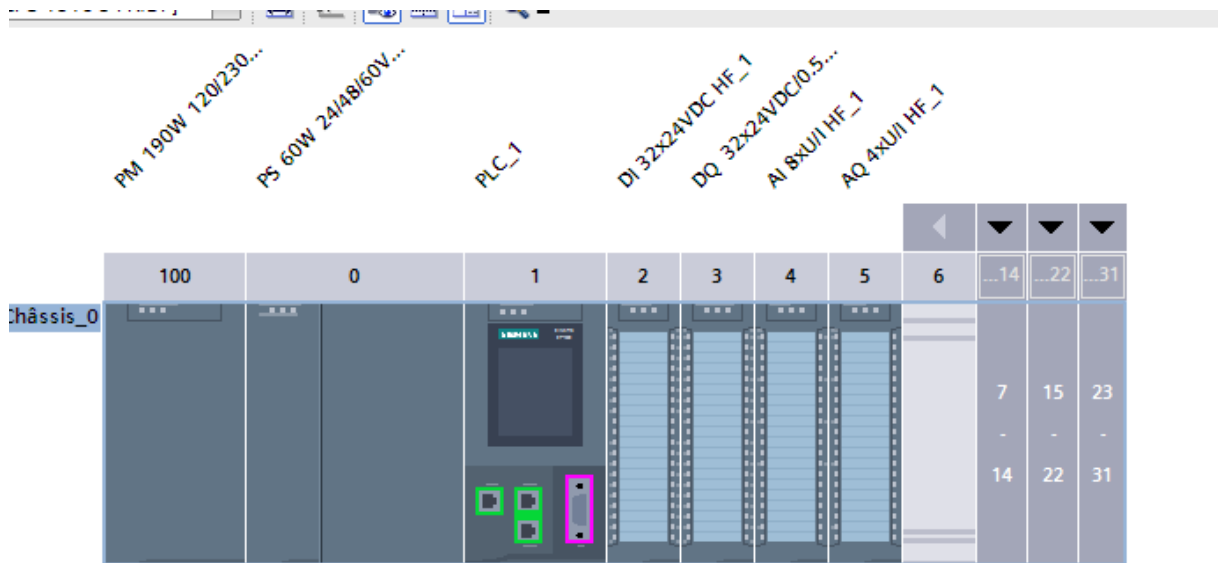


Fig. IV.7. Configuration d'API.

Après cela dans la vue topologique ou la vue réseau, on fait la liaison entre les appareils.

(Fig IV.8)

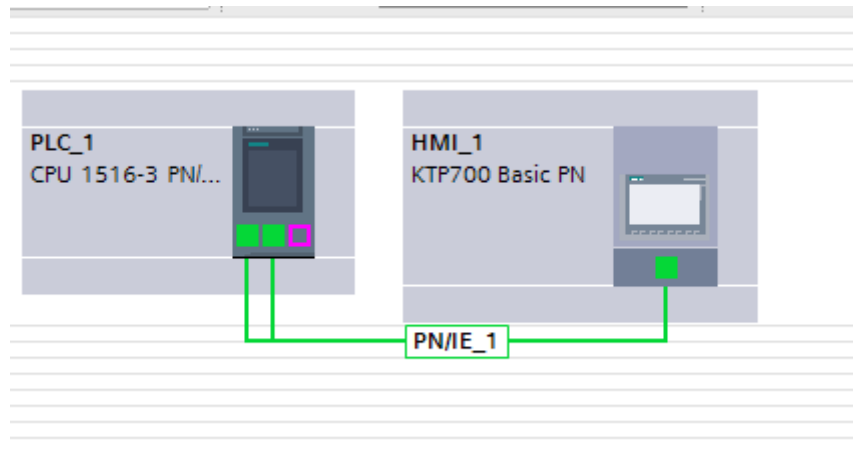


Fig. IV.8. Liaison entre l'API et IHM.

IV.6. Programmation en langage ladder et simulation

On commence par ajouter les variables dont le programme a besoin, on les ajoute dans l'onglet « variables API ». Pour faciliter et organiser le travail.

Avant de traduire notre grafcet en un programme de langage LADDER, nous créons un simple bloc d'initialisation pour l'étape zéro. (Fig IV.9).

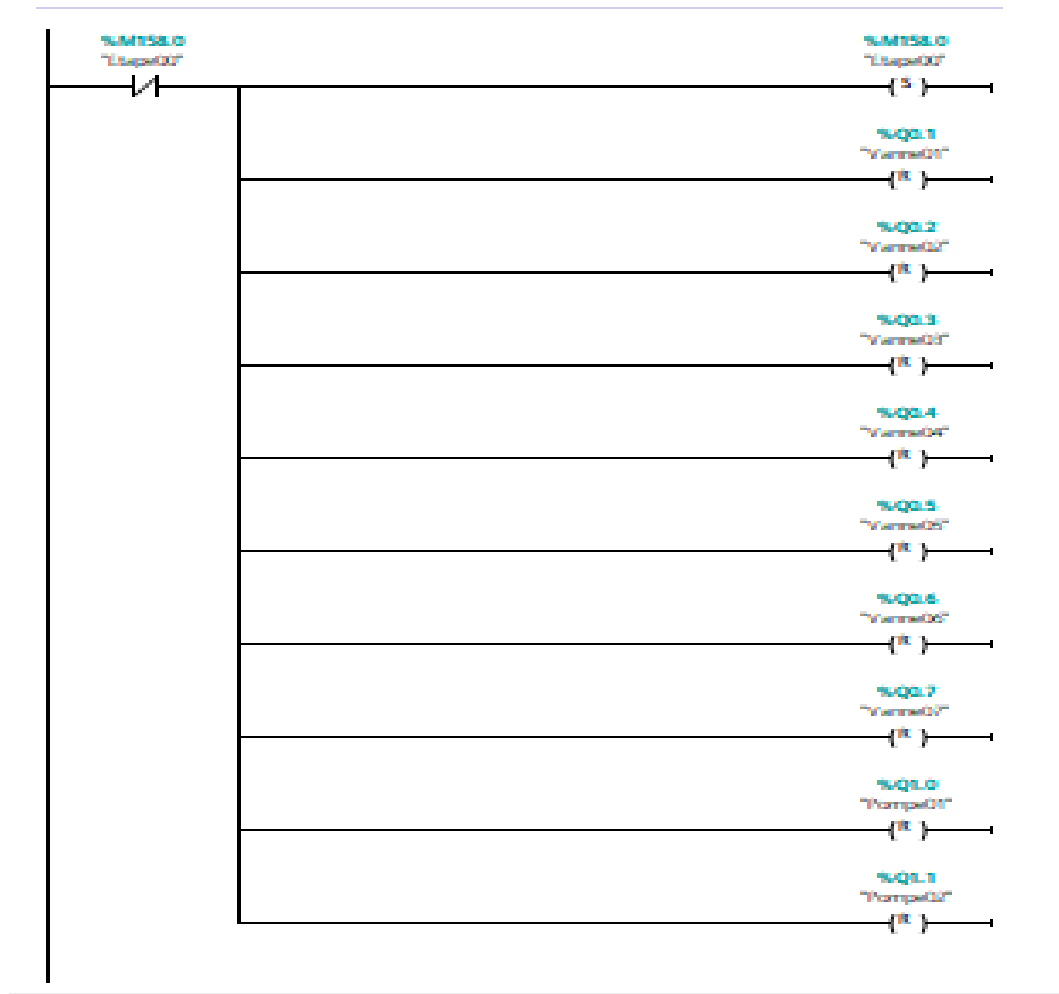


Fig. IV.9. Programme d'initialisation de l'étape initiale.

Le rôle de ce programme d'initialisation est de mettre l'étape zéro active et « reset » toutes les valeurs de sortie au démarrage de notre PLC. (Programmable logic controller)

Puis nous créons les étapes à partir du grafcet comme suivant :

Un contact normalement ouvert de l'étape 0 suit par un contact normalement ouvert qui représente la transition I1, après un « set, reset », étape 1 en « set » et l'étape 0 en « reset ». Alors l'étape 1 ne sera activée que lorsque la condition I1 sera remplie, donc ce contact (départ dans la Figure IV.10) va activer l'étape 1 et réinitialiser l'étape 0.

Etape 0 est activé, pour que l'étape 1 soit activée il faut que la transition (qui est représenté par contact ouvert) est validée (devenir contact fermée)

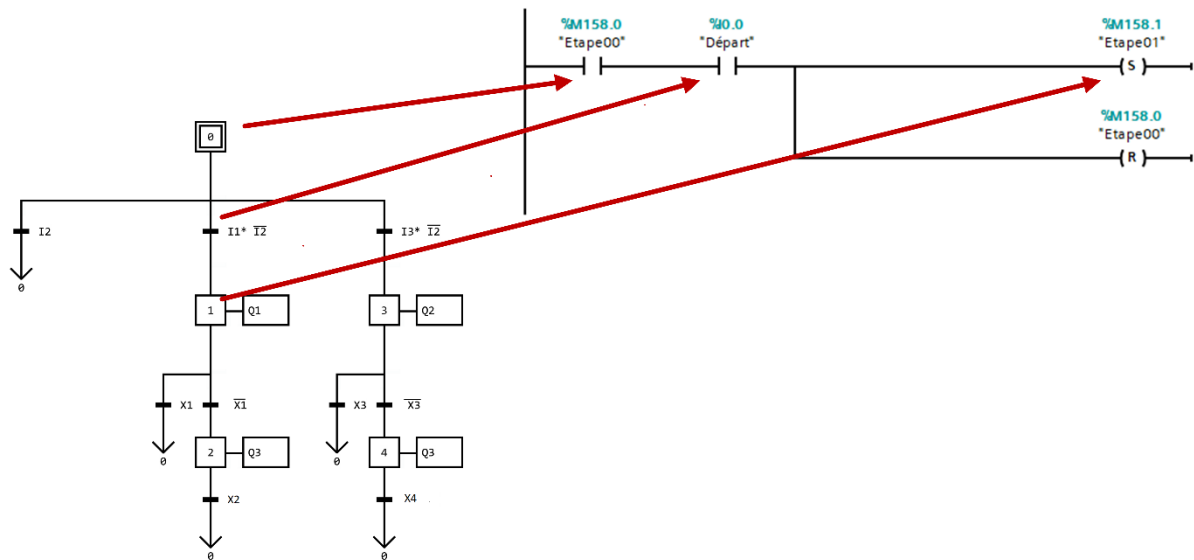


Fig. IV.10. Traduction en programme Ladder.

De la même manière, on fait la traduction du reste des étapes / transition :

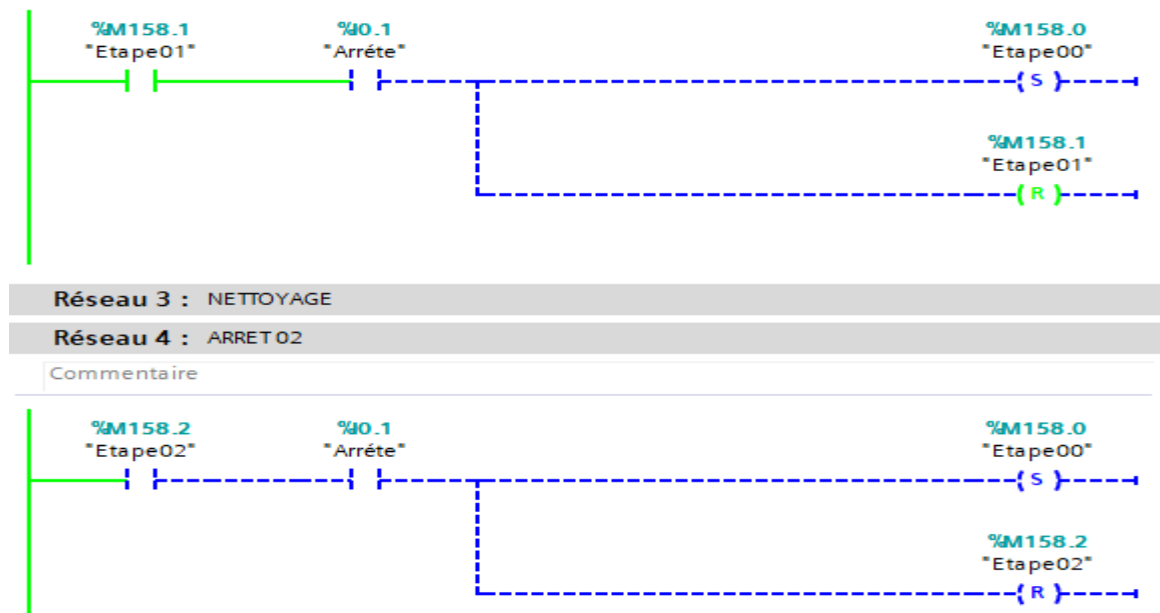


Fig. IV.11. Etape d'arrêt.

Après avoir traduit les étapes, nous associons les actions que chaque étape effectue lorsqu'elle est activée. On fait ça par un contact normalement ouvert suivi par les affectations.

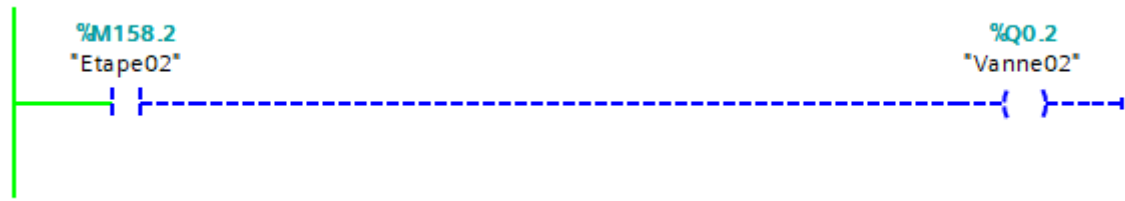


Fig. IV.12. Affectation de l'étape de nettoyage.

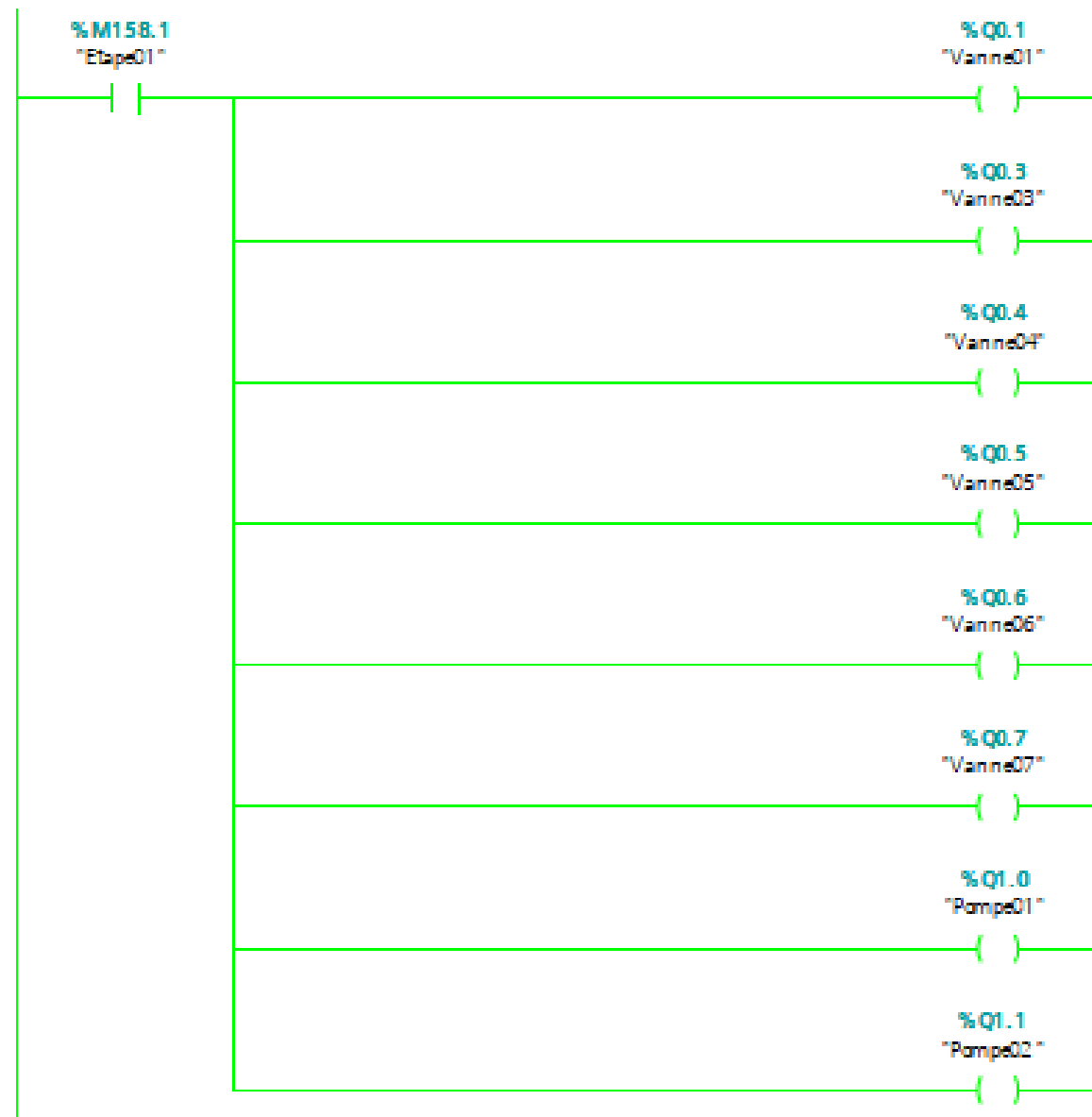


Fig. IV.13. Affectation de l'étape de départ.

Après cela, on réalise un programme pour la lecture des mesures, afin de faire la conversion du signal 4.20 mA en signal numérique puis en nombre réel de la mesure.

On utilise la fonction d'échelle, elle a une entrée et une sortie pour le signal, et trois entrées pour régler respectivement la limite haute, la limite basse et la polarité. Et une sortie pour la valeur de retour.

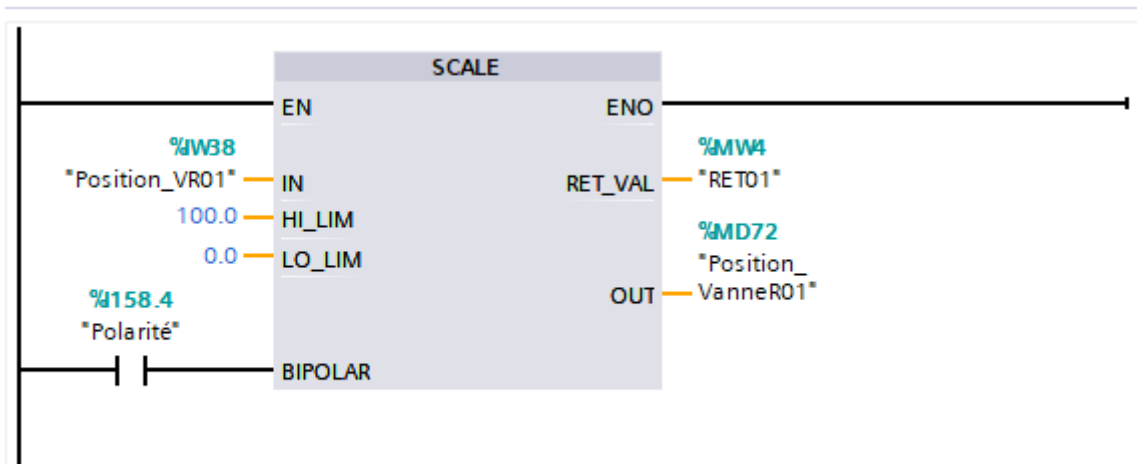


Fig. IV.14. Lecture de la position des vannes de régulation.

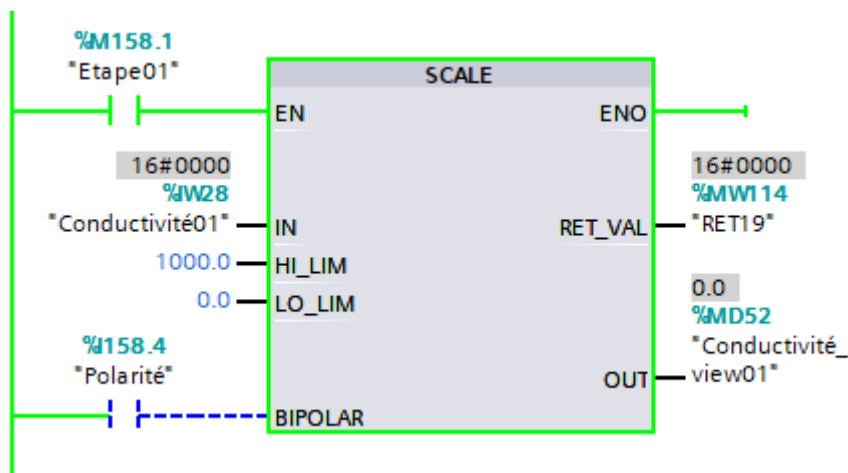


Fig. IV.15. Lecture de la conductivité.

Remarque : les autres lectures et le tableau de variables sont en annexe.

En ce concerne la commande des vannes de régulation, on utilise la fonction « Unscale » qui fait le contraire de la fonction précédente, c'est-à-dire qu'elle transforme le signal numérique qui est donné par l'utilisateur (0 à 100%) en un signal analogique (4 à 20 mA).

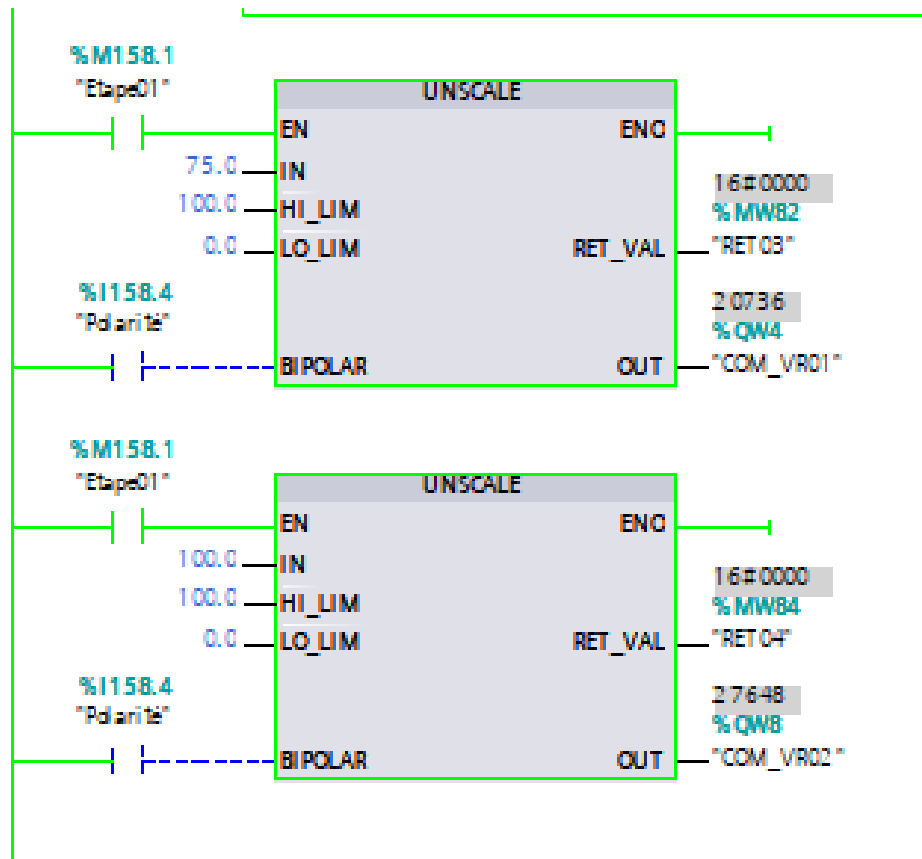


Fig. IV.16. La commande des vannes de régulation.

Après le lancement de la simulation, nous pouvons modifier les valeurs des entrées via la table des variables virtuelles.

On met la variable de départ à l'état haut

nom	Adresse	Format d'affichage	Valeur visualisée/de forçage	Bits	Forçage par le
"Départ":P	%I0.0:P	Bool	TRUE		<input checked="" type="checkbox"/> FALSE
...		<input type="checkbox"/> ...

Fig. IV.17. Changement de l'état de « départ » lors de la simulation.

Ce qui active l'étape 1. (Transformée en vert)

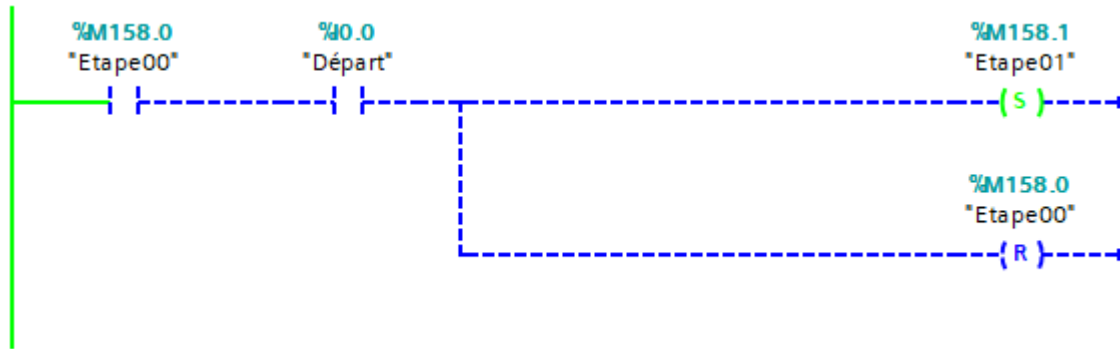


Fig. IV.18. Vue de l'étape 1 lors de la simulation.

Puis on visualise les lectures dans une interface homme/machine. On peut aussi ajouter des boutons pour la commande des vannes et pompes, etc.

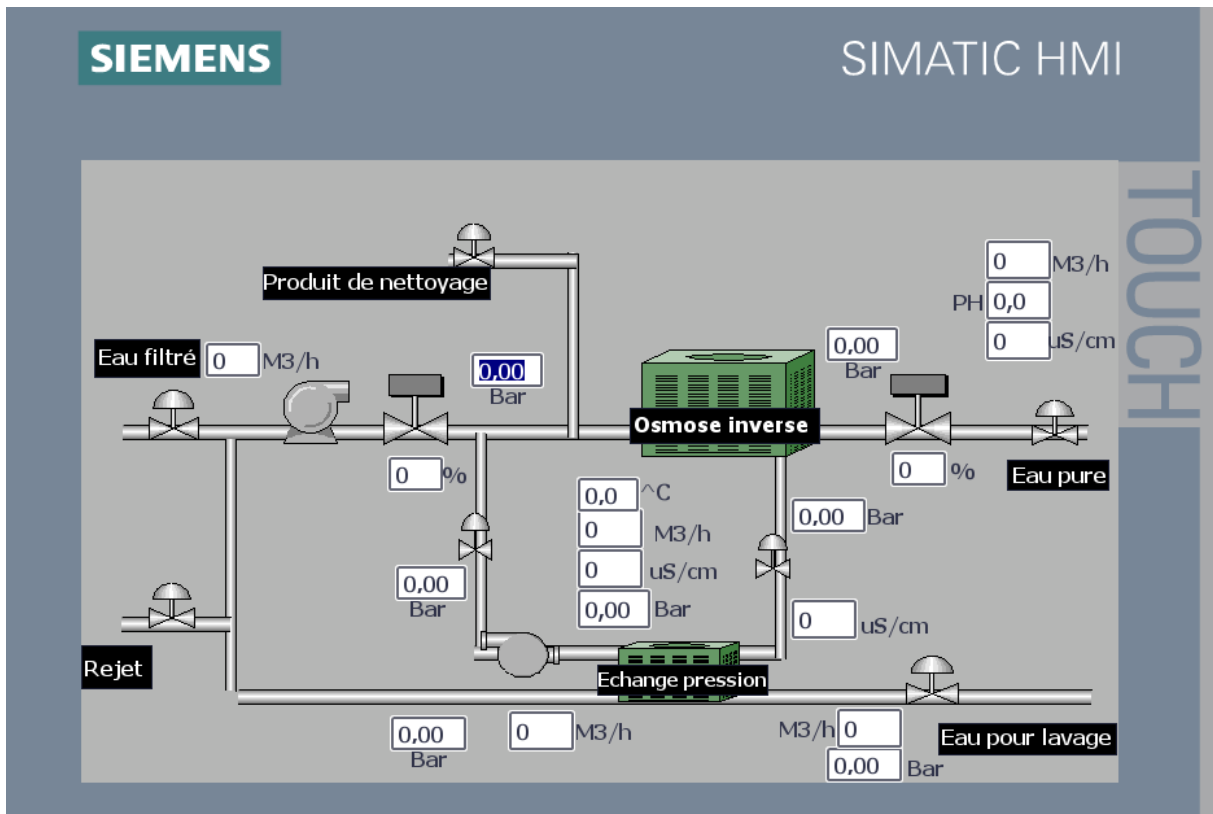


Fig. IV.19. Vue de l'IHM.

Si on change les valeurs analogiques des entrées

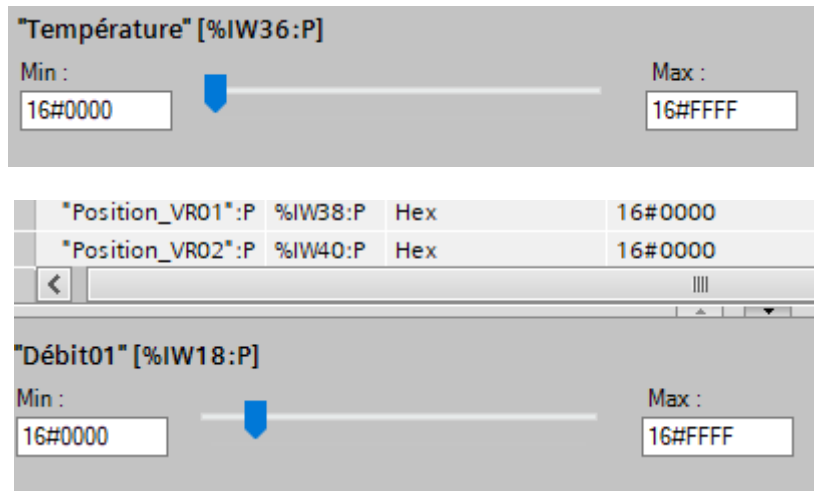


Fig. IV.20. Changement des valeurs analogiques lors de la simulation.

On peut voir les changements dans l'IHM, donc le programme fonctionne parfaitement.

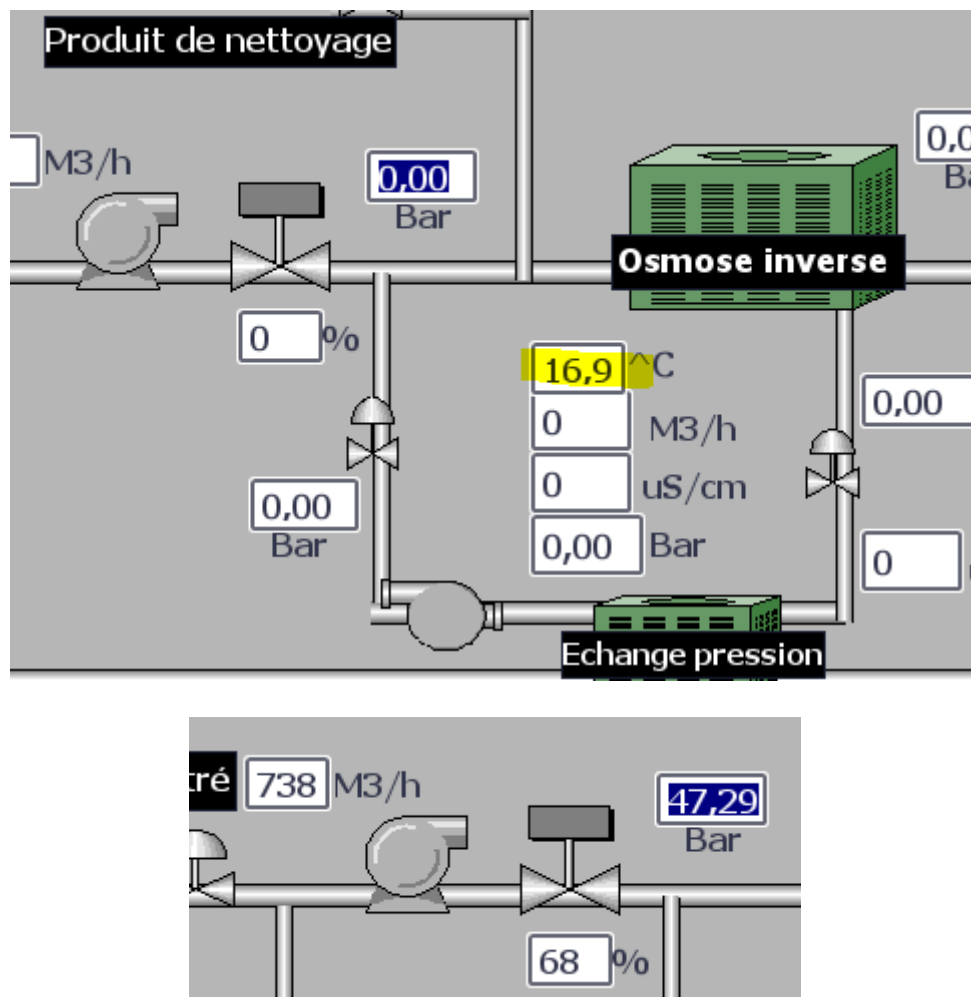


Fig. IV.21. Vue de l'IHM après le changement des valeurs d'entrées lors de la simulation.

IV.7. Conclusion

Comme vu précédemment, nous avons programmé et simulé avec succès un système de contrôle, de surveillance et de comptage de la zone d'osmose inverse en utilisant le logiciel Step7 et le langage Ladder. Nous avons utilisé une table des variables, des fonctions et créé une IHM avec WinCC pour voir l'ensemble du système de commande.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'évolution remarquable de la technologie pousse la créativité vers de meilleures méthodes, simples et efficaces, dont le but est d'améliorer la production et augmenter la sécurité de la solution aux besoins en eau (dessalement de l'eau de mer).

Dans notre mémoire, nous avons étudié les différentes parties de la station de dessalement de Honaine (alimentation, régulation avec API et supervision).

Après avoir donné la description générale et le fonctionnement de cette station, nous avons vu ses différentes zones, leurs rôles et les éléments et matériels qui les constituent.

Ensuite, nous sommes passés au développement de la solution de programmation et de supervision, Le choix de l'automate programmable comme organe de commande du logiciel Step7 et la solution de supervision proposée nous ont permis de se familiariser avec le logiciel Win CC, ces deux logiciels sont intégrés dans un seul logiciel TIA Portal pour plus d'efficacité.

L'écriture de l'algorithme, sa traduction en Grafset puis en Ladder nous ont permis de faire une simulation de la partie commande de l'unité d'osmose inverse et qui a donné des résultats satisfaisants.

En perspective, la gestion et la simulation de toute la station (toutes les zones en même temps) avec une supervision plus générale reste un objectif très intéressant à explorer et à entreprendre.

Bibliographie

Bibliographie

- [01] -OUALLA ADIL, « Projet d'évolution de la station de dessalement d'eau de mer par osmose inverse de l'île de Sein. Installation d'un module de récupération d'énergie par échange de pression », article publié en 2006.
- [02] -Al-WAZZAN Y., SAFAR M., MESRI A. « Reverse osmosis brine staging treatment of subsurface water. », *Desalination*, Volume 155, Issue 2, 15 June 2003, Pages 141-151.
- [03] -DRIDI ABDELOUAHAB, « Commande et supervision par API d'une unité d'osmose inverse », Mémoire de Master, Université de Biskra, Département génie électrique, Spécialité : électronique des systèmes embarquée, Soutenu le 24/06/2018.
- [04] -MELLAL NOUR EL HOUDA, « Contribution à l'étude d'une station de dessalement par osmose inverse », Mémoire de Master, Ecole national supérieur agronomique, Département génie rural, Spécialité : Hydraulique agricole, Soutenu le 15/12/2011
- [05] - Photographies et données personnelles prises au cours du stage. 05/02/2020
- [06] - Informations personnelles prises au cours du stage. 05/02/2020

Webographie

Webographie

- [W1] <https://www.worldometers.info/world-population/>
Consulté le 20/02/2020
- [W2] https://www.lemonde.fr/archives/article/1964/09/03/le-dessalement-de-l-eau-de-mer_2127564_1819218.html
Consulté le 27/02/2020
- [W3] https://www.pseau.org/outils/ouvrages/pnue_dessalement_eau_de_mer_pays_mediterranee_ns.pdf
Consulté le 15/03/2020
- [W4] <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/eau-y-t-il-eau-douce-monde-805/>
Consulté le 15/03/2020
- [W5] <https://www.encyclopedie-energie.org/le-dessalement-deau-de-mer-et-des-eaux-saumatres/>
Consulté le 16/03/2020
- [W6] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Dessalement>
Consulté le 18/03/2020
- [W7] https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_des_stations_de_dessalement_en_Alg%C3%A9rie
<http://www.aps.dz/economie/85461-ade-pres-de-17-de-l-eau-distribuee-provient-des-stations-de-dessalement>
Consulté le 22/03/2020
- [W8] <https://idadesal.org/>
Consulté le 27/03/2020
- [W9] <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/le-dessalement-de-leau-de-mer-et-des-eaux-saumatres-840> Consulté le 12/04/2020

Les sources suivantes ont été consultées durant le mois d'août 2020

- [W10] <https://kidiscience.cafe-sciences.org/articles/leau-sur-terre-quels-problemes/>
<https://www.oieau.fr/>
- [W11] <https://aphadolie.com/2018/11/17/eau-potable-lor-du-21eme-siecle-video/>
- [W12] <https://www.encyclopedie-energie.org/le-dessalement-deau-de-mer-et-des-eaux-saumatres/>
- [W13] <http://12.000.scripts.mit.edu/mission2017/desalination-and-water-recycling/>
- [W14] <http://hmf.enseiht.fr/travaux/bei/beiere/book/export/html/1281>
- [W15] <https://www.google.dz/maps/place/Station+de+Dessalement,+Honaine/@35.1800302,-1.6469897,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0xd78e2f2db504f41:0xf73ec8b00098a36!8m2!3d35.1800258!4d-1.644801?hl=fr>
- [W16] https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-13203-7_1
- [W17] http://www.cleantektv.com/companies2/showcase_detail.php?key=74&itemNumber=33
- [W18] <https://www.signalrt.com/2019/06/23/siemens-plc-in-security/>
- [W19] <https://www.burkert.fr/fr/produits/vannes-de-process-et-regulation/vannes-tout-ou-rien/>
- [W20] <http://www.drehmo.com/en/products-en/drehmo-c-matic>
- [W21] https://www.sepi-pompes.com/sh71-2bb14-xml-557_956_599-2184.html
- [W22] <http://www.electroadda.com/fr/produits/gamme-moteurs/serie-fe-moteurs-asynchrones-triphases-avec-frein.html>
- [W23] <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-controls/media/monitor-simocode-pro-pump-cleaning.html>
- [W24] <https://acim.nidec.com/fr-fr/motors/leroy-somer/sitecore/content/sites/merklekorff/home>
- [W25] <https://www.indiamart.com/proddetail/csm-series-motor-pumps-16181377197.html>
- [W26] <https://www.indiamart.com/proddetail/siemens-abb-kirlosker-ac-motor-induction-motor-2553821655.html>

- [W27] <https://www.pngwave.com/png-clip-art-ewpns>
- [W28] <https://www.pngwave.com/png-clip-art-kqonz>
- [W29] <https://www.indiamart.com/proddetail/rtd-pt-100-sensor-4809838248.html>
- [W30] https://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_492.htm?view=productdetails&prodid=44328
- [W31] <https://pnghut.com/png/2ui3weRz8E/sensor-accelerometer-vibration-connection-technology-center-condition-monitoring-rotary-encoder-maintenance-equipment-transparent-png>
- [W32] <http://tpebdmw.e-monsite.com/pages/le-choix-du-dessalement-en-espagne/b-le-dessalement-un-choix-decisif.html#:~:text=En%20Espagne%2C%20Franco%20entrepren%20la,donec%20tr%C3%AAs%20consommatrices%20d'eau.>

Annexes

Annexes

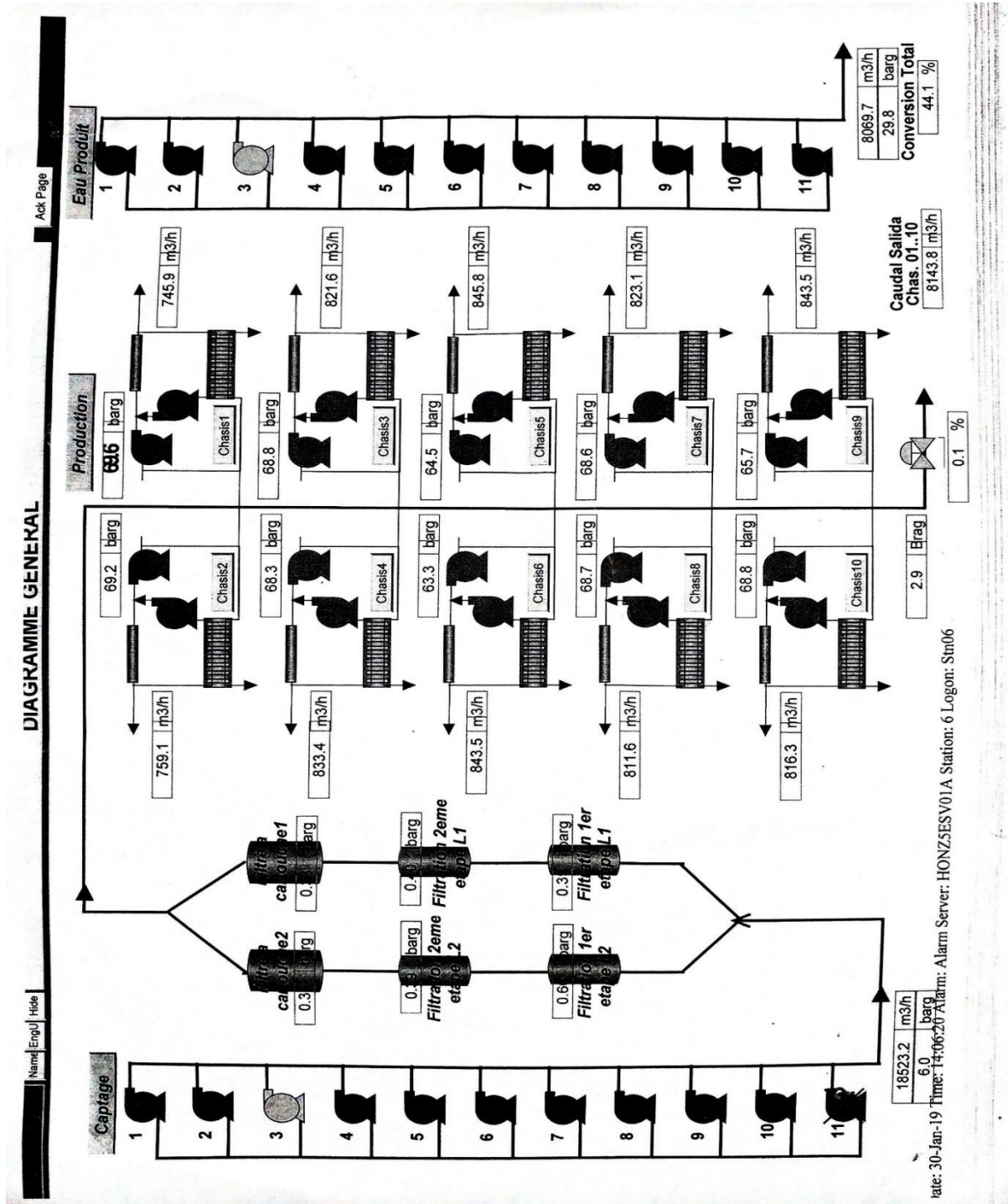


Diagramme générale

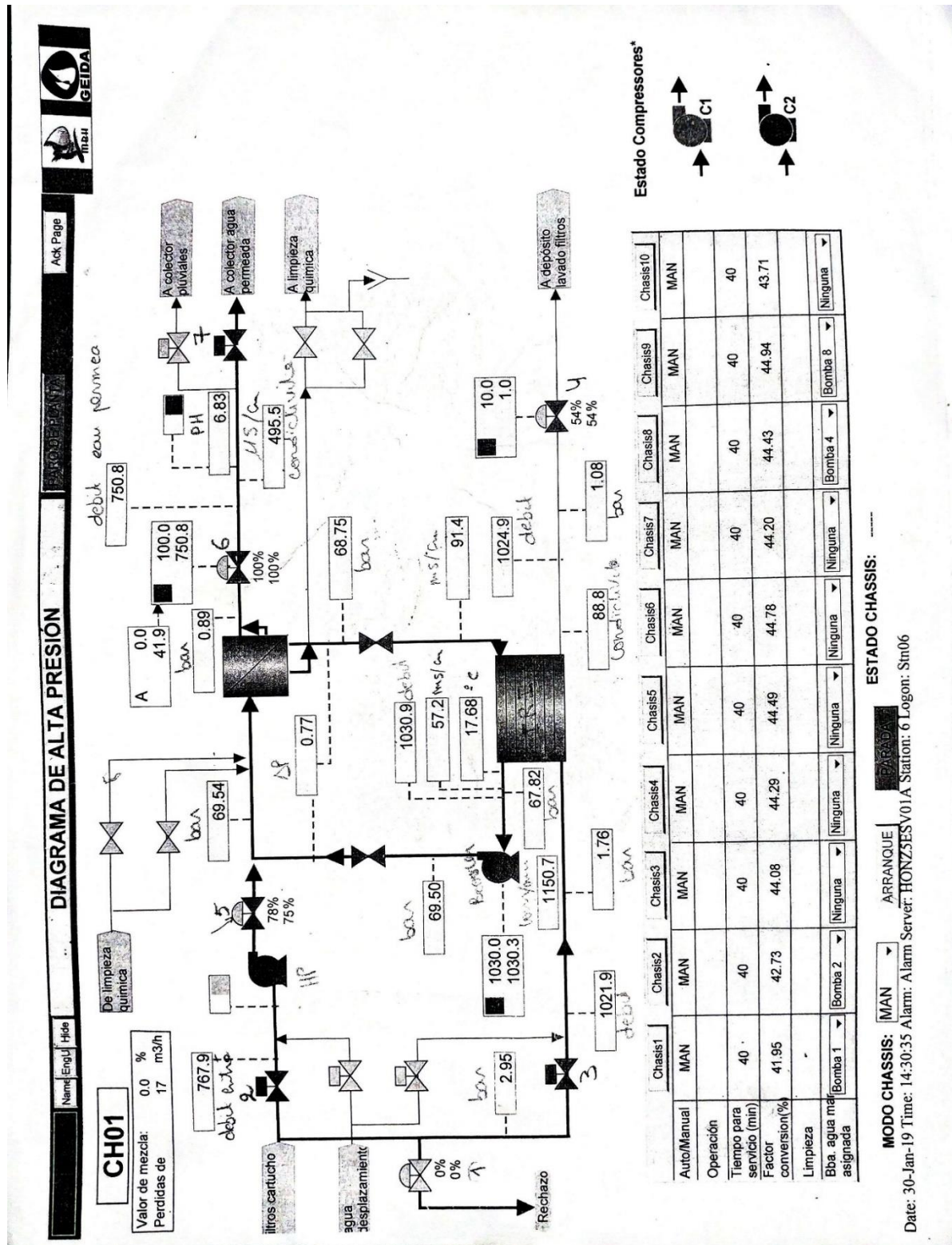


Diagramme de niveau haut pression

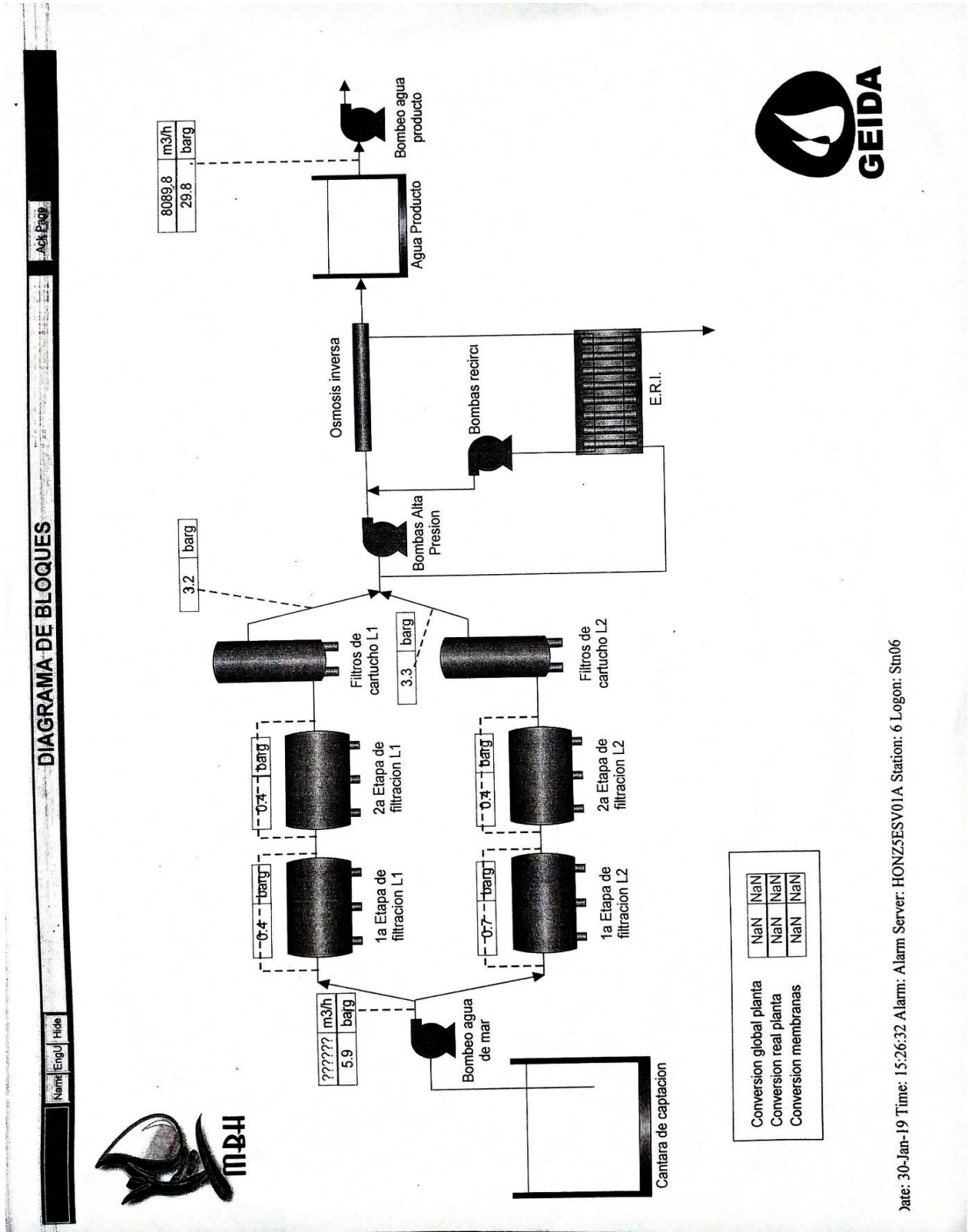


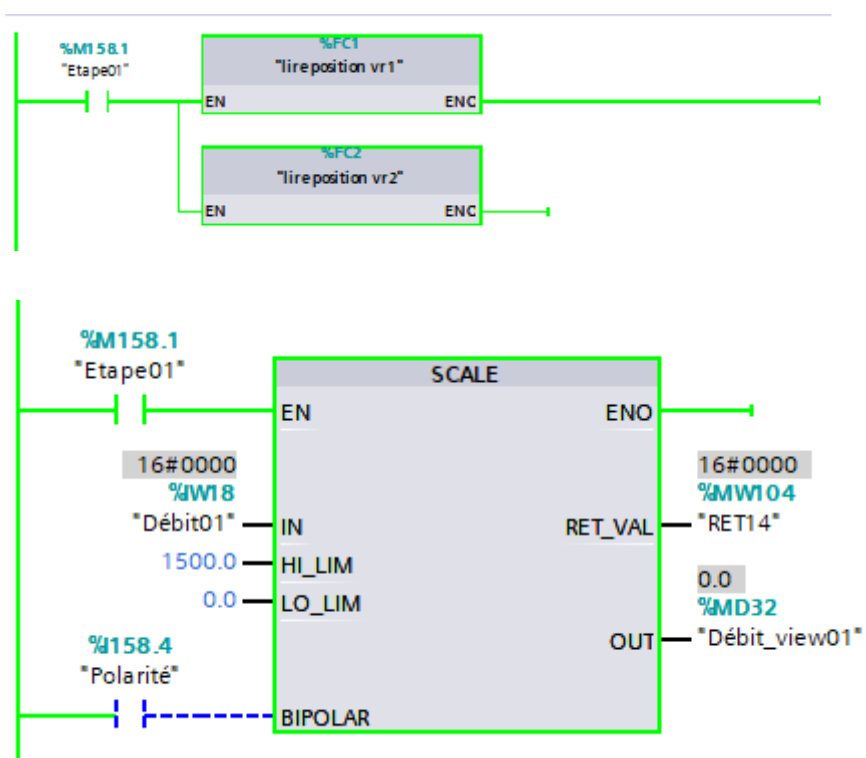
Diagramme de blocs

NAME	PATH	DATA TYPE	LOGICAL ADDRESS	HMI
Départ	INPUTS	Bool	%I0.0	TRUE
Arrête	INPUTS	Bool	%I0.1	TRUE
Nettoyage	INPUTS	Bool	%I0.2	TRUE
Pression01	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW4	TRUE
Pression02	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW6	TRUE
Pression03	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW8	TRUE
Pression04	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW10	TRUE
Pression05	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW12	TRUE
Pression06	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW14	TRUE
Pression07	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW16	TRUE
Débit01	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW18	TRUE
Débit02	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW20	TRUE
Débit03	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW22	TRUE
Débit04	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW24	TRUE
Débit05	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW26	TRUE
Conductivité01	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW28	TRUE
Conductivité02	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW30	TRUE
Conductivité03	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW32	TRUE
PH	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW34	TRUE
Température	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW36	TRUE
Pression_view01	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD4	TRUE
Pression_view02	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD8	TRUE
Pression_view03	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD12	TRUE
Pression_view04	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD16	TRUE
Pression_view05	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD20	TRUE
Pression_view06	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD24	TRUE
Pression_view07	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD28	TRUE
Débit_view01	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD32	TRUE
Débit_view02	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD36	TRUE
Débit_view03	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD40	TRUE
Débit_view04	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD44	TRUE
Débit_view05	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD48	TRUE
Conductivité_view01	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD52	TRUE
Conductivité_view02	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD56	TRUE
Conductivité_view03	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD60	TRUE
PH_view	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD64	TRUE
Température_view	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD68	TRUE
Position_VanneR01	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD72	TRUE
Position_VanneR02	OUTPUTS TO VIEW	Real	%MD76	TRUE
Position_VR01	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW38	TRUE
Position_VR02	OUTPUTS FROM SENSORS	Word	%IW40	TRUE

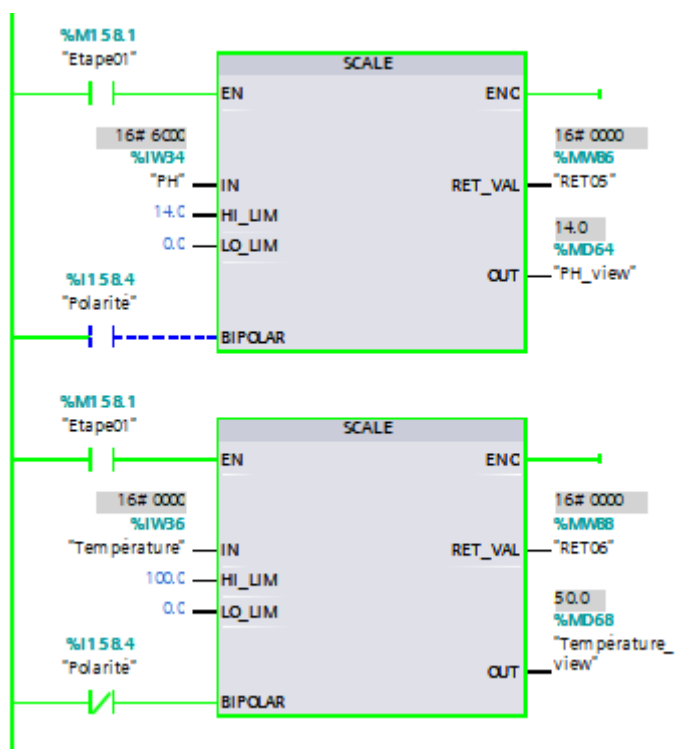
Vanne01	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.1	TRUE
Vanne02	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.2	TRUE
Vanne03	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.3	TRUE
Vanne04	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.4	TRUE
Vanne05	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.5	TRUE
Vanne06	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.6	TRUE
Vanne07	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q0.7	TRUE
Pompe01	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q1.0	TRUE
Pompe02	OUTPUTS TO COMMANDE	Bool	%Q1.1	TRUE
V01	INPUTS	Bool	%I0.3	TRUE
V02	INPUTS	Bool	%I0.4	TRUE
V03	INPUTS	Bool	%I0.5	TRUE
V04	INPUTS	Bool	%I0.6	TRUE
V05	INPUTS	Bool	%I0.7	TRUE
V06	INPUTS	Bool	%I1.0	TRUE
V07	INPUTS	Bool	%I1.1	TRUE
VR01	INPUTS	Real	%ID1	TRUE
VR02	INPUTS	Real	%ID42	TRUE
RET01	Memoire	Word	%MW4	TRUE
RET02	Memoire	Word	%MW80	TRUE
RET03	Memoire	Word	%MW82	TRUE
RET04	Memoire	Word	%MW84	TRUE
RET05	Memoire	Word	%MW86	TRUE
RET06	Memoire	Word	%MW88	TRUE
RET07	Memoire	Word	%MW90	TRUE
RET08	Memoire	Word	%MW92	TRUE
RET09	Memoire	Word	%MW94	TRUE
RET10	Memoire	Word	%MW96	TRUE
RET11	Memoire	Word	%MW98	TRUE
RET12	Memoire	Word	%MW100	TRUE
RET13	Memoire	Word	%MW102	TRUE
RET14	Memoire	Word	%MW104	TRUE
RET15	Memoire	Word	%MW106	TRUE
RET16	Memoire	Word	%MW108	TRUE
RET17	Memoire	Word	%MW110	TRUE
RET18	Memoire	Word	%MW112	TRUE
RET19	Memoire	Word	%MW114	TRUE
RET20	Memoire	Word	%MW116	TRUE
RET21	Memoire	Word	%MW118	TRUE
RET22	Memoire	Word	%MW120	TRUE
RET23	Memoire	Word	%MW122	TRUE
RET24	Memoire	Word	%MW124	TRUE
RET25	Memoire	Word	%MW126	TRUE
RET26	Memoire	Word	%MW128	TRUE

RET27	Memoire	Word	%MW130	TRUE
RET28	Memoire	Word	%MW132	TRUE
RET29	Memoire	Word	%MW134	TRUE
RET30	Memoire	Word	%MW136	TRUE
RET31	Memoire	Word	%MW138	TRUE
RET32	Memoire	Word	%MW140	TRUE
RET33	Memoire	Word	%MW142	TRUE
RET34	Memoire	Word	%MW144	TRUE
RET35	Memoire	Word	%MW146	TRUE
RET36	Memoire	Word	%MW148	TRUE
RET37	Memoire	Word	%MW150	TRUE
RET38	Memoire	Word	%MW152	TRUE
RET39	Memoire	Word	%MW154	TRUE
RET40	Memoire	Word	%MW156	TRUE
Etape00	Memoire	Bool	%M158.0	TRUE
Etape01	Memoire	Bool	%M158.1	TRUE
Etape02	Memoire	Bool	%M158.2	TRUE
Etape03	Memoire	Bool	%M158.3	TRUE
Polarité	INPUTS	Bool	%I158.4	TRUE
Positionvr01	Memoire	Real	%MD158	TRUE
Positionvr02	Memoire	Real	%MD162	TRUE
Tag_1	OUTPUTS TO COMMANDE	Int	%IW256	TRUE
COM_VR01	OUTPUTS TO COMMANDE	Int	%QW4	TRUE
COM_VR02	OUTPUTS TO COMMANDE	Int	%QW8	TRUE

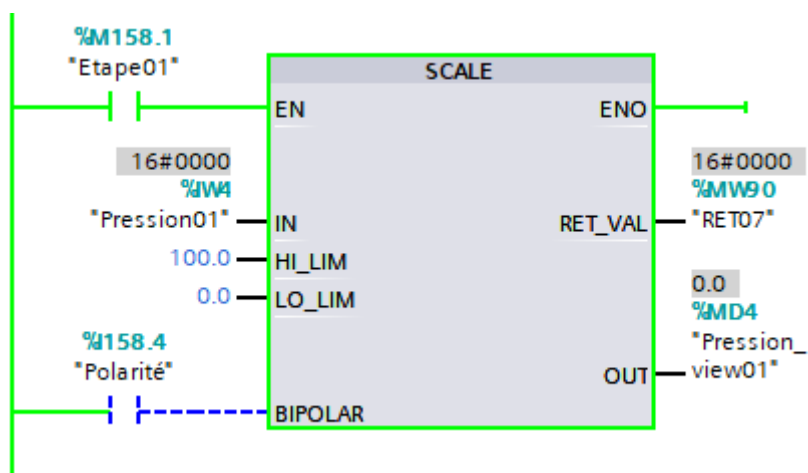
Table des variables API



Lecture du débit.



Lecture du PH et température.



Lecture de la pression