

**RÉPUBLIQUE ALGÈRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**Université Abdelhamid ibn Badis  
de Mostaganem**

**Faculté des Sciences de la Nature et  
de la Vie**



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

كلية علوم الطبيعة و الحياة

**DÉPARTEMENT D'AGRONOMIE**

N° \_\_\_\_\_ /AGRO/2023

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> KELLAL Safia Ferdous**

En vue de l'obtention du diplôme de

**Master Académique en Agronomie**

Spécialité : AMÉNGEMENT HYDRO-AGRICOLE

**THÈME**

**Nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer, cas d'études :  
Dessalement des eaux de mer dans la Wilaya de Mostaganem**

Soutenu publiquement le 09/10/2023

Devant le JURY :

<b>Président</b>	<b>M<sup>f</sup> TAYEB CHERIF AEK</b>	<b>M.A.A</b>	<b>U.Mostaganem</b>
<b>Examinatrice</b>	<b>M<sup>me</sup> BENOUDAH Salima</b>	<b>M.C.B</b>	<b>U.Mostaganem</b>
<b>Encadreur</b>	<b>M<sup>f</sup> BENFETTA Hassen Nouredine</b>	<b>Professeur</b>	<b>U.Mostaganem</b>

**Année universitaire: 2022 - 2023**



## **Remerciements**

*Je souhaite exprimer ma reconnaissance à Allah, le tout-puissant, qui m'a donné la force, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.*

*Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet.*

*En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers mon encadreur, le professeur Benfatta .H, pour sa patience et son soutien tout au long de la réalisation de ce mémoire de master.*

*Je souhaite également remercier chaleureusement les responsables de la station de dessalement de Mostaganem, en particulier monsieur Goulmen .A, pour les informations précieuses qu'ils ont fournies.*

*J'exprime toute ma gratitude envers mes estimés professeurs, Mme Benouadah et Monsieur Tayeb chrif, qui ont eu l'honneur de présider le jury de ce mémoire et qui ont accepté de l'examiner avec bienveillance.*

*Je suis profondément reconnaissante de vous avoir comme professeur et je suis consciente de la chance que j'ai de bénéficier de votre enseignement. Vous avez eu un impact significatif sur ma vie, et je garderai vos enseignements avec moi tout au long de mon parcours.*

*Encore une fois, je vous exprime ma plus profonde gratitude pour votre investissement, votre passion et votre dévouement envers l'éducation. Vous êtes un modèle pour moi, et je suis honorée d'avoir eu la chance de vous avoir comme professeur.*

*Avec mes remerciements les plus sincères,*

## *Dédicace*

*Le grand merci pour le Dieu ,*

*Cher Grands parents Maternels,*

*Je tenais à vous remercier du fond du cœur pour tout ce que vous avez fait pour moi et pour notre famille. Votre présence, votre amour et vos conseils ont été d'une importance capitale dans ma vie. Les souvenirs que nous avons partagés resteront à jamais gravés dans mon cœur. Je suis énormément redevable d'avoir des grands parents aussi merveilleux que vous.*

*Chère Maman et mes chères petites sœurs KHOULOU ; ASMA et NANA*

*Je tenais simplement à vous remercier du fond du cœur pour votre amour. Votre soutien inconditionnel a été essentiel dans ma réussite. Je suis profondément reconnaissante d'avoir une mère aussi exceptionnelle et forte, et mes chères petites sœurs ont été ma motivation constante. Merci pour tout ce que vous avez fait et continuez de faire pour moi.*

*Chère Tante SOUAAD,*

*Ta présence a été une source d'inspiration et ton aide précieuse m'a permis d'atteindre mes objectifs avec confiance. Je suis profondément reconnaissante de t'avoir comme modèle et grande sœur dans ma vie.*

*Cher oncle maternel LAARBI,*

*Ta présence et ton soutien sont inestimables pour moi. Grâce à toi, j'ai surmonté des défis et réalisé des choses qu'elles me paraissent difficiles.*

*Merci encore une fois à chacun de vous d'avoir été à mes côtés tout au long de mon parcours scolaire. Votre amour, votre soutien et votre confiance m'ont permis de réaliser mes objectifs avec succès. Je suis extrêmement reconnaissante, au plus profond de mon être et je vous porte dans mon cœur avec une affection sincère.*

*J'exprime mon immense gratitude et mon grand respect à Monsieur Benfetta Hassan Nouredine , mon Directeur de mémoire qui a bien voulu m'encadrer ,correcteur infatigable , rigoureux dans le travail , toujours disponible et conseillé avisé, je n'aurais guère assez de mots pour lui transmettre toute ma reconnaissance.*

*Avec tout mon amour et ma reconnaissance,*

*SAFIA*

## Résumé :

Le mémoire " Nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer, cas d'étude :

Dessalement des eaux de mer dans la wilaya de Mostaganem" examine les avancées récentes dans le domaine du dessalement de l'eau, un processus essentiel pour répondre à la croissante demande en eau douce dans le monde. Alors que les ressources en eau douce se raréfient, il devient impératif d'explorer des techniques plus efficaces et durables pour produire de l'eau potable à partir d'eau de mer ou d'eau saumâtre.

L'étude se concentre sur les nouvelles techniques émergentes de dessalement, notamment l'osmose inverse améliorée par l'utilisation de membranes innovantes, les procédés de dessalement à basse énergie comme l'électrodialyse à faible consommation énergétique, et les technologies de dessalement thermique à multiples effets. Chacune de ces approches est examinée en détail, mettant en avant leurs avantages, leurs contraintes et leur potentiel d'application à grande échelle.

L'aspect durable est au cœur de cette étude, et le mémoire explore les implications environnementales et économiques de ces nouvelles techniques de dessalement. Il examine également les progrès en matière de réutilisation des sous-produits du dessalement, contribuant ainsi à minimiser l'impact sur les écosystèmes locaux.

Mots clés :

Eau, dessalement, osmose inverse, qualité physico-chimique, potabilisation.

ملخص:

يقوم البحث بدراسة التقدمات الحديثة في مجال تحلية المياه، وهي عنصر حيوي لمواجهة الطلب المتزايد على المياه العذبة على مستوى العالم. ومع نضوب موارد المياه العذبة، فإنه يصبح أمراً ضرورياً استكشاف أساليب أكثر كفاءة واحتراماً للبيئة لإنتاج مياه صالحة للشرب من المياه البحرية أو المياه المالحة.

ومن ثم يركز على تقنيات تحلية المياه الحديثة الناشئة، بما في ذلك تحسين العمليات الحادة المعكوسة من خلال استخدام غشاء مبتكر، وعمليات التحلية ذات الاستهلاك الطاقوي المنخفض مثل التحلية بواسطة الكهرباء، وتقنيات التحلية الحرارية. بتأثيرات متعددة. ويتم تحليل كل من هذه النهج بتفصيل، مبرزاً مزاياها وقيودها وإمكانية تطبيقها على نطاق واسع.

تكمّن الجوانب المستدامة في صميم هذه الدراسة، حيث يتم استكشاف التأثيرات البيئية والاقتصادية لتقنيات تحلية المياه الجديدة. كما يتطرق البحث أيضاً إلى التقدّمات في مجال إعادة استخدام المنتجات الفرعية لعمليات تحلية المياه، مما يسهم في تقليل التأثير على النظم البيئية المحلية.

**الكلمات المفتاحية:** مياه، تحلية المياه، التناضح العكسي، الجودة الفيزيائية والكيميائية، قابلية الشرب.

Abstract:

The research explores recent advancements in the field of water desalination, a critical element in addressing the growing demand for fresh water on a global scale. With dwindling freshwater resources, it becomes imperative to explore more efficient and environmentally-respectful approaches to produce potable water from seawater or brackish water.

The study then focuses on emerging modern desalination techniques, including enhanced reverse osmosis through the use of innovative membranes, low-energy consumption desalination processes like electrodialysis, and multi-effect thermal desalination technologies. Each of these approaches is examined in detail, emphasizing their advantages, limitations, and potential for large-scale implementation.

Sustainability is at the core of this study, exploring the environmental and economic implications of these new desalination techniques. It also delves into progress in the valorization of by-products from desalination, contributing to minimizing the impact on local ecosystems.

**Keywords :** water ,desalination, reverse osmosis, physic-chemical quality, portability.



## **Table des matières**

Introduction générale .....	<b>01</b>
<b>Chapitre I : Propriétés de l'eau de mer</b>	
I.1 .Introduction .....	<b>07</b>
I.2. Sources d'eau.....	<b>07</b>
I.2.1. Eaux douces de surface.....	<b>07</b>
I.2.2. Eaux souterraines.....	<b>08</b>
I.2.3. Eaux de mer.....	<b>09</b>
I.3.Composition de l'eau de mer.....	<b>10</b>
I.3.1. Eléments principaux.....	<b>10</b>
I.3.2. Autres éléments minéraux.....	<b>10</b>
I.3.3. Matières organiques.....	<b>10</b>
I.4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer et des eaux saumâtres.....	<b>11</b>
I.4.1. Les eaux marines.....	<b>11</b>
I.4.2. Les eaux saumâtres.....	<b>12</b>
I.4.3. Les principales technologies de dessalement des eaux.....	<b>12</b>
I. 4.4 Salinité.....	<b>12</b>
I.4.1.1 Notion de salinité.....	<b>12</b>
I. 4.1.2 Définition de la salinité.....	<b>12</b>
I.4.1.3 Salinité de l'eau de mer.....	<b>13</b>
I.4.1.4. Sels minéraux.....	<b>13</b>
I.4.1.5. Origine de la salinité.....	<b>14</b>
I.4.1.6. Salinité des eaux saumâtres.....	<b>15</b>
I.4.1.7. Mesure de la salinité.....	<b>15</b>
I.4.2. Densité.....	<b>16</b>
I.24.3. Solubilité.....	<b>16</b>
I.4.4. Température .....	<b>19</b>
I.4.5. Absorption de la chaleur.....	<b>19</b>
I.4.6. Potentiel Hydrogène (PH) .....	<b>19</b>
I.4.7. Dureté.....	<b>19</b>
I.4.8. Matières en suspension.....	<b>20</b>
I.4.9. Conductivité électrique.....	<b>20</b>
I.5. Paramètres organoleptiques.....	<b>20</b>
I.5.1. Couleur.....	<b>20</b>
I.5.2. Goûts et odeur.....	<b>21</b>
I.5.3. Turbidité.....	<b>21</b>
I.6. Pollution des eaux par les métaux lourds.....	<b>21</b>
I.7. Paramètres microbiologiques.....	<b>22</b>
I-8 Conclusion.....	<b>23</b>

## ***Chapitre II : Généralités sur le dessalement de l'eau de mer***

II.1 Introduction .....	25
II.2 Schéma général d'une installation de dessalement .....	26
II.2.1 Captation d'eau de mer .....	27
II.2.2 Prétraitement .....	28
II.2.2.1 Prétraitements physico-chimiques .....	28
II.2.2.2 Prétraitements chimiques .....	28
II.2.3 Différents procédés de dessalement .....	29
II.2.3.1 Procédés de distillation .....	29
II.2.3.1.1 Distillation à simple effet .....	30
II.2.3.1.2 Distillation à effet multiple.....	31
II.2.3.1.3 Distillation avec compresseur de vapeur .....	32
II.2.3.1.4 Distillation par détente successive ou procédé 'Flash' .....	33
II.2.3.2 Procédés membranaires .....	33
II.2.3.2.1 Electrodialyse .....	33
II.2.3.2.2 Osmose Inverse .....	34
II.2.3.3 Autres procédés de dessalement .....	35
II.2.3.3.1 Echange ionique .....	36
II.2.3.3.2 Dessalement par congélation .....	36
II.2.3.3.3 Distillation solaire .....	36
II.2.4 Post traitement ou minéralisation .....	36
II.3 Problèmes techniques rencontrés en dessalement .....	37
II.3.1 Entartrage .....	37
II.3.2 Corrosion .....	37
II.3.3 Colmatage ou fouling .....	37
II.4 Nettoyage des membranes .....	38
II.5 Situation et évolution du marché du dessalement .....	38
II.5.1 Capacité installée .....	39
II.5.2 Coût du dessalement .....	40
II.5.3 Dessalement en Algérie .....	40
II.6 .Les nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer.....	41
II.6.1. Une nouvelle technique pour dessaler l'eau de mer en quelques minutes.....	41
II.6.2. Des performances accrues par l'électrofilage coaxial.....	42
II.6.3. Les options renouvelables pour le dessalement.....	45
II.6.3.1. Éolienne.....	45
II.6.3.2. Houlomotrice.....	45
II.6.3.3. Géothermique.....	45
II.6.3.4. Solaire.....	45
II.7 Conclusion .....	46

## ***Chapitre III : Impacts du dessalement sur l'environnement***

III.1 Introduction .....	49
III.2 Origine et type des émissions et rejets .....	50
III.2.1 Émissions atmosphériques .....	50
III.2.2 Rejets chimiques .....	51
III.3 Consommation énergétique .....	53
III.4 Bruit.....	54
III.5 Impacts sur le paysage .....	54

III.6 Impacts sur l'environnement .....	55
III.6.1 Impacts dépendant du lieu de prélèvement d'eau de mer .....	57
III.6.2 Collision d'organismes marins contre les tambours tamiseurs .....	57
III.6.3 Introduction d'organismes dans le circuit d'eau .....	58
III.6.4 Impacts liés aux rejets .....	58
III.6.5 Impacts liés à la salinité .....	60
III.6.6 Effets des rejets de produits chimiques.....	60
III.6.6.1 Effets dus aux produits de la corrosion .....	60
III.6.6.2 Effets dus aux additifs antitartres .....	61
III.6.6.3 Effets des additifs antisalissures .....	61
III.6.6.4 Effets des additifs antimousses .....	62
III.6.6.5 Effets du concentré (saumure) .....	62
III.6.7 Effets dus à la chaleur .....	63
III.7 Conclusion .....	64

#### *Chapitre IV : présentation de la région d'étude*

IV.1 .Introduction .....	66
IV.2 .Présentation de la wilaya.....	66
IV.2 .1 : Situation géographique.....	66
IV .2.2.Caractéristiques naturelles et conditions climatiques.....	67
IV.2 .2.1. Le relief.....	67
IV.1 .2.2.Le climat.....	69
IV .1.3.Organisation administrative.....	69
IV.2. Situation démographique (Population et activités) .....	72
IV.2. 1. Population de la wilaya.....	72
IV.3.Potentialités de développement de la wilaya.....	75
IV.3.1. Les potentialités naturelles.....	75
IV.3.1.1. Les ressources hydrauliques.....	75
IV.3.1.2. Les potentialités halieutiques.....	75
IV .3.1.3. Les potentialités agricoles.....	76
IV .3.2. AEP/Assainissement/Hydraulique.....	77
IV .3.2. 1. Alimentation en Eau Potable.....	77
IV .3.2.2. Assainissement.....	77

#### *Chapitre V : Cas d'étude*

V.1 Introduction.....	78
V.2. DONNÉES DE DÉPART DE LA CONCEPTION.....	78
V.2.1.Caractéristiques du Site de Référence.....	78
V.2.2.Production et caractéristiques de l'eau traité.....	79
V.2.2.1.Paramètres garanties pour les Conditions du Site de Référence.....	79
V.2.2.2.Correction des valeurs des paramètres garanties pour des conditions différentes à ces du CSR.....	80
V.3.description et fonctionnement normal des installations de procès.....	81
V.3.1.Captage et pompage de l'eau de mer.....	81
V.3.1.1.Tours de captage et tuyauterie de captage .....	81
V.3.1.2.Système anti-méduses.....	82

V.3.1.3.Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer.....	<b>83</b>
V.3.1.4.Système de pompage de l'eau de mer.....	<b>83</b>
V.3.2.Système de prétraitement.....	<b>84</b>
V.3.2.1.Conditionnement chimique.....	<b>84</b>
V.3.2.3.Système de Filtration.....	<b>86</b>
V.3.2.3.Système de microfiltration.....	<b>89</b>
V.3.3.Système d'osmose inverse.....	<b>90</b>
V.4.3.1.Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Energie.....	<b>90</b>
V.3.3.2.Châssis d'osmose inverse.....	<b>91</b>
V.3.3.3.Nettoyage chimique.....	<b>92</b>
V.3.3.4. Flushing.....	<b>93</b>
V.3.4.Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmosée.....	<b>94</b>
V.3.4.1.Dosage de dioxyde de carbone.....	<b>94</b>
V.3.4.2.Lits de calcite.....	<b>95</b>
V.3.4.3.Système de recirculation de la reminéralisation.....	<b>96</b>
V.3.4.4.Système de lavage de lits de calcite.....	<b>96</b>
V.3.4.5.Dosage de chlore résiduel.....	<b>96</b>
V.3.5.Stockage et impulsion de l'eau produit.....	<b>96</b>
V.3.6.Réseau de Transport de l'Eau de Externe .....	<b>97</b>
V.3.7.Autres systèmes auxiliaires.....	<b>98</b>
V.3.8.Système d'eau de service.....	<b>98</b>
V.4.description du système de télégestion des installations de procès.....	<b>99</b>
V.4.1.Architecture du système.....	<b>99</b>
V.4.2.Contrôleurs logiques programmables (PLCs) .....	<b>99</b>
V.4.3.Stations éloignées d'entrées et de sorties.....	<b>100</b>
V.4.4.Équipement de suivi.....	<b>100</b>
V.4.5.Programme de suivi.....	<b>100</b>
V.4.5.1.Fiches des équipements.....	<b>101</b>
V.4.5.2.Alarmes.....	<b>101</b>
V.4.5.3.Consignes de processus.....	<b>102</b>
V.4.5.4.Seuils d'alarmes.....	<b>103</b>
V.4.5.5.Séquence de processus. ....	<b>103</b>
V.4.5.6.Courbes de tendances. ....	<b>103</b>
V.4.5.7.Écran de processus.....	<b>104</b>
V.5.description de l'installation électrique.....	<b>104</b>
V.5.1.La fourniture de l'énergie .....	<b>104</b>
V.5.2.Le Poste Électrique.....	<b>104</b>
V.5.3.Réseau de distribution à 11 kV .....	<b>104</b>
V.5.4.Centres de transformation.....	<b>105</b>
V.5.5.CCMs à 11 kV pour les moteurs des pompes à haute pression.....	<b>105</b>
V.5.6.Les tableaux de distribution.....	<b>106</b>
V.5.7.Centres de commande de moteurs à basse tension .....	<b>106</b>
V.5.8.Tableaux général d'éclairage et de force à plusieurs emplois .....	<b>107</b>
V.5.9.Correction du facteur de puissance.....	<b>108</b>
V.5.10.Canalisation.....	<b>108</b>
V.5.11.Câblages.....	<b>108</b>
V.5.12.Mécanismes.....	<b>109</b>
V.5.13.Système de mise à la terre.....	<b>109</b>
V.6.DÉMARRAGE, OPERATION, ARRET PROGRAMMÉE ET ARRET NON-PROGRAMMÉE DES INSTALLATIONS DE PROCÈS.....	<b>110</b>
V.6.1.Boucles de control .....	<b>110</b>
V.6.2.2.Captage et pompage de l'eau de mer.....	<b>110</b>

V.6.2.2.1.Démarrage de la première pompe d'eau de mer.....	<b>110</b>
V.6.2.2.2.Démarrage d'une pompe étant une ou plusieurs en service: .....	<b>113</b>
V.6.2.2.3.Séquence pour un arrêt programmé des pompes de captage.....	<b>114</b>
V.6.2.2.4.Séquence d'arrêt non programmé des pompes de captage causé par un déclenchement....	<b>114</b>
V.6.3.Système de prétraitement : conditionnement chimique.....	<b>115</b>
V.6.3.1.Préparation des solutions: produits chimiques en état solide.....	<b>115</b>
V.6.3.2.Préparation des solutions: produits chimique en état liquide.....	<b>115</b>
V.6.3.3.Chargement de produites chimiques liquides déjà diluées à la concentration requis.....	<b>116</b>
V.6.3.4.Démarrage des pompes de dosage d'Hypochlorite de sodium. ....	<b>117</b>
V.6.3.5.Démarrage des pompes doseuses de coagulant. ....	<b>117</b>
V.6.3.6.Démarrage des pompes doseuses d'acide sulfurique. ....	<b>118</b>
V.6.3.7.Démarrage des pompes doseuses de floculant. ....	<b>118</b>
V.6.3.8.Démarrage des pompes doseuses de métabisulfite de sodium. ....	<b>119</b>
V.6.3.9.Démarrage des pompes doseuses d'anti-tartre. ....	<b>120</b>
V.6.3.10.Démarrage des pompes doseuses d'hydroxyde de sodium. ....	<b>120</b>
V.6.3.11.Démarrage des pompes doseuses pour permanganate de potassium. ....	<b>121</b>
V.6.4.Système de prétraitement : Filtration de 1ère étape.....	<b>121</b>
V.6.4.1.Possibles états d'un filtre.....	<b>121</b>
V.6.4.2.Modes d'opération d'un filtre.....	<b>124</b>
V.6.4.3.Opération d'un filtre en mode auto.....	<b>124</b>
V.6.4.4.Changement l'état d'un filtre.....	<b>124</b>
V.6.4.5.Lavage des filtres.....	<b>127</b>
V.6.4.5.3.Équipements de secours pour le nettoyage des filtres.....	<b>128</b>
V.6.4.5.4.Réglage du débit de l'eau de nettoyage.....	<b>129</b>
V.6.5.5.Séquence de nettoyage en mode automatique.....	<b>130</b>
V.6.5.Système de prétraitement : Filtration de 2 <sup>ème</sup> étape.....	<b>136</b>
V.6.5.1.Modes d'opération d'un filtre.....	<b>137</b>
V.6.5.2.Opération d'un filtre en mode auto.....	<b>137</b>
V.6.5.3.Changement l'état d'un filtre.....	<b>138</b>
V.6.5.3.2.Mise en mode ARRÊT EN ATTENTE.....	<b>139</b>
V.6.5.3.3.Mise en mode ARRÊT I.....	<b>139</b>
V.6.5.3.4.Mise en mode ARRÊT-II.....	<b>140</b>
V.6.5.4.Lavage des filtres.....	<b>140</b>
V.6.5.4.3.Équipements de secours pour le nettoyage des filtres.....	<b>142</b>
V.6.5.4.6.Séquence de nettoyage en mode manuel commandé depuis le S.C.....	<b>147</b>
V.6.6.Système d'osmose inverse.....	<b>150</b>
V.6.6.1.Démarrage du système d'osmose inverse.....	<b>150</b>
V.6.6.3.Mise en service de la pompe d'haute pression de réserve. Châssis indépendants.....	<b>152</b>
V.6.6.4.Mise en service de la pompe de haute pression de réserve. Collecteur commun.....	<b>152</b>
V.6.6.5.Arrêt programmé du système d'osmose inverse.....	<b>154</b>
V.6.6.6.Arrêt non programme du système d'osmose inverse.....	<b>155</b>
V.6.7.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : Injection de dioxyde de	

carbone.....	156
V.6.7.1.Remplissage du réservoir d'stockage de dioxyde de carbone.....	156
V.6.7.2.Démarrage et réglage du système d'injection de dioxyde de carbone.....	156
V.6.8.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : Lits de calcite.....	156
V.6.8.1.Charge de calcite.....	156
V.6.8.2.Séquences de nettoyage et reminéralisation.....	156
V.6.10.9.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : .....	158
V.6.10.Système de pompage d'eau produite.....	159
V.7.10.1.Démarrage du système de pompage d'eau produite.....	159
V.6.10.2.Mise en service de la pompe de réserve du système de pompage d'eau produite.....	160
V.6.10.3.Arrêt programme du système de pompage d'eau produite.....	161
V.6.10.4.Arrêt non-programme du système de pompage d'eau produite.....	162
V.7.MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES INSTALLATIONS DE PROCÈS.....	162
V.7.1.Opérations générales de maintenance.....	162
V.7.2.Maintenance préventive.....	163
V.7.2.1.Travaux à réaliser tous les jours.....	165
V.7.2.2.Travaux à réaliser toutes les semaines.....	166
V.7.2.3.Travaux à réaliser tous les mois.....	167
V.7.2.3.Travaux à réaliser tous les trois mois.....	167
V.7.3.Principaux opérations d'entretien du système de prétraitement.....	168
V.7.3.1.Renouvellement du matériel de filtration.....	168
V.7.3.2.Remplacement des cartouches des micro-filtres.....	169
V.7.4.Principaux opérations d'entretien du système d'osmose inverse.....	170
V.7.4.1.Nettoyage chimique des membranes.....	170
V.7.4.2.Remplacement des membranes.....	171
V7.5.Entretien des instruments de mesure : Re-étalonnage des équipements.....	174
V.7.6.Anomalies plus fréquemment détectés pendant l'exploitation, leur possibles causes et leur solution.....	175
V.7.6.1.Filtres à pression.....	175
V.7.6.2.Microfiltres.....	176
V.7.6.3.Osmose inverse.....	176
V.7.7.Précautions à considérer pendant les opérations d'entretien et exploitation.....	177
V.8 .conclusion.....	180
Conclusion générale.....	182
Références bibliographiques.....	184
Annex	

## **Liste des Photos et Figures**

### **Chapitre I : Propriétés de l'eau de mer**

Photo.1. Eaux de Surface.....	09
Figure.1. Eaux Souterraines.....	10
Photo.2. Eaux de Mer.....	11

### **Chapitre II : Généralités sur le dessalement de l'eau de mer**

Figure II .1 : organisation d'une installation de

dessalement.....	28
Figure II .2 : Schéma général d'une station de dessalement.....	28
Figure II.3: Eau de mer chauffée pour extraire de l'eau dessalée par condensation de la vapeur	
Figure II.4: Les différents procédés de dessalement.....	32
Figure II.5 : Distillation à simple effet.....	34
Figure II.6 : Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples.....	35
Figure II.7 : schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur	
.....	36
Figure II.8: Principe de l'osmose et l'osmose inverse.....	37
Figure II.9 : Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse.....	38
Figure II.10 : Schéma du dispositif d'électrofilage coaxial.....	45
Figure II.11 : Illustration décrivant le principe de la membrane fabriquée par électrofilage coaxial, qui affiche de meilleures performances que les membranes traditionnelles.....	46

### *Chapitre III : Impacts du dessalement sur l'environnement*

Figure III.1 : la production d'eau dessalée et de saumure par les usines de dessalement dans le monde	
.....	58
Figure III.2 : Etat initial du milieu (pas de rejet de saumure) .....	59
Figure III.3 : Etat du milieu après implantation de l'usine de dessalement (rejet de saumure) .....	60

### *Chapitre IV : présentation de la région d'étude*

Figure IV.1 : Carte de localisation de la wilaya de Mostaganem.....	65
Figure IV.2 : Carte des accès à la wilaya de Mostaganem.....	66
Figure IV.3 : Carte altimétrique de la wilaya.....	67
Figure IV.4: Carte du découpage administratif de la wilaya de Mostaganem.....	69
Figure IV.5 : Evolution des températures annuelles de Mostaganem.....	71
Figure IV.6 : variation des précipitations annuelles de Mostaganem.....	72
Figure IV.7: Carte de la répartition de la population par commune.....	74
Figure IV.8: Répartition de la population par tranche d'âge (années 2012-2018)	

.....	<b>74</b>
Figure IV.9: Capacité des barrages de la wilaya de Mostaganem.....	<b>75</b>
Figure IV.10: Répartition de la production halieutique par espèce - la wilaya de Mostaganem.....	<b>76</b>
Figure IV.11: Répartition des terres agricoles de la wilaya de Mostaganem.....	<b>76</b>
Figure IV.12. Répartition de la production agricole de la wilaya de Mostaganem (en quintaux) ....	<b>77</b>
Photo IV.1 : Station de dessalement de Sonachther : 200 000 m <sup>3</sup> /jour.....	<b>78</b>

## Liste des Tableaux

### *Chapitre I : Propriétés de l'eau de mer*

Tableau .I. 1 : Salinité de diverses mers.....	<b>15</b>
Tableau .I. 2 : Salinité de quelques mers ou lacs fermés.....	<b>15</b>
Tableau .I.3 : les proportions de chaque ion en pourcentage du poids total des sels dissous différent Pour une eau de mer moyenne et la mer Morte.....	<b>16</b>

### *Chapitre II : Généralités sur le dessalement de l'eau de mer*

Tableau II .1 : les stations de dessalement en Algérie et leur capacité.....	<b>44</b>
--	-----------

### *Chapitre III : Impacts du dessalement sur l'environnement*

Tableau III.1: Résumé des phases de pré et post traitement et les produits chimiques ajoutées au cours de la production d'eau potable par dessalement.....	<b>51</b>
Tableau III .2 : Les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement...	<b>55</b>

### *Chapitre IV : présentation de la région d'étude*

Tableau IV.1 : Organisation administrative de la wilaya de Mostaganem.....	<b>68</b>
Tableau IV.2 : La Répartition de la population par commune dans la Wilaya de Mostaganem.....	<b>70</b>
Tableau IV. 3 : EAC / EAI de la wilaya de Mostaganem.....	<b>7</b>

# *Introduction Générale*



# Introduction générale

---

## Introduction générale

La terre est riche en eau, couvrant 1,38 milliard de kilomètres carrés. Cependant, la majeure partie est composée d'eau de mer (97,2 %) et de glace (2,15 %) qui ne peuvent pas être utilisées directement. L'eau douce facilement disponible (lacs, rivières, certaines eaux souterraines) ne représente que 0,07 % des ressources totales, soit environ 1 million de kilomètres carrés. Mais la répartition de cette eau est très inégale. En fait, 10 pays se partagent 60 % des réserves d'eau douce et 29 autres pays (principalement en Afrique et au Moyen-Orient) sont confrontés à des pénuries chroniques d'eau douce. Selon les données de l'Institut des ressources en eau, dans ces pays, 250 millions de personnes aujourd'hui ne satisfont pas à la norme minimale d'eau domestique de 1 000 mètres cubes par personne et par an. 400 millions de personnes vivent dans un état de pénurie d'eau, et on estime qu'il y a une pénurie d'eau de 1 000 à 2 000 mètres cubes par habitant chaque année. Et on estime que 2,5 milliards de personnes pourraient souffrir du manque d'eau en 2050 compte-tenu de l'évolution de la démographie et de l'augmentation des consommations d'eau. La pénurie d'eau affecte véritablement tous les continents. Près d'1, 2 milliard de personnes, soit près d'un cinquième de la population mondiale, vivent dans une zone où l'eau fait physiquement défaut et 500 millions de personnes sont menacées du même sort. 1,6 milliard de personnes supplémentaires, soit presque un quart de la population mondiale, sont confrontées à une pénurie d'eau de type économique (les pays ne disposant pas des infrastructures nécessaires pour utiliser l'eau des rivières et des nappes phréatiques).

La pénurie d'eau fait partie des problèmes principaux auxquels de nombreuses sociétés et le monde dans son ensemble sont confrontés au XXI<sup>ème</sup> siècle. La consommation d'eau a augmenté plus de deux fois plus rapidement que la population au cours du siècle dernier et, bien qu'il n'y ait pas de pénurie d'eau mondiale en tant que telle, un nombre croissant de régions subissent un manque d'eau récurrent. La pénurie d'eau est un phénomène à la fois naturel et d'origine humaine. Il y a suffisamment d'eau douce sur la planète pour six milliards d'êtres humains, mais sa répartition est inégale et trop d'eau est gâchée, polluée et gérée de façon non durable.

La pénurie d'eau touche actuellement près de 700 millions de personnes dans 43 pays. En 2025, 1,8 milliard de personnes vivront dans des pays ou régions touchés par une pénurie d'eau complète et les deux tiers de la population mondiale pourrait vivre dans des conditions de stress hydrique. Selon le scénario actuel sur le changement climatique, près de la moitié de la population de la planète vivra dans des régions soumises à un fort stress hydrique d'ici 2030, dont entre 75 millions et 250 millions de personnes en Afrique. De plus, la pénurie d'eau dans certaines régions arides et semi-arides poussera entre 24 et 700 millions de personnes à se déplacer. L'Afrique sub-saharienne est la région qui abrite le plus grand nombre de pays soumis au stress hydrique. La croissance de la population,

## Introduction générale

---

l'urbanisation, le changement climatique et la surexploitation des sources d'eau douce ont entraîné une diminution de la disponibilité de l'eau douce dans de nombreuses régions du monde surtout que L'agriculture est responsable de 70 % des extractions d'eau douce dans le monde. Malgré les solutions utilisées à savoir la réalisation des barrages , traitement des eaux usées , utilisation des eaux souterraines.....ect , la situation s'est aggravée aggrave de plus en plus devant la sécheresse qui touche la plupart des pays depuis plus de 20 ans conséquence du réchauffement climatique , à cet effet le dessalement de l'eau de mer est devenue une solution inévitable , nécessaire et suffisante , une exigence , Le dessalement d'eau de mer est devenu le seul moyen efficace de lutter contre le stress hydrique dans des régions littorales arides. C'est une solution à fort potentiel puisque 40 % de la population mondiale réside à moins de 100 km de la mer, et 25 % à moins de 25 km. C'est une technique qui peut fournir une source d'eau douce alternative et durable pour répondre à la demande croissante en eau douce. L'approvisionnement en eau : un défi que le dessalement des eaux contribue déjà à relever. Dans le prolongement d'une histoire ancienne, le procédé par distillation révèle ses limites. D'où le grand intérêt de l'osmose inverse. Nombre de questions se posent encore : quelles sont les consommations énergétiques associées ? Les impacts environnementaux ? L'état du marché et les coûts ?

En l'espace de quelques décennies, l'accès à l'eau est devenu l'un des défis que l'humanité doit relever rapidement. L'eau est pourtant abondante à l'échelle de la planète : les océans sont une réserve inépuisable à condition de séparer le sel et l'eau. D'autres réserves comme les eaux saumâtres trop salées pour être directement consommables sont aussi exploitables. Cet article détaille les différentes techniques déjà utilisées pour le dessalement des eaux et celles qui sont encore au stade de la recherche. Les aspects économiques, qui conditionnent l'accessibilité de ces techniques, sont également exposés, de même que les dimensions énergétiques et environnementales de la question.

Selon l'Organisation mondiale de la santé, près de 700 millions de personnes, soit une personne sur dix, n'ont toujours pas accès à de l'eau potable en 2015. Plus inquiétant, un rapport des Nations Unies estimait en 2006 que 60% de la population mondiale sera confrontée à des problèmes d'eau à l'horizon 2025. On entend par là que l'accès à une eau de qualité et en quantité suffisante ne sera pas assuré pour la majorité de l'humanité.

Si l'Organisation mondiale de la santé estime que le seuil vital est de cinq litres par jour et par personne, la situation commence à être critique en dessous de 100 litres par jour pour satisfaire les besoins domestiques et quelques besoins collectifs. Au standard des pays développés, la consommation domestique est de l'ordre de 200 litres par jour et par personne (mais 350 litres aux États-Unis !) et entre un et trois mètres cubes par jour si on ajoute les usages collectifs, dont l'agriculture.

## Introduction générale

---

Et, pour plusieurs raisons, la situation s'aggrave. La population mondiale augmente plus vite que les ressources en eau mobilisables, le niveau de vie des pays émergents s'élève et d'une manière générale, la qualité des eaux a tendance à se dégrader. S'il est évident que les régions tropicales particulièrement sèches sont très vulnérables, de nombreux pays en dehors de ces régions sont déjà touchés : Australie, États-Unis, pays du nord du bassin méditerranéen, Inde, Chine, etc.

Pourtant l'eau est abondante sur terre : 70% de la surface du globe est couverte par une réserve de 1,4 milliards de kilomètres cubes d'eau... salée. Rassemblée, cette eau représenterait un cube de plus de 1000 kilomètres de côté. Mais seulement 0,6% de l'eau présente à la surface du globe est directement utilisable et douce. Le reste est contenu dans les océans mais aussi piégé sous forme de glace, à l'état de vapeur d'eau dans l'atmosphère ou reste simplement inaccessible. Par ailleurs, 36 % de la population mondiale vit à moins de 100 kilomètres d'une côte, 11 % à moins de 10 kilomètres et 6 % à moins de 5 kilomètres. Dessaler l'eau de mer – ou des eaux saumâtres moins salées mais impropres à la consommation – pour obtenir de l'eau douce est alors une solution bien séduisante.

L'idée d'extraire de l'eau potable à partir de la mer n'est d'ailleurs pas nouvelle. La nature le fait depuis toujours à travers le cycle naturel de l'eau. Sous l'effet du soleil, les océans s'évaporent, la vapeur d'eau forme des nuages qui provoquent des précipitations de pluie ou de neige dès que les masses d'air humide atteignent des régions plus froides. L'eau des précipitations est pure car le sel contenu dans la mer n'étant pas volatil, seule l'eau s'évapore.

Les marins de l'antiquité confrontés à l'approvisionnement en eau à bord des bateaux avaient déjà imité la nature en faisant bouillir de l'eau de mer pour en extraire de l'eau non salée par condensation de la vapeur produite

Mais il a fallu attendre le 18<sup>ème</sup> siècle pour qu'on évoque des procédés permettant d'augmenter la production, améliorer la pureté de l'eau ou économiser l'énergie. Et ce n'est qu'au début du 20<sup>ème</sup> siècle que sont apparus les premiers procédés vraiment industriels de distillation, c'est-à-dire de concentration des solutions et de production d'eau douce par vaporisation puis condensation.

Puis, autour de 1959, un procédé appelé osmose inverse a été mis au point à l'Université de Californie dans le prolongement de la méthode plus ancienne de séparation des sels contenus dans les mélasses (**Dubrunfaut, 1853**) et des colloïdes (**Graham 1854**). Il s'agit d'un procédé membranaire : l'eau douce est extraite de l'eau salée à travers une membrane semi-poreuse, en appliquant une pression. Les premières membranes commerciales datent de 1970.

Les procédés de distillation et les procédés membranaires constituent les deux grandes familles de procédés utilisés aujourd'hui à l'échelle industrielle pour le dessalement d'eau de mer. D'autres méthodes pourraient voir le jour mais elles sont encore au stade du laboratoire ou en cours de développement et rien ne dit s'elles seront compétitives par rapport aux procédés déjà bien implantés.

## Introduction générale

---

A cet effet , nous avons vu utile de présenter un travail portant sur cette technique prometteuse pour faire face à ce problème épineux . Dans ce mémoire, nous examinerons les nouvelles techniques de dessalement de l'eau de mer et leur importance dans la gestion de l'eau.

Le dessalement de l'eau est le processus de conversion de l'eau salée ou saumâtre en eau douce potable ou utilisable à des fins industrielles ou agricoles. Cette technologie est devenue de plus en plus importante dans le monde entier en raison de la croissance de la population, de l'urbanisation et du changement climatique qui ont tous contribué à la diminution des réserves d'eau douce. Les techniques de dessalement de l'eau de mer sont devenues une question primordiale pour les pays arides et semi-arides du monde entier (**Wang et al, 2020**). Avec une demande croissante d'eau potable, une diminution des ressources en eau douce et une augmentation de la population, le dessalement de l'eau de mer est devenu une solution importante pour répondre à ces défis. Les nouvelles techniques de dessalement ont connu des développements significatifs ces dernières années, permettant une utilisation plus efficace et économique des sources d'eau salée (**Shahzad et al, 2018**). Cette mémoire de fin d'études examine les dernières avancées en matière de techniques de dessalement des eaux de mer, en mettant en évidence les avantages et les inconvénients de chaque méthode. Il explore également les implications environnementales et économiques de ces techniques pour aider à comprendre comment le dessalement de l'eau de mer peut être utilisé de manière durable pour répondre aux besoins en eau potable .

Le dessalement de l'eau de mer est une technique essentielle pour fournir de l'eau potable aux populations vivant dans des régions où l'eau douce est rare ou indisponible (**Elimelech et al, 2011**). Les techniques de dessalement traditionnelles, telles que l'évaporation, la distillation et la congélation, sont souvent coûteuses et énergivores, ce qui en limite l'accessibilité pour de nombreuses régions qui en ont le plus besoin (**Shannon, M et al, 2008**).

Pour répondre à ce défi, de nouvelles techniques de dessalement de l'eau de mer ont été développées pour rendre cette solution plus efficace et durable. Ces techniques de dessalement utilisent des technologies avancées pour améliorer l'efficacité, réduire les coûts et minimiser l'impact environnemental (**Elimelech et al ,2011**) .

Parmi les nouvelles techniques de dessalement de l'eau de mer, on peut citer l'osmose inverse, la nanofiltration, l'électrodialyse inversée et la distillation membranaire. L'osmose inverse est la technique la plus couramment utilisée pour le dessalement de l'eau de mer et utilise une membrane semi-perméable pour séparer le sel et les impuretés de l'eau. La nanofiltration est une autre technique qui utilise une membrane de filtration pour éliminer les particules et les impuretés de l'eau de mer. L'électrodialyse inversée utilise une membrane d'électrodialyse pour séparer les ions de sel de l'eau de mer, tandis que la distillation membranaire utilise une membrane pour séparer les ions de sel de

## Introduction générale

---

l'eau de mer en les concentrant dans un courant d'eau de mer résiduelle **(Li, S et al , 2020)**.

Ces nouvelles techniques de dessalement de l'eau de mer ont le potentiel de fournir une source d'eau potable durable pour les régions qui en ont le plus besoin. Cependant, la mise en œuvre de ces technologies doit être effectuée avec prudence pour minimiser les impacts environnementaux et garantir une utilisation efficace et durable des ressources en eau **(Elimelech, M et al. , 2011)**.

Enfin , le dessalement de l'eau est une technologie en constante évolution qui continue de jouer un rôle crucial dans la sécurité de l'eau dans le monde entier. Les avancées technologiques récentes ont permis de rendre cette technologie plus efficace et plus abordable, ce qui devrait encourager d'avantage de pays à l'adopter pour répondre à leurs besoins en eau.

# *Chapitre I*

## *Propriétés de l'eau de mer*

## **I.1 Introduction**

L'eau de mer est l'un des éléments les plus abondants sur Terre, couvrant environ 71% de la surface de la planète. Elle est essentielle à la vie marine et joue un rôle crucial dans la régulation du climat et de la météorologie. L'eau de mer est constituée d'une grande variété de composants, notamment des minéraux, des sels, des nutriments et des micro-organismes.

Les propriétés de l'eau de mer sont importantes pour comprendre son rôle dans l'écosystème marin et pour l'exploitation de ses ressources. L'eau de mer est caractérisée par sa densité, sa salinité, son pH et sa température. Ces propriétés peuvent varier considérablement selon la région et la profondeur de l'eau de mer (Cury & all, 2011).

## **I.2. Sources d'eau**

Les sources d'eau sont les endroits où l'eau se trouve naturellement ou peut être obtenue pour répondre aux besoins humains et environnementaux. Il existe plusieurs sources d'eau, notamment :

### **I.2.1. Eaux douces de surface**

Les eaux douces de surface, comprenant les rivières, les lacs et les étangs, sont des ressources vitales pour l'homme et l'environnement. Elles sont essentielles à la vie et au développement économique des communautés locales, ainsi qu'à la biodiversité des écosystèmes aquatiques. Cependant, ces écosystèmes sont souvent menacés par des pressions anthropiques, tels que la pollution, l'urbanisation, l'agriculture intensive et les changements climatiques. La qualité de l'eau des lacs de montagne est particulièrement vulnérable aux changements climatiques et à la pollution atmosphérique, ce qui peut entraîner des impacts négatifs sur les écosystèmes aquatiques et la santé humaine (Smith, 2018). De même, les impacts des changements climatiques sur les rivières du Canada, qui peuvent entraîner des modifications dans les régimes de débit, la qualité de l'eau et la biodiversité aquatique (Jones, 2020).

Les précipitations comprennent les pluies, les neiges et les grêles qui tombent à la surface de la terre et qui peuvent être collectées pour répondre aux besoins en eau. Les glaciers et les neiges éternelles sont des sources d'eau qui se trouvent dans les zones montagneuses et polaires. Les eaux usées peuvent être traitées pour produire de l'eau de qualité pour une utilisation dans les ménages, l'agriculture et l'industrie (Budds & al, 2018).



**Photo.1.** Eaux de Surface ( **Wessling France , 2023**)

### **I.2.2. Eaux souterraines**

Les eaux qui ne sont ni évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol et s'y accumulent pour constituer les eaux souterraines. Ces infiltrations varient en fonction de la porosité et de la structure géologique des sols. La pénétration et la rétention des eaux dans le sol dépendent des caractéristiques des terrains en cause et notamment de leur structure qui peut permettre la formation de réservoirs aquifères appelés nappes souterraines (**Hubert, 2010**). Les eaux souterraines sont une ressource naturelle précieuse, souvent utilisée pour l'irrigation, l'alimentation en eau potable et l'industrie. Elles représentent environ 30% de l'eau douce disponible sur Terre et sont stockées dans les aquifères souterrains, qui sont des réservoirs naturels d'eau souterraine. Cependant, les eaux souterraines sont également menacées par des pressions anthropiques, telles que la surexploitation, la contamination et le changement climatique.

La surexploitation des eaux souterraines est un problème majeur dans de nombreuses régions du monde, en particulier dans les régions arides et semi-arides. Cette surexploitation peut entraîner des baisses du niveau de la nappe phréatique, des pertes de débit des sources et des impacts sur les écosystèmes aquatiques (**Wang & al ,2020**). De plus, la contamination des eaux souterraines par les nitrates provenant de l'agriculture est également une préoccupation majeure pour la qualité de l'eau potable dans de nombreuses régions (**Rodriguez-Espinosa & al, 2021**).

En somme, la gestion durable des eaux souterraines est essentielle pour garantir leur disponibilité future et leur qualité. Les stratégies de gestion doivent prendre en compte les impacts des pressions anthropiques, les liens avec les écosystèmes aquatiques et les effets du changement climatique sur les ressources en eau.

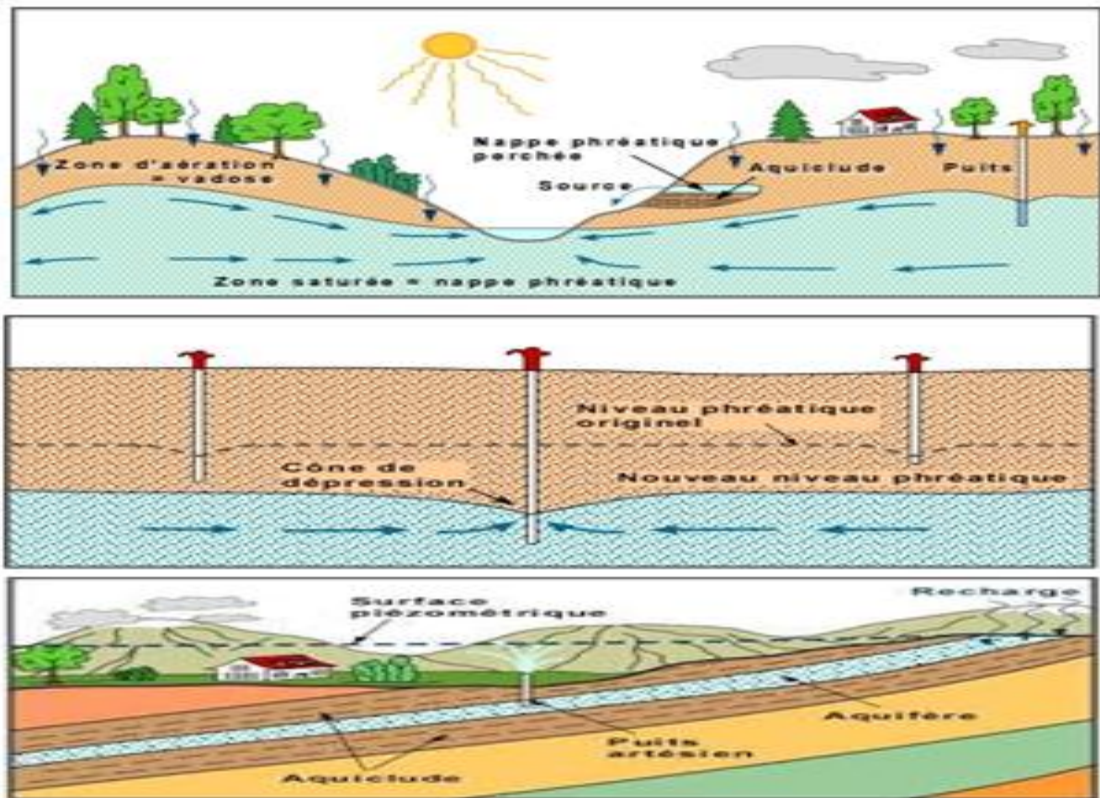


Fig.1. Eaux Souterraines ([www2.ggl.ulaval.ca/Planète Terre](http://www2.ggl.ulaval.ca/Planète Terre), 2023)

### I.2.3. Eaux de mer

La mer est une étendue d'eau salée qui couvre environ 71 % de la surface de la Terre (Levitus & al, 2012). Elle est divisée en cinq grands bassins océaniques : l'océan Pacifique, l'océan Atlantique, l'océan Indien, l'océan Austral et l'océan Arctique. La profondeur moyenne de l'océan est d'environ 3 800 mètres, tandis que la profondeur maximale est d'environ 11 000 mètres dans la fosse des Mariannes, située dans l'océan Pacifique (NOAA, 2022).

L'eau de mer est une solution complexe qui contient tous les éléments indispensables à la vie (calcium, silicium, carbone, azote, phosphore, oligo-éléments), des matières organiques (teneur comprise entre 0.5 et 2mg) et, naturellement à l'état dissous, les gaz présents dans l'atmosphère (Rapinat, 1982).



Photo.2. Eaux de Mer (Andriatiana Rakotomanga, 2023)

### **I.3.Composition de l'eau de mer**

#### **I.3.1. Eléments principaux**

Les éléments principaux dans l'eau de mer sont les suivants :

- ✓ Sodium (Na) - C'est l'élément le plus abondant dans l'eau de mer, représentant environ 30,6 % de la masse totale des ions dissous.
- ✓ Chlorure (Cl) - C'est l'anion le plus abondant dans l'eau de mer, représentant environ 55,1 % de la masse totale des ions dissous.
- ✓ Magnésium (Mg) - C'est le deuxième cation le plus abondant dans l'eau de mer, représentant environ 3,7 % de la masse totale des ions dissous.
- ✓ Soufre (S) - Il est présent dans l'eau de mer sous forme de divers composés, tels que le sulfate (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) et le sulfure (S<sup>2-</sup>).
- ✓ Calcium (Ca) - C'est le troisième cation le plus abondant dans l'eau de mer, représentant environ 1,2 % de la masse totale des ions dissous.
- ✓ Potassium (K) - C'est le cinquième cation le plus abondant dans l'eau de mer, représentant environ 0,7 % de la masse totale des ions dissous.

Ces six éléments représentent ensemble environ 99,6 % de la masse totale des ions dissous dans l'eau de mer. Il est important de noter que la composition de l'eau de mer peut varier considérablement en fonction de nombreux facteurs locaux et régionaux, et que d'autres éléments peuvent être présents en concentrations plus faibles (**Gordon et Frondelius, 1957**)

#### **I.3.2. Autres éléments minéraux**

En plus des éléments principaux que j'ai mentionnés précédemment, l'eau de mer contient également de nombreux autres éléments minéraux en concentrations plus faibles. Voici une liste des autres éléments minéraux présents dans l'eau de mer :

Strontium (Sr), Fluor (F), Brome (Br), Bore (B), Fer (Fe), Manganèse (Mn), Lithium (Li), Silicium (Si), Aluminium (Al), Cuivre (Cu), Zinc (Zn), Plomb (Pb), Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Nickel (Ni), Cobalt (Co), Vanadium (V), Arsénic (As)

La concentration de ces éléments peut varier considérablement en fonction de nombreux facteurs locaux et régionaux. La plupart de ces éléments sont présents en concentrations très faibles, souvent mesurées en parties par milliard. Cependant, certains de ces éléments peuvent être importants pour les processus biologiques dans l'océan, et leur disponibilité peut limiter la croissance des organismes marins (**Boyle, 1981**).

#### **I.3.3. Matières organiques**

L'eau de mer contient également des matières organiques, qui sont constituées de molécules

carbonées produites par les organismes vivants et les processus biologiques dans l'océan. Voici quelques exemples de matières organiques que l'on peut trouver dans l'eau de mer :

- Les acides aminés - Les acides aminés sont les éléments constitutifs des protéines. Ils sont produits par les organismes marins et peuvent être utilisés comme source de nourriture pour d'autres organismes.
- Les acides gras - Les acides gras sont des composés lipidiques qui sont produits par les organismes marins. Ils sont importants pour la membrane cellulaire et peuvent également être utilisés comme source d'énergie.
- Les sucres - Les sucres sont des molécules de glucose et de fructose qui sont produites par les algues et les plantes marines. Ils sont importants pour la photosynthèse et peuvent être utilisés comme source d'énergie par les organismes marins.
- Les pigments - Les pigments sont des molécules colorées qui sont produites par les algues et les plantes marines. Ils sont importants pour la photosynthèse et peuvent également jouer un rôle dans la protection contre les rayons UV.
- Les débris organiques - Les débris organiques sont constitués de matières organiques mortes, telles que des cellules d'algues ou de bactéries. Ces débris peuvent servir de source de nourriture pour les organismes benthiques.

La composition et la quantité de matières organiques dans l'eau de mer varient considérablement en fonction de nombreux facteurs, tels que la saison, la région et les conditions environnementales locales (**Williams et Druffel, 1987**).

## **I.4. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer et des eaux saumâtres**

### **I.4.1. Les eaux marines**

La caractéristique la plus importante des eaux de mer est leur salinité, c'est-à-dire leur teneur globale en sels (chlorures de sodium et de magnésium, sulfates, carbonates). La salinité moyenne des eaux des mers et océans est de 35 g.L<sup>-1</sup> (27,2 g.L<sup>-1</sup> de NaCl, 3,8 g.L<sup>-1</sup> de MgCl<sub>2</sub>, 1,7 g.L<sup>-1</sup> MgSO<sub>4</sub>, 1,26 g.L<sup>-1</sup> CaSO<sub>4</sub>, 0,86 g.L<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Cette salinité peut être différente dans le cas de mers fermées :

- mer Méditerranée : 36 à 39 g.L<sup>-1</sup>,
- mer Rouge : environ 40 g.L<sup>-1</sup>,
- mer Caspienne : 13 g.L<sup>-1</sup>,
- mer Morte : 270 g.L<sup>-1</sup>,
- Golfe Arabo-Persique : 36 à 39 g.L<sup>-1</sup>.

Le pH moyen des eaux de mer varie entre 7,5 et 8,4 : l'eau de mer est un milieu légèrement

basique.

#### **I.4.2. Les eaux saumâtres**

On appelle eau saumâtre une eau salée non potable de salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La plupart des eaux saumâtres contiennent entre 1 et 10 g de sels par litre. Ce sont parfois des eaux de surface mais le plus souvent des eaux souterraines qui se sont chargées en sels en dissolvant certains sels présents dans les sols qu'elles ont traversés. Leur composition dépend donc de la nature des sols traversés et de la vitesse de circulation dans ces sols. Les principaux sels dissous sont le  $\text{CaCO}_3$ , le  $\text{CaSO}_4$ , le  $\text{MgCO}_3$  et le  $\text{NaCl}$ .

#### **I.4.3. Les principales technologies de dessalement des eaux**

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.

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

### **I. 4.4 Salinité**

#### **I.4.1.1 Notion de salinité**

La salinité est la masse de sels contenue dans 1 kg d'eau de mer. On l'évalue maintenant en mesurant la conductivité et on l'exprime en ups: unité pratique de salinité, qui équivaut approximativement à 1mg/g de sels. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 ups, soit 35 g/kg. La densité, souvent utilisée en aquariophilie, s'exprime en ‰ et est fonction de la salinité, mais aussi de la pression et de la température.

Autrement exprimé, une salinité est la concentration en minéraux solubles (souvent limité aux sels de métaux alcalins ou de magnésium) et en chlorures présente dans l'eau ou dans un sol, généralement exprimée en parties pour mille. Reliée à la chlorinité selon la formule

$$S = 1,805 \text{ Cl} + 0,030$$

où S et Cl sont tous deux exprimés en parties pour mille ([www.aquaportail.com](http://www.aquaportail.com)).

#### **I. 4.1.2 Définition de la salinité**

La salinité est définie comme la mesure de la quantité de sel dissous dans l'eau de mer ou dans

d'autres solutions aqueuses (Millero, 2013). Elle peut être exprimée en partie par mille (ppt), qui représente la masse de sel en grammes dissous dans un kilogramme d'eau. La conductivité électrique est une autre mesure de la salinité, car la concentration de sel affecte la capacité de l'eau à conduire l'électricité (Boyer et al., 2013). Les fluctuations de la salinité ont des effets importants sur les écosystèmes marins et sur les processus météorologiques (IPCC, 2019).

### **I.4.1.3 Salinité de l'eau de mer**

L'eau de mer a une salinité moyenne d'environ 35 parties par mille (ppt), ce qui signifie qu'il y a environ 35 grammes de sel dissous dans chaque kilogramme d'eau de mer. Cependant, la salinité peut varier considérablement en fonction de facteurs tels que la latitude, la température, les précipitations, l'évaporation et les apports d'eau douce provenant des rivières et des glaciers. Les régions où l'évaporation est élevée, telles que les tropiques, peuvent avoir des niveaux de salinité plus élevés, tandis que les régions où il y a des précipitations fréquentes et abondantes, telles que les régions polaires, peuvent avoir des niveaux de salinité plus faibles. En général, la salinité de l'eau de mer est considérée comme relativement stable à l'échelle mondiale et est régulée par un équilibre complexe de processus océanographiques (Millero, 2013).

**Tableau .I.1** : Salinité de diverses mers (Gomella C ,1966)

Atlantique	36 g/kg
Baltique (moyenne)	7,2 g/kg
Méditerranée	39 g/kg
Mer Rouge	39,8 g/kg
Océan Indien	36 g/kg

**Tableau .I.2** : Salinité de quelques mers ou lacs fermés (Gomella ,1966)

Mer Morte	270 g/kg
Grand Lac Salé	205 g/kg
Caspienne	13 g/kg

### **I.4.1.4. Sels minéraux**

Les sels minéraux, également appelés minéraux car ils sont obtenus à partir de minéraux présents dans le sol et les roches.

Les sels minéraux dans l'eau de mer :

- Chlorure de sodium (NaCl) : environ 85% des sels dissous dans l'eau de mer.
- Sulfate de magnésium (MgSO<sub>4</sub>) : environ 0,1% des sels dissous dans l'eau de mer.
- Sulfate de calcium (CaSO<sub>4</sub>) : environ 0,1% des sels dissous dans l'eau de mer.
- Potassium (K) : environ 0,04% des sels dissous dans l'eau de mer.
- Calcium (Ca) : environ 0,04% des sels dissous dans l'eau de mer.
- D'autres sels minéraux sont également présents en petites quantités tels que le magnésium, le strontium, le fer et le zinc, entre autres.

Dans les mers ouvertes la variation de salinité ne modifie que faiblement la proportion relative des divers ions en présence, tout se passe comme si l'eau de mer se trouvait, suivant le cas, soit diluée, soit concentrée par mouvement d'eau, sans perte ni apport de sels dissous. Par contre, dans les mers fermées ou les grands lacs salés la concentration par évaporation à partir d'apports d'eaux de surface faiblement salées mais d'une composition relative différente de celle de l'eau de mer, conduit quelquefois à des faciès ioniques très particuliers. Ci-dessous nous faisons figurer les pourcentages de chaque ion du poids total des sels dissous pour une eau de mer moyenne et pour la mer Morte (**Gomella, 1966**) :

**Tableau .I.3** : les proportions de chaque ion en pourcentage du poids total des sels dissous diffèrent Pour une eau de mer moyenne et la mer Morte (**Gomella C, 1966**)

Ions	Mer moyenne	Mer Morte
Sodium	30,61	11,7
Magnésium	3,69	13
Calcium	1,16	4,7
Potassium	1,10	2,4
Chlorure	55,04	66,16
Sulfate	7,68	0,15
Bicarbonate	0,41	Traces
Bromure	0,19	1,9
Divers	0,12	-

#### **I.4.1.5. Origine de la salinité**

La salinité de l'eau de mer est principalement due à la présence de sels dissous, principalement le chlorure de sodium (NaCl). Ces sels ont été apportés à l'océan par différentes sources, notamment :

1. L'érosion des roches : Les sels dissous sont transportés par les rivières vers l'océan lorsqu'ils se dissolvent dans l'eau de pluie ou de fonte des neiges et se déplacent à travers les sols pour atteindre les rivières (**Millero, 2010**).
2. Les émissions volcaniques : Les éruptions volcaniques libèrent des gaz et des minéraux, dont certains peuvent se dissoudre dans l'eau et être transportés vers l'océan par les rivières (**Sigurdsson et Sparks, 1978**).
3. Les dépôts atmosphériques : Les vents transportent des particules de sel et de poussière à partir de la surface terrestre et les déposent dans l'océan (**Kurosaki et Mikami, 2007**).

Ces processus ont contribué à la formation de la salinité de l'eau de mer au fil du temps. Cependant, la salinité de l'océan est également influencée par d'autres facteurs tels que l'évaporation, la fonte des glaces, les courants océaniques et les précipitations, qui peuvent modifier la concentration en sel de l'eau.

#### **I.4.1.6. Salinité des eaux saumâtres**

La salinité des eaux saumâtres se situe entre celle de l'eau douce et de l'eau de mer. Les eaux saumâtres contiennent donc une concentration de sel inférieure à celle de l'eau de mer, mais supérieure à celle de l'eau douce (**United States Geological Survey, 2016**).

La salinité des eaux saumâtres peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la distance de l'eau saumâtre par rapport à la source de sel, le climat, les précipitations, l'évaporation et l'apport d'eau douce. Par exemple, les eaux saumâtres situées à proximité de l'océan peuvent avoir une salinité plus élevée que celles situées dans les terres, tandis que les eaux saumâtres situées dans des zones chaudes et sèches peuvent avoir une salinité plus élevée en raison de l'évaporation (**Cai et al, 2011**).

Les eaux saumâtres sont souvent trouvées dans les estuaires, les lagunes, les baies et les deltas où les eaux douces rencontrent les eaux de mer. Elles sont également présentes dans les aquifères côtiers, où l'eau douce se mélange avec de l'eau de mer (**An et al, 2005**).

La salinité des eaux saumâtres peut avoir un impact sur la vie aquatique, car elle peut affecter la composition chimique de l'eau et la disponibilité des nutriments. De plus, la salinité peut également avoir des implications pour la qualité de l'eau potable dans les zones côtières où l'eau saumâtre peut contaminer les sources d'eau douce (**Mclusky et Elliott, 2004**).

#### **I.4.1.7. Mesure de la salinité**

La salinité de l'eau peut être mesurée de diverses manières, mais la méthode la plus courante est la conductivité électrique. Cette dernière évalue la capacité de l'eau à conduire l'électricité en fonction de la concentration d'ions dissous tels que le chlorure, le sodium et le magnésium. Les salinomètres sont les instruments de mesure de la salinité les plus utilisés, qui se basent sur cette méthode pour déterminer la salinité de l'eau. Les salinomètres modernes fonctionnent généralement de la même manière : deux électrodes sont plongées dans l'eau et une faible quantité de courant électrique est envoyée entre elles. La résistance à la circulation du courant est ensuite mesurée et convertie en salinité en utilisant une équation spécifique.

Les salinomètres modernes sont très précis et sont largement utilisés pour surveiller la salinité de l'eau de mer dans différentes applications telles que les océans, les estuaires, les lacs salés et les aquariums. Ils sont également couramment utilisés dans les industries de la pêche, de l'aquaculture et de la production de sel pour mesurer la salinité de l'eau.

La mesure régulière de la salinité de l'eau est essentielle, car elle peut avoir un impact sur la qualité de l'eau, la survie des organismes marins et les processus océaniques tels que la circulation thermohaline.

### **I.4.2. Densité**

La masse volumique de l'eau de mer à la surface est d'environ 1,025 g/ml, supérieure de 2,5 % à celle de l'eau douce (1 g/ml) à cause de la masse du sel et de l'électrostriction (Miller, 2013).

La densité de l'eau de mer dépend de plusieurs facteurs tels que la salinité, la température et la pression. En moyenne, la densité de l'eau de mer est d'environ 1027 kg/m<sup>3</sup> à une température de 20°C et une salinité moyenne de 35 parties pour mille (35 ppt) (Miller, 2013).

Cependant, la densité de l'eau de mer peut varier en fonction de la salinité et de la température. Par exemple, à une température plus élevée, l'eau de mer aura tendance à être moins dense, tandis qu'à une température plus basse, elle aura tendance à être plus dense. De même, une augmentation de la salinité rendra l'eau de mer plus dense, tandis qu'une diminution de la salinité la rendra moins dense (Miller, 2013).

En raison de ces variations, la densité de l'eau de mer peut varier de manière significative à différentes profondeurs et dans différentes régions des océans du monde. Par exemple, l'eau de mer dans les régions polaires, où la température est très basse, peut avoir une densité plus élevée que l'eau de mer dans les régions tropicales, où la température est plus chaude (Miller, 2013).

### **I.4.3. Solubilité**

On trouve 30 à 40 g de sels dissous pour 1 kg d'eau de mer. L'eau salée s'oppose à l'eau douce, qui contient moins de 1 g de sels dissous par kilogramme.

La solubilité d'une substance dans l'eau de mer dépend de plusieurs facteurs, tels que la nature chimique de la substance, la température et la pression de l'eau de mer (Kunz et al., 2014). En général, les composés ioniques sont plus solubles dans l'eau de mer que les composés covalents, car l'eau de mer est un électrolyte et contient des ions qui peuvent interagir avec les ions de la substance pour faciliter leur dissolution. Cependant, même les composés ioniques peuvent avoir une solubilité limitée dans l'eau de mer en raison de la formation de précipités insolubles.

La température de l'eau de mer peut également affecter la solubilité des substances. En règle générale, les gaz sont plus solubles à basse température, tandis que la solubilité des solides et des liquides diminue généralement avec une augmentation de la température.

Enfin, la pression de l'eau de mer peut également influencer la solubilité des gaz. Par exemple, la

solubilité de l'oxygène diminue avec une augmentation de la pression de l'eau de mer .

En somme, la solubilité dans l'eau de mer peut varier considérablement en fonction des caractéristiques spécifiques de la substance et des conditions de l'eau de mer (**Kunz et al., 2014**).

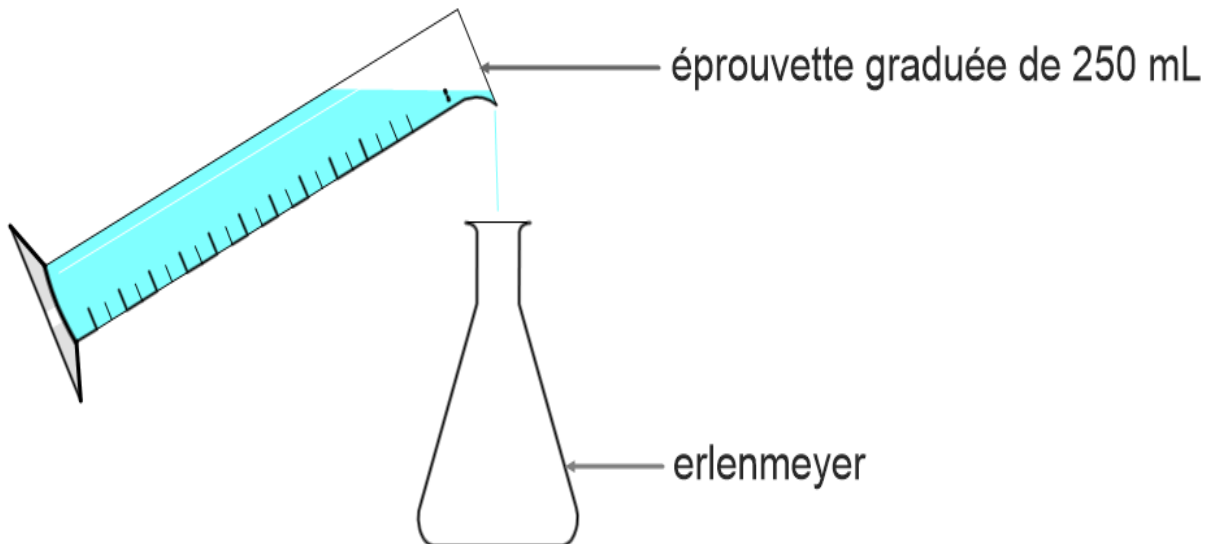
**Quelle masse maximale de sel peut-on dissoudre dans l'eau?**

**Matériel :**

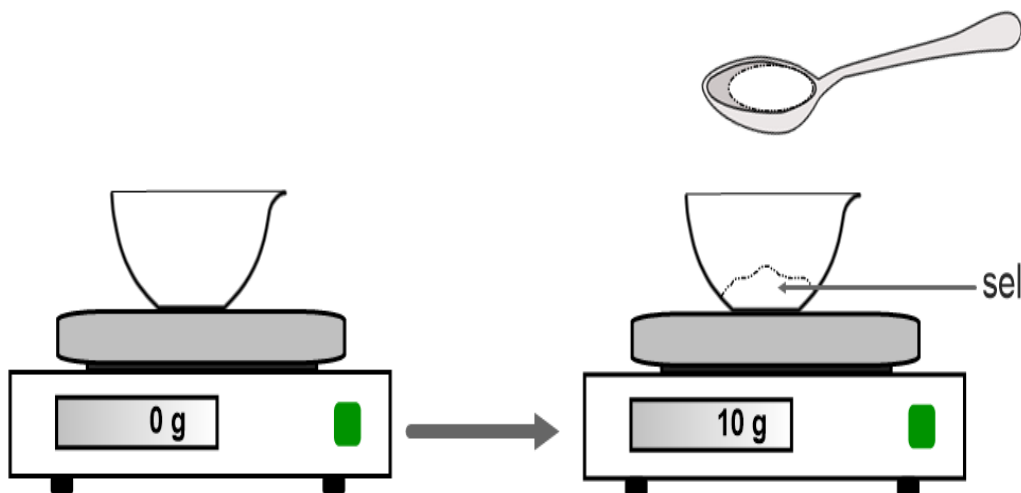
- Balance électronique
- éprouvette graduée de 250 mL
- erlenmeyer de 500 mL
- agitateur
- spatule (ou cuillère)
- capsule (ou coupelle ou verre de montre)
- du sel fin

**Expérience :**

Mesurer **200 mL d'eau** dans une éprouvette graduée et verser ce volume d'eau dans un erlenmeyer.

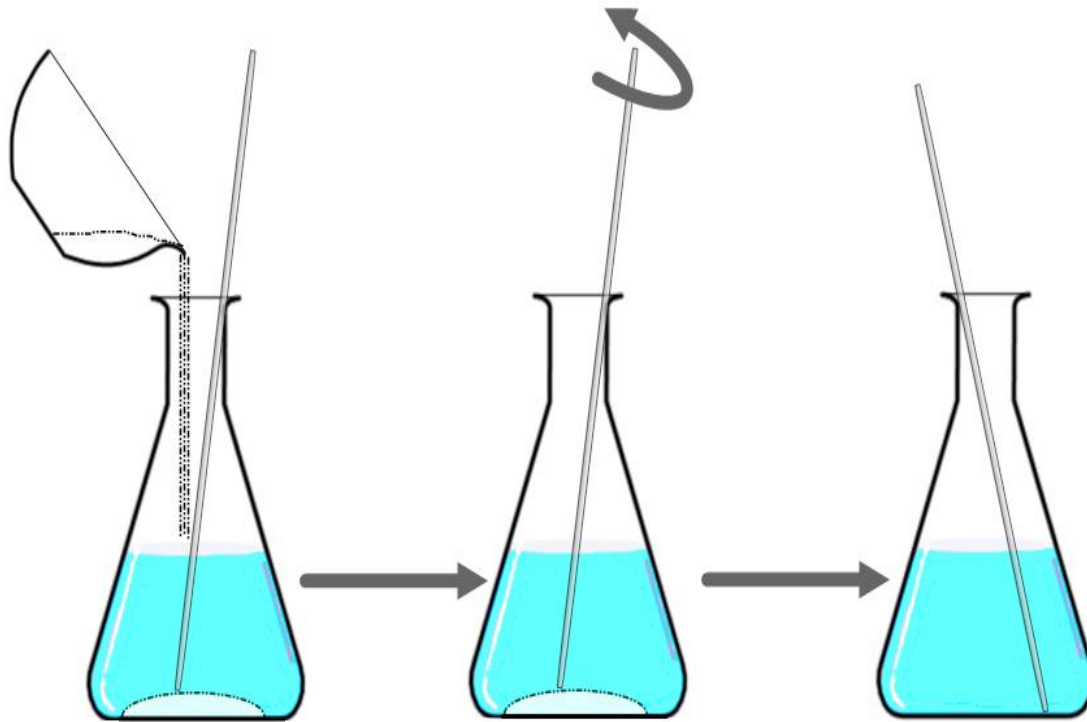


Peser 10 g de sel dans une coupelle (ou capsule, verre de montre,...) après avoir taré la balance.



On ajoute les 10 premiers grammes de sel à l'eau contenue dans l'erien et on agite.

On remarque que le sel se dissout et disparaît complètement.



On ajoute de nouveau 10 g de sel dans les 200 mL d'eau et on agite. On répète l'opération jusqu'à 60 g de sel ajouté et le sel se dissout toujours.

A partir de 60 g de sel, il faut en ajouter 2g et répéter l'opération jusqu'à ce que le sel ne se dissolve plus.

*Observation :*

Le sel ne se dissout plus lorsque la masse de sel ajoutée dépasse **72 g**. On observe que quelques cristaux de sel restent au fond de l'erlen malgré l'agitation.

*Interprétation :*

La solution d'eau salée est **saturée en sel** lorsque la masse de sel dissout atteint 72 g pour 200 mL d'eau.

On peut donc calculer la solubilité du sel dans l'eau (à 20°C environ).

En effet,  $200 \text{ mL} \times 5 = 1000 \text{ mL} = 1\text{L}$

Donc **la solubilité du sel dans l'eau** à 20°C est d'environ  $72\text{g} \times 5 = \mathbf{360 \text{ g/L}}$

**Conclusion**

**La solubilité du sel dans l'eau à 20°C est d'environ 360 g/L**

*Remarque :*

On peut faire l'expérience de mettre une **masse supérieure à 72 g** de sel dans 200 mL d'eau (du sel restera non dissous au fond de l'eren) puis faire chauffer l'eren sur un bec électrique.

Rapidement, le sel non dissous disparaîtra.

Ceci montre que la **solubilité du sel dans l'eau augmente** quand la **température de la solution augmente**.

#### **I.4.4. Température**

La température de l'eau de mer peut varier considérablement en fonction de la région et de la saison. En général, les eaux plus chaudes se trouvent dans les zones tropicales et subtropicales, tandis que les eaux plus froides se trouvent dans les régions polaires. La température de l'eau de mer est également influencée par des facteurs tels que la profondeur de l'eau, la salinité et les courants océaniques. Au fil des décennies, la température de l'eau de mer a augmenté à l'échelle mondiale en raison du changement climatique. Selon le rapport de l'IPCC de 2021, la température de la surface de la mer a augmenté de 0,88°C entre 1970 et 2019 (**IPCC, 2021**). Cette augmentation de température a des impacts significatifs sur les écosystèmes marins et les communautés humaines qui en dépendent.

#### **I.4.5. Absorption de la chaleur**

L'eau de mer a une capacité calorifique plus élevée que l'eau douce, ce qui signifie qu'elle peut absorber plus de chaleur sans augmenter considérablement sa température.

#### **I.4.6. Potentiel Hydrogène (PH)**

Le pH de l'eau de mer est un indicateur de son acidité ou de son alcalinité. Le pH de l'eau de mer est influencé par les gaz dissous, les nutriments et les micro-organismes. En général, l'eau de mer est légèrement alcaline, avec un pH d'environ 8,2 (**Cury et al, 2011**).

#### **I.4.7. Dureté**

La dureté de l'eau de mer peut varier selon plusieurs facteurs, notamment la géographie, la température, la profondeur et la salinité. En général, l'eau de mer a une dureté totale élevée en raison de la concentration de sels dissous tels que le chlorure de sodium, le magnésium et le calcium. La dureté de l'eau de mer est mesurée en parties par million (ppm) ou en milligrammes par litre (mg/L) de carbonate de calcium équivalent ( $\text{CaCO}_3$ ) (**Yilmaz, 2015**).

En moyenne, la dureté totale de l'eau de mer est d'environ 35 000 ppm ou 35 g/L, ce qui est considérablement plus élevé que la plupart des sources d'eau douce. Cependant, il convient de noter que la dureté de l'eau de mer peut varier considérablement selon les régions et les conditions environnementales. Par exemple, dans les zones de forte évaporation, la salinité et la dureté de l'eau de mer peuvent augmenter considérablement (**CIESM, 2020**).

Il est important de noter que la dureté de l'eau de mer peut avoir un impact sur les organismes marins qui y vivent. Les animaux marins ont des adaptations uniques pour vivre dans des

environnements salins, mais des changements importants dans la salinité et la dureté de l'eau de mer peuvent avoir des conséquences sur leur santé et leur comportement (Yilmaz, 2015).

#### **I.4.8. Matières en suspension**

Les matières en suspension dans l'eau de mer contiennent une grande variété de particules minérales et organiques, ainsi que des organismes vivants tels que le phytoplancton et le zooplancton (Bidle et al., 2020). Ces matières en suspension sont importantes pour l'écosystème marin car elles fournissent de la nourriture et de l'énergie pour les organismes marins (Dagg, 2014). Les particules minérales en suspension dans l'eau de mer peuvent être des sédiments, des roches volcaniques, des minéraux en suspension et des ions dissous (Martin et Fitzwater, 1988). Les particules organiques peuvent être des restes d'organismes morts, des déchets et des sécrétions de plancton (Siegel et al., 2016). Les organismes vivants en suspension peuvent être des bactéries, des virus, des protozoaires, des algues, des crustacés et des poissons (Smetacek et Zingone, 2013).

#### **I.4.9. Conductivité électrique**

La mesure de la conductivité de l'eau est liée à sa capacité à permettre le passage d'un courant électrique. En d'autres termes, elle reflète indirectement la concentration d'ions présents dans l'eau. Les ions sont des particules chargées électriquement, qui peuvent être constitués d'un atome unique ou d'un groupe d'atomes. À une température de 20°C, l'eau la plus pure jamais mesurée affiche une conductivité de 4,2 micros siemens par mètre. La présence de sels dissous dans l'eau entraîne une augmentation de sa conductivité, tandis que cette dernière varie également en fonction de la température.

### **I.5. Paramètres organoleptiques**

Les caractéristiques organoleptiques de l'eau de mer comprennent différents aspects tels que ça couleur, son odeur, son goût et son turbidité :

#### **I.5.1. Couleur**

Varie selon plusieurs facteurs, tels que la température, la salinité, la turbidité, la profondeur et la présence d'algues et de plancton. En règle générale, elle présente diverses nuances de bleu ou de vert, mais peut aussi sembler limpide ou transparente dans certains cas. Dans les zones peu profondes, la lumière se réfléchit sur les fonds sablonneux ou rocheux, ce qui donne une impression de clarté ou de teinte plus claire. En revanche, dans les zones profondes, la lumière pénètre plus difficilement, ce qui produit une impression de bleu foncé ou de couleur plus intense.

#### **I.5.2. Goûts et odeur**

Le goût de l'eau de mer est souvent décrit comme salé, car l'eau de mer contient une concentration élevée de sel et d'autres minéraux (FAO, 2021). Cependant, la saveur de l'eau de mer peut également être affectée par la présence d'autres substances dissoutes, telles que des polluants ou des nutriments en excès (EPA, 2017).

L'odeur de l'eau de mer peut être caractéristique et distinctive, souvent décrite comme une odeur saline, iodée ou marine (FAO, 2021). Cependant, l'odeur de l'eau de mer peut également être affectée par la présence d'autres substances telles que des polluants ou des algues en décomposition (EPA, 2017).

### **I.5.3. Turbidité**

La turbidité de l'eau de mer se réfère à la quantité de matière en suspension dans l'eau, comprenant des matières organiques, des minéraux, des débris et des sédiments. Elle est souvent utilisée pour évaluer la qualité de l'eau et peut avoir un impact sur la santé des écosystèmes marins ainsi que la survie des animaux qui en dépendent. Plusieurs facteurs, tels que les courants, les tempêtes, les marées et les activités humaines, peuvent influencer la turbidité de l'eau de mer.

### **I.6. Pollution des eaux par les métaux lourds**

La pollution des eaux par les métaux lourds est un problème environnemental important car ces substances sont toxiques pour les êtres vivants, y compris les humains. Les sources de métaux lourds dans les eaux comprennent les activités industrielles, les décharges de déchets, les rejets miniers, les engrais et les pesticides, ainsi que les eaux usées domestiques.

Les métaux lourds tels que le mercure, le plomb, le cadmium et l'arsenic peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, entraînant des effets nocifs sur la santé humaine, tels que des maladies rénales, des troubles neurologiques et des cancers (WHO, 2018).

La prévention de la pollution des eaux par les métaux lourds est un enjeu crucial pour la protection de l'environnement et de la santé publique. Pour y parvenir, il est nécessaire de mettre en place une réglementation stricte des émissions et des rejets, ainsi que des mesures préventives à la source, visant à limiter les sources de pollution.

Le traitement de l'eau et la surveillance de la qualité de l'eau sont également des éléments essentiels pour garantir que les niveaux de métaux lourds dans l'eau respectent les normes de sécurité en vigueur. Ces mesures permettent d'assurer la sécurité sanitaire de l'eau potable et de protéger les écosystèmes aquatiques et les espèces qui en dépendent.

Parmi les stratégies envisageables pour réduire la pollution des eaux par les métaux lourds, figurent la mise en place de pratiques agricoles durables, la promotion de technologies de production plus respectueuses de l'environnement, l'utilisation de produits moins polluants, la promotion de

modes de transport durables et la sensibilisation du public aux gestes à adopter pour réduire la pollution.

Il est important de souligner que la prévention de la pollution des eaux par les métaux lourds nécessite une approche globale et concertée, impliquant l'ensemble des parties prenantes : autorités publiques, entreprises, agriculteurs, consommateurs et citoyens engagés. En travaillant ensemble, nous pouvons réduire la pollution des eaux et préserver la qualité de notre environnement pour les générations futures.

### **I.7. Paramètres microbiologiques**

Les paramètres microbiologiques de l'eau de mer sont des indicateurs importants de la qualité sanitaire de l'eau, car ils permettent d'évaluer la présence et la concentration de micro-organismes pathogènes pour l'homme et les écosystèmes aquatiques. Parmi les principaux paramètres microbiologiques mesurés dans l'eau de mer, on peut citer :

- Les coliformes fécaux : ce sont des bactéries qui se trouvent dans les intestins des mammifères et qui sont souvent associées à la contamination fécale. Leur présence dans l'eau de mer peut indiquer la présence de matières fécales d'origine humaine ou animale, et donc un risque accru de transmission de maladies.
- Les entérocoques : ce sont des bactéries souvent utilisées comme indicateurs de la contamination fécale, car elles sont également présentes dans les intestins des mammifères. Leur présence dans l'eau de mer peut indiquer un risque de contamination par des matières fécales d'origine humaine ou animale.
- Les algues toxiques : certaines espèces d'algues peuvent produire des toxines dangereuses pour l'homme et les animaux marins. La présence d'algues toxiques dans l'eau de mer peut donc constituer un risque sanitaire important.
- Les virus pathogènes : certains virus peuvent être transmis par l'eau de mer et causer des maladies graves chez l'homme, comme la gastro-entérite ou l'hépatite A.

La surveillance régulière de ces paramètres microbiologiques est donc essentielle pour assurer la sécurité sanitaire des eaux de mer et prévenir les risques de contamination. En cas de dépassement des seuils de sécurité, des mesures de gestion de la qualité de l'eau doivent être mises en place pour limiter les risques de transmission de maladies et protéger la santé publique.

## **Conclusion**

L'eau de mer est un milieu complexe qui possède de multiples caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Sa densité, sa viscosité et sa salinité influencent grandement la circulation océanique et les interactions avec l'atmosphère. La composition chimique de l'eau de mer, notamment sa teneur en sels, joue également un rôle crucial dans la vie marine et les processus biogéochimiques dans les océans.

Cependant, les activités humaines telles que la pollution et le changement climatique menacent la qualité de l'eau de mer. Pour protéger la santé publique et les écosystèmes marins, une surveillance régulière des paramètres physico-chimiques et microbiologiques est nécessaire.

Enfin, l'eau de mer est une ressource précieuse qui peut être utilisée de manière responsable pour produire de l'énergie, des nutriments et des matières premières. Toutefois, cette exploitation doit être durable pour préserver les équilibres écologiques et garantir la disponibilité de cette ressource pour les générations futures.

## *Chapitre II*

### *Généralités sur le dessalement de l'eau de mer*

**II-1 Introduction**

La crise de l'eau est une problématique mondiale croissante, marquée par une insuffisance d'eau douce dans de nombreuses régions du globe. Cette situation est due à des facteurs tels que l'augmentation de la population, l'urbanisation rapide, l'agriculture intensive, la dégradation de l'environnement et les effets du changement climatique.

Face à cette situation, le dessalement de l'eau est devenu une solution de plus en plus prometteuse pour répondre à la crise de l'eau. En transformant l'eau salée ou saumâtre en eau douce, le dessalement peut contribuer à augmenter l'approvisionnement en eau potable dans les régions où l'eau douce est rare, améliorant ainsi la sécurité hydrique et répondant aux besoins croissants en eau dans les secteurs agricole, industriel et domestique.

L'eau de mer contient, en moyenne, 35 g/L de sel. Le dessalement consiste donc à séparer les sels dissous de l'eau. La plupart des usines sont organisées selon le schéma suivant :

1. Une unité de pompage , La plupart du temps, on pompe l'eau de mer mais parfois, des eaux souterraines qui peuvent présenter une salinité qui les rend impropres à la consommation.
2. Une unité de décantation constituée de grandes cuves permettant le dépôt des impuretés les plus denses.
3. Une pompe de précharge avec crépine, filtre
4. Une unité de désalinisation qui peut fonctionner selon 3 principes physiques différents : la distillation - l'osmose inverse - l'électrodialyse.
5. Une unité de traitement des eaux usées (généralement par floculation et filtration) avant rejet.
6. Une source d'énergie, nécessaire notamment au pompage, à la mise sous pression de l'eau, etc...

Elle peut être, par ordre décroissant d'investissement

- l'énergie solaire, source d'énergie séduisante car renouvelable et non polluante, mais limitée aux petites installations de quelques kilowatts pour quelques heures d'utilisation.
- l'énergie éolienne permet une bonne production si les vents sont réguliers toutes l'année, ce qui est souvent le cas en bord de mer.
- le groupe électrogène qui apporte une réponse sûre et permanente, mais la consommation en énergie fossile est importante.
- le réseau électrique lorsque celui-ci est existant.
- l'énergie nucléaire. Des usines de désalinisation peuvent être couplées à des générateurs (ex : Aktau, Kazakhstan). De nombreuses études sont actuellement menées en ce sens (Japon, Libye...)

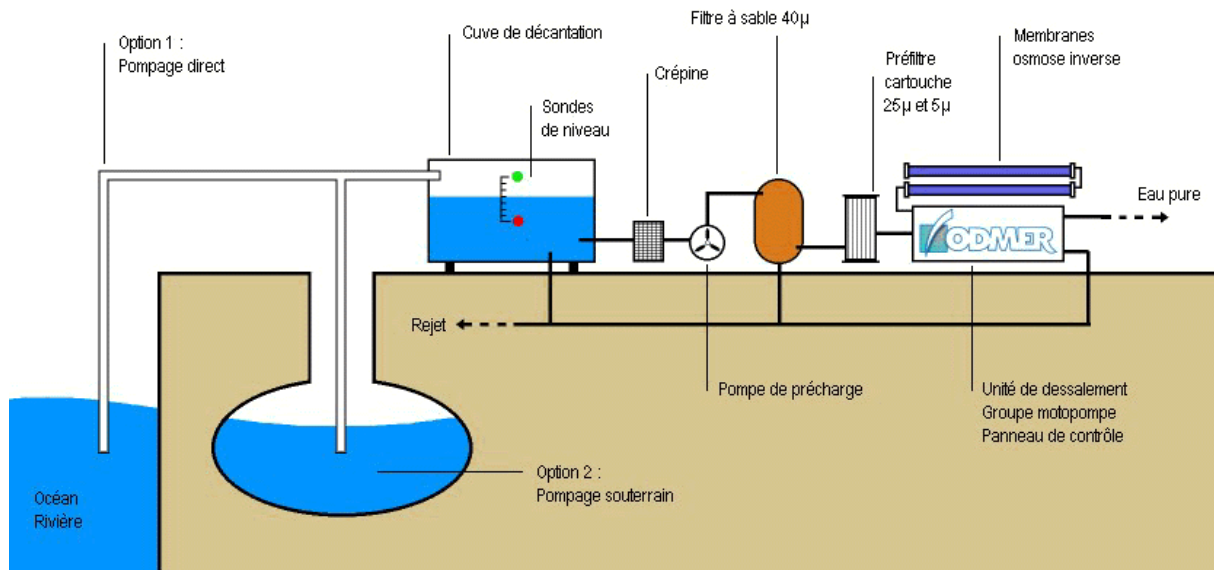


Fig II.1 : organisation d'une installation de dessalement ([www.eduterre.ens-lyon.fr](http://www.eduterre.ens-lyon.fr))

## II-2 Schéma général d'une installation de dessalement

Le processus de dessalement de l'eau de mer peut être subdivisé en quatre étapes clés : la captation de l'eau de mer, le prétraitement initial, l'utilisation de divers procédés de dessalement, et enfin le post-traitement ou la minéralisation.

### Schéma général d'une installation de dessalement

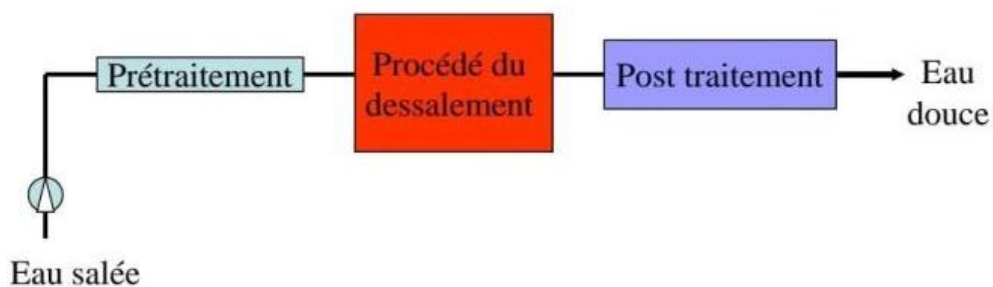


Fig II.2 : Schéma général d'une station de dessalement (<https://images.app.goo.gl/2K2XpbQF3p5w425y7> )

- L'extraction de l'eau peut se faire directement depuis la mer ou à partir de puits situés à proximité de la côte, dans une couche de terrain perméable qui est en continuité avec la nappe phréatique. L'utilisation de puits côtiers offre un avantage de préfiltration naturelle, simplifiant ainsi le prétraitement nécessaire.
- Le prétraitement de l'eau implique généralement une filtration pour éliminer les impuretés, une chloration pour empêcher la prolifération de microorganismes, et un traitement antitartre pour prévenir les dépôts de carbonate de calcium.

- Une fois l'eau douce produite, elle doit subir un post-traitement pour la rendre potable. Ce post-traitement peut inclure une aération et une légère correction du pH en ajoutant du carbonate de calcium. Dans certains cas, un traitement à l'ozone peut également être utilisé pour éliminer d'éventuels germes. L'osmose inverse, quant à elle, bloque normalement le passage des bactéries et des virus.
- Les boues et les saumures résultant du processus sont rejetées en mer dans des zones éloignées où elles peuvent se disperser sans risque. En principe, les concentrats, qui sont essentiellement d'origine marine, ne devraient pas constituer une pollution une fois dilués. Cependant, la salinité accrue dans les zones de rejet peut interférer avec la vie marine dans un certain périmètre autour de la zone.
- L'utilisation de chlore comme biocide peut entraîner la formation d'hypochlorite dans l'eau de mer. Progressivement, le dioxyde de chlore est utilisé comme alternative, car il est actif à des doses beaucoup plus faibles.
- Les polyphosphates utilisés comme antitartre peuvent présenter des risques d'eutrophisation. De plus, l'utilisation de coagulants tels que le chlorure ferrique en amont des installations d'osmose inverse pour compléter la filtration peut augmenter la turbidité de la saumure, ce qui peut être dangereux pour la faune et la flore .

### **II-2.1 Captation d'eau de mer**

La première étape du processus de dessalement de l'eau de mer consiste à capturer l'eau de mer et à la pomper vers la station de dessalement. Il existe deux types de technologies utilisées pour cette étape :

1. Les forages côtiers : ils peuvent être réalisés sous forme de forages verticaux ou de galeries horizontales situées le long de la côte. Ces forages permettent d'obtenir une eau de mer de très bonne qualité avec une faible concentration de matières en suspension et une stabilité relative.
2. La prise d'eau de surface : elle peut être réalisée en pleine mer. Idéalement, la captation d'eau de surface devrait être effectuée en eaux profondes, loin de la côte, afin de minimiser les risques de pollution et les effets des courants marins forts.

Il est important de noter que la qualité de l'eau captée est un facteur clé dans le processus de dessalement de l'eau de mer, et que des précautions doivent être prises pour assurer la meilleure qualité possible de l'eau utilisée dans la station de dessalement.

**II-2.2 Prétraitement**

Il est impératif de procéder à un traitement préalable de l'eau de mer avant de la soumettre à l'osmose inverse, car les membranes utilisées dans ce processus sont très vulnérables au colmatage. Pour garantir une performance stable sur une période prolongée, une eau d'entrée de qualité supérieure est essentielle. Les techniques de prétraitement se répartissent en deux catégories, à savoir les prétraitements physico-chimiques et les prétraitements chimiques.

**II-2.2.1 Prétraitements physico-chimiques**

Les prétraitements physico-chimiques sont une étape essentielle dans le processus de dessalement de l'eau de mer. Ils sont utilisés pour éliminer les impuretés et les contaminants présents dans l'eau de mer avant qu'elle ne soit traitée dans la station de dessalement. Voici une description générale des principales étapes de prétraitement physico-chimiques :

1. Coagulation/floculation : Cette étape consiste à ajouter des produits chimiques coagulants pour agglomérer les particules en suspension dans l'eau de mer en de plus gros floccs. Ces floccs sont plus faciles à éliminer lors des étapes ultérieures du processus de traitement.
2. Sédimentation : Les floccs formés pendant la coagulation/floculation se déposent au fond d'un réservoir de sédimentation, permettant ainsi de séparer les particules agglomérées du reste de l'eau.
3. Filtration : Après la sédimentation, l'eau est généralement filtrée à travers des médias de filtration tels que le sable, le charbon actif ou d'autres matériaux pour éliminer les particules restantes et les impuretés suspendues.
4. La microfiltration est une méthode de prétraitement physico-chimique souvent utilisée pour éliminer les particules et les matières en suspension dans l'eau brute avant le dessalement. Cette technique implique l'utilisation de membranes poreuses avec des pores de taille micrométrique (1 à 10 microns) pour piéger les particules en suspension telles que les sédiments, les algues, les bactéries et les virus.

Le processus de microfiltration consiste à appliquer une pression élevée sur l'eau brute pour la faire passer à travers les membranes. Les particules plus grosses que les pores de la membrane sont filtrées et retenues à la surface de la membrane, tandis que l'eau propre passe à travers les pores et est recueillie.

**II-2.2.2 Prétraitements chimiques**

Les prétraitements chimiques constituent une méthode courante pour prétraiter l'eau de mer avant le dessalement. Ils impliquent l'utilisation de produits chimiques pour éliminer les

contaminants présents dans l'eau brute.

**1. Acidification** : la méthode d'acidification est largement utilisée en tant que technique de prétraitement chimique pour le dessalement de l'eau de mer. Elle consiste à abaisser le pH de l'eau brute en y ajoutant de l'acide sulfurique ou de l'acide chlorhydrique. Cette étape est importante car elle permet de neutraliser les carbonates et les bicarbonates présents dans l'eau brute, qui peuvent se précipiter et obstruer les membranes d'osmose inverse.

L'acidification est également utile pour éliminer les carbonates qui se forment dans les tuyaux et les réservoirs d'eau de mer, réduisant ainsi les risques de colmatage des membranes d'osmose inverse. Toutefois, l'acidification doit être effectuée avec précaution pour éviter une acidification excessive qui peut causer des dommages aux membranes d'osmose inverse et accélérer la corrosion des équipements en contact avec l'eau acidifiée.

Après l'acidification, l'eau brute est généralement soumise à une étape de filtration pour éliminer les particules et les matières en suspension. Cette étape est essentielle pour éviter que les membranes d'osmose inverse ne soient obstruées et pour maintenir une bonne qualité de l'eau en entrée des modules d'osmose inverse.

En résumé, l'acidification est une méthode de prétraitement chimique efficace pour réduire la précipitation de sels et prévenir le colmatage des membranes d'osmose inverse dans le dessalement de l'eau de mer. Toutefois, cette méthode doit être utilisée avec précaution pour éviter les risques de corrosion et d'acidification excessive. La filtration est également une étape importante qui doit être prise en compte pour garantir des performances stables du procédé d'osmose inverse sur le long terme.

**2. Désinfection** : Pour garantir une eau de mer traitée exempte de micro-organismes, une étape de désinfection peut être réalisée en ajoutant des produits chimiques désinfectants tels que le chlore, le dioxyde de chlore ou l'ozone pour éliminer les bactéries, les virus et autres micro-organismes présents dans l'eau.

## **II-2.3 Différents procédés de dessalement**

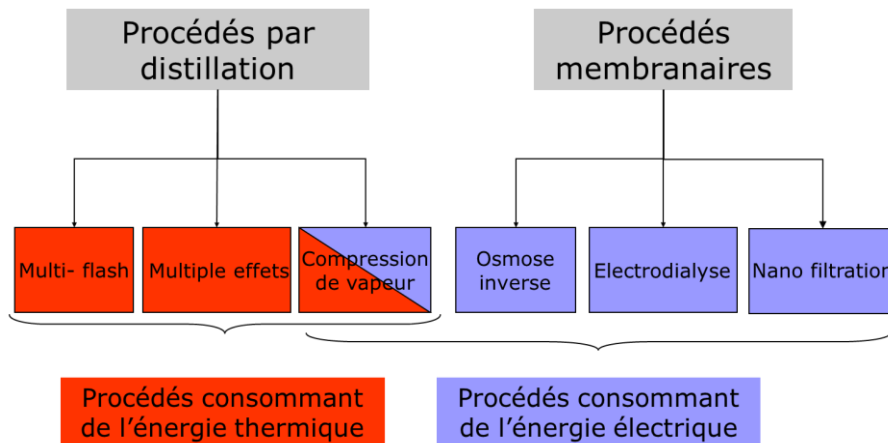
### **II-2.3.1 Procédés de distillation**

Depuis un certain temps, les systèmes de dessalement sont également utilisés à bord des navires en utilisant la chaleur récupérée des gaz d'échappement des moteurs diesel ou des chaudières. Cette approche permet de maximiser l'utilisation de l'énergie produite à bord et de convertir la chaleur résiduelle en eau douce par le biais du dessalement. Cette méthode est couramment utilisée sur les navires de croisière, les navires de charge, les bateaux de pêche et d'autres types de navires pour répondre à leurs besoins en eau potable (**Fig II.3**). Elle offre une

solution pratique et économique pour fournir de l'eau douce aux équipages et aux passagers lorsqu'ils sont en mer, sans dépendre de l'approvisionnement en eau douce à partir de sources externes. Cette utilisation du dessalement sur les navires illustre la polyvalence de cette technologie dans différents contextes et son rôle important dans la fourniture d'eau potable dans des environnements où l'eau douce est limitée ou inaccessible.



**Fig II.3:** Eau de mer chauffée pour extraire de l'eau dessalée par condensation de la vapeur [Source : Meteorologica]



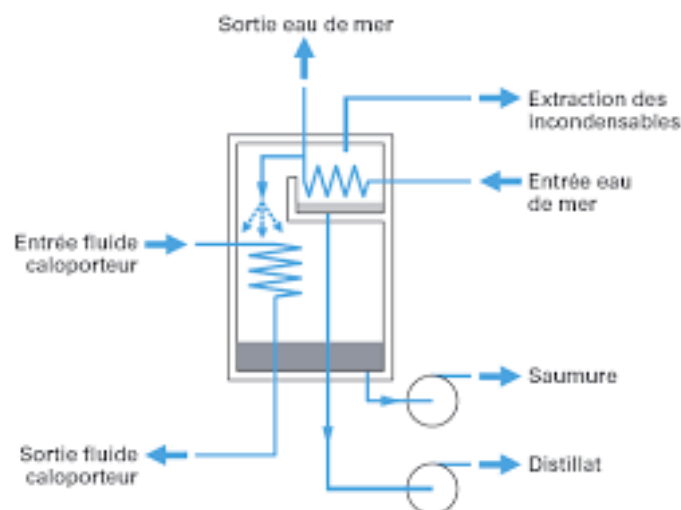
**Fig II.4:** Les différents procédés de dessalement (Bandelier, 2016)

### II-2.3.1.1 Distillation à simple effet

La distillation à simple effet est un processus de dessalement de l'eau qui produit directement de la vapeur à la pression atmosphérique, qui est ensuite condensée pour obtenir de l'eau douce (Fig II.4). Cette méthode était largement utilisée par le passé, notamment sur les navires, pour produire de l'eau potable à partir d'eau de mer. Cependant, avec l'avancement des technologies de dessalement, la distillation à simple effet est devenue moins courante en dehors de l'industrie maritime.

En effet, bien que la distillation à simple effet soit relativement simple et robuste, elle a quelques inconvénients majeurs. Tout d'abord, elle consomme beaucoup d'énergie pour produire de la vapeur à la pression atmosphérique, ce qui la rend moins efficace en termes de consommation énergétique par rapport à d'autres technologies de dessalement plus avancées, comme l'osmose inverse. De plus, la distillation à simple effet génère également une grande quantité de chaleur résiduelle, qui peut être difficile à gérer et à dissiper, notamment sur les navires où l'espace est limité.

Ainsi, de nos jours, la distillation à simple effet est principalement utilisée sur les navires où elle peut être alimentée par la chaleur récupérée des gaz d'échappement des moteurs diesel ou des chaudières.



**Fig II.5 : Distillation à simple effet (MRE ,2021)**

### II-2.3.1.2 Distillation à effet multiple

La distillation à multiple effet (MED) comporte une série de cellules fonctionnant à des pressions et des températures décroissantes. Les pertes de chaleur sont inférieures et le rendement meilleur. Il peut être augmenté s'il y a compression de la vapeur. Les coûts énergétiques importants sont de l'ordre de 15 kWh par m<sup>3</sup> (Dunglas, 2014).

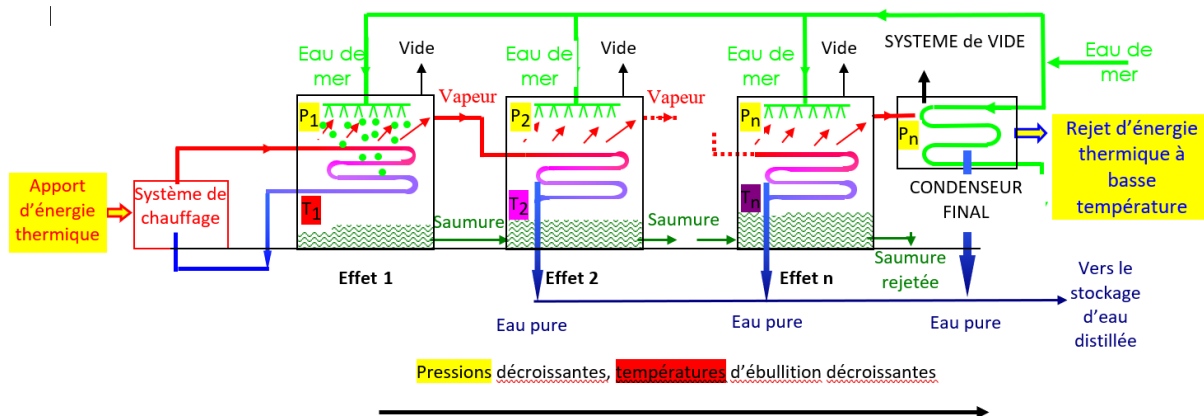
La distillation à effet multiple (ou MED) est basée sur le principe de la juxtaposition de plusieurs cellules fonctionnant selon le principe de l'effet simple. Chaque cellule est conçue pour fonctionner à une température et une pression légèrement inférieures à celle de la cellule voisine, ce qui permet de vaporiser l'eau de mer à des températures de plus en plus basses au fur et à mesure qu'elle passe à travers les cellules successives.

L'installation de distillation à effet multiple est constituée par la juxtaposition de plusieurs de ces cellules, généralement en série, de manière à créer un processus en cascade où la vapeur

produite dans une cellule est utilisée comme fluide de réchauffage pour la cellule suivante, et ainsi de suite. La première cellule, également appelée le "premier effet", est celle où l'eau de mer est portée à ébullition en utilisant un fluide de réchauffage, tel que de la vapeur d'eau ou de la chaleur récupérée d'une source externe.

En raison de la diminution de la température d'ébullition avec la pression, les cellules suivantes, appelées les "effets" subséquents, fonctionnent à des pressions légèrement inférieures à celle de la cellule précédente, ce qui permet de vaporiser l'eau de mer à des températures de plus en plus basses. Cela permet d'améliorer l'efficacité énergétique du processus, car la chaleur récupérée de la vapeur produite dans une cellule est utilisée pour vaporiser l'eau de mer dans la cellule suivante, réduisant ainsi les pertes de chaleur et améliorant le rendement global du processus.

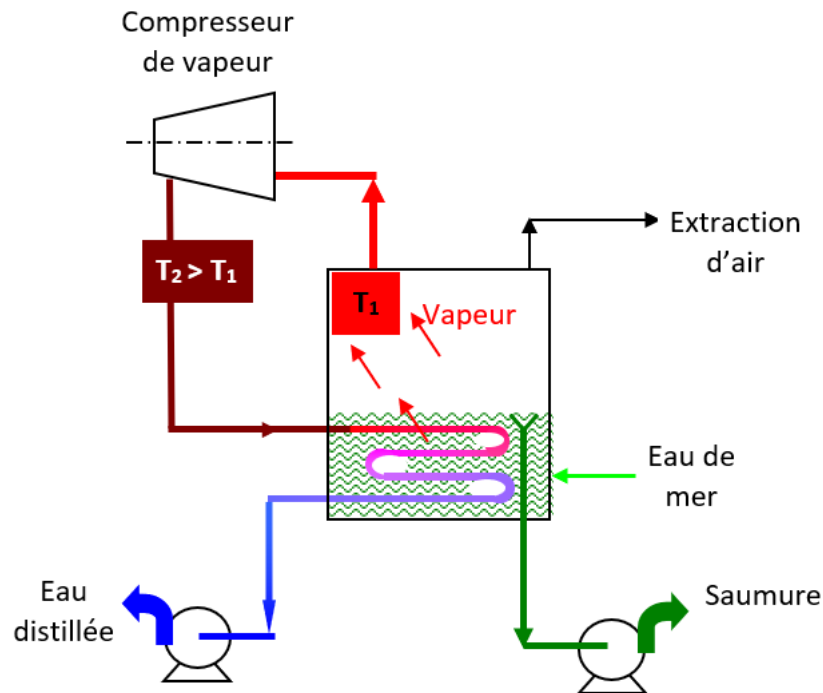
Il est important de noter que la limite basse de température d'ébullition est déterminée par la température de l'eau de mer froide utilisée pour condenser la vapeur dans la dernière cellule. Une fois que la vapeur a été condensée et transformée en eau douce, elle peut être collectée comme produit final de l'installation de distillation à effet multiple.



**Fig II.6 :** Schéma de principe d'un système d'évaporateurs multiples effets (Viviane Renaudin ; 2003)

### II-2.3.1.3 Distillation avec compresseur de vapeur

L'eau salée arrive dans un évaporateur, où elle se vaporise aux environs de  $100^{\circ}\text{C}$  grâce à un serpentin auxiliaire de vapeur qui est ensuite mis hors circuit (Figure). La vapeur d'eau à la pression atmosphérique et vers  $100^{\circ}\text{C}$  est alors aspirée par un compresseur qui la porte à une pression relative de l'ordre de 0,2 bar, avec une surchauffe de l'ordre de seulement  $6^{\circ}\text{C}$ , la vapeur surchauffée passe ensuite dans le serpentin principal de l'évaporateur où elle se condense. Parmi les avantages de la thermo compression c'est son haut rendement, on peut retirer environ  $0,8 \text{ m}^3$  d'eau douce de  $1 \text{ m}^3$  d'eau brute (Bechki, 2011).



**Fig II.7 :** schéma de principe d'une unité d'évaporation simple-effet avec compression de vapeur (Viviane Renaudine ; 2003)

#### II-2.3.1.4 Distillation par détente successive ou procédé 'Flash'

La distillation par détente successive ou flash (MSF). L'eau salée froide est introduites dans les cellules successives dans des serpentins. Elle condense la vapeur qui s'y trouve en se réchauffant progressivement. Après chauffage elle est introduite à la base des cellules ou elle vaporise l'eau salée. Eau condensée et saumure sont récupérées (Dunglas , 2014) .

#### II-2.3.2 Procédés membranaires

##### II-2.3.2.1 Electrodialyse

L'électrodialyse (ED) utilise deux sortes de membranes l'une filtrant les cations et arrêtant les anions l'autre filtrant les anions et arrêtant les cations. L'eau de mer est soumise à un courant électrique qui entraîne les ions qui sont bloqués par les membranes. Le système est constitué par un empilement de cellules dans lesquelles les ions se concentrent ou se raréfient. Le système n'est rentable que pour les faibles concentrations (eaux saumâtres) (Dunglas , 2014).

L'électrodialyse est bien adaptée aux eaux saumâtres dont la salinité est assez faible, inférieure à celle de l'eau de mer. C'est une technique assez peu consommatrice en énergie mais elle ne convient qu'à la faible préparation de liquide. De plus, elle est productrice de résidus polluants, assez "encombrants", notamment d'eau de Jave.

II-2.3.2.2 Osmose Inverse

On appelle osmose le transfert de solvant (eau dans la plupart des cas) à travers une membrane semi-perméable sous l'action d'un gradient de concentration.

Soit un système à deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le phénomène d'osmose va se traduire par un écoulement d'eau dirigé de la solution diluée vers la solution concentrée. Si l'on essaie d'empêcher ce flux d'eau en appliquant une pression sur la solution concentrée, la quantité d'eau transférée par osmose va diminuer. Il arrivera un moment où la pression appliquée sera telle que le flux d'eau s'annulera. Si, pour simplifier, nous supposons que la solution diluée est de l'eau pure, cette pression d'équilibre est appelée pression osmotique (Boumeis et Dahmane, 2009).

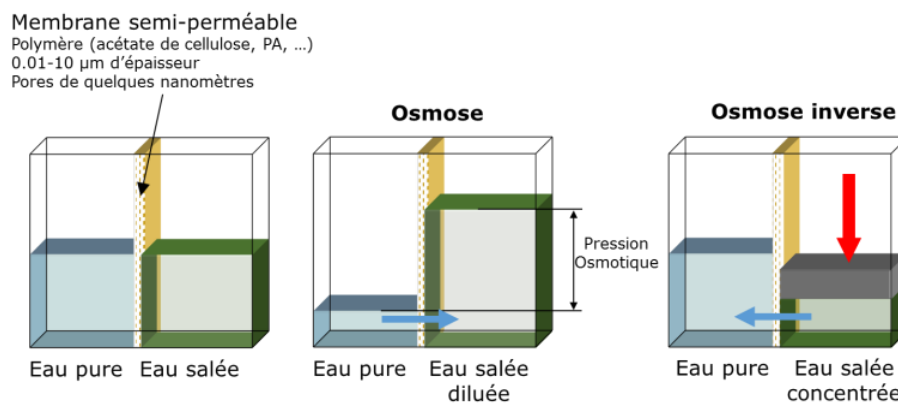


Fig II.8: Principe de l'osmose et l'osmose inverse (Philippe Bandilier ;2016)

Une augmentation de la pression au delà de la pression osmotique va se traduire par un flux d'eau dirigé en sens inverse du flux osmotique, c'est-à-dire de la solution concentrée vers la solution diluée :c'est le phénomène d'osmose inverse. (Boumeis et Dahmane, 2009)

La loi de van't Hoff permet de calculer la pression osmotique  $\pi$  pour les solutions diluées(Boumeis et Dahmane, 2009).

$$\Pi = i \times C \times R \times T$$

i: le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

C: la concentration en sels en mol.m<sup>-3</sup>

R: la constante des gaz parfaits R=8,314 J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

T: la température absolue de la solution en Kelvin.

i: le nombre d'ions dissociés dans le cas d'un électrolyte,

C: la concentration en sels en mol.m<sup>-3</sup>

T: la température absolue de la solution en Kelvin

R: la constante des gaz parfaits

R=8,314J.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

**Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse:**

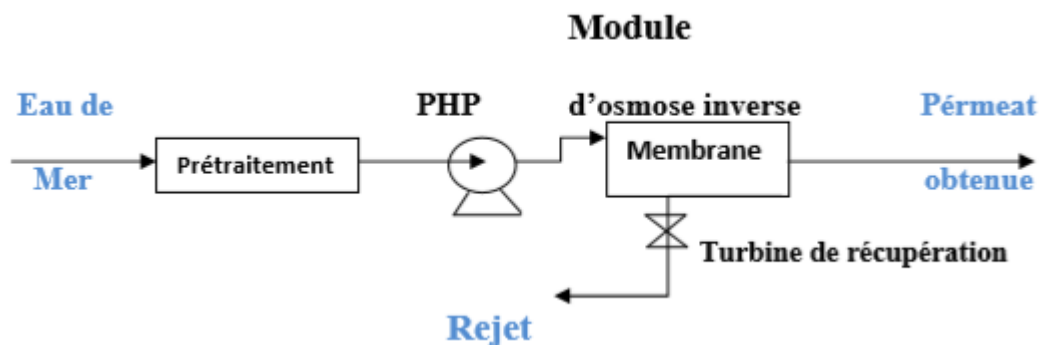
Le dessalement par osmose inverse nécessite d'abord un pré-traitement très poussé (débit) de l'eau de mer pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits.

Il est nécessaire de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 10 à 50  $\mu\text{m}$  selon le type de module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'une pré-filtration grossière puis d'une filtration sur sable pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Puis un traitement biocide et une acidification sont nécessaires pour éviter le développement de micro-organismes sur la membrane et éviter la précipitation de carbonates. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

De plus, un deuxième phénomène intervient lors de l'osmose inverse, il s'agit de la polarisation de concentration de la membrane. En effet, au cours du temps, la concentration de la solution salée augmente puisque la majorité des molécules sont retenues d'un seul côté de la membrane.

L'eau non filtrée est appelée rétentat (rejet) tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée perméat.

Afin de limiter la consommation d'énergie du procédé, on peut placer sur le circuit du rétentat une turbine qui permet de récupérer une partie de l'énergie contenue dans ce fluide sous haute pression (Boumeis et Dahmane, 2009).



**Fig II.9 :** Eléments constitutifs d'une unité d'osmose inverse

**II-2.3.3 Autres procédés de dessalement**

D'autres méthodes sont de congélation, distillation à membrane, l'humification solaire et processus solaires et éoliens. Ces processus n'ont pas réalisé le même niveau de succès commercial, mais ils peuvent prouver l'objet de valeur dans des circonstances spéciales ou encore avec d'autres avancées ou améliorations technologiques.

Les éléments communs à tous les processus sont le besoin d'énergie et de production d'un haut jet de concentré appelé le rejet de saumure ou le jet de rebut, ce qui prouve que les méthodes de distillation sont des consommateurs d'énergie élevée indépendamment de teneur en sel dans l'eau,

considérant que OI a une demande énergétique inférieure selon la concentration en sels. Avances technologiques dans le transfert thermique, technologie de membrane, machines de récupération d'énergie, la fabrication des produits chimiques pour le traitement de l'eau et la combinaison des méthodes ou des processus ont réduit la consommation d'énergie par mètre cube (Nicos, 2005).

#### **II-2.3.3.1 Echange ionique**

Le phénomène d'échange d'ions se produit quand on met en contact une eau saumâtre avec certaines substances insolubles ayant la propriété d'échanger certains de leurs ions avec les sels de l'eau. Les produits employés actuellement sont des produits insolubles dénommés échangeurs d'ions (résines synthétiques sous la forme de graines d'environ 0,3 à 1,5 mm). Cette méthode est applicable seulement pour les eaux contenant jusqu'à 10 g/L de sel (Bechki, 2011).

#### **II-2.3.3.2 Dessalement par congélation**

La désalinisation par congélation repose sur le changement de phase de l'eau de mer, passant de l'état liquide à l'état solide. Selon les lois de la thermodynamique, la glace formée à partir de l'eau de mer est considérée comme pure. Elle peut être séparée de la solution concentrée et ensuite fondue pour obtenir de l'eau douce. Cependant, en pratique, la glace peut être contaminée par les sels lors du processus de congélation en raison de facteurs cinétiques, ainsi que par la saumure pendant la séparation de la glace et de la solution. Il est donc nécessaire de minimiser cette contamination dans le procédé.

#### **II-2.3.3.3 Distillation solaire**

La distillation solaire est une méthode simple qui peut être utilisée de manière rudimentaire, mais elle convient uniquement aux régions où l'ensoleillement est suffisant. Dans ce processus, de l'eau salée est placée dans un bac qui se réchauffe rapidement (surtout si le bac est de couleur noire) avec l'augmentation de la température. Une partie de l'eau s'évapore alors et la vapeur d'eau se condense sur la surface intérieure de la vitre transparente. Parfois, des gouttelettes d'eau se forment, glissent le long de la vitre et tombent dans un collecteur situé dans un coin. Il est important de nettoyer régulièrement le bac pour éliminer les traces de sel.

#### **II-2.4 Post traitement ou minéralisation**

Post-traitement : L'eau dessalée subit généralement un post-traitement pour ajuster sa qualité et son adéquation à l'utilisation finale. Cela peut inclure l'ajout de produits chimiques pour ajuster le pH, la reminéralisation pour ajouter des sels minéraux, la désinfection pour éliminer les bactéries et autres micro-organismes, et la filtration finale pour éliminer les dernières impuretés.

**II-3 Problèmes techniques rencontrés en dessalement****II-3.1 Entartrage**

L'entartrage se produit lorsque des dépôts minéraux, tels que le calcaire, se forment à l'intérieur des équipements de dessalement, notamment les échangeurs de chaleur, les membranes d'osmose inverse et les tubes de distillation. Ces dépôts peuvent réduire l'efficacité du processus de dessalement en obstruant les canaux de circulation d'eau et en diminuant la performance des équipements. L'entartrage peut être causé par la présence de sels dissous dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre, ainsi que par des variations de température et de pression (**Elimelech et Phillip, 2011**).

**II-3.2 Corrosion**

La corrosion est un problème courant dans les installations de dessalement, car l'eau de mer et l'eau saumâtre contiennent des niveaux élevés de sels dissous, d'oxygène et d'autres composés chimiques corrosifs. La corrosion peut endommager les équipements de dessalement, notamment les pompes, les valves, les échangeurs de chaleur et les réservoirs, ce qui peut entraîner des fuites, une perte d'efficacité et une diminution de la durée de vie des équipements (**Hasan et Sadrzadeh, 2019**).

Les conséquences préjudiciables de la corrosion engendrent diverses problématiques telles que

- La défaillance des conduites.
- L'altération de la surface par l'augmentation de la rugosité.
- Les pertes d'eau conséquentes aux fuites.
- La contamination de l'eau due à l'introduction de agents extérieurs.

**II-3.3 Colmatage ou fouling**

**Colmatage** : Le colmatage se produit lorsque des particules solides, telles que des sédiments, des algues, des bactéries et d'autres contaminants, s'accumulent à la surface des membranes d'osmose inverse ou d'autres équipements de dessalement. Cela peut réduire la capacité de production d'eau douce et augmenter la pression de fonctionnement des équipements, ce qui peut entraîner une augmentation de la consommation d'énergie et une diminution de la performance globale du système de dessalement (Kim et Hong, 2017).

**Fouling** : Le fouling est un problème similaire au colmatage, mais il est généralement causé par des dépôts de matières organiques, tels que des algues, des bactéries et d'autres microorganismes, sur les surfaces des équipements de dessalement. Le fouling peut entraîner une diminution de la performance des équipements, une augmentation de la consommation d'énergie et des coûts d'entretien plus élevés (Subramani et Jacangelo, 2015).

Pour prévenir ces problèmes techniques, plusieurs mesures peuvent être prises, telles que l'utilisation de prétraitements appropriés pour éliminer les contaminants de l'eau de mer ou de l'eau

saumâtre, la surveillance et l'entretien réguliers des équipements de dessalement, ainsi que l'utilisation de matériaux résistants à la corrosion et à l'entartrage. Il est également important de choisir les technologies de dessalement appropriées en fonction des caractéristiques de l'eau à traiter et de mettre en œuvre des programmes de maintenance et de nettoyage efficaces pour minimiser l'impact de ces problèmes techniques sur la performance des installations de dessalement.

#### **II-4 Nettoyage des membranes**

Le but du nettoyage des membranes est de prévenir le colmatage irréversible de la perméabilité, ce qui permet de prolonger leur durée de vie. Les techniques de nettoyage comprennent :

- Le nettoyage mécanique : rapide mais partiel, cette méthode consiste à décoller et éliminer les accumulations de matière sur les membranes en utilisant des forces mécaniques.
- Le nettoyage chimique : nécessitant un arrêt périodique de la production, cette méthode entraîne des coûts liés à l'utilisation de solutions de lavage et au traitement des effluents. Elle implique une séquence de lavages acides et basiques, suivie de phases de rinçage.
- Le nettoyage enzymatique : qui représente une alternative aux traitements chimiques. Il peut être utilisé pour les membranes sensibles aux réactifs chimiques, au pH ou à la température élevée, ainsi que dans les cas de colmatage avancé.

#### **II-5 Situation et évolution du marché du dessalement**

Effectivement, le marché du dessalement de l'eau connaît actuellement un regain d'intérêt à l'échelle mondiale. De nombreux pays, au-delà des régions traditionnellement associées au dessalement, tels que les pays pétroliers du Moyen-Orient et les îles touristiques, investissent dans la construction d'usines de dessalement pour répondre à leurs besoins en eau douce.

Outre les pays à climat chaud, d'autres puissances économiques telles que les États-Unis, l'Australie et la Chine, adoptent également le dessalement comme une solution pour garantir l'approvisionnement en eau de leur population. La stabilité de la demande en eau douce est devenue une préoccupation majeure dans ces pays en raison de la croissance démographique, de l'urbanisation rapide et du changement climatique.

Les capacités des usines de dessalement peuvent varier en fonction des besoins spécifiques de chaque pays. Certaines usines sont de grande envergure, alimentant des réseaux d'approvisionnement en eau de grande envergure, tandis que d'autres sont de plus petite taille, destinées à des communautés locales ou à des zones isolées. Cette diversité de capacités démontre la flexibilité du marché du dessalement pour s'adapter aux besoins spécifiques de différents pays et régions.

**II-5.1 Capacité installée**

La capacité installée de dessalement dépend de nombreux facteurs, tels que la disponibilité de l'eau brute, les besoins en eau potable de la population, les ressources financières et techniques disponibles, etc. Par conséquent, il est difficile de donner une réponse précise sans connaître les détails spécifiques d'un projet de dessalement donné.

Cependant, il convient de noter que la capacité installée de dessalement dans le monde est en constante augmentation. Selon le rapport de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) sur l'eau de 2020, la capacité installée de dessalement dans le monde a augmenté de 57% depuis 2010, atteignant environ 98 millions de mètres cubes par jour en 2019.

De plus, plusieurs pays ont des capacités importantes en matière de dessalement, tels que l'Arabie Saoudite, les Émirats Arabes Unis, Israël, l'Espagne, les États-Unis, l'Australie et la Chine. Ces pays ont mis en place des infrastructures importantes pour répondre aux besoins en eau potable de leur population et/ou pour l'irrigation agricole (**Agence internationale de l'énergie.2020**).

La capacité installée de dessalement en Algérie s'élève à environ 1,1 million de mètres cubes par jour, ce qui représente environ 2% de la capacité installée de dessalement dans le monde. La majorité de cette capacité est située sur la côte méditerranéenne du pays.

L'Algérie a commencé à développer ses capacités de dessalement dans les années 1990 pour faire face aux défis liés à l'accès à l'eau potable, en particulier dans les zones côtières où les ressources en eau douce sont limitées. Aujourd'hui, le pays dispose d'un certain nombre de grandes installations de dessalement, dont certaines sont construites en partenariat avec des entreprises étrangères.

En plus des installations de dessalement, l'Algérie a également mis en place un certain nombre de projets de gestion de l'eau, tels que la construction de barrages et la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation. Cependant, malgré ces efforts, l'Algérie reste confrontée à des défis importants en matière d'accès à l'eau potable, en particulier dans les zones rurales et semi-arides de l'intérieur du pays (**Bouzerara et al , 2020**).

En conclusion, la capacité installée de dessalement varie considérablement selon les projets et les pays. Cependant, il est clair que le dessalement est de plus en plus considéré comme une solution pour répondre aux besoins en eau potable dans le monde.

**II-5.2 Coût du dessalement**

Le coût du dessalement a baissé de moitié au cours des dix dernières années, avec cependant une remontée de prix récente, conséquence de la hausse de coût des matières premières, dont l'acier inox. Au plan économique, les coûts d'investissement sont de 1000 à 1200 €/m<sup>3</sup> /j pour la distillation en thermique MED, et de 900 à 1000 €/m<sup>3</sup> /j pour l'Osмосe Inverse. Le coût de l'eau dessalée est estimé en faisant la somme des trois postes suivants : charges financières, coût de

l'énergie, coûts de conduite exploitation et entretien. Le coût de l'eau saumâtre dessalée est nettement inférieur à celui de l'eau de mer dessalée. Il ressort, pour de grandes unités, à 0,2 à 0,3€/m<sup>3</sup> en eau saumâtre contre 0,4 à 0,6€/m<sup>3</sup> en eau de mer (Source Constructeurs, coûts vérifiés). Ces chiffres sont plus élevés pour des unités plus petites, moins performantes ou anciennes, et bien sûr très sensibles au coût de l'énergie électrique qui diffère selon les pays, et qui est moins élevée dans les pays pétroliers et gaziers comme l'Algérie et les pays du Golfe. L'effet de taille fait baisser le coût de l'eau douce obtenue, d'où l'intérêt de construire des installations de capacité importante, si la demande le justifie et en veillant aux impacts environnementaux. Il est également important de rappeler que le coût de mobilisation d'un mètre cube d'eau conventionnelle est compris entre 0,1 et 0,3 €/m<sup>3</sup> et celui de la réutilisation des eaux usées entre 0,3 et 0,5 €/m<sup>3</sup> 4 . L'eau dessalée pour de grandes unités coute donc environ 2 fois plus que l'eau conventionnelle et 1,5 fois plus que l'eau réutilisée, mais avec des grandes différences selon les situations de terrain. A capacité identique, le recyclage des eaux usées est nettement moins cher que le dessalement d'eau de mer (l'énergie dépensée est réduite au moins de moitié) (Boyé. H , 2008).

**II-5.3 Dessalement en Algérie**

L'Algérie possède 21 usines de dessalement en 2019 réparties le long des 14 wilayas côtières, fournissant 17 % de l'eau consommée dans le pays et alimentant 6 millions de personnes ; deux autres usines sont en projet. Le pays projette de porter le nombre d'usines de dessalement à 43 (MRE ;2023)

**Tableau 1 : les stations de dessalement en Algérie et leur capacité (MRE ;2023)**

La wilaya	La stations de dessalement	Capacité
Chlef	-Ténès -Beni Haoua (en cours de réalisation)	-200 000 m <sup>3</sup> /jour -5 000 m <sup>3</sup> /jour
Béjaia	Tighremt dans la commune de Toudja ( en construction)	300 000 m <sup>3</sup> /jour
Tlemcen	- Souk Tléta - Honaïne	-200 000 m <sup>3</sup> /jour -200 000 m <sup>3</sup> /jour
Tizi Ouzou	Tigzirt	2 500 m <sup>3</sup> /jour
Alger	-Hamma - Staoueli (Palm Beach) - Aïn Benian - Zeralda - Bordj El Kiffan -El-Marsa en projet	-200 000 m <sup>3</sup> /jour -7 500 m <sup>3</sup> /jour -10 000 m <sup>3</sup> /jour - 10 000 m <sup>3</sup> /jour - 10 150 m <sup>3</sup> /jour
Jijel	Jijel	200 000 m <sup>3</sup> /jour
Skikda	Skikda	100 000 m <sup>3</sup> /jour
Mostaganem	Mostaganem	200 000 m <sup>3</sup> /jour
Oran	-Arzew	-90 000 m <sup>3</sup> /jour

	- Bousfer -Aïn Turck - Mactââ - Cap Blanc (commune de Aïn El Kerma) (en construction)	-5 500 m <sup>3</sup> /jour -5 000 m <sup>3</sup> /jour -500 000 m <sup>3</sup> /jour - 300 000 m <sup>3</sup> /jour
Boumerdès	-Djinet - Corso (en projet) -Cap Djinet (en construction)	-100 000 m <sup>3</sup> /jour -300 000 m <sup>3</sup> /jour
El Tarf	-El Tarf -Koudiet Eddraouche, commune de Berrihane (en construction)	-50 000 m <sup>3</sup> /jour -300 000 m <sup>3</sup> /jour
Tipaza	-Oued Sebt -Douaouda dite "Fouka 1" - Bousmail -Fouka 2 ( en construction)	-100 000 m <sup>3</sup> /jour -120 000 m <sup>3</sup> /jour -10 000 m <sup>3</sup> /jour
Aïn Témouchent	-Béni Saf -Chatt El Hilal	-200 000 m <sup>3</sup> /jour -200 000 m <sup>3</sup> /jour
Annaba	-Annaba -Echat ( en construction)	-50 000 m <sup>3</sup> /jour

## II.6 .Les nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer

### II.6.1. Une nouvelle technique pour dessaler l'eau de mer en quelques minutes

Une équipe de l'Institut coréen de génie civil et de technologie du bâtiment a mis au point un nouveau dispositif permettant de transformer l'eau de mer en eau potable. Il s'agit d'une membrane en nanofibres électrofilées, qui dans le cadre d'une distillation membranaire, offre des performances stables et durables. Cette technologie ouvre potentiellement la voie à une solution de dessalage de l'eau de mer à grande échelle.

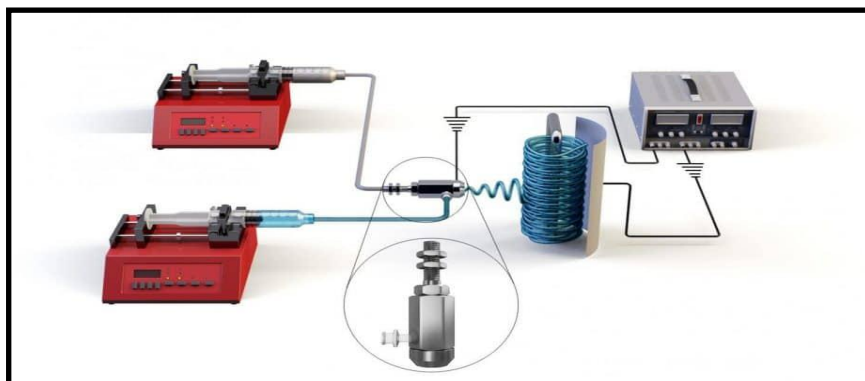


Fig II.10 : Schéma du dispositif d'électrofilage coaxial

Notre planète est recouverte à 72% d'eau. Mais de ces centaines de millions de kilomètres

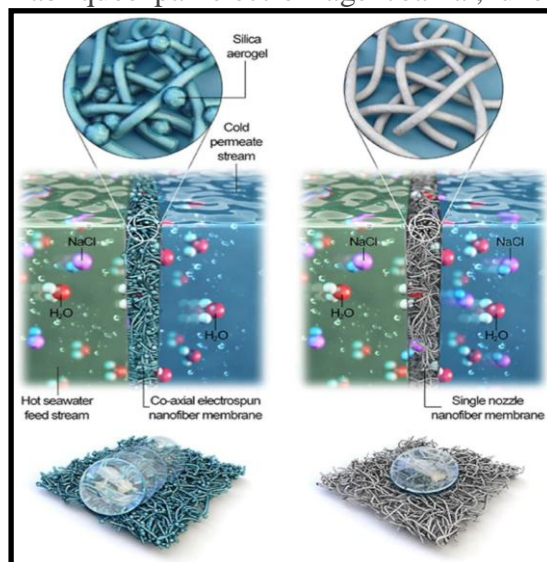
cubes d'eau, l'eau douce ne représente que 2,5%. Aujourd'hui, selon l'Organisation mondiale de la Santé, 785 millions de personnes dans le monde ne disposent même pas d'un service de base d'alimentation en eau potable. Et d'ici 2025, plus de la moitié de la population mondiale vivra dans des régions soumises au stress hydrique. Il est donc urgent de développer des solutions permettant d'exploiter l'eau des océans pour couvrir les besoins de l'humanité.

Dans ce contexte, la distillation membranaire — un procédé thermique qui consiste à transporter de la vapeur d'eau à travers une membrane poreuse hydrophobe — connaît un intérêt croissant. Les membranes en nanofibres électrofilées habituellement utilisées affichent une surface spécifique, une hydrophobie et une porosité élevées. Toutefois, elles souffrent d'importants problèmes de mouillage, qui amenuisent leurs performances et restreignent largement leur temps d'utilisation. Des chercheurs proposent aujourd'hui une solution à ce problème.

**II.6.2.Des performances accrues par l'électrofilage coaxial**

Dans une distillation membranaire, le caractère hydrophobe de la membrane empêche le liquide de pénétrer dans les pores grâce à la tension de surface. Si une membrane présente un mouillage pendant l'opération de distillation — ce qui signifie que la phase liquide finit par pénétrer dans les pores malgré l'hydrophobie de la membrane — elle doit être remplacée. En effet, lorsqu'une membrane est complètement mouillée, elle devient inefficace et le perméat est de mauvaise qualité. Or, le mouillage progressif des membranes a été particulièrement observé lors d'opérations de distillation de longue durée.

Une équipe de l'Institut coréen de génie civil et de technologie du bâtiment, dirigée par le Dr Yun Chul Woo, a donc mis au point un nouveau type de membrane, plus résistant au mouillage. Cette membrane ont été fabriquée par électrofilage coaxial, une nanotechnologie qui permet d'obtenir des non tissées en une seule adoptent une structure augmente la rugosité de meilleure hydrophobie. distillation stable sur le long terme.



membranes en nanofibres étape. Les nanofibres hiérarchique en 3D, qui surface, offrant ainsi une En limitant le mouillage, la membranaire se fait plus

**Fig II.11 :** Illustration décrivant le principe de la membrane fabriquée par électrofilage coaxial, qui affiche de meilleures performances que les membranes traditionnelles.

Les chercheurs ont utilisé du poly(fluorure de vinylidène-co-hexafluoropropylène) comme noyau et un aérogel de silice comme gaine de ces nanofibres, afin de produire une membrane composite coaxiale dotée d'une surface superhydrophobe. Il se trouve que l'aérogel de silice présente une conductivité thermique beaucoup plus faible que celle des polymères conventionnels, ce qui a entraîné une augmentation du flux de vapeur d'eau pendant le processus de distillation (due à une réduction des pertes de chaleur conductrices).

La plupart des études antérieures visant à tester des membranes en nanofibres électrofilées dans le cadre de distillations membranaires rapportent des durées de vie de moins de 50 heures. La membrane coaxiale développée par Woo et son équipe s'est montrée efficace pendant un mois ! Pendant tout ce laps de temps, elle a permis d'extraire 99,99% du sel présent dans une solution de chlorure de sodium à 3,5%.

Ces performances exceptionnelles sont dues d'une part à son faible angle de glissement et d'autre part, à sa faible conductivité thermique, qui permet de s'affranchir des problèmes de polarisation de température (les pertes de chaleur par conduction diminuent les performances du flux de vapeur d'eau pendant la distillation membranaire). Grâce à ses propriétés uniques, elle est restée efficace sur le long terme, sans présenter de problème de mouillage ou d'encrassement ; cette technologie pourrait ainsi bel et bien contribuer à résoudre la pénurie d'eau douce dans le monde.

Pour le Dr Woo, si l'on souhaite qu'un dispositif de distillation membranaire soit développé à l'échelle industrielle puis commercialisé, il est plus important de disposer d'un processus stable que d'une performance de flux de vapeur d'eau élevée. Sa membrane présente ces deux avantages. « La membrane coaxiale en nanofibres électrofilées a un fort potentiel pour le traitement des solutions d'eau de mer sans souffrir de problèmes de mouillage et peut être la membrane appropriée pour les applications de distillation membranaire à l'échelle réelle »,

conclut-il.

L'accès à l'eau potable est un enjeu majeur de développement dont sont privées des centaines de millions de personnes dans le monde. Et pourtant, sur notre planète bleue, ce n'est pas l'eau qui manque, mais elle provient en très grande partie des océans et des mers et est donc salée et imbuvable. Il existe déjà des technologies de dessalement de l'eau de mer mais elles sont coûteuses et énergivores. Une nouvelle invention, qui exploite l'énergie solaire, s'annonce très prometteuse.

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 785 millions de personnes dans le monde n'ont pas accès à une source d'eau potable appropriée. La crise climatique ne fait qu'empirer les choses. L'eau salée, qui représente environ 97 % de l'eau de notre planète, constitue une immense ressource inexploitée. Il est urgent de trouver des solutions pour la rendre utile et sûre.

Selon la revue « Nature Sustainability », des scientifiques ont mis au point une technologie qui permet de transformer l'eau de mer en eau potable en moins de 30 minutes à l'aide de la lumière du soleil. "La lumière solaire est la source d'énergie la plus abondante et la plus renouvelable sur Terre", a déclaré le professeur Huanting Wang, du département de génie chimique de l'université Monash, en Australie, au Daily Mail britannique. "Le nouveau procédé de dessalement à base d'adsorbant que nous avons développé, qui utilise la lumière du soleil pour la phase de régénération, offre une solution de dessalement écoénergétique et durable sur le plan environnemental."

### **II.6.3. Les options renouvelables pour le dessalement**

#### **II.6.3.1. Éolienne**

Le vent est une source d'énergie renouvelable populaire et établie qui peut produire de l'électricité pour le dessalement par osmose inverse. La plupart des projets de dessalement à grande échelle alimentés par des énergies renouvelables utilisent l'énergie éolienne ([iea-etsap.org](http://iea-etsap.org)). Le dessalement éolien est particulièrement bien adapté aux communautés côtières et insulaires en raison de la proximité de la source d'énergie, de la source d'eau et de la population d'utilisateurs.

#### **II.6.3.2. Houlo motrice**

Les mers sont une source illimitée d'énergie cinétique. Une vague moyenne de 1,2 mètre et 10 secondes frappant une côte produit plus de 35 000 chevaux par mile de côte ([www.awa.asn.au](http://www.awa.asn.au))

L'énergie des vagues est difficile à exploiter, ([www.oceanenergycouncil.com](http://www.oceanenergycouncil.com)) mais il y a eu un pilote prometteur en Australie occidentale. En 2014, Garden Island est devenu le premier « projet houlomoteur à échelle commerciale au monde à démontrer à la fois la production d'énergie et d'eau douce à partir des vagues de l'océan », selon Water Technology ([e360.yale.edu](http://e360.yale.edu)) Un système de dessalement houlomoteur est également prévu au Cap-Vert, au large de la côte ouest de l'Afrique. Le développeur, Resolute Marine Energy, affirme que la centrale appelée Wave20 produira de l'eau potable à un tiers du prix des systèmes conventionnels. Le système exploite l'énergie des vagues pour pressuriser l'eau et la pomper vers une centrale de traitement à terre, tandis qu'une série de pagaies se déplace d'avant en arrière par les vagues pour créer de l'électricité qui est utilisée pour filtrer l'eau de mer. ([www.water-technology.net](http://www.water-technology.net))

### **II.6.3.3. Géothermique**

L'énergie géothermique peut générer de l'électricité et de la chaleur, ce qui la rend adaptée à la fois au dessalement thermique et par osmose inverse. Un projet sur l'île de Milos, en Grèce, a prouvé la viabilité de l'énergie géothermique pour le dessalement, en produisant 1920 m<sup>3</sup>/j d'eau douce pour la communauté locale à des coûts très bas. ([www.aquatechtrade.com](http://www.aquatechtrade.com)) Cependant, le processus est considérablement limité par l'emplacement.

### **II.6.3.4. Solaire**

L'énergie solaire est largement considérée comme ayant le plus grand potentiel en tant que source d'énergie renouvelable à long terme pour un dessalement durable. Il existe deux principaux types de dessalement par énergie solaire : Énergie solaire concentrée (CSP) et photovoltaïque (PV). L'énergie solaire concentrée génère de la chaleur directe et est généralement utilisée pour évaporer l'eau lors du dessalement thermique. L'énergie photovoltaïque utilise des panneaux solaires pour produire de l'électricité, qui alimentent les pompes pour l'osmose inverse. Selon la Banque mondiale, « Le dessalement solaire par osmose inverse basé sur l'énergie photovoltaïque est le premier choix d'énergie solaire et fait l'objet de recherches actuelles. ([www.aquatechtrade.com](http://www.aquatechtrade.com))

## **II-7 Conclusion**

En conclusion, le dessalement de l'eau de mer est une technique prometteuse pour répondre aux besoins croissants en eau potable dans de nombreuses régions du monde. Cependant, il présente également des défis et des limites qu'il est important de prendre en compte.

### **1. Avantages :**

- Fourniture d'une source d'eau potable : Le dessalement permet de convertir l'eau de mer en eau douce, qui peut être utilisée pour la consommation humaine, l'agriculture et d'autres besoins en eau.
- Disponibilité de ressources en eau supplémentaires : Étant donné que les océans couvrent une grande partie de la surface de la Terre, le dessalement offre un accès potentiel à des quantités importantes d'eau.

- Réduction de la dépendance aux précipitations : Les régions souffrant de pénuries d'eau ou de sécheresses peuvent bénéficier du dessalement en se libérant de la dépendance aux précipitations et aux sources d'eau douce naturelles.

## 2. Limites et défis :

- Coûts élevés : Le dessalement est une technologie coûteuse en raison de la consommation d'énergie importante et des infrastructures nécessaires. Cela peut limiter sa viabilité dans certaines régions, en particulier celles qui sont économiquement moins développées.
- Impact environnemental : Le processus de dessalement peut avoir des effets néfastes sur l'environnement, tels que la production de saumure concentrée qui est rejetée dans l'océan, pouvant causer des dommages à la vie marine.
- Consommation d'énergie : Le dessalement nécessite une quantité considérable d'énergie, généralement fournie par des sources non renouvelables, ce qui peut contribuer au changement climatique et à l'épuisement des ressources.
- Technologies en évolution : Bien que le dessalement soit une technique établie, il existe encore des améliorations à apporter en termes d'efficacité, de coûts et de durabilité des processus de dessalement.

En résumé, le dessalement de l'eau de mer est une solution potentielle pour faire face aux pénuries d'eau, mais il nécessite une évaluation minutieuse des coûts, des impacts environnementaux et de la disponibilité des ressources énergétiques. Il devrait être considéré comme une option complémentaire aux autres sources d'eau douce plutôt que comme une solution unique. La recherche continue et le développement de technologies plus efficaces et durables sont nécessaires pour maximiser les avantages du dessalement tout en minimisant ses inconvénients.

## *Chapitre III*

### *Impacts du dessalement sur l'environnement*

**III-1 Introduction**

Le dessalement de l'eau, en tant que méthode de conversion de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre en eau douce utilisable, a des répercussions sur l'environnement qui doivent être prises en compte. Bien qu'il puisse être considéré comme une solution cruciale pour répondre aux besoins croissants en eau potable, notamment dans les régions arides ou touchées par la pénurie d'eau, il est important de noter que des défis environnementaux lui sont associés. Ces défis nécessitent une analyse approfondie des impacts du dessalement sur les écosystèmes naturels.

Un des problèmes majeurs du dessalement est le rejet de saumure, un sous-produit extrêmement salin qui est relâché dans l'environnement. Lorsque cette saumure est déversée dans les écosystèmes marins, elle perturbe l'équilibre de salinité de l'eau, affectant ainsi la vie marine et les écosystèmes côtiers. Ce déséquilibre peut avoir des conséquences néfastes sur la diversité biologique et la santé des écosystèmes marins.

Un autre aspect à prendre en considération est la quantité significative d'énergie nécessaire pour le processus de dessalement. En général, cette énergie provient de sources non renouvelables, ce qui entraîne des émissions de gaz à effet de serre et contribue au changement climatique. Par conséquent, le dessalement peut avoir un impact indirect sur l'environnement en exacerbant les problèmes environnementaux existants.

De plus, les opérations de dessalement peuvent également perturber les écosystèmes marins en raison des prélèvements massifs d'eau nécessaires. Ces prélèvements peuvent affecter les populations de poissons et d'autres organismes marins, perturbant ainsi la biodiversité et les chaînes alimentaires marines.

Enfin, le dessalement peut créer une perception trompeuse d'une disponibilité illimitée en eau douce, ce qui peut entraîner une surexploitation des ressources en eau existantes, en particulier des sources d'eau douce. Cela met en péril l'équilibre fragile des écosystèmes d'eau douce, avec des conséquences potentielles sur la faune, la flore et la qualité de l'eau.

Il est donc essentiel de mener une évaluation approfondie des impacts environnementaux du dessalement afin de mettre en place des mesures d'atténuation appropriées. Les avancées technologiques et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables peuvent contribuer à réduire les impacts négatifs du dessalement sur l'environnement et à promouvoir une utilisation durable des ressources en eau.

Bien que le dessalement de l'eau puisse offrir une solution précieuse pour répondre aux besoins en eau potable, il est crucial de prendre en compte ses effets sur l'environnement. Une gestion responsable et des mesures d'atténuation adéquates sont nécessaires pour minimiser les impacts négatifs du dessalement et préserver l'intégrité des écosystèmes naturels.

**III-2 Origine et type des émissions et rejets**

Parmi les impacts associés à une usine de dessalement, on distingue ceux qui surviennent pendant la phase de construction et ceux qui sont liés à la phase d'exploitation. Les effets commencent par des changements dans l'occupation des sols, se poursuivent avec des impacts visuels et des nuisances sonores, et s'étendent aux émissions atmosphériques, aux rejets dans l'eau, ainsi qu'aux éventuels dommages causés à l'environnement récepteur.

Les activités de construction et d'exploitation peuvent engendrer toute une série d'impacts sur les zones côtières, notamment en affectant la qualité de l'air, la qualité de l'eau, la flore et la faune marines, ainsi que la perturbation d'écosystèmes importants. Cela peut également impliquer des opérations de dragage et d'élimination des déblais, des problèmes de bruit, des restrictions d'accès du public et des perturbations des activités récréatives.

Malgré l'utilisation de différents procédés de dessalement tels que l'osmose inverse, la distillation, l'électrodialyse, la congélation sous vide, etc., ils ont tous en commun le fait de retirer les substances minérales, notamment les sels, de l'eau de mer. En conséquence, dans tous les cas, il se forme un effluent (concentré) qui a une composition chimique similaire à celle de l'eau de mer d'origine, mais avec une concentration de 1,2 à 3 fois supérieure, ainsi que les produits chimiques utilisés lors des phases de prétraitement et de post-traitement.

En effet, divers produits chimiques et additifs sont utilisés lors du processus de dessalement pour prévenir le tartre ou la prolifération de microorganismes dans les circuits, sans quoi le bon fonctionnement de l'usine serait compromis. La composition des eaux résiduelles rejetées par les usines de dessalement dépend largement de la qualité de l'eau d'alimentation, de la qualité de l'eau douce produite et de la technique de dessalement employée. Cependant, les rejets des usines de dessalement ne se limitent pas à l'effluent de saumure concentrée, aux agents désinfectants et aux agents anti-salissures, mais incluent également des eaux chaudes et des effluents aqueux tels que les distillats et les condensats d'éjecteur.

**III-2.1 Émissions atmosphériques**

Les émissions dans l'atmosphère liées au processus de dessalement de l'eau varient en fonction des technologies utilisées et des pratiques spécifiques de chaque usine de dessalement. Cependant, il est possible d'identifier quelques émissions courantes de manière générale.

Premièrement, les émissions atmosphériques peuvent découler de la production d'énergie nécessaire au fonctionnement des installations de dessalement. Dans de nombreux cas, cette énergie provient de centrales électriques qui utilisent des combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel. La combustion de ces combustibles peut entraîner la libération de gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), contribuant ainsi au changement climatique et à la pollution de l'air.

De plus, le processus de dessalement lui-même peut également générer des émissions atmosphériques. Par exemple, dans les systèmes de distillation, de la vapeur est produite pour séparer l'eau douce des sels et des impuretés. Cette production de vapeur peut nécessiter de l'énergie thermique et engendrer des émissions liées à la combustion du combustible utilisé pour générer cette chaleur.

Par ailleurs, certaines technologies de dessalement peuvent utiliser des produits chimiques pour le prétraitement et le post-traitement de l'eau, ainsi que pour le nettoyage et l'entretien des installations. L'utilisation de ces produits chimiques peut provoquer des émissions atmosphériques lors de leur manipulation ou de leur évaporation.

Afin de réduire les émissions atmosphériques associées au dessalement de l'eau, diverses mesures peuvent être mises en place. Cela comprend l'adoption de sources d'énergie renouvelables pour alimenter les installations de dessalement, l'introduction de technologies avancées et plus efficaces afin de réduire la consommation d'énergie, ainsi que l'application de bonnes pratiques environnementales pour minimiser les pertes de produits chimiques et les émissions qui en découlent.

En résumé, les émissions atmosphériques résultant du dessalement de l'eau sont générées par la production d'énergie, le processus de dessalement lui-même et l'utilisation de produits chimiques. Pour réduire ces émissions, il est essentiel d'adopter des approches durables telles que l'utilisation d'énergies propres, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la gestion responsable des produits chimiques.

### **III-2.2 Rejets chimiques**

Les rejets chimiques du processus de dessalement de l'eau de mer dépendent du type de technologie utilisée. Les deux principales méthodes de dessalement sont l'osmose inverse et l'évaporation/condensation.

Ces produits chimiques ne sont pas les mêmes pour les principaux procédés de dessalement, à savoir MSF et l'osmose inverse. Les phases de pré- et de post-traitement des procédés de production d'eau potable sont exposées sur le tableau (III.1)

Dans le cas de l'osmose inverse, une membrane semi-perméable est utilisée pour filtrer le sel et les impuretés de l'eau de mer. Les principaux rejets chimiques dans ce processus sont liés à la prétraitement de l'eau de mer, qui peut impliquer l'utilisation de produits chimiques tels que des agents antiscalants pour prévenir la formation de dépôts sur la membrane, des agents de nettoyage pour éliminer les contaminants organiques et inorganiques, ainsi que des désinfectants pour tuer les microorganismes présents dans l'eau. Les rejets chimiques peuvent inclure des résidus de produits chimiques, de faibles quantités de métaux lourds et d'autres contaminants présents dans l'eau de mer initiale, ainsi que des sous-produits de réactions chimiques. Ces rejets chimiques

doivent être gérés conformément aux réglementations environnementales.

Dans le cas de l'évaporation/condensation, l'eau de mer est chauffée pour évaporer l'eau, laissant derrière elle les sels et les impuretés. Ensuite, la vapeur d'eau est condensée pour récupérer de l'eau douce. Ce processus génère généralement des rejets chimiques plus importants que l'osmose inverse, car une partie de l'eau de mer est évaporée, laissant derrière elle des concentrés salés hautement concentrés. Ces concentrés, contenant des sels et des impuretés, doivent être rejetés de manière appropriée pour éviter d'endommager l'écosystème marin. Dans certains cas, les concentrés peuvent être rejetés dans l'océan, mais cela nécessite une dilution adéquate pour minimiser les effets néfastes sur l'environnement

**Tableau III.1:** Résumé des phases de pré et post traitement et les produits chimiques ajoutés au cours de la production d'eau potable par dessalement (Henri Boyé, 2010).

Phase de pré et post traitement	Objet	Produits chimiques ajoutés	Devenir des produits
Ajustement du pH à 7	Diminue la concentration de carbonate (et la précipitation de carbonate). Protège la membrane contre l'hydrolyse	Acide (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Modifie le pH de l'eau produite et de la saumure concentrée, le sulfate est retenu dans la saumure concentrée
Antitartre	Prévient la formation de tartre sur les membranes	Agents chélateurs et dispersants	Les complexes formés sont retenus dans la saumure concentrée
Coagulation-filtration	Prévient les salissures et l'encrassement des membranes	Coagulants-floculants	Les agents floculants formés se séparent par décantation et sont éliminés par filtration
Désinfection	Prévient l'encrassement biologique et l'élimine les microorganismes qui se nourrissent des matières des Membranes	Chlore (ou biocides, UV)	Chlore également réparti dans le perméat et la saumure concentrée
Déchloration	Protège les membranes sensibles au chlore	Bisulfate de sodium ou charbon actif granulaire	Réagit avec le chlore pour former du sulfate et du chlorure qui sont retenus dans la saumure concentrée
Élimination des gaz dissous	Élimine les gaz nauséabonds, C, le radon et HS	Aération, Dégazage	Oxyde HS et nH 4 dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Ajustement du pH à 7	Prévient la corrosion du système de distribution, protège la flore et la	NaoH, carbonate de sodium	Accroît le niveau de sodium dans l'eau produite et dans la

	faune aquatiques en cas de rejet en surface	anhydre, chaux	saumure concentrée
Désinfection	Prévient la prolifération bactérienne dans le système de distribution, protège la flore et la faune aquatique si nécessaire	Chlore (ou Chlorométrie)	Le chlore est retenu dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Réduction du niveau de chlore	Élimine le chlore et d'autres oxydants	Bisulfite de sodium ou CAGE	Accroît les niveaux de sulfates et de chlorures dans l'eau produite et dans la saumure concentrée
Oxygénation	Accroît l'oxygène dissous à un niveau concourant au développement de la flore et de la faune aquatique	Aération	Accroît l'oxygène dissous dans la saumure concentrée
Élimination d'autres formes chimiques	Diminue tous les polluants susceptibles d'être présents dans l'eau produite et dans la saumure concentrée	Est fonction des formes chimiques	

Il convient de noter que les avancées technologiques sont en cours pour réduire l'impact environnemental des rejets chimiques du dessalement. Certaines installations de dessalement utilisent des processus de traitement supplémentaires pour minimiser les rejets chimiques, telles que des méthodes d'osmose inverse à faible consommation énergétique, des systèmes de récupération des sous-produits chimiques, et des techniques de gestion des concentrés plus efficaces.

### **III-3 Consommation énergétique**

La consommation énergétique dans le dessalement des eaux et les coûts associés sont étroitement liés, car la quantité d'énergie utilisée dans le processus influence directement les dépenses opérationnelles. Voici un résumé des informations concernant la consommation énergétique et les coûts dans le dessalement des eaux :

1. Osmose inverse : La consommation énergétique typique pour l'osmose inverse est d'environ 3 à 5 kilowattheures (kWh) par mètre cube d'eau dessalée. Les coûts énergétiques représentent une part importante des coûts totaux de production d'eau dessalée, généralement de l'ordre de 50 à 60 %.
2. Distillation thermique : La consommation énergétique dans la distillation thermique est plus élevée que celle de l'osmose inverse. Les chiffres peuvent varier, mais elle se situe

généralement entre 70 et 120 kWh par mètre cube d'eau dessalée. Par conséquent, les coûts énergétiques associés à cette méthode sont également plus élevés.

3. **Électrodialyse** : L'électrodialyse nécessite généralement moins d'énergie que l'osmose inverse et la distillation thermique. Les estimations de consommation énergétique se situent souvent entre 10 et 30 kWh par mètre cube d'eau dessalée, ce qui se traduit par des coûts énergétiques inférieurs par rapport aux autres méthodes.

Il est important de noter que ces chiffres sont des estimations générales et peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la taille de l'installation, les conditions environnementales, l'efficacité des équipements et les prix de l'énergie locaux.

Les coûts totaux du dessalement des eaux comprennent non seulement les coûts énergétiques, mais également d'autres dépenses telles que les coûts de maintenance, les coûts en capital pour l'installation des équipements, les coûts de traitement des déchets et les coûts de gestion. Ces coûts peuvent varier considérablement d'une installation à l'autre et d'une région à l'autre.

### **III.4 Bruit**

Une usine de dessalement d'eau de mer utilisant la technologie de l'osmose inverse peut engendrer des niveaux sonores significatifs. Les dispositifs responsables de la pression élevée, tels que les pompes, ainsi que les turbines utilisées pour la récupération d'énergie, contribuent à ce bruit, qui peut dépasser les 90 dB(A). Afin de minimiser les conséquences sur les zones résidentielles, il est essentiel de localiser ces usines à une distance adéquate des zones densément peuplées. De plus, l'utilisation de technologies acoustiques appropriées peut être mise en place pour atténuer le niveau sonore et réduire les impacts sonores associés.

### **III.5 Impacts sur le paysage**

Les usines de dessalement d'eau peuvent avoir des impacts sur le paysage environnant. Les structures visibles telles que les bâtiments, les réservoirs et les cheminées modifient l'apparence du paysage. L'occupation de l'espace nécessaire aux infrastructures de dessalement peut altérer les caractéristiques naturelles du paysage, tandis que les travaux de terrassement peuvent modifier la topographie. Les infrastructures connexes telles que les pipelines peuvent également perturber les zones naturelles. Les autorités locales et les promoteurs de projets cherchent généralement à minimiser ces impacts en utilisant des techniques d'aménagement paysager et en respectant les réglementations environnementales. Il est essentiel de mener des évaluations environnementales approfondies et de consulter les parties prenantes pour évaluer les impacts potentiels sur le paysage lors de la planification des usines de dessalement.

### **III.6 Impacts sur l'environnement**

Le rejet de saumure est une conséquence inévitable du processus de concentration de l'eau de mer ou de l'eau saumâtre dessalée. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les répercussions environnementales potentielles d'une installation de dessalement, telles que la dégradation du paysage, les nuisances sonores, les émissions de gaz (CO, NOx) et les rejets associés, tels que les eaux de lavage (filtres à sable, membranes et dépôts)

En outre, ces effets combinés affectent la physiologie des plantes et se manifestent par une salinité accrue (pression osmotique), une concentration élevée en ions Na<sup>+</sup> et une concentration élevée en ions Cl<sup>-</sup>. Cela entraîne des contraintes à la fois anthropiques et climatiques, qui peuvent être résumées comme suit :

- Dégradation des sols et des cultures en raison des rejets de résidus.
- Accumulation des eaux de rinçage de la station de déminéralisation, inondation des terres agricoles par des eaux chargées de résidus et dépérissement des arbres.
- Contamination de la nappe phréatique, disparition de la végétation naturelle et salinisation excessive des terres agricoles.
- Perte de la biodiversité et fragilisation des écosystèmes.
- Réduction de la pluviométrie.
- Conflits d'utilisation des ressources.

Les différentes catégories de substances polluantes engendrées par les diverses méthodes utilisées dans les installations de dessalement (telles que la distillation et l'osmose inverse) ont déjà été identifiées et détaillées.

Un schéma présentant les conséquences préjudiciables sur l'environnement liées aux procédés de dessalement est reproduit dans le tableau III .2. Selon cette illustration, les substances chimiques qui favorisent l'eutrophisation des cours d'eau récepteurs ainsi que les agents désinfectants sont responsables des impacts les plus significatifs.

Il est crucial d'évaluer attentivement ces impacts lors de la planification et de la mise en œuvre de projets de dessalement afin de minimiser les conséquences néfastes sur l'environnement. Des mesures d'atténuation appropriées, telles que la gestion des rejets et la protection des écosystèmes sensibles, doivent être mises en place pour atténuer ces effets indésirables.

**Tableau III .2 : Les impacts néfastes sur l'environnement associés aux procédés de dessalement (Henri Boyé, 2010)**

Impact	Degré d'impact	Origine de l'impact	Techniques d'atténuation
Pollution thermique Réduction de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices, Effets nocifs pour les espèces thermorésistantes	M  M	-Saumure chaude	Mélange de la saumure avec de l'eau froide avant lerejet. Bassins de retenue
Salinité accrue Effets nocifs pour les espèces résistantes aux sels	M	-Saumure concentrée	Dilution de la saumure avant rejet Récupération de sels Bon choix de l'emplacementpour l'émissaire afin de permettre le maximum de brassage et de dispersion.
Désinfectants	E	Chlore et ses composés Réaction du chlore avec des composés organiques, hydrocarbures principalement.	Utilisation d'autres désinfectants. Mesures de protection contre les polluants au prélèvement de l'usine.
Métaux lourds -toxicité	M	Corrosion du matériel de l'usine.	Conception et choix judicieux du matériel de l'usine en recourant à des matériaux résistants à la corrosion
Produits chimiques : -eutrophisation des eaux réceptrices -toxicité - hausse du PH	E  FF	Adjonction d'agents Anticorrosion et antitartre	Réduction au minimum de l'utilisation de produits chimiques. Utilisation d'additifs sans danger pour l'environnement.
Pollution atmosphérique Plus d'acides Effet de serre poussières	F M  M	Utilisation de combustibles et d'activités d'élimination.	Utilisation d'énergies propres et renouvelables autant que possible. Application de systèmes mixtes et de production couplée. Purification des gaz avant émission dans l'atmosphère.
Sédiments Turbidité et limitation de la photosynthèse Difficultés de respiration	M	Perturbation des sables par des activités	Réduction au minimum et contrôle des activités d'excavation et remblayage.
Chez les animaux aquatiques	M	D'excavation et de dragage	Bonne maîtrise du ruissellement dans la zone du site
Bruit	F	Activités de construction Pompes et autres appareils au cours de l'exploitation de l'usine.	Limitation des activités de construction aux seuls horaires de travail Choix du matériel le moins bruyant.

**E : impact de degré élevé, M : impact de degré moyen, F : impact de degré faible.**

### **III-6.1 Impacts dépendant du lieu de prélèvement d'eau de mer**

Les usines de dessalement de l'eau de mer ont des dispositifs d'admission situés au large qui

leur permettent de prélever de grosses quantités d'eau à proximité de certains habitats marins. Ce processus comporte des impacts potentiels pour la flore et la faune de la zone concernée (**R. Einav et F. Lokiec, 2003**).

Des tambours tamiseurs sont souvent disposés entre le dispositif d'apport et les pompes d'alimentation afin d'empêcher des débris flottants, des organismes marins volumineux et autres matières de pénétrer dans le circuit de prétraitement de l'usine de dessalement. En général, le maillage de ces tambours tamiseurs est de l'ordre de 5 mm, afin d'empêcher l'apport de la plupart des poissons et autres organismes marins. Cependant, le prélèvement représente deux sources potentielles d'impact, à savoir le heurt du poisson sur les tambours et l'introduction de biotes dans le circuit d'eau d'alimentation (R. Einav et F. Lokiec, 2003).

Il est notoire que le prélèvement et le tamisage de volumes relativement importants provoque le heurt du poisson et d'autres organismes sur les tambours tamiseurs, avec conséquences des dommages physiques comme l'écaillage et des troubles tels qu'une désorientation. Ce phénomène entraîne une augmentation de la mortalité par maladie et une vulnérabilité accrue à la prédation (**N. Hassini, A. Dobbi et B. Aberahmani, 2016**).

Ensuite, bien que les mailles des tambours empêchent l'apport de poissons et invertébrés de grande taille, on sait que l'introduction dans le circuit représente une menace importante pour le phytoplancton et le zooplancton. Les principaux impacts associés au passage dans les circuits de prétraitement et de dessalement, qui dépendent en grande partie de la technique adoptée pour les procédés d'Osiose Inverse (OI) et Multi Stage Flash (MSF), sont liés à des activités telles que la chloration, les lésions de cisaillement et le changement rapide de pression dans le circuit. La conséquence générale de l'entraînement d'organismes dans le circuit est une réduction du recrutement pour les habitats existants et une chute de la productivité globale de l'écosystème (**N. Hassini, A. Dobbi et B. Aberahmani, 2016**).

### **III-6.2 Collision d'organismes marins contre les tambours tamiseurs**

Les usines de dessalement utilisent des dispositifs de prélèvement d'eau qui peuvent avoir des conséquences sur les écosystèmes environnants. Afin de prévenir l'entrée de débris ou d'organismes de grande taille dans le système d'alimentation en eau de l'usine, des tamis cylindriques (structures de prélèvement) avec une maille d'environ 5 mm sont installés entre le point de prélèvement et les pompes d'approvisionnement.

Des organismes marins tels que les poissons peuvent heurter ces tambours et se blesser (écaillage, troubles de l'orientation etc.)

Ces troubles physiques peuvent être à l'origine d'une mortalité accrue due aux maladies et à l'augmentation de la prédation (**ECOTOXICOLOGIE.fr, 2014**).

### **III-6.3 Introduction d'organismes dans le circuit d'eau**

Peut avoir des conséquences néfastes sur les processus de traitement de l'eau et sur l'environnement. Ces introductions peuvent se produire à différents stades du processus de dessalement, tels que le prélèvement de l'eau brute, le traitement et le rejet des effluents.

Lors du prélèvement de l'eau brute, des organismes aquatiques tels que des larves, des œufs ou des microorganismes peuvent être accidentellement aspirés dans le système, notamment à travers les prises d'eau ou les structures de filtration. Ces organismes peuvent ensuite se propager dans les différentes étapes du processus de dessalement, compromettant l'efficacité des installations et affectant la qualité de l'eau produite.

Certains organismes peuvent être résistants aux traitements chimiques et physiques utilisés dans les usines de dessalement, ce qui leur permet de survivre et de proliférer dans les systèmes de traitement. Cela peut entraîner des problèmes d'obstruction des équipements et des conduites, ainsi que des altérations de la qualité de l'eau traitée.

Lors du rejet des effluents, les organismes indésirables présents dans l'eau de rejet peuvent être introduits dans les écosystèmes marins environnants. Cela peut avoir des impacts écologiques négatifs, tels que la dispersion d'espèces invasives, la perturbation des chaînes alimentaires et des déséquilibres dans les communautés marines.

Pour minimiser l'introduction d'organismes dans le circuit d'eau des usines de dessalement, des mesures de prévention et de contrôle sont nécessaires. Cela peut impliquer l'utilisation de systèmes de filtrage et de tamisage efficaces aux points d'entrée de l'eau brute, la mise en œuvre de protocoles de désinfection appropriés et la surveillance régulière de la qualité de l'eau traitée. Une attention particulière doit également être accordée aux méthodes de gestion et de traitement des effluents afin de réduire les impacts sur les écosystèmes marins.

### **III-6.4 Impacts liés aux rejets**

Les scientifiques s'accordent sur le fait que les impacts des effluents (=eaux rejetées) issus de ces usines sont principalement dus à la forte concentration en sel et dans une moindre mesure à la présence de produits chimiques (utilisés pour le fonctionnement de l'usine) et à la température potentiellement élevée de ces eaux (ECOTOXICOLOGIE.fr, 2014).

Les rejets des usines de dessalement sont soumis aux réglementations du protocole « Tellurique » de la convention de Barcelone à laquelle ont adhéré de nombreux pays européens côtiers de la méditerranée : France, Espagne, Israël, Egypte, Liban, Lybie, etc. Cette convention prévoit des valeurs limites de rejets pour de nombreux éléments (sels, chlore, température, etc.) et l'obligation de réaliser une étude d'impact (dossier examinant les conséquences environnementales d'un projet) avant la construction de l'usine (ecotoxicologie.fr, 2014).

### **III-6.5 Impacts liés à la salinité**

La principale caractéristique des eaux rejetées par les usines de dessalement est sa forte salinité

(Fig III1) . On la qualifie ainsi de saumure (= eau de mer concentrée). Pour les usines à procédé thermique, le taux de conversion de l'eau de mer en eau douce est en moyenne de 10 %, c'est à dire qu'avec 10 L d'eau salée est produit 1 L d'eau pure. Ainsi, la concentration des effluents issus de ces usines est en moyenne 10 % plus concentrée que l'eau d'alimentation (UNEP, 2003). Dans ce procédé, les eaux de rejets sont souvent diluées par deux avec des eaux de refroidissement (eau de mer classique), ce qui donne donc un effluent seulement 5% plus concentré que l'eau de mer naturelle.

### La désalinisation dans le monde

15 906 usines produisent près de 100 millions de m<sup>3</sup> par jour d'eau dessalée et 142 millions de m<sup>3</sup> de saumure

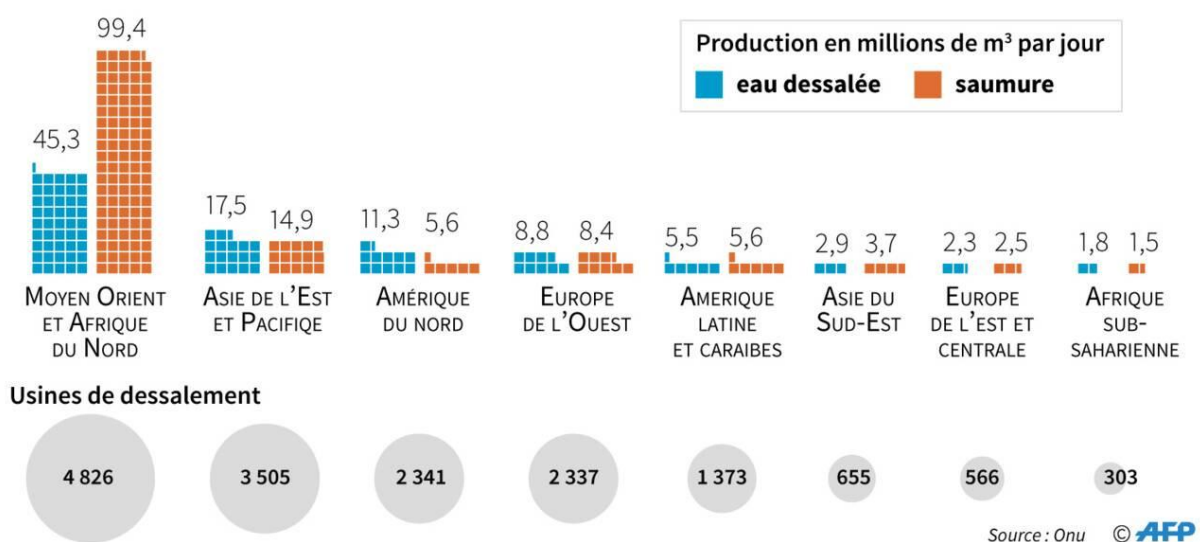


Fig III.1 : la production d'eau dessalée et de saumure par les usines de dessalement dans le monde ([www.geo.fr](http://www.geo.fr))

Pour les usines à procédé membranaire en revanche, l'eau de rejet est de 30 % à deux fois plus concentrée (UNEP, 2003 ; Elimelech, 2011).

Lorsque la saumure est rejetée sans dilution ni traitement, elle induit une augmentation de la concentration en sel autour de la zone de rejet. Des travaux de recherche ont ainsi montré que les rejets de saumure issus des usines de dessalement du golfe persique augmentaient localement la concentration en sel de 5 à 10 g/L, la concentration moyenne de l'eau de mer dans cette région avoisinant les 45 g/L (Elimelech, 2011).

La forte salinité des eaux de rejets est à l'origine des principaux impacts des usines de dessalement sur les écosystèmes marins. Le rejet de saumure dans la mer aboutit en effet à la formation d'un système stratifié de couches de plus en plus salées en allant vers le fond, ce qui diminue les brassages entre eau de fond et eau de surface. Dans certains cas et en fonction des courants marins locaux, 40 % de la zone environnante est recouverte de sel (UNEP, 2003).

Ce phénomène peut conduire à des modifications du milieu local (Fig III.2 et III3) :

-Anoxie (absence d'oxygène) au niveau des fonds marins : la diminution des brassages associée à

la présence d'espèces consommatrices d'oxygène peut conduire à des périodes d'anoxie du fond marin (freixa, 2009)

-Diminution de la lumière : la présence d'eau hypersalée provoque la formation d'un brouillard qui rend difficile le passage de la lumière, affectant ainsi la photosynthèse des espèces marines végétales.

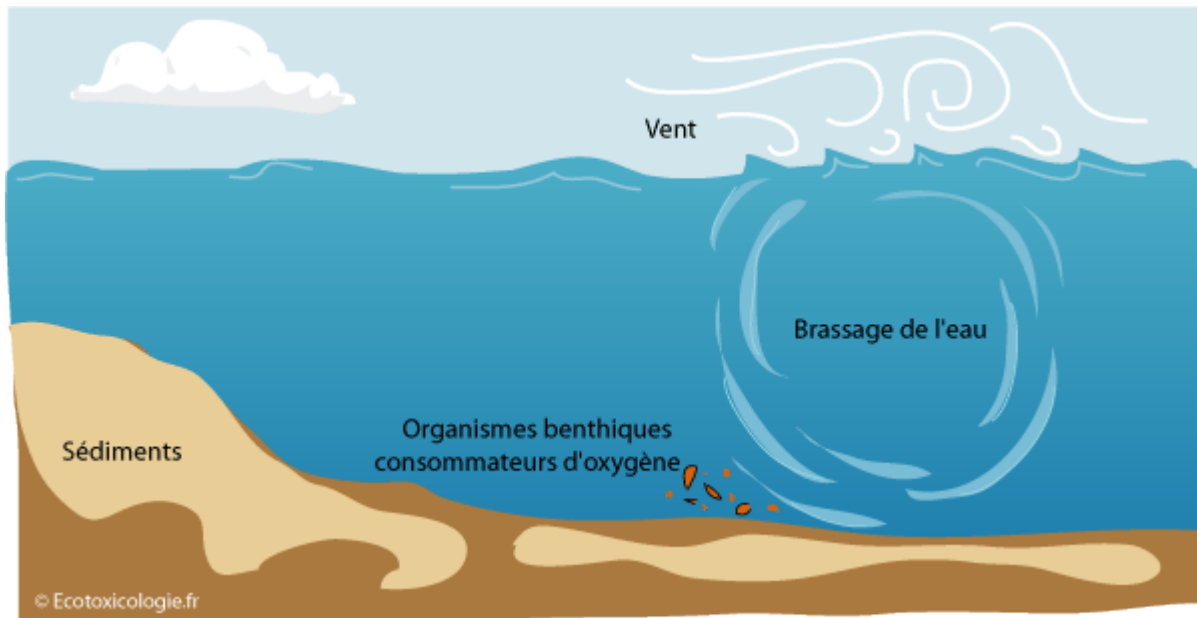


Figure III.2 : Etat initial du milieu (pas de rejet de saumure) – (Ecotoxicologie.fr)

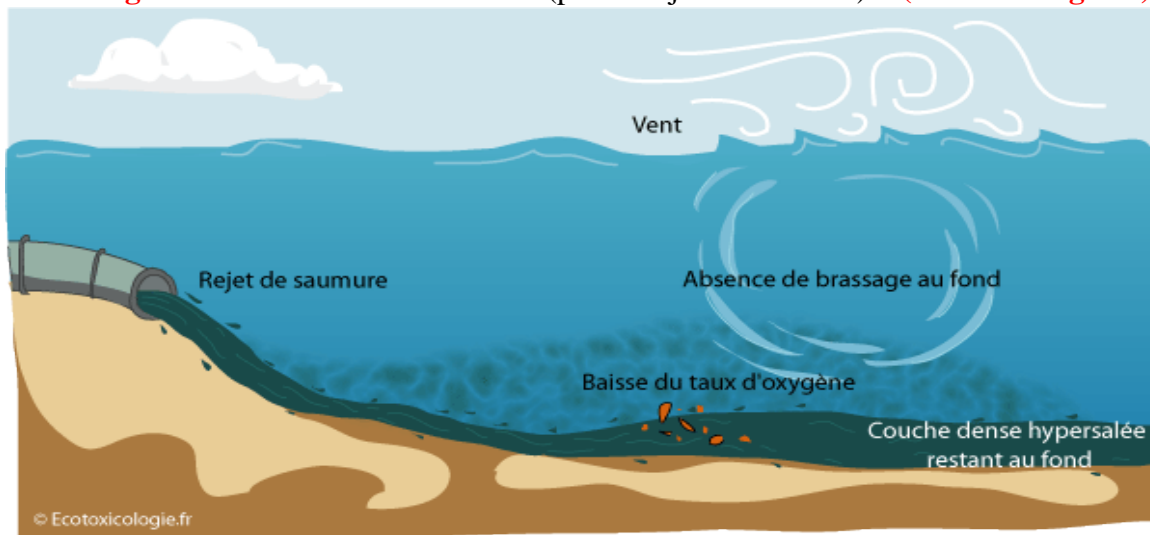


Figure III.3 : Etat du milieu après implantation de l'usine de dessalement (rejet de saumure) – (Ecotoxicologie.fr)

### III.6.6 Effets des rejets de produits chimiques

#### III-6.6.1 Effets dus aux produits de la corrosion

Les usines de dessalement par distillation libèrent des métaux tels que le cuivre, le nickel, le fer, le chrome et le zinc dans l'environnement marin. Ces métaux se présentent sous forme de complexes inorganiques et organiques adsorbés sur les matières en suspension, s'accumulant ainsi

dans les sédiments. Dans ce cas, la préoccupation ne réside pas uniquement dans la concentration réelle des métaux, mais dans leur charge totale atteignant l'environnement, ce qui rend la dilution des rejets inefficace pour atténuer les effets. Une étude d'impact environnemental menée dans une usine de dessalement à distillation à plusieurs effets a révélé des concentrations de cuivre souvent 5 à 10 fois supérieures aux concentrations ambiantes, ce qui s'est avéré toxique pour les organismes marins.

Il convient de noter qu'il est encore difficile d'établir une corrélation entre les concentrations de métaux lourds dans l'eau de mer et les sédiments, d'une part, et les conséquences écologiques, d'autre part. Néanmoins, en général, des concentrations de métaux lourds largement supérieures aux concentrations naturelles de base sont considérées comme une pollution de l'environnement, même en l'absence de preuves d'effets biologiques spécifiques. À ce jour, il n'est pas possible de définir une limite en deçà de laquelle la pollution serait inoffensive.

#### **III-6.6.2 Effets dus aux additifs antitartres**

Pour prévenir efficacement le dépôt de tartre, l'ajout de phosphates polymères s'avère être une mesure préventive efficace. L'hydrolyse des polyphosphates conduit à la formation d'orthophosphates, des macroéléments nutritifs qui favorisent la productivité des organismes primaires. Dans des zones marines oligotrophes telles que la mer Méditerranée, le rejet de ces macroéléments nutritifs peut entraîner des conséquences drastiques, telles que des proliférations d'algues, des efflorescences algales et autres phénomènes similaires. Récemment, les polymères de l'acide maléique ont été largement utilisés comme agents antitartre. Ces produits permettent d'éviter l'apparition d'effets néfastes liés à l'eutrophisation.

Il est également important de noter l'utilisation de l'acide sulfurique pour faciliter l'action des agents antitartre sur les membranes des usines utilisant le procédé d'osmose inverse.

#### **III-6.6.3 Effets des additifs antisalissures**

La technique de chloration présente des avantages économiques et une efficacité indéniable, mais son utilisation doit être rigoureusement contrôlée. En effet, elle génère des sous-produits tels que les thiolométhanes, qui sont soumis à des réglementations en raison de leur potentiel cancérigène.

Bien que le chlore soit un agent de lutte contre les salissures à large spectre, il peut également avoir des effets néfastes sur l'écosystème marin lorsqu'il est rejeté avec la saumure. Il provoque des réactions biologiques en raison de ses propriétés stérilisantes intrinsèques, ainsi que des réactions chimiques en halogénant les composés organiques présents dans l'eau de mer.

D'autres agents de lutte contre les salissures, tels que les sels de cuivre, entraînent le rejet de cuivre dans la saumure. Même à de très faibles concentrations (moins de 1 ppm), ce métal peut avoir des répercussions sur l'environnement en raison de son accumulation.

**III-6.6.4 Effets des additifs antimousses**

Les agents antimousse utilisés sont en réalité des détergents. Les détergents ont la capacité de perturber le système membranaire intracellulaire, ce qui peut avoir des effets nuisibles sur les organismes. Cependant, les conséquences de ces détergents sur l'écosystème marin n'ont pas été suffisamment étudiées, bien qu'elles puissent être considérées comme négligeables.

**III-6.6.5 Effets du concentré (saumure)**

Il est indéniable que la saumure exerce un impact significatif sur l'écosystème marin. Le volume total de saumure rejeté dans cet environnement est déterminant pour évaluer les dommages potentiels. Un rejet important de saumure concentrée nécessite une analyse approfondie des impacts environnementaux, contrairement à de faibles rejets.

Outre le volume, les modalités et l'emplacement du rejet jouent un rôle crucial dans les conséquences qui en découlent. Des facteurs tels que la longueur de l'émissaire, sa distance par rapport à la côte, sa hauteur par rapport au fond marin, la présence d'un diffuseur, ainsi que la profondeur de l'eau et les caractéristiques hydrologiques (courants, vagues), influencent la dispersion de la saumure et l'efficacité de sa dilution au point de rejet, et donc l'impact potentiel sur l'environnement.

La zone d'impact présentant une forte salinité varie en fonction des saisons, avec un impact plus prononcé pendant les mois d'été.

Le rejet de la saumure concentrée dans la mer entraîne la formation d'un système stratifié avec un courant de saumure à la couche inférieure, car elle contient des concentrations de sel supérieures à celles de l'eau de mer environnante. Ce courant de fond à salinité élevée peut sérieusement affecter l'écosystème marin, en particulier les organismes benthiques.

L'augmentation de la salinité affecte les organismes marins par le processus d'osmose, qui implique la diffusion d'eau pure à travers une membrane perméable à l'eau mais imperméable aux ions dissous. Par conséquent, les concentrations de sels diffèrent de part et d'autre de la membrane, et l'eau pure se diffuse du compartiment à faible concentration d'ions dissous vers le compartiment à concentration supérieure d'ions dissous. Lorsque les organismes marins sont exposés à une variation de la salinité (une concentration de sels plus élevée dans leur environnement que dans leurs fluides corporels), ils subissent un choc osmotique qui peut être préjudiciable pour la plupart d'entre eux, en fonction de leur tolérance à la salinité.

Dans cette perspective, une étude sur trois ans portant sur l'impact du concentré sur le macro-benthos marin a révélé des dommages importants causés par les salinités élevées aux communautés de l'algue macroscopique *Cystoseira barbata* près du point de rejet du concentré. Parallèlement, d'autres espèces d'algues microscopiques ont disparu de la zone environnante, à une distance d'environ 100 mètres du point de rejet. De plus, une diminution significative de la

diversité et de l'abondance de la macrofaune benthique a été observée au site de rejet du concentré, en comparaison avec les relevés effectués avant la mise en service de l'usine de dessalement.

Plus particulièrement, les modifications de la salinité de l'eau ont entraîné des changements dans la composition des formations macrofaunistiques à proximité du point de rejet. Avant la mise en place de l'émissaire, la communauté benthique se composait de polychètes (27%), d'échinodermes (27%), de scaphopodes (26%) et de gastropodes (20%). Après trois années d'exploitation de l'usine, seuls les polychètes et les crustacés étaient observés, représentant respectivement 80% et 20% de l'ensemble de la macrofaune.

Des impacts ont également été signalés, où l'effluent a affecté la croissance des algues à proximité de l'émissaire de saumure.

### **III-6.7 Effets dus à la chaleur**

En général, les usines de distillation rejettent la saumure à une température qui est environ 10 à 15°C plus élevée que celle de l'eau de mer. Lorsque le concentré est dilué par un facteur de dix avec l'eau de la zone marine réceptrice, on observe une augmentation de seulement 1°C par rapport à la température ambiante. Cette différence de 1°C par rapport à la température ambiante n'a pas d'impact écologique significatif et n'est pas démontrable de manière significative.

Cela se produit lorsque le brassage et l'échange avec l'eau de mer du concentré sont adéquats.

### **III-7 Conclusion**

Bien que le dessalement de l'eau de mer puisse être une solution pour l'approvisionnement en eau potable, il présente des impacts environnementaux importants. Il est crucial de prendre en compte ces impacts lors de la mise en place de projets de dessalement et de développer des technologies et des pratiques qui minimisent les conséquences négatives sur l'environnement. Il

est également essentiel d'explorer d'autres sources d'eau potable durables et de mettre l'accent sur la conservation et la gestion efficace de l'eau pour réduire la dépendance au dessalement.

# *Chapitre IV*

Présentation de la région d'étude

**IV.1.Introduction**

La monographie de la wilaya de Mostaganem, située en Algérie, offre un précieux aperçu de cette région empreinte d'histoire et de diversité. Nichée sur la côte nord-ouest du pays, au bord de la mer Méditerranée, Mostaganem jouit d'une position géographique stratégique. Elle incarne une fusion harmonieuse entre traditions ancestrales et dynamisme contemporain. Cette monographie explore les multiples facettes de la wilaya, mettant en lumière son patrimoine culturel riche, son économie en constante évolution, ainsi que ses ressources naturelles. De la vieille médina aux infrastructures modernes, des ports animés aux plages pittoresques, Mostaganem dévoile un paysage où se côtoient tradition et modernité.

**IV.2 : Présentation de la wilaya****IV.2 .1 : Situation géographique**

La wilaya de Mostaganem est située au nord de l'Algérie. Elle s'étend sur une superficie de 2 269 Km<sup>2</sup> et est distante de 365 Km de la capitale Alger et de 80 Km la ville d'Oran.

➤ Limites géographiques :

La wilaya de Mostaganem est limitée :

- Au nord, par la mer Méditerranée ;
- A l'est, par la wilaya de Chlef ;
- Au sud-est, par la wilaya de Relizane ;
- A l'ouest, par la wilaya d'Oran ;
- Au sud-ouest, par la wilaya de Mascara. (ANIREF ,2021)



**Fig IV.1 : Carte de localisation de la wilaya de Mostaganem(ANIREF ,2021)**

⇒ Les accès à la wilaya



Fig IV.2 : Carte des accès à la wilaya de Mostaganem (ANIREF ,2021)

## IV .2.2. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques

### IV.2.2.1. Le relief

Les limites de la wilaya de Mostaganem sont inscrites entièrement dans le littoral oranais dont elle comprend les principales caractéristiques. En effet, elle chevauche sur plusieurs unités physiques plus ou moins homogènes :

- Une zone montagneuse située à l'Est qui correspond aux monts du Dahra ;
- Une zone de plateau, celui de Mostaganem ;
- Deux unités de plaines : la première, à l'Est, au contact du Dahra de part et d'autre de la vallée du Chélif. La seconde, à l'Ouest, au pied du plateau à cheval sur les marais de la Macta. (ANIREF ,2021)

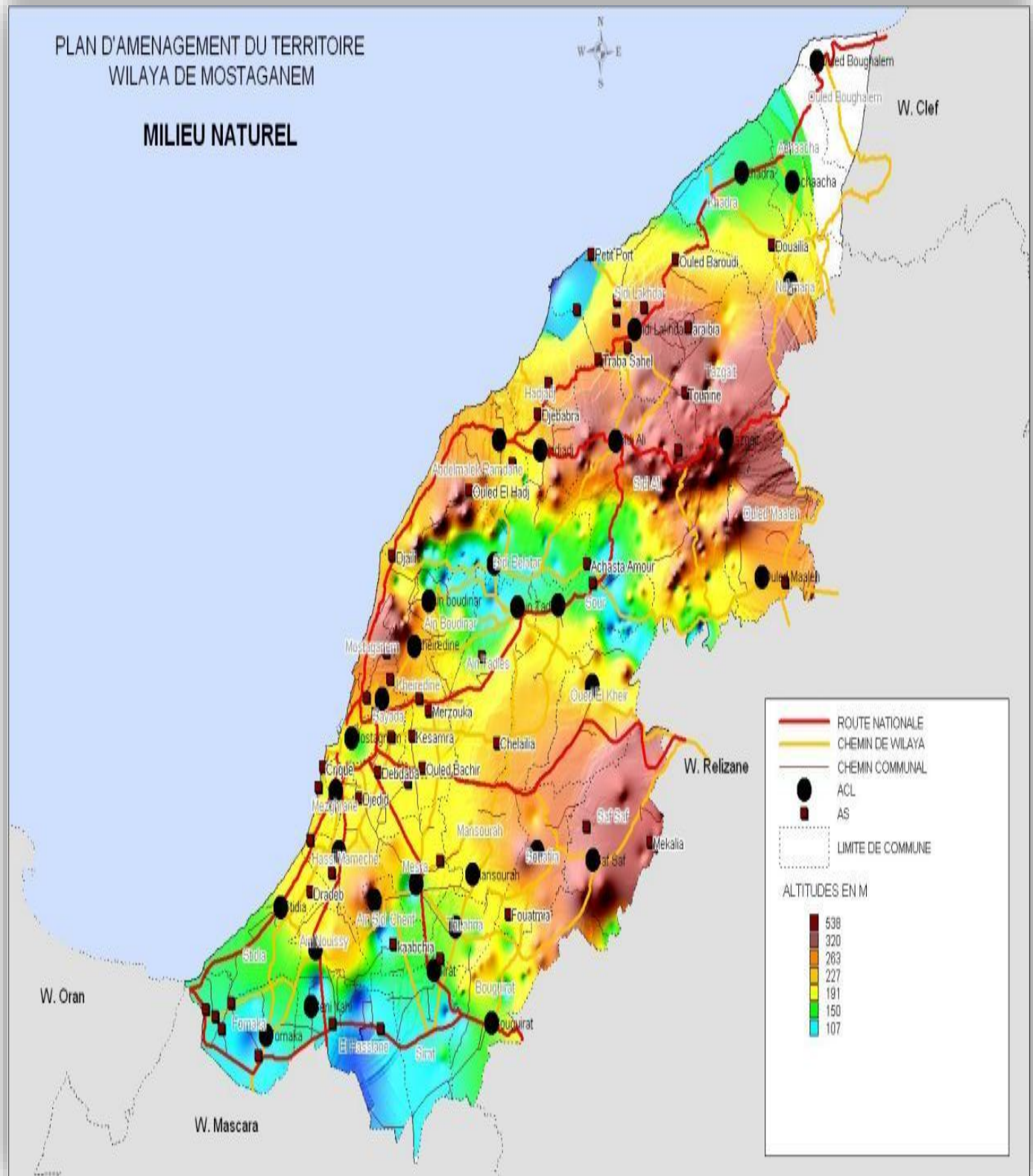


Fig IV.3 : Carte altimétrique de la wilaya (ANIREF ,2021)

## IV.1 .2.2.Le climat

Le climat de la wilaya de Mostaganem est un climat semi-aride à hiver tempéré. La pluviométrie varie entre 350 et 500 mm/Année.

## IV .1.3.Organisation administrative

- La wilaya de Mostaganem compte 32 communes et 10 daïras. (ANIREF ,2021)
- **Tableau IV.1** : Organisation administrative de la wilaya de Mostaganem(ANIREF ,2021)

Daïra	Commune	Superficie (km <sup>2</sup> )
Mostaganem	Mostaganem	50
Hassi Mameche	Hassi Mameche	63
	Mazagran	20
	Stidia	55
Ain Tedeles	Ain Tedeles	86
	Sour	72
	Oued El Kheir	70
	Sidi Bellatar	88
Bouguirat	Bouguirat	97
	Sirat	71
	Souaflias	78
	Saf Saf	90
Sidi Ali	Sidi Ali	217
	Tazgait	93
	Ouled Maallah	78
Achaacha	Achaacha	62
	Nekmaria	47
	Khadra	80
	Ouled Boughalem	44
Ain Nouissy	Ain Nouissy	53
	Fornaka	47
	El Haciane	70
Mesra	Mesra	45
	Mansourah	48
	Touahriah	56
	Ain Sidi Cherif	54
	Sidi Lakhdar	140

Sidi Lakhdar	Hadjadj	92
	Ben Abdelmalek Ramdane	75
Kheir Eddine	Kheir Eddine	45
	Ain Boudinar	38
	Sayada	45

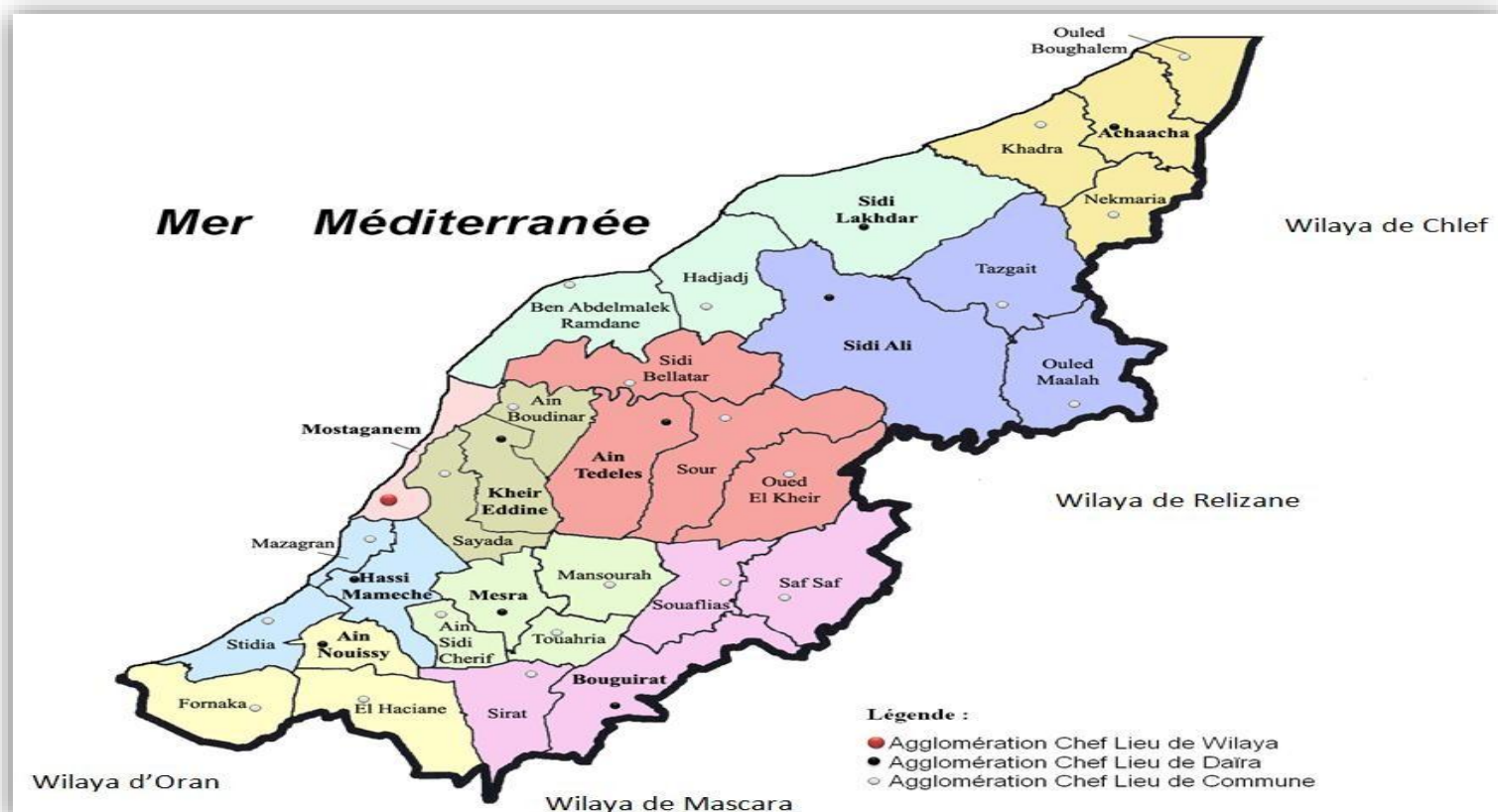
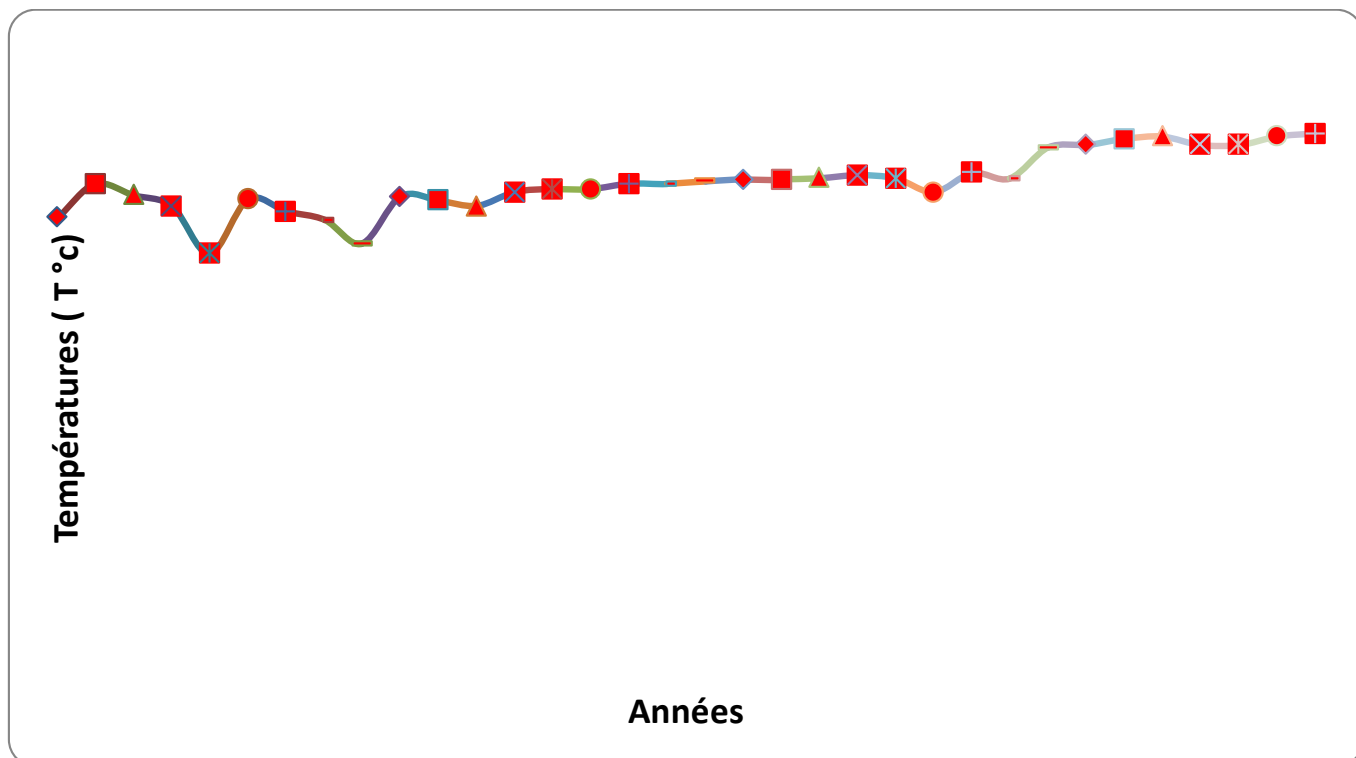
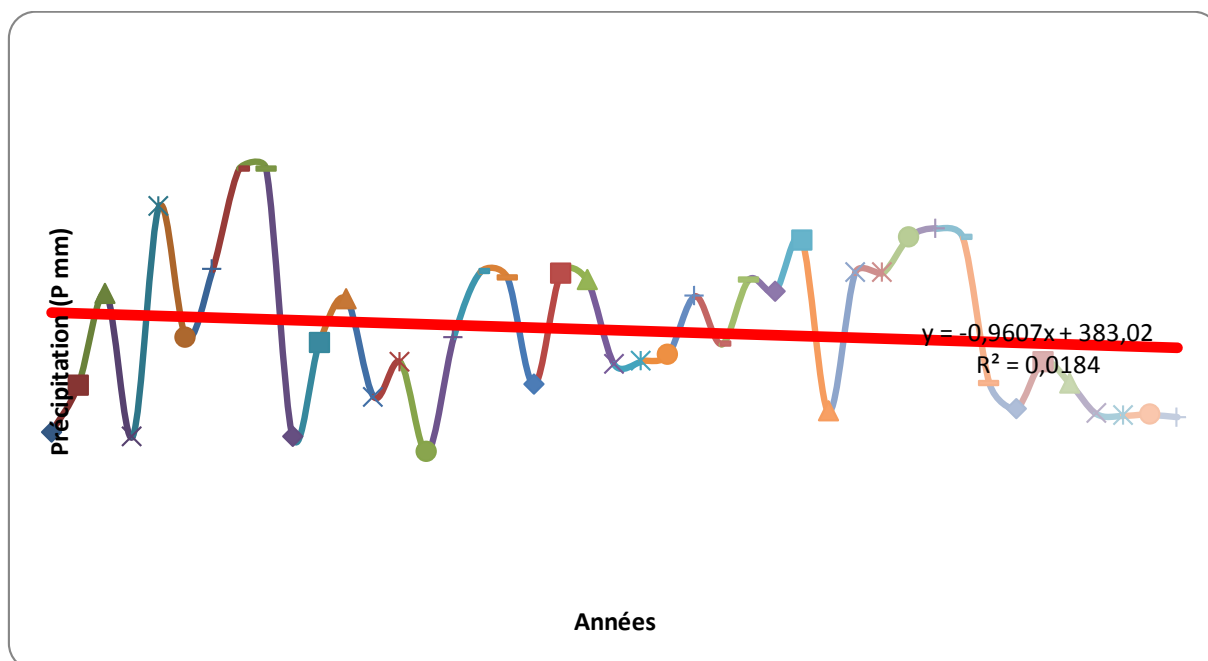


Fig IV.4 : Carte du découpage administratif de la wilaya de Mostaganem (ANIREF, 2021)



**Fig IV.5 :** Evolution des températures annuelles de Mostaganem ( Période : 1989-2022) source ( H.Benfetta, 2022)

D'après la figure **IV.5**, nous constatons une hausse des températures annuelles au cours des années, la température qui était seulement de 17 °C durant les années 80/90, elle a augmenté pour aboutir jusqu'à 21.6 en 2022, nous avons enregistré une moyenne annuelle de 19.83 °C avec un max de 21,6 °C en 2022 et un min de 17,3 °C, en ce qui concerne l'échelle des températures, l'augmentation de la température annuelle de presque de 4°C dans une période de 33 ans, C'est une grande augmentation, il faut tirer la sonnette d'alarme, c'est ce qui a causé la sécheresse ces dernières années conséquence des changements climatiques et du réchauffement climatiques.



**FigIV.6 :** variation des précipitations annuelles de Mostaganem ( Période : 1989-2022)  
source ( H.Benfetta, 2022)

D'après la figure **IV.6** , nous constatons une diminution alarmante des précipitations annuelles au cours des années, les précipitations qui était de 500 à 600 mm durant les années 70/80 ont diminuée pour aboutir à seulement 200 mm ces dernières années , avec une moyenne annuelle de 361 , 89 mm , un max de 550, 60 en 1987 et un min de 219, 8 en 1994 , la diminution des précipitations est très nette et distinctes , C' est un grand déficit concernant les précipitations causée par les changements climatiques et le réchauffement climatiques .

## IV.2. Situation démographique (Population et activités)

### IV.2. 1. Population de la wilaya

- **Population de la wilaya (2018) :** la population de la wilaya de Mostaganem est de **877 450 habitants** en 2018; (**ANIREF ,2021**)
- **Répartition de la population par commune**

**Tableau IV.2 :** La Répartition de la population par commune dans la Wilaya de Mostaganem (**ANIREF ,2021**)

Commune	Population
Mostaganem	163 805

Hassi Mameche	39 100
Mazagran	33 155
Stidia	13 595
Ain Tedeles	48 500
Sour	25 220
Oued El Kheir	20 790
Sidi Bellatar	6 940
Bouguirat	37 300
Sirat	26 515
Souaflias	21 070
Saf Saf	15 885
Sidi Ali	44 130
Tazgait	10 145
Ouled Maallah	10 315
Achaacha	39 110
Nekmaria	12 120
Khadra	16 300
Ouled Boughalem	16 140
Ain Nouissy	18 925
Fornaka	19 200
El Haciane	10 655
Mesra	32 480
Mansourah	21 590
Touahriah	8 715
Ain Sidi Cherif	12 440
Sidi Lakhdar	38 915
Hadjadj	19 075
Ben Abdelmalek Ramdane	14 820
Kheir Eddine	34 850
Ain Boudinar	7 110
Sayada	38 540

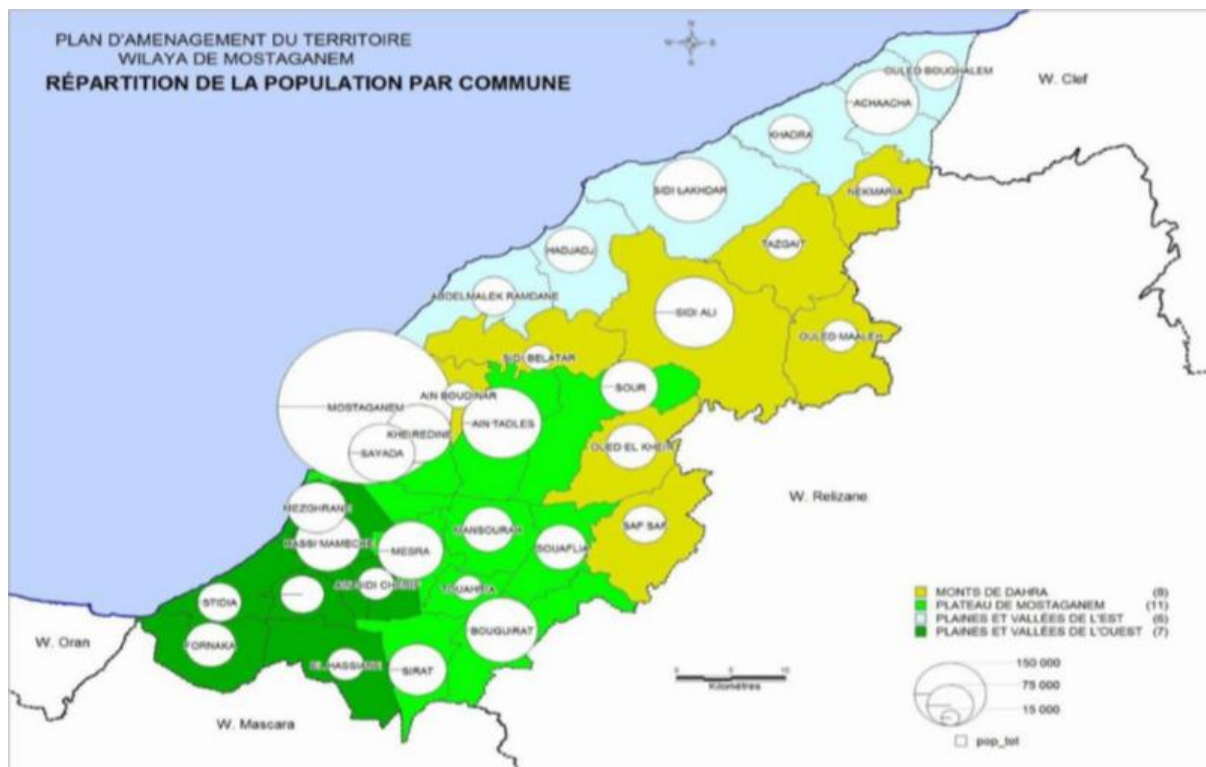


Fig IV.7: Carte de la répartition de la population par commune (ANIREF, 2021)

- Répartition de la population selon les tranches d'âge (années 2012-2018)

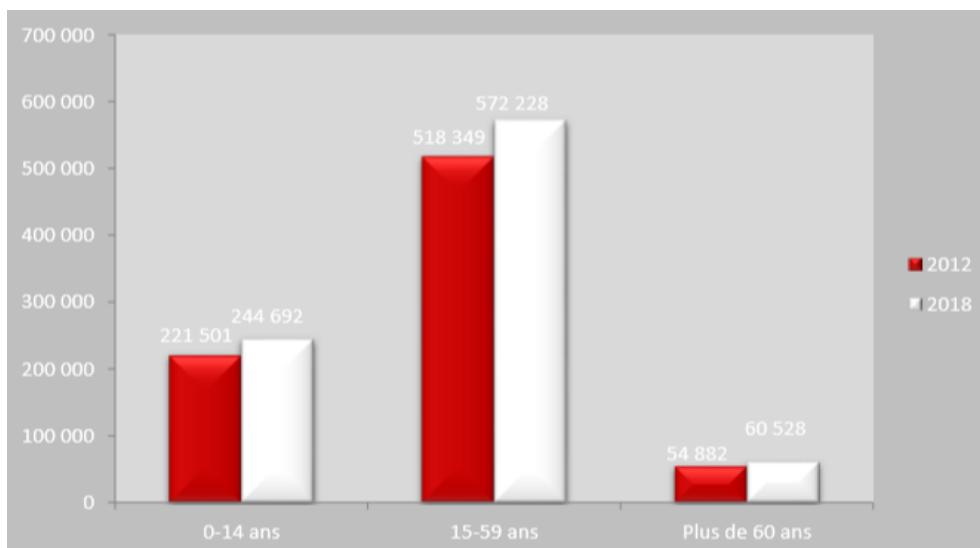


Fig IV.8: Répartition de la population par tranche d'âge (années 2012-2018) (ANIREF, 2021)

### IV.3: Potentialités de développement de la wilaya

#### IV.3.1. Les potentialités naturelles

##### IV.3.1.1. Les ressources hydrauliques (Source : ANIREF ,2021)

- Les barrages :

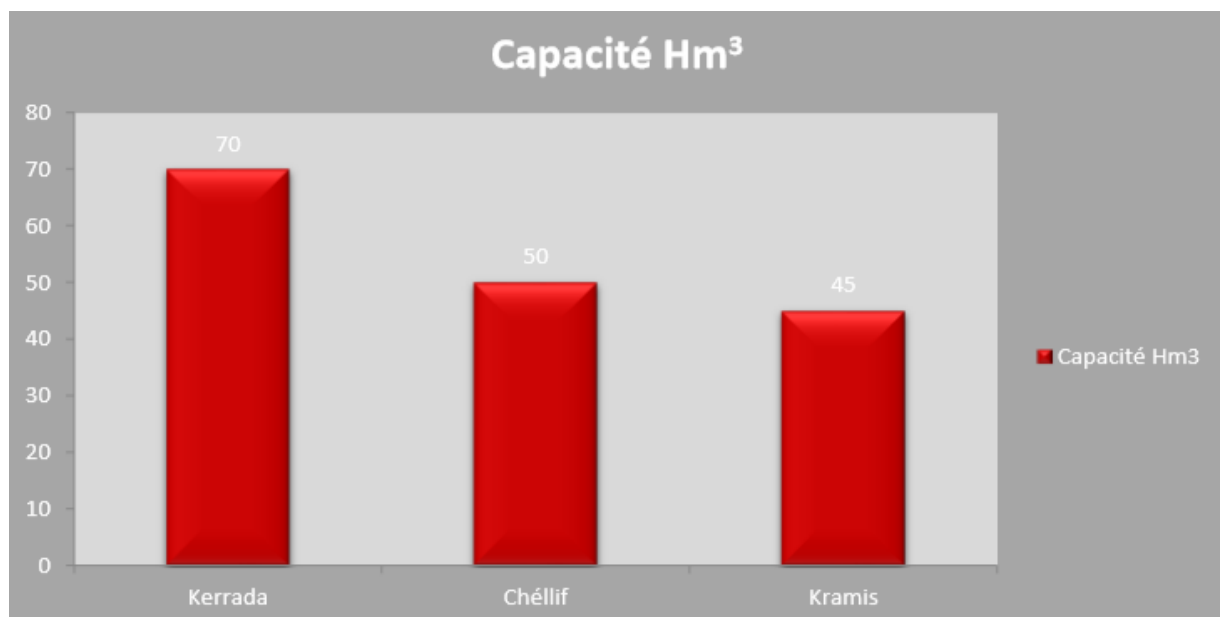


Fig IV.9: Capacité des barrages de la wilaya de Mostaganem (ANIREF ,2021)

- **Projet MAO (Mostaganem-Arzew-Oran)**

Le projet MAO est un projet structurant eau-barrage-transfert d'eau à partir du barrage du Cheliff vers Mostaganem, Arzew et Oran. Il consiste à alimenter en eau potable les wilayas de Mostaganem et d'Oran en passant par Arzew (ANIREF ,2021)

Trois lots forment la consistance technique de ce projet. La réalisation d'un barrage d'une capacité de rétention de 50 millions de mètres cubes, une station de traitement d'une capacité de 600.000 m<sup>3</sup>/jour ainsi qu'une station de pompage et d'autres ouvrages annexes.

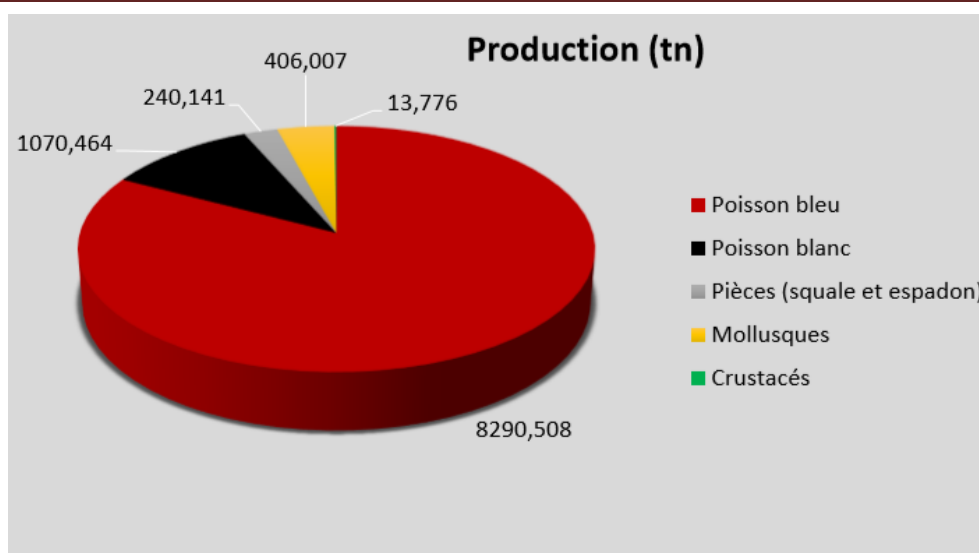
Il sécurise une région autrefois confrontée aux pénuries d'eau. Le projet MAO, permet le transfert d'un volume hydrique de l'ordre de 45 millions de m<sup>3</sup>/an au profit de la wilaya de Mostaganem et 110 millions de m<sup>3</sup>/an au profit de celle d'Oran (ANIREF ,2021).

#### IV.3.1.2. Les potentialités halieutiques :

- La pêche : Le littoral de la wilaya de Mostaganem s'étend sur 124,5 km, à partir de l'embouchure de la Macta à l'Ouest jusqu'au Cap Negrawa à l'Est. Une superficie de 2 679 km<sup>2</sup> est réservée à la zone de pêche (ANIREF ,2021) .

Il compte 09 sites d'échouage et 03 ports de pêche dont un mixte sis dans la commune de Mostaganem (ANIREF ,2021).

Par l'étendue de son littoral et la diversité de ses ressources marines, la wilaya possède un véritable potentiel de production pouvant faire du secteur de la pêche un maillon fort du développement économique et social (ANIREF ,2021).

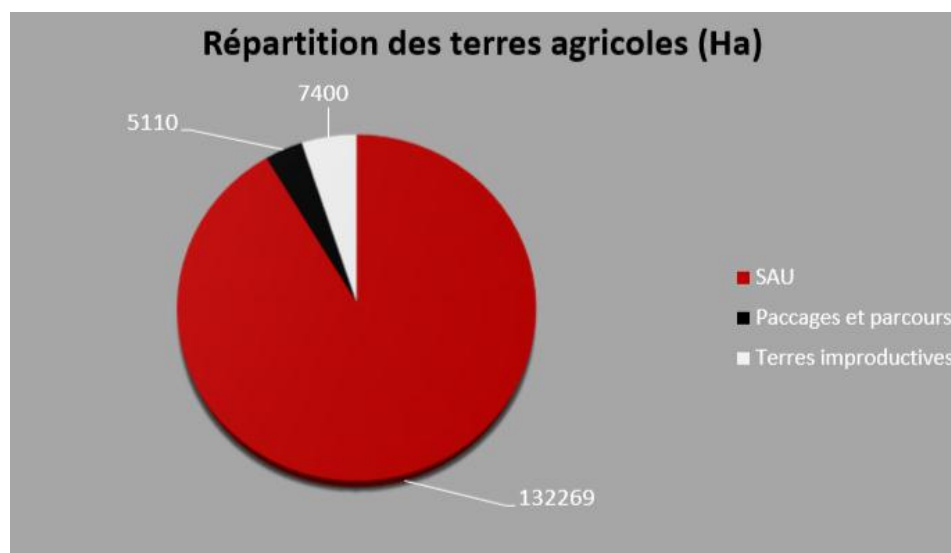


**Fig IV.10: Répartition de la production halieutique par espèce - la wilaya de Mostaganem (ANIREF ,2021)**

### IV .3.1.3. Les potentialités agricoles : (Source ANIREF ,2021)

#### a. Superficies agricoles utile et totale :

Réputée pour sa vocation agricole, la wilaya de Mostaganem dispose d'une superficie agricole utile s'élevant à 144 779 Ha, soit 63,80% de la superficie totale de la wilaya. L'insuffisance en pluviométrie a entraîné le recours au système d'irrigation, s'appuyant sur la nappe phréatique qui connaît un rabattement très important.



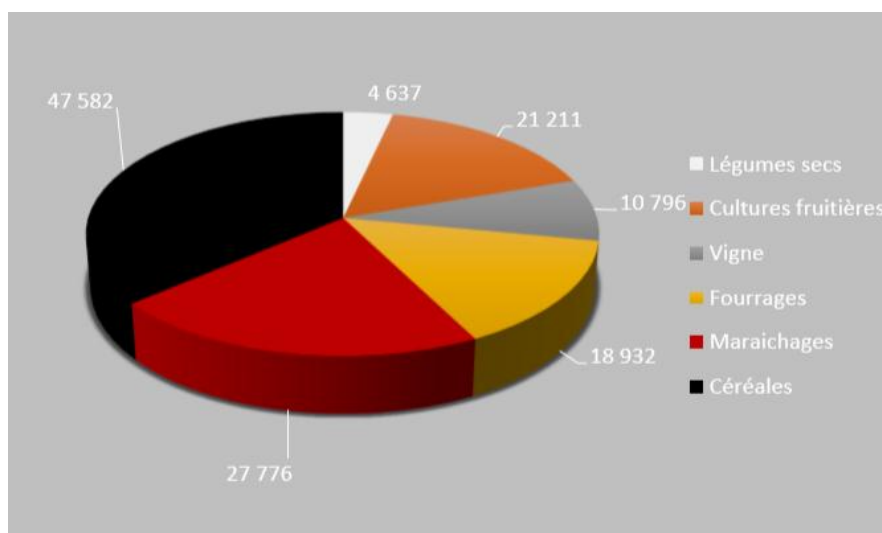
**Fig IV.11: Répartition des terres agricoles de la wilaya de Mostaganem (ANIREF ,2021)**

**a. Exploitations Agricoles Individuelles (EAI) et Exploitations Agricoles Collectives (EAC) :**

**Tableau IV. 3 : EAC / EAI de la wilaya de Mostaganem (ANIREF ,2021)**

Type d'exploitation	Nombre	Superficie (Ha)
EAC	1 269	45 433
EAI	2 514	13 125
<b>TOTAL</b>	<b>3 783</b>	<b>58 558</b>

**b. Production agricole : (quintaux)**



**Fig IV.12. Répartition de la production agricole de la wilaya de Mostaganem (en quintaux) (ANIREF ,2021)**

**IV .3.2. AEP/Assainissement/Hydraulique**

**IV .3.2. 1. Alimentation en Eau Potable**

- Réseaux d'adduction : 1 084,374 km.
- Taux de raccordement en AEP : 99 %. (ANIREF ,2021)

**IV .3.2.2. Assainissement**

- Longueur totale du réseau d'assainissement : 1 646,928 km ; □ Taux de raccordement au réseau public d'assainissement : 73%. (ANIREF ,2021)

**a. Stations d'épuration**

La wilaya de Mostaganem dispose de deux STEP :

- La station de Salamandre dans la commune de Mostaganem avec une capacité de 56 000 m<sup>3</sup>/jour ;
- La station de traitement d'eau de Sidi Ladjal d'une capacité totale de 561.600m<sup>3</sup>/J(**ANIREF ,2021**).

### **b. Stations de dessalement**

La wilaya de Mostaganem dispose d'une station de dessalement d'eau de mer située à une dizaine de kilomètres à l'est de la wilaya et est implantée dans la zone de Sonachther; elle a une capacité de production de 200 000 m<sup>3</sup>/jour pour satisfaire les besoins en eau potable d'une population de 1 333 320 habitants ; elle est entrée en production en octobre 2011, en application d'un programme de production et de livraison de l'eau potable(**ANIREF ,2021**).



**Photo IV.1** : Station de dessalement de Sonachther : 200 000 m<sup>3</sup>/jour(**ANIREF ,2021**)

# *Chapitre V*

*Station de dessalement de Mostaganem-  
SONACHTER*

### V.1 Introduction

L'Usine de Dessalement de Mostaganem, sise à Plage de Cheliff (Mostaganem), a une capacité de production d'eau potable de 200.000 m<sup>3</sup>/jour.

Le procès de traitement d'eau de cette station consiste à :

- Un système de captage et pompage d'eau de mer,
- Un système de prétraitement de l'eau de mer par filtration et microfiltration,
- Un système de déminéralisation de l'eau micro-filtré par osmose inverse
- Un système de reminéralisation et conditionnement de l'eau déminéralisé
- Un système de pompage de l'eau reminéralisé (Eau Commercialisable) vers le réseau de distribution (Réseau de Transport d'Eau Externe)
- Un système d'évacuation de saumure et sous-produits

Le présent manuel met à disposition de l'opérateur l'information et les instructions nécessaires pour lui permettre exploiter et entretenir l'Usine de Dessalement de Mostaganem d'une manière correcte, sure et efficace (MRE,2021).

### V.2. DONNÉES DE DÉPART DE LA CONCEPTION

#### V.2.1.Caractéristiques du Site de Référence

L'usine de dessalement de Mostaganem est conçue pour :

- a) Fournir un maximum de 200.000 m<sup>3</sup>/jour d'eau potable satisfaisant les exigences de qualité garanties indiqués dans la section 3.3.1 ci-dessous pour une eau de mer caractérisée par les valeurs des paramètres physicochimiques correspondantes Conditions du Site de Référence (CSR) indiqués dans le tableau ci-dessous (cinquième colonne du tableau).
- b) Avoir une consommation spécifique d'énergie électrique<sup>1</sup> inférieure à la Consommation Spécifique d'Énergie Électrique Garantie (3,40 KWh/m<sup>3</sup>) dans les périodes pendant lesquelles l'usine travaille à cent pour cent de sa capacité et l'eau de mer traité est caractérisée par les valeurs des paramètres physicochimiques des CSR indiqués dans le tableau ci-dessous (cinquième colonne du tableau). **(VOIRE ANNEX I : V.1)**

Si pendant une certaine période la valeur d'un et/ou plusieurs de ces paramètres physicochimiques enregistrée par analyse de l'eau de mer ne coïncide pas avec sa valeur du CSR mais elle est comprise entre les valeurs maximales et minimales établis dans le tableau ci-dessous,

---

<sup>1</sup> Quantité d'énergie électrique consommée pendant une certaine période mesurée en kilowattheure divisée par le volume d'eau potable satisfaisant les garanties de qualité produit pendant la même période mesurée en mètres cubiques.

la capacité de production d'eau potable garantie, la Consommation Spécifique d'Énergie Électrique Garantie, la concentration maximale de bore dans l'eau potable garanti et la Concentration maximale de Matière Total Dissolue (MTD) dans l'eau potable garanti varieraient comme indiqué dans la section 3.3.2 ci-dessous(MRE,2021)..

Néanmoins, si la valeur d'un et/ou plusieurs de ces paramètres n'est pas comprise entre ces valeurs maximales et minimales aucune capacité de production, consommation énergétique et qualité de l'eau produite serait garantie(MRE,2021)..

### **V.2.2.Production et caractéristiques de l'eau traité**

#### **V.2.2.1.Paramètres garanties pour les Conditions du Site de Référence**

##### **Qualité Garantie de l'eau potable**

Les valeurs garanties de la qualité de l'Eau Commercialisable seront conformes aux valeurs de la directive de l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.) pour la qualité de l'eau potable en vigueur en 2003, sauf pour les paramètres indiquées ci-dessous. Pour ces paramètres les valeurs garanties pendant des périodes où l'eau de mer traitée soit caractérisée par les Conditions du Site de Référence sont indiquées dans le tableau (VOIRE ANNEX I : V.2)

Il sera procédé une fois toutes les vingt quatre (24) heures à des prises d'échantillons au point de livraison pour la détermination de la qualité de l'eau commercialisable.

Simultanément à la prise des échantillons au point de livraison, des échantillons d'eau de mer doivent être prises au niveau du réservoir de captage de l'Usine.

Pour une concentration en bore de l'eau de mer de 4 mg/litre ou inférieure, déterminé comme la moyenne arithmétique de la concentration en bore de tous les échantillons d'eau de mer prises quand la température de l'eau de mer soit égal ou inférieure à 24 °C, la concentration moyenne en bore de l'Eau Commercialisable maximale garantie, déterminé comme la moyenne arithmétique de la concentration en bore de tous les échantillons d'Eau Commercialisable prises quand la température de l'eau de mer soit égal ou inférieure à 24 °C, sera inférieure à 1 ppm(MRE,2021)..

##### **Quantité Garantie d'eau potable**

La capacité de production d'eau potable satisfaisant les exigences de qualité garanties indiqués ci-dessus pour des périodes où l'eau de mer traitée soit caractérisée par les Conditions du Site de Référence est de 200.000 m<sup>3</sup>/jour pour l'Usine complète et de 25 000 m<sup>3</sup>/jour pour chaque Unité de Dessalement(MRE,2021).

##### **Consommation Spécifique d'Énergie Électrique Garantie**

La Consommation Spécifique d'Énergie Électrique Garantie dans les périodes pendant lesquelles l'usine travaille à cent pour cent de sa capacité et l'eau de mer traitée est caractérisée par les valeurs des paramètres physicochimiques du CSR est de 3,40 kWh/m<sup>3</sup>. (MRE,2021).

### V.2.2.2. Correction des valeurs des paramètres garanties pour des conditions différentes à ces du CSR

Courbes de correction de la Capacité Garantie de l'Usine en fonction de la déviation des valeurs des paramètres salinité et température de l'eau de mer par rapport aux valeurs du CSR.

Pour une salinité de l'eau de mer de 35.000 mg/litre ou inférieure, la Capacité Garantie de l'Usine sera 200.000 m<sup>3</sup>/jour pour toute la plage de températures de l'eau de mer compris entre 14 et 30 °C (limites de conception de l'usine) **(MRE,2021)**.

Pour une salinité de l'eau de mer de 37.000 mg/litre (salinité du CSR) la Capacité Garantie de l'Usine sera :

- Égal à 200.000 m<sup>3</sup>/jour pour températures de l'eau de mer supérieures à 24 °C.
- Égal à  $(979,2 * t + 176.707,2)$  m<sup>3</sup>/jour (où t représente la température de l'eau de mer exprimé en °C) pour températures compris entre 14 et 24 °C.
- Pour une salinité de l'eau de mer de 38.577 mg/litre la Capacité Garantie de l'Usine sera :
- Égal à 200.000 m<sup>3</sup>/jour pour températures de l'eau de mer supérieures à 30 °C.
- Égal à  $(1097,6 * t + 167.280,0)$  m<sup>3</sup>/jour (où t représente la température de l'eau de mer exprimé en °C) pour températures compris entre 25 et 30 °C.
- Égal à  $(1.169,6 * t + 165.480,0)$  m<sup>3</sup>/jour (où t représente la température de l'eau de mer exprimé en °C) pour températures compris entre 24 et 25 °C.
- Égal à  $(911, * t + 17.1666,2)$  m<sup>3</sup>/jour (où t représente la température de l'eau de mer exprimé en °C) pour températures compris entre 14 et 24 °C.

La courbe de correction de la Capacité Garantie associé à autres valeurs de salinité de l'eau de mer compris entre 35.000 et 37.000 mg/l ou entre 37.000 et 38.577 mg/l, sera obtenue interpolant linéairement entre les courbes de 35.000 et 37.000 mg/l ou les courbes de 37.000 et 38.577 mg/l respectivement **(VOIRE ANNEX I : V.3)**

**(MRE,2021)**.

Courbes de correction de la Consommation Spécifique Garantie d'Énergie Electrique de l'Usine en fonction de la déviation des valeurs des paramètres salinité et température de l'eau de mer par rapport aux valeurs du CSR. **(MRE,2021)**.

La consommation totale d'énergie électrique de l'Usine travaillant au 100% de sa capacité de

production est constante indépendamment des variations de la température et la salinité de l'eau de mer. **(MRE,2021).**

Pour cette raison, et compte tenu du fait que la Capacité Garantie de l'Usine varie en fonction de la température et la salinité de l'eau de mer, la Consommation Spécifique Garantie d'Energie Electrique de l'Usine sera obtenu avec la formule suivante :

$$CSGEE (MTD_{em} ; t_{em}) = (200.000 \times 3,40) / CGU (MTD_{em} ; t_{em})$$

Ou:

- $MTD_{em}$  : salinité de l'eau de mer
- $t_{em}$  : température de l'eau de mer
- $CSGEE (MTD_{em} ; t_{em})$  : Consommation Spécifique Garantie d'Energie Electrique exprimé en Kwh/m<sup>3</sup>
- $CGU (MTD_{em} ; t_{em})$  : Capacité Garantie de l'Usine calculé suivant les indications ci-dessus. **(MRE,2021).**

Il faut noter que consommation spécifique d'énergie électrique maximale est uniquement garantie uniquement avec l'Usine de Dessalement travaillant à 100% de ça capacité. **(VOIRE ANNEX: V.4)**

### **V.3.DESCRPTION ET FONCTIONNEMENT NORMAL DES INSTALLATIONS DE PROCÈS**

#### **V.3.1.Captage et pompage de l'eau de mer**

Le système de captage a pour but impulser vers le prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée.

Le système de captage comprend les sous-systèmes suivants:

- Tours et tuyauteries de prise
- Sous-système anti-méduses
- Sous-système d'amorçage des pompes d'eau de mer
- Sous-système de pompage d'eau de mer**(MRE,2021).**

##### **V.3.1.1.Tours de captage et tuyauterie de captage**

Le captage de l'eau de mer se fait a travers de deux tours de prise connectées au réservoir de pompage d'eau de mer par deux tuyauteries en polyéthylène d'haute densité de 1.800 mm de diamètre où l'eau doit circuler à une vitesse d'environ 1 m/s. **(MRE,2021).**

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*


Les tours de prise sont submergées à une distance de la côte d'environ 2 500 m et 16,5 mètres de profondeur.

L'eau de mer passe à l'intérieur de chaque tour de prise à travers de quatre grilles en PRFV rectangulaires de 3,89 x 1,42 mètres et trous de 3,54 x 1,30 cm installées pour éviter le passage de poissons, méduses, cailloux et des autres éléments de grand taille pouvant nuire le procès de traitement. Ces grilles peuvent être extraites par plongeurs pour éliminer des éventuelles incrustations. **(MRE,2021).**

Les plongeurs peuvent aussi accéder aux tuyauteries de prise à travers des trous d'homme installées au long des tuyauteries et/ou à travers des tours de captage pour inspecter leur intérieur et réaliser des activités d'entretien. **(MRE,2021).**

Chaque une des tuyauteries de prise peut être isolé pour réaliser des activités d'entretien à l'intérieur sans arrêter l'usine avec l'aide des vannes murales W-1001-X installées dans le réservoir de captage. **(VOIRE ANNEX I : V.5)**

Le tableau **(VOIRE ANNEX I : V.6)** montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. **(MRE,2021).**

	En service normal et avec les huit pompes d'eau de mer travaillant à leur débit de design, le niveau d'eau dans le réservoir de captage enregistré par les indicateurs de niveau LIT-1001-X ne doit jamais être inférieur à 2,45 mètres comptabilisées depuis le fond du réservoir. Si ça arrive, il peut être dû à : 1) une augmentation des pertes de charge du système pour obturation des grilles des tours de captage ; 2) une augmentation des pertes de charge du système pour réduction de la section utile des tuyauteries du à des incrustations microbiologiques ; 3) l'apparition de fuites dans le réservoir de captage et/ou le tuyauterie de prise.
---	--

### V.3.1.2.Système anti-méduses

Une des raisons pour la quelle le niveau dans le réservoir de captage d'eau de mer peut être éventuellement trop bas est l'obturation des grilles des tours de captage occasionnée par des méduses, algues et/ou poissons. Le système anti-méduses a été conçu pour générer un rideau d'air au tour des grilles que fasse flotter ces animaux et(ou) éléments vers la surface. **(VOIRE ANNEX I : V.7) (MRE,2021).**

Le système anti-méduses se compose de deux compresseurs à vis (CO-1001-1/2) chargés de souffler un débit d'air de 4.900 l/min (à 1bar et 20°C) au travers de deux filtres en série séparés par un séchoir (CO-1001-1, FCO-1002-1 y SAC-1001 resp.). Ce courant d'air, stocké dans un réservoir de 900l (CCO-1001), sera conduit ultérieurement jusqu'aux tours de prise. **(MRE,2021).**

Normalement le système anti-méduses sera à l'arrêt. Pour obtenir un débit d'air adéquat le nettoyage des grilles des tours de prise doit se faire alternativement (soit nettoyer les grilles de la

tour n° 1 ou de la tour n° 2). (MRE,2021).

### V.3.1.3.Système d'amorçage des pompes de l'eau de mer

L'aspiration des pompes d'eau de mer sera normalement plus haute que le niveau d'eau du réservoir de captage.

Le système d'amorçage des pompes d'eau de mer à pour objet extraire l'air des conductions d'aspiration des pompes d'eau de mer. (VOIRE ANNEX I : V.8) (MRE,2021).

Le système pour amorçage des pompes d'eau de mer composé de deux groupes à vide (GPV1001-1/2, un par ligne) équipés avec deux pompes de 4kW chaque un. Le démarrage et l'arrêt des pompes sont commandés par un détecteur du vide installé dans le réservoir du groupe. Le détecteur du vide placé dans la ligne de raccordement aux pompes de captage (PSL 1001-1/2) fait un signal d'amorçage des pompes nécessaire pour son démarrage. (MRE,2021).

Normalement le système d'amorçage sera à l'arrêt et les vannes VBA-1001-X seront fermées. Le système ne peut pas amorcer qu'une pompe à la fois. (MRE,2021).

### V.3.1.4.Système de pompage de l'eau de mer

Le système de pompage d'eau de mer a pour objet fournir au prétraitement de l'eau de mer en quantité et à la pression nécessaire pour produire la quantité d'eau potable désirée.

Les pompes de captage de l'eau de mer (PCE 1001-1/9, une d'elles pour secours) ont été conçues pour pomper un débit de 2380 m<sup>3</sup>/h à une pression de 67 m.c.e. Néanmoins ces pompes sont équipées avec des variateurs de fréquence pour permettre le changement du point de travail pour maintenir une pression au niveau de l'aspiration des pompes d'haute pression

L'aspiration des pompes de haute pression préalable à l'osmose est maintenue à une pression de 2.5 bars grâce à des échangeurs de fréquence. (VOIRE ANNEX I : V.9) (MRE,2021).

Dans le procès d'impulsion des pompes sont placées des vannes de retenue (CA-1001-1/9) et des vannes de papillon motorisées (VPA-1001-1/10), d'entre elles, deux unités pour la pompe de secours et raccordées à chaque une de ligne de prétraitement.

Le tableau (VOIRE ANNEX I : V.10) montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. (MRE,2021).



Si après le démarrage d'une pompe d'eau de mer quelconque la lecture de l'indicateur/transmetteur PIT 1001-X descende dessous 4,5 bars mais la vitesse de la pompe associé ne varie pas, il peut être dû à la rentre d'air dans le système par des joints ou l'apparition

de vortex dans l'aspiration de la pompe.
--

### V.3.2. Système de prétraitement

L'objet du système de prétraitement est conditionner l'eau de mer du point de vu physique, biologique et chimique pour protéger et maximiser la performance du système d'osmose inverse.

Le système de prétraitement comprend les sous-systèmes suivants:

- Sous-système de conditionnement chimique
- Sous-système de filtration
- Sous-système de micro-filtration **(MRE,2021)**.

#### V.3.2.1. Conditionnement chimique

Le conditionnement de l'eau est réussi par l'ajout des suivants réactifs:

##### Dosage d'Hypochlorite de sodium

Il s'agit d'un système de dosage pour la désinfection de l'eau de mer qui se compose de 3 réservoirs (R-8201-1/3) de 60.000 l chaque un et un *skid* de dosage de 2+1 pompes à membrane (PD-8201-1/3) chargées du dosage de hypochlorite de sodium dans les tours de captage et dans le réservoir de captage. **(VOIRE ANNEX I : V.11)**

La détermination de la dose d'hypochlorite de sodium nécessaire doit se faire par analyse de l'eau de mer en laboratoire. **(VOIRE ANNEX I) (MRE,2021)**.



Si dans une certaine période pendant laquelle on est en train de doser hypochlorite de sodium dans les tours de prise ou dans le réservoir de captage la valeur de chorée libre indiqué par l'indicateur/transmetteur de la teneur en chlore libre CIT-1001-X est égale à zéro, la dose d'hypochlorite peut être insuffisante.
--

##### Dosage de permanganate de potassium

Il s'agit d'un système de dosage pour l'oxydation et la désinfection de l'eau de mer. Normalement l'emploi d'hypochlorite est plus efficace, mais il y a quelques macro-incrustations pouvant apparaitre dans les tours de captage et/ou les tuyauteries de prise, comment quelque types de mules, que, dans certaines étapes de développement peuvent éventuellement développer une résistance à l'attaque de l'hypochlorite de sodium. Dans ce cas le permanganate peut s'avérer plus efficace **(VOIRE ANNEX : V.12)**

La système est composé de 2 cuvettes de traitement (R-8209-1/2) de 1.000 l chaque une et d'un *skid* de dosage de 1+1 pompes à membrane (PD-8209-1/2) chargées du dosage du permanganate de potassium dans les Tours de captage. Chacune des cuvettes de traitement est équipée d'un agitateur (AG-8204-1/2) pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution. **(MRE,2021)**.

### **Dosage d'acide sulfurique**

L'efficacité du processus de coagulation-floculation décrit ci-dessous est normalement plus élevée pour des valeurs de pH bas. La fonction du système de dosage d'acide sulfurique est de réduire le pH de l'eau de mer pour optimiser le rendement de ces processus.

Le système est composé de 2 réservoirs (R-8205-1/2) de 60.000 l chacun (fabriqués en acier au carbone) et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane (PD-8205-1/3) chargées du dosage d'acide sulfurique dans les mélangeurs statiques précédant l'étape de filtration (un par ligne). **(VOIRE ANNEX I : V.13)**

La dose d'acide sulfurique nécessaire sera déterminée par analyse en laboratoire du pH de l'eau de mer du réservoir de captage et/ou mesurant l'efficacité des systèmes de coagulation-floculation-filtration avec le mesureur automatique de SDI ASDI-4001-X placé à l'aval de la microfiltration. **(MRE,2021).**

### **Dosage de coagulant (chlorure ferrique)**

Il s'agit d'un système de dosage qui vise la coagulation de l'eau brute préalablement à l'étape de filtration. Il se compose de 2 réservoirs (R-8204-1/2) de 40.000 l chacun et d'un *skid* de dosage composé de 4+1 pompes à membrane (PD-8204-1/5) chargées du dosage du chlorure ferrique à l'entrée de chaque une des étapes de filtration et pour chaque ligne. **(VOIRE ANNEX : V.14)**

La dose de chlorure ferrique nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de SDI ASDI-4001-X placé à l'aval de la microfiltration. **(MRE,2021).**

### **Dosage de poly électrolyte**

Il s'agit d'un système de dosage de flocculant dans l'eau brute. Il est composé de 2 réservoirs de traitement (R-8206-1/2) de 2.500 l chacun et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane (PD-8206-1/5) pour le dosage de flocculant par injection dans le mélangeur statique à l'entrée de chaque étape de filtration (ME-2001-1/2 y ME-3001-1/2). Chaque réservoir de traitement est équipé d'un agitateur (AG-8206-1/2) pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution. **(VOIRE ANNEX I : V.15)**

La dose de poly-électrolyte nécessaire sera déterminée en laboratoire ou indirectement mesurant l'efficacité du système de filtration avec le mesureur automatique de SDI ASDI-4001-X placé à l'aval de la microfiltration. **(MRE,2021).**

### **Dosage de soude caustique**

L'élimination de certains ions par le système d'osmose inverse, comme le bore, est plus efficace

## **Chapitre V:           *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER***

pour valeurs de pH élevés. La fonction du système de dosage de soude caustique est d'augmenter le pH de l'eau micro-filtrée.

Le système est composé de 1 réservoir (R-8202) de 40.000 l et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane (PD-8202-1/3) chargées du dosage de la soude caustique par injection dans les mélangeurs statiques à la sortie des filtres à cartouches (ME-4001-1/2). **(VOIRE ANNEX I : V.16)**

La dose soude caustique nécessaire sera déterminée avec le pH-mètre 4001-X situé à l'aval du système de microfiltration. **(MRE,2021).**

### **Dosage de métabisulfite de sodium**

Il s'agit d'un système de dosage pour la réduction et l'élimination des résidus de chlore dans l'eau d'entrée aux membranes. Il est composé de 2 réservoirs de traitement (R-8207-1/2) de 10.000 l chacune et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane (PD-8207-1/3) chargées du dosage de métabisulfite de sodium par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouche (ME-4001-1/2). Les réservoirs de traitement sont munis d'un agitateur (AG-8207-1/2) pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution.

**(VOIRE ANNEX I : V.17)**

La dose de bisulfite de sodium sera déterminée avec le mesureur de la teneur en chlore de l'eau de mer CIT 1001-X placé à l'aval des pompes d'eau de mer. **(MRE,2021).**

### **Dosage de dispersant**

Il s'agit d'un système de dosage pour inhiber le tartre dans le procès d'osmose inverse qui s'applique à l'eau d'entrée aux membranes. Il est composé de 2 réservoirs de traitement (R-8208-1/2) de 2.500 l chacun et d'un *skid* de dosage composé de 2+1 pompes à membrane (PD-8208-1/3) chargées du dosage d'un agent dispersant par injection dans le mélangeur statique à la sortie des filtres à cartouches (ME-4001-1/2). Les réservoirs de traitement sont équipés d'un agitateur (AG-8208-1/2) pour améliorer la répartition du produit solide et de l'eau de dilution. **(MRE,2021).**

### **V.3.2.3.Système de Filtration**

La fonction du système de filtration est éliminer les flocons formés par les systèmes de coagulation-floculation et les particules en suspension de l'eau de mer pour protéger et améliorer la performance du système d'osmose inverse.

L'usine est équipée avec deux étapes de filtration, une première étape avec des filtres mixtes à sable - anthracite et une seconde étape avec des filtres à sable.

Pour optimiser la durabilité des membranes d'osmose et des cartouches des micro-filtres, il est recommandé maintenir la SDI en aval du système de filtration et en amont du système de microfiltration au-dessous de 3.

Si la valeur de SDI recommandée est atteinte à la sortie de la première étape de filtration, la deuxième pourra être bypassé. (MRE,2021).

### **Filtration de première étape**

L'Usine est équipée avec deux lignes de filtration de première étape avec douze (12) filtres horizontaux à pression (FSA-2001-1/12) chacune, travaillant à une vitesse de 8,45 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> et à une vitesse maximale de 9,46 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> lorsque l'une des filtres soit en lavage. (VOIRE ANNEX I : V.18)

Chaque filtre a une surface moyenne de filtration de 91,39 m<sup>2</sup> et un diamètre de 4,00 m d'une longueur totale de 24,04 m.

Ils sont construits en acier au carbone recouvert à l'intérieur de caoutchouc naturel de 3 mm d'épaisseur.

Le nettoyage des filtres se fasse avec de l'air et de la saumure provenant du procès d'osmose.

Les filtres sont horizontaux - fermés avec fonds semi - elliptique, du genre KORBBOGEN.

La distribution de l'eau à filtrer sera réalisée à l'aide d'un collecteur perforé construit en PEHD afin d'atteindre la distribution homogène du débit tout au long de la surface de filtration.

La couche de filtration a les caractéristiques décrites ci-dessous : (VOIRE ANNEX I : V.19)

Afin d'améliorer une distribution homogène de l'eau et de l'air de nettoyage s'installent crépines en polypropylène par m<sup>2</sup> sur les faux fonds des filtres.

Grâce à une expansion contrôlée de la couche de filtration s'atteint un contact parfait entre les grains de sables lors du nettoyage, permettant la correcte séparation des impuretés adhérentes aux grains. Par cette expansion on empêche une partie de la couche filtrante de couler pendant les opérations de nettoyage ou de drain.

L'entrée/sortie de l'eau de mer des filtres est commandée par une vanne papillon VPC-2001-1/24 et VPA-2001-1/24 resp. L'entrée/ sortie de saumure du nettoyage est commandée par des vannes papillon VPA-2002-1/24 et VPA-2003-1/24 resp. L'entrée de l'air est commandée par une vanne papillon VPA-2005-1/24.

Préalablement à la première étape de filtration un certain débit a été conduit vers le réservoir de saumure isolé par une vanne papillon VP-2006-1/2. Ce débit est employé pour réaliser un premier remplissage du réservoir de saumure pour effectuer des *flushing* (nettoyage à l'eau) lorsqu'on ne

dispose pas de saumure, car l'osmose n'a pas encore été mise en service.

Le tableau **(VOIRE ANNEX I : V.20)** montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale **(MRE,2021)**.

### **Filtration de deuxième étape**

Ils existent deux batteries munies de huit (8) filtres de pression horizontale chacune, travaillant à une vitesse de  $12.87 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  avec un maximum de  $15.09 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ , lorsque l'un d'eaux sera dans le nettoyage.

Chaque filtre a une surface filtrante moyenne de  $90,04 \text{ m}^2$  et leurs dimensions et caractéristiques sont les mêmes que celles des filtres à sable de la première étape.

La couche de filtration a les caractéristiques ci-après détaillées: **(VOIRE ANNEX I : V.21)**

Le sable se compose par des grains propres et libres d'argile, de poussière et des matières organiques. Il est libre de fer et de manganèse dans des quantités ou des morphologies qui risqueraient de nuire la qualité de l'eau filtrée. **(VOIRE ANNEX I : V.22)**

Le tableau **(VOIRE ANNEX I : V.23)** montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. **(MRE,2021)**.

### **Système de nettoyage des filtres**

La porosité de la masse filtrante des filtres sera réduite progressivement au fur et à mesure que les floccules et la matière suspendue soit déposés sur elle. Cette situation causera :

- Une augmentation des pertes de charge du système et pourtant une augmentation de la consommation électrique de l'usine
- Une augmentation de la vitesse de l'eau de mer traversant le reste des filtres et pourtant une réduction de l'efficacité du procès de filtration

Pour cette raison les filtres doivent être lavées périodiquement et de que on détecte une augmentation

important du différentiel de pression enregistré par les dPIT 2001-X ou dPIT 3001<sup>2</sup> et/ou une diminution significative du débit traversant le filtre concerné enregistré par le FIT 2001-X ou FIT 3001-X<sup>3</sup>.

Le lavage des filtres sera fait par amélioration de la spongiosité avec air et contra-lavage de la masse filtrante avec la saumure du rejet du procès d'osmose inverse.

Le système de nettoyage est doublé pour permettre le nettoyage simultané des deux filtres, un de chaque ligne de prétraitement.

Le sous-système d'injection d'air est équipé avec 2 + 1 soufflantes des pistons tournants (S-2001-1/3) de débit unitaire 5.500 Nm<sup>3</sup>/h à 6 m.c.a. La vitesse de lavage sera de 60,18 Nm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.

**(VOIRE ANNEX I : V.24)**

Le sous-système de contre-lavage de saumure est constitué par 4+1 pompes centrifuges horizontales d'aspiration axiale (PCL-8001-1/5), de débit unitaire 1375 m<sup>3</sup>/h qu'aspire la saumure du réservoir de saumure installé en amont de l'émissaire sous-marin de rejet. **(VOIRE ANNEX : V.25)** La vitesse de nettoyage maximale sera de 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. **(MRE,2021).**

### **V.3.2.3.Système de microfiltration**

La fonction du système de microfiltration est protéger le système d'osmose inverse empêchant le passage des particules suspendues dans l'eau filtrée non-retenues par les filtres au système de pompage d'haute pression. La microfiltration ne permette pas passer que des particules de taille inférieure à 5 microns. **(MRE,2021).**

Le système de microfiltration consiste à deux lignes équipées avec neuf (9) filtres chacune (FC-4001-1/18). **(VOIRE ANNEX I : V.26)**

Chaque filtre est muni de 360 cartouches de 1250 mm de longueur. Le débit unitaire par cartouche est de 2,85 m<sup>3</sup>/h, lorsque les neuf seront en activité. Il atteindra celui de 3,20 m<sup>3</sup>/h lorsque l'un d'entre eux est isolé pour le changement de ses cartouches. **(MRE,2021).**

---


<sup>2</sup> A titre indicatif on peut considérer comme valeur de référence de chute de du différentiel de pression de entre 0,5 et 1,5 m.c.l. pour l'usine travaillant au 100% de la capacité et sans aucune filtre en phase de lavage

<sup>3</sup> A titre indicatif on peut considérer comme valeur de référence du débit de 793,33m<sup>3</sup>/h pour l'usine travaillant au 100% de la capacité et sans aucun filtre en phase de lavage

Les cartouches sont logées dans une carcasse en PRFV. **(MRE,2021).**

Les cartouches sont fabriqués en polypropylène de 1250 mm de longueur.

Le tableau (**VOIRE ANNEX I : V.27**) montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine.

	<p>Si, après vérification du correct fonctionnement du système de filtration avec le mesureur d'SDI portable on détecte un SDI anormalement haute en aval de la microfiltration ou une souillure anormalement rapide des membranes, la raison peut être qu'un ou plusieurs cartouches de microfiltration soient endommagées.</p> <p>D'autre part si on détecte une fréquence de remplacement des cartouches trop haute sans enregistrer un différentiel de pression du système de filtration élevé ou ni des débits anormales avec les FIT-2001-X ou FIT-3001-X, la raison peut être qu'un ou plusieurs crépines des filtres soient endommagées.</p>
---	--

### V.3.3. Système d'osmose inverse

Le système d'osmose inverse est la cour de l'usine et sa fonction est réduire la teneur en sels de l'eau micro-filtrée.

Le système d'osmose inverse est composé par les sous-systèmes suivants :

- Le système de pompage d'haute pression et récupération d'énergie
- Châssis d'osmose inverse
- Le système de nettoyage de membranes
- Le système de déplacement d'eau de mer et saumure. **(MRE,2021).**

#### V.4.3.1. Système de pompage haute pression, pompes Booster et Récupérateurs d'Energie

La fonction du système de pompage d'haute pression est impulser l'eau microfiltrée vers les châssis d'osmose inverse avec la pression nécessaire pour vaincre la pression osmotique en assurant la production du débit d'eau déminéralisée désirée.

Approximativement le 65% du débit d'eau micro-filtrée requis<sup>4</sup> sera impulsé vers les châssis par les pompes d'haute pression (PCH-5001-1/9).

Le reste du débit d'eau micro-filtrée requis sera pressurisé jusqu'à atteindre la pression d'attaque aux membranes nécessaire avec les échangeurs de pression (chambres d'isobares, ERI-5001-1/240) et des pompes booster (PCB-5001-1/16). **(VOIRE ANNEX I : V.28)**

Dans les chambres isobariques l'énergie hydraulique résiduelle de la saumure est transmise à

---

<sup>4</sup> Estimée à 444 445 m<sup>3</sup>/jour pour produire la capacité nominale de l'usine en travaillant aux CSR

## **Chapitre V:           *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER***

l'eau micro-filtrée. Suite, les pompes Booster augmentent la pression de l'eau de mer poussée par les ERI, jusqu'à atteindre la pression d'alimentation aux châssis requis.

L'eau micro-filtrée pressurisée par les pompes d'haute pression et les pompes booster est impulsé vers un collecteur commun qu'alimente toutes les châssis de membranes d'osmose inverse. Néanmoins ce collecteur est équipé avec un certain nombre de vannes permettant travailler :

Par unités de dessalement indépendantes. Avec cette configuration l'eau micro-filtrée impulsée par chaque pompe d'haute pression alimente le châssis d'osmose auquel elle est physiquement mise à face et l'eau micro-filtrée pressurisée par chaque pompe booster est envoyé vers les châssis auquel elle est associée.

En deux lignes indépendantes (deux collecteurs communs). Avec cette configuration les pompes d'haute pression et booster alimentées par la même ligne de prétraitement impulsent l'eau pressurisée vers le collecteur commun que alimente les châssis aux quelles les pompes sont associées.

En collecteur commun. Avec cette configuration toute l'eau microfiltrée presurisée est impulsée vers un collecteur commun unique qui alimente tous les châssis d'osmose.

Les sections suivantes décrivent le fonctionnement normal du système de pompage d'haute pression avec chaque une de ces configurations

*Fonctionnement avec Unités de Dessalement indépendante* **(VOIRE ANNEX I : V.29)**

*Fonctionnement en collecteur commun* **(VOIRE ANNEX I : V.30)**

*Fonctionnement en collecteur commun avec la pompe de réserve en fonctionnement*

Égale que 4.3.1.2 mais avec VBOA-5001-9 ouvert au lieu de VBOA-5001-X (X sera la pompe de H.P. arrêtée) que sera fermée. **(MRE,2021).**

### **V.3.3.2.Châssis d'osmose inverse**

Les membranes proposées sont de surface élevée de la marque FILMTEC. Elles sont fabriquées en polyamide aromatique et sa configuration est spirale

Les caractéristiques de ces membranes sont les suivantes:**(VOIRE ANNEX I : V.31)**

Les membranes sont rangées en ensembles de sept unités (en série), dans un même tube de pression. De cette façon, l'eau brute pénètre axialement par un des extrêmes de la carcasse traversant la membrane située en premier lieu. L'eau passe au collecteur central qui occupe l'axe géométrique de la carcasse où elle est recueillie. L'eau de rejet arrive à la membrane suivante où le même phénomène a lieu et ainsi de manière continue jusqu'au septième élément. L'eau de rejet de ce septième élément se ramasse dans l'autre extrême de la carcasse, étant après envoyé à l'extérieur.

La conversion globale de l'ensemble avec les membranes nouvelles et travaillant aux CSR est du 45%.

L'entrée dans les châssis depuis le collecteur commun est commandée par un robinet à boisseau

## **Chapitre V:           *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER***

de commande VBOC-5001-1/16. Celle en provenance de la pompe Booster par un robinet à boisseau VBO-5001-1/16. Les deux garantissent le mélange des débits d'entrée et de sortie aux membranes.

Une vanne de retenue CA-5002-1/16 est placée dans l'impulsion de la pompe Booster, de manière semblable à celle placée dans l'impulsion de la pompe de Haute pression.

Afin de contrôler le bon fonctionnement des châssis est placée la suivante instrumentation:

- 1 transmetteur électronique de pression pour mesurer la pression de travail des membranes (PIT 5001-1/16).
- 1 transmetteur électronique de pression pour mesurer la pression de sortie des membranes (PIT 5004-1/16).
- 1 transmetteur électronique de conductivité pour contrôler la quacoucheé de l'eau d'entrée aux membranes et de l'eau dessalée produite par les membranes (CdIT 5001-1/16, CdIT 5002-1/16).
- 1 transmetteur électronique de pression différentielle pour mesurer exactement la chute de pression des membranes et ainsi contrôler son degré d'encrassement (dPIT 5001-1/16).
- 1 ensemble de pressostats pour l'aspiration des pompes et alarmes en cas de sur- pression accidentelles (PSL 5001-1/8).
- 1 ensemble de manomètres indicateurs pour la vérification des différents circuits de pression (PI 5001-1/8, PI 5002-1/8, PI 5003-1/16, PI 5004-1/16, PI 5005-1/16, PI 5006-1/16, PI 5007-1/16, PI 5008-1/16).
- 1 mesureur de débit électromagnétique pour la sortie de saumure (FIT-5004-1/16).

Le tableau ci-dessous montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. **(VOIRE ANNEX I : V.32) (MRE,2021).**

### **V.3.3.3. Nettoyage chimique**

Par son usage les membranes d'osmose inverse sont obstruées lentement diminuant ainsi le débit produit par les mêmes. L'encrassement peut être dû aux matériaux colloïdaux, aux petites précipitations, etc. Dans le but de maintenir sous contrôle ces encrassements et restituer aux membranes une partie des propriétés perdues, il est nécessaire de les laver périodiquement.

Le lavage doit être fait obligatoirement dans le cas où :

- La perte de pression des membranes s'accroît de plus de 20% par rapport à la valeur initiale.
- Le passage des sels du module dépasse 30% de la valeur initiale.
- Le débit produit est inférieur à 15% du débit initial.

La fréquence des nettoyages dépend de la nature de l'eau. Il est conseillable de laver les membranes une fois tous les six mois, en moyenne.

Ce système a été conçu pour pouvoir laver les tuyaux d'un châssis complet à chaque fois, pour ainsi diminuer les opérations de nettoyage.

Ce système se compose de: un réservoir (R-8101) de 80 m<sup>3</sup> de capacité où se prépare la solution pour le nettoyage; des résistances pour chauffer la solution si nécessaire (RE-8101) ; des interrupteurs de niveau (LSL-8101 y LSH-8101) ; d'un thermomètre (TI-8101) et d'un transmetteur de température (TIT-8101). **(MRE,2021).**

Il est équipé aussi d'un système d'agitation constitué à son tour par des éjecteurs et des pompes de refoulement (PCR-8101-1/2) avec un débit unitaire de 31 m<sup>3</sup>/h à 18 mca.

### **(VOIRE ANNEX I : V.33)**

Après la dilution des produits chimiques dans l'eau osmotique à l'aide des pompes de refoulement, l'eau est poussée par les pompes centrifuges (PLQ-8101-1/2/3) à débit unitaire 684 m<sup>3</sup>/h de 60 mcl. Le tube d'impulsion est équipé avec un débitmètre (FIT-8101).

Les mêmes pompes réalisent les opérations de nettoyage chimique et de *flushing*.

La solution pour le nettoyage traverse deux filtres à cartouche (FC-8101-1/2) jusqu'aux différents châssis d'osmose inverse. **(MRE,2021).**

Le circuit de nettoyage chimique travaille à base pression et est isolé de tous les châssis par des robinets à boisseau à commande manuelle munies des fins de course. Ils y existent 8 unités d'alimentation de la solution de nettoyage chimique pour le châssis de la ligne n°1(VBO-5003-1/8) et 8 autres unités pour le refoulement de la solution (VBO-5004-1/8). Pour la ligne n°2, ils y existent, de même 8 vannes d'alimentation (VBO-5003-9/16) et autres 8 pour le refoulement (VBO-5004-9/16). **(MRE,2021).**

En outre, pendant les opérations de nettoyage chimique le contact entre les échangeurs de pression et la solution chimique doit être évitée. Pour y arriver, on installe dans le collecteur de rejet un robinet à boisseau à commande manuelle, par châssis, équipé avec des fins de course type VBO-5002-1/16.

La sortie de l'eau depuis les châssis d'osmose inverse en provenance du rejet et du perméat, est refoulée au réservoir de nettoyage chimique.

Il est conseillable de rejeter 10% du volume de la solution refoulée car son taux d'encrassement peut avoir augmenté. **(MRE,2021).**

#### **V.3.3.4. Flushing**

Le circuit de *flushing* qui fonctionne à base pression est isolé de l'aspiration des récupérateurs de pression par une vanne papillon VPA-5004-1/16 et séparé des pompes haute pression par une vanne papillon VPA-5003-1/8.

### V.3.4. Système de reminéralisation et conditionnement de l'eau osmosée

À la fin du procès d'osmose inverse l'eau osmotique est reminéralisée pour diminuer l'agressivité de l'eau et atteindre les valeurs d'alcalinité, dureté, pH, indice de Langelier et MTD garanties. **(MRE,2021).**

L'eau osmotique de chaque ligne d'osmose inverse est conduite vers la reminéralisation au travers de collecteurs indépendants. Chaque collecteur transporte le débit de chaque ligne de production, soit:100,000 m<sup>3</sup>/jour**(MRE,2021)..**

L'eau est stockée dans un réservoir de 6 m de hauteur, c-à-d, à un cota suffisant pour permettre le passage de l'eau osmotique à travers les lits à calcite par l'effet de la gravité et atteindre ainsi, le réservoir de stockage de l'eau produit.

Ce réservoir est divisé en deux de manière que les lignes de production restent indépendantes jusqu'à l'entrée du réservoir d'eau potable. **(MRE,2021).**

Le système de reminéralisation est constitué de deux ensembles de lits de calcite (chacun est composé par 30 cellules de 14m<sup>2</sup> de surface) et d'un procès de dosage de dioxyde de carbone.

Dans la tuyauterie de raccordement du réservoir de l'eau osmotique avec le réservoir des couches à calcite se fait un dosage de CO<sub>2</sub> à travers d'un *sparger* installé dans la même tuyauterie de raccordement. **(MRE,2021).**

L'eau rentre par le bas des cellules et est distribuée au travers des faux fonds des lits de calcite.

L'anhydride carbonique dissous dans l'eau, réagit avec le carbonate calcique du lit formant le bicarbonate calcique soluble, avec lequel le pH augmentera.

Une fois passée la réaction de reminéralisation, on aura amélioré la dureté et l'alcalinité de l'eau, et il existera un résiduel de CO<sub>2</sub> en équilibre avec HCO<sub>3</sub> qui déterminera le PH de l'eau traitée. **(MRE,2021).**

Dû aux conditions du processus de reminéralisation nous n'obtenons pas un indice de Langelier (LSI) positif.

#### V.3.4.1. Dosage de dioxyde de carbone

Le CO<sub>2</sub> sera stocké sous forme liquide, à -20° C et 20,5 kg/cm<sup>2</sup> de pression. Il sera ensuite évaporé jusqu'à sa forme gazeuse pour être enfin, introduit par des injecteurs dans la tuyauterie de sortie de la chambre d'eau osmotique.

On dispose de deux réservoirs de stockage de 50.000 kg chacun.

Deux panneaux pour le dosage (un par ligne de 100 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau osmotique) sont installés à proximité des points de dosage. Le réglage du dosage en dioxyde de carbone est commandé par un débitmètre massique installé dans le panneau.**(VOIRE ANNEX I : V.34)**

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

Le tableau(**VOIRE ANNEX I : V.35**) montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. (**MRE,2021**).

### V.3.4.2.Lits de calcite

Le système de reminéralisation est équipé avec deux lignes de lits de calcite, chacune d'elles compte avec 30 cellules de 14 m<sup>2</sup> de surface unitaire. Le carbonate de chaux employé doit avoir les caractéristiques suivantes :(**VOIRE ANNEX I : V.36**)

L'eau rentre par le bas du réservoir et elle est distribuée à travers d'un faux fond des lits. Ensuite l'eau monte depuis le bas de la couche de filtration à carbonate calcique. Dans sa montée à travers de la couche se produit le rééquilibrage de sa composition chimique. (**MRE,2021**).

L'anhydride carbonique dissous dans l'eau réagit avec le carbonate calcique de la couche formant le bicarbonate calcique.

Les réservoirs sont munis d'un silo de stockage dans leur partie supérieure et des goulottes pour guider le produit depuis le silo à la surface de la couche. De cette forme le dosage du produit se fait par effet de la gravité en consommant l'eau peu à peu. Le dosage se fait, donc, lentement sans produire des turbulences et en maintenant l'hauteur de la couche de calcite et pourtant le temps de contact (**MRE,2021**).

Ce système s'alimente par il même à la demande de l'eau. Cependant, même si d'autres facteurs y participent, la consommation en calcite est reliée au contenu en CO<sub>2</sub>.

Le silo de stockage de la calcite situé dans la partie supérieure des couches permet de stocker les besoins en carbonate calcique pour plusieurs semaines. La recharge se fait à l'aide d'un pont roulant. (**MRE,2021**).

L'eau minéralisée qui sort des réservoirs à travers de ses creux latérales passe directement par gravitation au réservoir de stockage.

Après le procès de reminéralisation la dureté et l'alcalinité de l'eau se voient augmentées. Le résidu en CO<sub>2</sub> en équilibre avec le HCO<sub>3</sub> déterminera le pH de l'eau traitée. (**VOIRE ANNEX I : V.37**)

La sortie des couches de calcite est contrôlée par une vanne murale W-6003-1/60 permettant l'entrée ou la sortie de l'eau reminéralisée vers la canalisation de distribution de chaque ligne.

Cette canalisation est à son tour raccordée à la canalisation d'entrée de l'eau produit au réservoir de l'eau produit par des vannes W-6004-1/2.

Entre cette dernière canalisation et le réservoir sont placées des vannes type W-7001-1/2.

Le tableau ci-dessous montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. (**VOIRE ANNEX I : V.38**)

**(MRE,2021).**

### **V. 3.4.3.Système de recirculation de la reminéralisation**

Lors de la charge en calcite de la cuve supérieure de la couche se produit une période naturelle et transitoire de déséquilibre stœchiométrique et de dilution du dosage de calcite et le CO<sub>2</sub> contenu dans l'eau à l'entrée de la chambre.

Cela a entraîné la mise en place d'un système de recirculation de l'effluent des cellules de calcite vers l'entrée du collecteur de l'eau osmotique avant la reminéralisation pour reprendre l'eau et la calcite en suspension. **(VOIRE ANNEX : V.39) (MRE,2021).**

Le système est composé par des pompes submersibles (PS-6001-1/2) et par des collecteurs des cellules et de distribution à la tête de la reminéralisation. Ce système est commandé par un débitmètre électromagnétique FIT-6001. **(MRE,2021).**

### **V.3.4.4.Système de lavage de lits de calcite**

Le système est composé par des soufflants (S-6001-1/2) et par des collecteurs de PRFV qui fournissent l'air à chaque cellule de la reminéralisation. Ce système est isolé par un vanne de papillon VP-6011-1/2 et est utilisé pour le décolmatage les cellules ou pour éliminer les petits contaminants du carbonate calcique.**(VOIRE ANNEX I : V.40) (MRE,2021).**

### **V.3.4.5.Dosage de chlore résiduel**

Un système de chloration est prévu pour administrer une dose d'hypochlorite résiduel empêchant la décontamination de l'eau commercialisable dans le réseau de transport d'eau externe. La dose maximale prévue de conception est de 1,5 ppm .

Ce réactif sera stocké dans un même réservoir cylindrique vertical construit en polyester renforcé avec fibre de verre, avec une capacité de 20.000 litres.

Pour la charge du réservoir depuis le camion citerne, il est installé une pompe de transvasement de 25 m<sup>3</sup>/h. L'autonomie de stockage pour la dose moyenne est de 25 jours.

On dosera moyennant trois pompes de dosage (une en réserve) de débit unitaire 60 l/h et pourvue de démarreur de manière à ce que le dosage soit proportionnelle au débit de l'eau.

Le point de dosage sera à l'entrée dans le réservoir d'eau produite.**(VOIRE ANNEX I : V.41) (MRE,2021).**

### **V.3.5.Storage et impulsion de l'eau produit**

Le système de stockage et impulsion de l'eau commercialisable à pour objet pomper l'eau produite vers le réseau de distribution A travers du Réseau de Transport d'Eau Externe géré par Algérienne Des Eaux

Le système d'impulsion et stockage d'eau produite est composé par :

- Un réservoir d'eau reminéralisée

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

- Un système de pompage d'eau reminéralisée
- Un regard de livraison (**VOIRE ANNEX I : V.42) (MRE,2021).**

Le réservoir d'eau reminéralisée a une capacité de 4000 m<sup>3</sup> et il est fabriqué en béton armé.

Le réservoir est muni avec des capteurs de niveau (LIT-7001-1/2), des interrupteurs de niveau (LSL-7001-1/2 y LSH-7001-1/2) et des transmetteurs de pH (pHIT-7001-1/2).

L'eau commercialisable est pompé vers le réseau de distribution par 8+1 pompes (PCI-7001-1/9) assurant 1150 m<sup>3</sup>/h à 51 mca par pompe.

Dans le pompage s'installent : un débitmètre (FIT-7001), des transmetteurs de pH (pHIT-7002), un analyseur de chlore (CIIT-7001), un transmetteur de conductivité (CdIT-7001) et un turbidimètre (TuIT-7001).

Le tableau (**VOIRE ANNEX I : V.43**) montre la position de chaque élément mécanique et la lecture des éléments d'instrumentation du système en fonctionnement normale de l'usine. (**MRE,2021**).

### **V.3.6. Réseau de Transport de l'Eau de Externe**

Le Réseau de Transport d'eau externe conduit l'eau commercialisable impulsée par le système de pompage d'eau produite de l'Usine de Dessalement de Mostaganem.

Ce réseau consiste à :

- Une conduite de refoulement en fonte de DN 1400, 693 m de longueur
- Un réservoir intermédiaire de 2000 m<sup>3</sup> de capacité ou la cote de décharge fixe de la conduite de refoulement est +50,50 m.s.n.m.
- Conduite par gravité le longue d'environ 2.830 m en fonte DN 1.400.
- Regard de dérivation pour transférer l'eau vers les deux points d'alimentation.
- Conduite de dérivation en fonte DN 1.000 vers le réservoir de 15.000m<sup>3</sup> de la S.T. Cheliff.
- Conduite de dérivation en fonte DN 400 vers le réservoir de la nouvelle SP 1. et d'une longueur de 219m.
- Le réservoir de Cheliff, de 15 000 m<sup>3</sup> de capacité et équipé avec un système de pompage capable d'impulser 148 000 m<sup>3</sup>/jour
- Les stations de pompage de Sidi Ali avec une capacité d'impulsion de 52 000 m<sup>3</sup>/jour (**VOIRE ANNEX I : V.44) (MRE,2021).**

Le regard d'interconnexion de l'usine de dessalement et les regards de raccordement des stations de pompage de Sidi Ali sont équipées avec des vannes hydrauliques.

En aval du regard de raccordement de l'usine il y a un réservoir anti-bélier. (**MRE,2021**).

Les regards placés à l'entrée et la sortie du réservoir intermédiaire sont équipés avec des débitmètres électromagnétiques et vannes de papillon motorisées.

Sur la conduite en fonte de 1400 mm travaillant par gravité et à l'entrée des stations de pompage de Sidi Ali il a aussi des débitmètres installés. **(MRE,2021).**

Le système de télégestion du réseau de transport d'eau externe enverra au système de télégestion de l'usine les signales indiquées dans le tableau ci-dessous.

L'opérateur devra procéder tel qu'indiqué dans le tableau de que le signal concernée enregistre la valeur concernée. **(VOIRE ANNEX I : V.45) (MRE,2021).**

### **V.3.7. Autres systèmes auxiliaires**

#### **Système de vidange de la saumure et des déchets**

L'évacuation des rejets de la Station de Dessalement se réalise à travers d'un émissaire équipé des diffuseurs au bout de son tronçon sous-marin.

L'émissaire a été conçu pour admettre une capacité supplémentaire de 25% des eaux repoussées, ceci est:

- Débit maximum de rejets: 10.195 m<sup>3</sup>/h
- Débit maximum de l'émissaire: 12.744 m<sup>3</sup>/h

Une fois la saumure est passé par les récupérateurs de pression sera ramassée par un collecteur de 1.400 mm de diamètre construit en polyester renforcé avec fibre de verre.

Le collecteur nommé précédemment décharge dans un réservoir enterré construit en béton, d'une capacité de 641 m<sup>3</sup> chargé de collecter de l'eau pour le lavage des filtres.

La saumure et rejetée à un regard de sortie de l'émissaire, par un canal de décharge auquel il est raccordé.

Le déversement de la saumure de rejet se réalise grâce à un tronçon terrestre avec un conduit en polyéthylène haute densité de 1.800 mm. de diamètre.

La longueur totale de la conduite pour les parties terrestre et les immergées est de 1.400 m, y compris le tronçon diffuseur de 130 m. **(MRE,2021).**

### **V.3.8. Système d'eau de service**

Deux groupes de pression donne service à la Station : un pour l'eau osmotique avec 2+1 pompes centrifuges de 10m<sup>3</sup>/h chacune et un autre pour l'eau reminéralisée des mêmes caractéristiques.

Le système d'eau osmotique aspire depuis le collecteur du perméat et fait la distribution de l'eau par les zones de réactives pour la préparation des solutions pour les-mêmes.

Le système d'eau reminéralisée aspire depuis le collecteur d'aspiration des pompes de l'eau – produit et livre l'eau de service et au réseau avoisinant. Elle peut être utilisée dans l'arrosage et emplois divers. **(MRE,2021).**

### **V.4.DESCRPTION DU SYSTÈME DE TÉLÉGESTION DES INSTALLATIONS DE PROCÈS**

#### **V.4.1.Architecture du système**

L'architecture du système sera composé de trois niveaux, à savoir:

- Un niveau supérieur de supervision, constitué par deux PCs d'opération plus un PC d'ingénierie, deux imprimantes et un écran d'affichage. Tous ces équipements sont placés dans la salle de contrôle de la station.
- Un niveau intermédiaire de contrôle du procès, constitué par deux PLCs redondants entre eux, plus de trois stations maîtresses de contrôle des vannes à commande électrique de la station. Ces équipements seront aussi placés dans la salle de contrôle de la station.
- Un niveau inférieur de champ, constitué par 33 stations éloignées d'entrées et de sorties digitales et analogiques **(VOIRE ANNEX I : V.46) (MRE,2021)**.

#### **V.4.2.Contrôleurs logiques programmables (PLCs)**

Chacun des PLCs du procès de la station est installé dans un châssis indépendant et il inclure son propre CPU, source d'installation et cartes de communications. Les CPUs sont redondants entre elles.

Les PLCs se communiquent d'une part avec les ordinateurs PC de supervision et génie et, d'autre part, avec les stations éloignées de E/S et les stations master de Pakscan.

Les communications entre les PLCs et les PCs s'effectueront avec une topologie radiale, sous le protocole Ethernet et sur un support physique de câble coaxial.

D'autre part, les communications entre les PLCs et stations éloignées de E/S, s'effectuent avec une topologie d'anneau, sous le protocole Contrôlent et sur un support physique de fibre optique. Pour faire possible cette configuration, on a prévu les adaptateurs-convertisseurs de câble à fibre optique et vice versa nécessaires.

Les travaux que les PLC réaliseront s ont les suivants :

- Réception de l'information de l'état (en fonctionnant, arrêt sans incidence, arrêt par décrochement des protections) et mode de fonctionnement (manuel local ou télécommande) de chaque machine.
- Démarrage et arrêt automatiques de machines, en accord avec les logiques programmées.
- Communication avec les PCs du centre de contrôle, pour la transmission d'information et de réception d'ordres, le cas échéant.

Chaque PLC sera installé dans un tableau spécifique, construit en tôle d'acier, à un degré de protection IP54 et ses données seront enregistrées grâce à une porte en polycarbonate transparent à clé.

Ledit tableau inclue les suivants éléments :

- Un interrupteur automatique magnétothermique général I+N avec un dispositif additionnel de protection différentielle.
- Un transformateur d'isolement monophasé, avec le rapport 230/230 V
- Un interrupteur automatique magnétothermique I+N pour protection secondaire du transformateur.
- Interrupteurs automatiques magnétothermiques II à la sortie du précédent, pour protection des circuits de la résistance à la surchauffe, l'extracteur, l'éclairage intérieur du tableau, la prise de courant et la source d'alimentation. **(MRE,2021).**

**(VOIRE ANNEX I: V.47)**

### **V.4.3.Stations éloignées d'entrées et de sorties**

Il y a 22 stations éloignées, communiquées avec les PLCs et équipées des cartes d'entrées et de sorties digitales et analogiques, nécessaires pour le contrôle des équipements et des instruments prévus.**(VOIRE ANNEX I: V.48)** Les emplacements des stations sont indiqués **(VOIRE ANNEX I: V.49)**

### **V.4.4.Équipement de suivi**

L'équipement de supervision est composé de deux ordinateurs PC avec le programme Scada adéquat, un autre ordinateur PC pour des usages de génie et deux imprimantes, une pour l'imprimante d'alarmes et l'autre, pour l'impression de graphiques et des rapports historiques. **(MRE,2021).**

### **V.4.5.Programme de suivi**

Nous détaillons par la suite les fonctions de base du logiciel du Système de Contrôle-commande chargé de la gestion des installations de la Station de Dessalement de Mostaghanem (Algérie) ayant pour but de

- Décrire la Fonctionnalité du logiciel
- Décrire le mode d'exploitation du système.
- Décrire les schémas synoptiques du Processus.
- Détailler les différents Automatismes de l'installation

Le système de commande offre à l'opérateur des schémas synoptiques par lesquels il pourra agir sur le système afin d'afficher, configurer, commander et changer l'état des éléments de l'installation.

De manière générale, l'opérateur aura accès depuis le poste de commande à une série de valeurs pouvant modifier, par exemple, les consignes de durée des cycles, des paramètres des PID les consignes de service, les seuils des alarmes, etc.

En même temps, il aura accès aux ordres de marcher et arrêt, aussi bien des équipements individuels que des séquences du processus.

Le système différencie nettement, les écrans pour le simple affichage ou d'information générale

des écrans permettant d'agir sur le processus ou de démarrage. Ceci a été fait dans le but d'éviter des démarrages par erreur. (MRE,2021).

### V.4.5.1.Fiches des équipements

Les fiches sont divisées en trois zones:

- Identification de l'appareil
  - o Nomination de l'équipement (Tag).
  - o Description de l'équipement.
- Mise en service.
  - o Manuel - Automatique
  - o Marche – Arrêt (Moteurs)
  - o Consignes (Variations de fréquence et pompes doseuses)
  - o Ouverture – Fermeture (Vannes mécanisées)
- État de signales s'y rapportant.
  - o En marche – arrêté. (Moteurs)
  - o Valeurs du processus (Variateurs de fréquence et pompes doseuses)
  - o Ouvert – Fermé. (Vannes en générale)
  - o Défauts électriques
  - o Ordre d'action active sur l'équipement (Marche, arrêt, ouverture, fermeture, etc.)
  - o Autres signales (Variateur prêt, cellule débouchée, etc.)
- Renseignements enclenchements.
  - o État ne permettant pas le démarrage
  - o État permettant le démarrage
  - o De manière particulière, les moteurs à variateur de fréquence ou à pompe doseuse, permettent l'option (étant leurs moteurs en automatique) de varier la fréquence ou leur niveau de dosage manuellement. Si le moteur est en mode manuel, son variateur ou servo-moteur associé, changera à position manuelle (sans action de l'opérateur). (MRE,2021).

### V.4.5.2.Alarmes

Les alarmes sont définies par les suivants concepts:

- Dépassement des seuils des paramètres contrôlés.
- Mise en marche de détecteurs spécifiques de défaillance (pressostats, thermostats, limiteurs de couple, thermiques, détecteurs de niveau, etc.).
- Défaut du système de communications
- Défaut du système de distribution électrique.

- Démarrage ou arrêts inattendus dans le fonctionnement des actionneurs (défaillance de la commande)
- Changement de commande à distance à commande local des équipements.

Le système de suivi gère les alarmes en fonction de:

- Ligne d'alarmes: Toutes les alarmes sont représentées par une ligne d'alarme (et dans tous les écrans) au moment de son déclenchement. Les deux dernières alarmes produites sont représentées à l'écran.
- Écran d'alarmes: l'accès à cet écran sera possible depuis tous les écrans du système de suivi pour y agir convenablement.
- L'alarme indiquera, dans les deux, cas, la date et l'heure de son déclenchement, une note de l'équipement s'y rapportant, la zone où elle s'a produit (osmose, filtration, etc.), le niveau de dépassement (HiHi-Hi-Lo-LoLo), pour les signales analogiques, et un texte associé.
- Toutes les alarmes sont raccordées dans le système de gestion d'alarmes (déclenchement, identification et arrêt). **(MRE,2021)**.

### **V.4.5.3. Consignes de processus**

#### *Changement de consignes et temporisateurs*

Un nombre suffisant d'écrans a été établie afin de pouvoir transmettre au système de commande les changements de consignes, temporisateurs, valeurs seuils, etc. De manière générale, il est possible de varier depuis le système de suivi toutes les valeurs ayant été définies comme variables ou réglables dans les critères de fonctionnement.

Les écrans de configuration sont ressemblées par zone du processus. De cette manière l'opérateur pourra sur un seul écran suivre et surveiller toutes les valeurs reliées au processus contrôlé dans ce moment.

Le PC registre les valeurs en tant que marques permanentes pouvant pendant une défaillance électrique dans le logiciel ou sur l'automate continuer le procès ou redémarrer à partir de la dernière consigne reçue.

#### Boucles de régulation

Chaque boucle est associée à:

- Une valeur du signal du processus
- Consigne.
- Une valeur des variables de contrôle-commande associés
  - o Constante proportionnelle
  - o Constante dérivative
  - o Constante intégrée

- Bande Morte, etc..

En même temps, il est possible d'activer ou désactiver la boucle de régulation permettant, dans le cas de l'activation un transfert sans à-coups (Bumpless) et gardant la dernière valeur de la consigne pour la désactivation.

Cet écran de rentrée de paramètres permet, en outre, de réaliser une analyse de la boucle par la représentation en *trend continue* des suivantes variables:

- Consigne
- Variable de procès(MRE,2021).

#### **V.4.5.4.Seuils d'alarmes.**

Toutes les variables analogiques permettent de configurer des différents seuils d'alarmes. Les seuils configurables qui peuvent entraîner un enclenchement ou démarrage par son dépassement, sont remarqués par le clignotement de la valeur configurable. L'opérateur pourra ainsi prendre le soin nécessaire au moment de la configuration de telle valeur. (MRE,2021).

#### **V.4.5.5.Séquence de processus.**

Le système dispose des fiches de mise en marche de chacune des différentes séquences du processus suivant les suivants points:

- Enclenchements de démarrage de la séquence.
- Liste des pas de la séquence depuis son début jusqu'à l'état d'exploitation et depuis là jusqu'au système d'arrêt en sécurité.
- Durée des démarches en cours de la séquence.

Si un point donné de la séquence requiert l'action du personnel opérateur (position des vannes manuellement, purge de tuyauteries, etc.), la séquence s'arrêtera et un bouton de permission de continuer automatiquement la séquence s'affichera à l'écran. (MRE,2021).

#### **V.4.5.6.Courbes de tendances.**

Toutes les valeurs analogiques sont représentées par des courbes de tendances variables en temps réel. Les variables représentées sont les suivantes:

- Variables de champ.
- Variables calculées du processus.
- Consignes des boucles de régulation.

Chaque valeur analogique se rapporte à:

- Tag d'identification.
- Valeur instantanée.
- Unités.
- Étendue de représentation
- Valeurs limites

Il est possible de représenter plusieurs variables en mode historique. Le mode d'affichage et le délai historique peuvent être déterminés par l'opérateur. **(MRE,2021).**

### **V.4.5.7.Écran de processus**

Ci-après se représente divers écrans d'affichage et contrôle du processus. **(VOIRE ANNEX I : V.50) (MRE,2021).**

## **V.5.DESCRPTION DE L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE**

### **V.5.1.La fourniture de l'énergie**

L'énergie est fournie à haute tension, à 220 kV à une fréquence de 50 Hz et une puissance de court-circuit prévue de 3,27 GVA. **(MRE,2021).**

### **V.5.2.Le Poste Électrique**

Le Poste Électrique de 220/11kV est du type intempérie et il est placé aux alentours du bâtiment de traitement, le plus proche possible du centre de gravité des charges.

Il contient deux transformateurs de 220/11 kV et 35/45 MVA (ONAN/ONAF), et deux autres de secours.

Dans la haute tension le Poste contient des sectionneurs, des disjoncteurs automatiques, des relais de protection et des appareils de mesure selon les besoins.

Pour la moyenne tension, il existent deux ensembles égaux des cabine préfabriquées en liaison avec chaque transformateur de 220/11 kV du poste électrique.

Chaque ensemble est composé par les cabines suivantes:

- Une cabine d'entrée, équipée d'un disjoncteur extractible 12 kV-2.500 A-50 kA à commande motorisé, plus un transformateur à moyenne tension, protégé des court- circuits avec fusibles
- Une cabine de protection du transformateur des services auxiliaires équipée d'un interrupteur de 12 kV-200 A, et de protection anti- courts-circuits et d'un sectionneur de mise à la terre.
- Huit cabines de protection des circuits de sortie, équipées chacune d'elles d'un disjoncteur extractible de 12 kV-630 A-31,5 kA à commande motorisé, en plus d'un sectionneur de mise à la terre.

### **V.5.3.Réseau de distribution à 11 kV**

Le réseau de distribution à 11 kV a une configuration radiale et il est composé des circuits suivants:

- 2 circuits au centre de transformation n°1 dans le pompage de captage d'eau de mer
- 2 circuits au centre de transformation n°2 dans le bâtiment de traitement.
- 2 circuits au CCM n°5 des pompes à haute pression.
- 2 circuits au CCM n°6 des pompes à haute pression.
- 2 circuits au centre de transformation n°3 dans le bâtiment de traitement.
- 2 circuits au CCM n°9 des pompes à haute pression.

- 2 circuits au CCM n°10 des pompes à haute pression.
- 2 circuits au centre de transformation n°4 dans le pompage de l'eau produite.

Les câbles pour ces circuits sont dans tous les cas du type RHZ1 8,7/15 kV, unipolaires et avec câble conducteur en cuivre. Ils seront normalement installés sous terre à une profondeur de 1,30 m acheminés par des tubes isolants. **(MRE,2021).**

### **V. 5.4.Centres de transformation**

Les centres de transformation sont installés dans des enceintes spécifiquement destinées à cette fin dans les différents bâtiments prévus.

L'appareillage est installé dans les cabines préfabriquées, en atmosphère de SF6. Leur contenu se détaille ci-après:

- Deux cabines d'entrée des regards sous terrains. Munies d'un interrupteur de 12 kV-400 A chacune à commande manuelle et à trois positions "connexion- sectionnement-mise à la terre".
- Autant de cabines de protection comme de transformateurs de puissance, avec un sectionneur de 12 kV-400 A chacune, un disjoncteur de 12 kV-400 A-20 kA et un sectionneur de mise à la terre à trois positions « connexion-sectionnement-mise à la terre ». Les sectionneurs à commande manuelle et le disjoncteur à commande motorisé.

Les transformateurs de puissance sont en bain d'huile, du type de remplissage plein et de pertes réduites avec les caractéristiques suivantes:

- |   |  |
|---|--|
| - C.T.1 (pompage de captage d'eau de mer) | 2+1 de 3.150 kVA a 3*690-400 V<br>1+1 de 400 kVA a 3*400-230 V |
| - C.T.2 (traitement)                      | 1+1 de 2.500 kVA a 3*690-400 V                                 |
| - C.T.3 (traitement)                      | 1+1 de 2.500 kVA a 3*400-230 V                                 |
| - C.T.4 (pompage d'eau produite)          | 1+1 de 2.500 kVA a 3*400-230 V                                 |

Quant aux prises de terre, il y a les suivants systèmes indépendants entre eux pour chaque centre de transformation.

- Un système de mise à la terre de protection, pour les châssis des cabines préfabriquées et des transformateurs de puissance.
- Des systèmes de mise à la terre des neutres et des transformateurs de puissance.

Les électrodes pour ces systèmes sont des piques en acier cuivré de 2 mètres de longueur et 14,3 mm de diamètre et les câbles seront en cuivre nu. **(MRE,2021).**

### **V.5.5.CCMs à 11 kV pour les moteurs des pompes à haute pression**

Ces CCMs, à placer près des centres de transformation du bâtiment de traitement, sont composés des suivantes cabines préfabriquées :

- Deux cabines d'entrée des regards sous-terrains, contenant chacune d'elles, un interrupteur de 12 kV-400 A à commande manuelle et à trois positions "connexion- sectionnement-mise à la terre".
- Autant de cabines de protection et manœuvre individuelle comme des moteurs à moyenne tension, contenant chacune d'elles un sectionneur de 12 kV-400 A, un disjoncteur de 12 kV-400 A-20 kA et un sectionneur de mise à la terre à trois positions « connexion-sectionnement-mise à terre ». Les sectionneurs à commande manuelle et le disjoncteur à commande motorisé.
- Autant de cabines de protection et de manœuvre individuelle comme des batteries des condensateurs pour les moteurs à moyenne tension, contenant chacune d'elles un sectionneur de 12 kV-400 A, contre coupe-circuits avec cartouches à un haut pouvoir de coupe, un contacteur et un sectionneur de mise à la terre à trois positions « connexion-sectionnement-mise à terre ». Les sectionneurs à commande manuelle et le contacteur à commande électrique. **(MRE,2021).**

### **V.5.6.Les tableaux de distribution**

Dans les deux centres de transformation n°2 et 3 existent deux tableaux de distribution à 3\*400-230 V, qui sont installés dans les locaux destinés exclusivement à cet usage.

Ils sont construits en tôle d'acier, son degré de protection sera IP54 et ils peuvent être visités grâce aux portes à fermeture.

Elles contiendront le matériel suivant:

- Pour chaque entrée de transformateur de puissance, un interrupteur automatique magnétothermique III+N, quatre transformateurs d'intensité, une base contre court-circuits tripolaire de 25 A avec des cartouches fusibles de 2 A et un analyseur de réseau.
- -Un transformateur d'intensité additionneur de 5+5/5A, pour l'équipe de correction automatique du facteur puissance.
- Un déchargeur de surtensions III+N de 100 kA.
- Tant des interrupteurs automatiques magnétothermiques omnipolaires que des circuits de sortie. **(MRE,2021).**

### **V.5.7.Centres de commande de moteurs à basse tension**

Les centres de commande des moteurs pour la manœuvre et la protection des récepteurs de force de procédé sont de type compartimenté, avec des chariots extractibles.

Les colonnes d'entrée contiennent le matériel suivant:

- Un interrupteur automatique magnétothermique général III+N.
- Trois transformateurs d'intensité.
- Un anti court-circuit tripolaire de 25A avec des cartouches de 2 A.
- Un analyseur de réseau.
- Un transformateur de commande avec le rapport 400/230 V.

- Un déchargeur de surtension III+N.

Les colonnes de sortie sont divisées en plusieurs chambres. Chacune d'elles pour le moteur de la machine, une vanne ou une valve.

Les sorties pour les moteurs incluent les éléments suivants:

- Un interrupteur automatique magnétique III, avec dispositif complémentaire de protection différentielle de 300 mA.
- Un contacteur, inverseur, démarreur étoile-triangle, variateur de fréquence ou démarreur statique, selon les cas. Les sorties munies de contacteur, d'inverseur ou de démarreur étoile-triangle, incluent des relais thermiques électroniques.
- Le matériel auxiliaire de commande et de signalisation nécessaire.

D'autre part, les sorties pour les équipements à tableau propre incluent un interrupteur automatique magnétothermique I+N ou III+N, selon le cas, avec un dispositif additionnel de protection du différentiel. **(MRE,2021).**

### **V.5.8. Tableaux général d'éclairage et de force à plusieurs emplois**

Le tableau général d'éclairage et de force à plusieurs emplois est installé à proximité du tableau général de distribution du centre de transformation n° 2. Il est construit en tôle d'acier, son niveau de protection sera d'IP54 et ses données sont enregistrables grâce à des portes à fermeture.

Il contient le matériel suivant :

- Un interrupteur automatique magnétothermique III+N.
- Trois transformateurs d'intensité.
- Trois ampèremètres
- Un anti court-circuit tripolaire de 25A avec des cartouches fusibles de 2 A.
- Un voltmètre à commutateur.
- Pour chaque circuit de sortie aux tableaux secondaires, un interrupteur automatique magnétothermique III+N.
- Pour chaque circuit de sortie pour l'éclairage extérieur, un interrupteur automatique magnétothermique III+N avec dispositif additionnel de protection du différentiel, un contacteur III et un sélecteur « Manuel-0-Automatique ».

Ces tableaux sont isolés, étanches, pour leur montage superficiel. Ses données seront enregistrées grâce à une porte à clé et ils seront équipés avec voies DIN pour leur montage d'appareils. Ils contiendront le matériel suivant :

- Un interrupteur automatique magnétothermique général III+N.
- Selon les cas, un ou trois interrupteurs automatiques différentiels II pour éclairage.

- Selon les cas, un ou plusieurs interrupteurs automatiques différentiels IV pour force à plusieurs emplois.
- Autant d'interrupteurs automatiques magnétothermique I+N ou III+N que des circuits de sortie.

Dans tous les tableaux décrits, les interrupteurs automatiques destinés à la protection de circuits d'alimentation aux points d'éclairage avec lampes de décharge sont d'un calibre adéquat à une puissance en VA équivalente à 1,8 fois le nominal des lampes en watts; et les dispositifs différentiels seront de 30mA bicouche et d'action instantanée. **(MRE,2021).**

### **V.5.9. Correction du facteur de puissance**

Aussi bien les moteurs à moyenne tension des pompes à haute pression, que les moteurs à basse tension d'une puissance supérieure à 100 kW disposent d'une correction individuelle de leur facteur de puissance par le biais des batteries fixes de condensateurs. Ces batteries sont branchées et débranchées grâce aux contacteurs, de sorte que, lesdites manœuvres se fassent au moment précis.

En plus des batteries précédentes, chaque tableau de distribution à 3\*400-230 V est associé à une équipe de correction automatique du facteur de puissance, calculé de sorte que celui-ci demeure au-dessus d'une valeur 0.95. **(MRE,2021).**

### **V.5.10. Canalisation**

Les canalisations extérieures aux bâtiments sont, d'une façon générale, des tuyauteries souterraines en polyéthylène, intérieurement lisses et ridés extérieurement, de diamètre variable selon les cas, placés sur une couche de sable de sorte qu'ils raccordent bien à une profondeur minimum de 70 cm.

D'autre part, les canalisations intérieures, sont type chemins des câbles et des tuyaux en PVC, ceux-ci rigides en installation visible et ridés en installation scellée ou caché par faux plafond. **(MRE,2021).**

### **V.5.11. Câblages**

Le câblage pour l'alimentation des points d'éclairage intérieur et les prises de courant de force à plusieurs emplois sont réalisées avec des câbles du type H07V-K unipolaires, car ils sont acheminés au travers de tubes blindés

Le reste des câblages de l'usine, c'est-à-dire, des câblages entre tableaux, des tableaux aux équipements de procédé, d'éclairage externe, etc., sont fabriqués avec câbles du type RV-K 0,6/1 kV, sauf dans le cas de l'alimentation aux moteurs contrôlés par variateurs de fréquence, lesquels seront du type RMV 0,6/1 kV. Jusqu'à 50 mm<sup>2</sup> de section sont multipolaires et à partir de 70mm<sup>2</sup> unipolaires. En tout cas, les cordons conducteurs sont en cuivre.

La section des câbles est la appropriée pour qu'ils accomplissent la densité de courant admissible et pour que la chute de tension ne dépasse pas les valeurs limite établies. Les sections minimums seront les suivantes:

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

- Pour les circuits de commande et contrôle d'équipements 1,5 mm<sup>2</sup>
- Pour éclairage de signalisation et émergence 1,5 mm<sup>2</sup>
- Pour éclairage extérieur 6 mm<sup>2</sup>
- Pour le reste d'installations 2,5 mm<sup>2</sup> (MRE,2021).

### V.5.12.Mécanismes

Les dispositifs d'allumage des installations d'éclairage (interrupteurs et commutateurs) sont dans tous les cas de 10A-250 V, pour montage superficiel dans les salles industrielles et scellé dans les chambres pour emploi du personnel dans le bâtiment de contrôle.

Les bases de prise dans la zone de contrôle, sont I+N+TT de 10/16 A-250 V scellés et, dans les zones industrielles, elles sont du type Cetac, II+TT de 16 A-250 V et III+TT de 16 A-400 V, montées par ensembles de deux.

D'autre part, à côté de chaque équipe de procès on a installé une avec moteur électrique on installera un compartiment étanche contenant :

- Un ou deux bouton-poussoir de marche, selon les cas. Deux pour les moteurs à double sens de tour et un dans le reste.
- Un pulsateur d'arrêt, du type champignon, avec retenue. (MRE,2021).

### V.5.13.Système de mise à la terre

Dans chaque cas, le système de mise à la terre est composé par un réseau primaire et un autre réseau secondaire.

Le réseau primaire est constitué par:

- Un câble de cuivre nu de 50 mm<sup>2</sup> de section, directement enterré dans le terrain à une profondeur minimale de 70 cm, avec tracement coïncident à peu près avec le périmètre du chantier.
- Piques en acier cuivré de 2 m de longueur et 14,3 mm diamètre, branchées au câble précédant avec une distance approximative de 50 m.

Le réseau secondaire est constitué par des câbles en cuivre nus de 35 mm<sup>2</sup> de section, reliés à ceux du réseau primaire, pour la mise à la terre des structures et les armatures métalliques des bâtiments et d'autres chantiers de la station, tout comme des tableaux électriques.

Les unions des câbles entre eux, des câbles avec des piques et des câbles avec des éléments structuraux sont fait par soudure aluminothermiques.

Dans chaque tableau électrique on a installé d'une barre de mise à la terre, qui, sera branchée par un de ses côtés à un réseau extérieur et à laquelle sont branchés les câbles de mise à la terre des récepteurs.

Accompagnant les conducteurs polaires de chaque circuit de distribution des tableaux de zone à ses récepteurs respectifs il y a un conducteur pour mise à la terre, de section égale à ceux- là jusqu' à

35 mm<sup>2</sup> et de 50% de la section à partir de 35 mm<sup>2</sup>. De cette façon, les châssis des tableaux, des machines et des lumières restent branchés au réseau extérieur, ainsi que les branches de mise à la terre de toutes les bases de prise et prises de courant. **(MRE,2021).**

### **V.6.DÉMARRAGE, OPERATION, ARRET PROGRAMMÉE ET ARRET NON-PROGRAMMÉE DES INSTALLATIONS DE PROCÈS**

#### **V.6.1.Boucles de control (VOIRE ANNEX I: V.51)**

#### **V.6.2.2.Captage et pompage de l'eau de mer**

##### **V.6.2.2.1.Démarrage de la première pompe d'eau de mer**

Le démarrage des deux pompes à la fois et d'une même ligne (L1 ou L2), n'est pas permis. Dans cette section on décrit le procès de démarrage de la première pompe de chaque ligne.

L'Opérateur choisit la pompe à démarrer et le Système de Commande (S.C.) mettra en marche les enclenchements nécessaires. Il devra, en outre, fixer la valeur du point de consigne (2.5 bar) du boucle de contrôle-N°1 (voir liste en annexe) « pression d'aspiration de l'osmose inverse », mesurée dans le PIT-4001-1 ou 2.

Si le démarrage des pompes de captage a été fait très vite il peut entraîner une descente dans le niveau du regard au-dessus du seuil recommandé par le fabricant des pompes : cet effet s'aggravera si le nombre de pompes en service augmente.

Afin d'éviter cet effet, le gradateur de monté des tours de la pompe de captage pour atteindre le point de consigne de 2.5 bar est proportionnel au niveau du regard : plus le niveau est bas, plus doit diminuer la vitesse de monté des tours.

L'amorçage de la pompe de captage PCE 1001-X aura lieu une fois les conditions des enclenchements pour l'amorçage seront réalisées à la demande d'ouverture de la vanne VBA-1001-X. Cette ouverture provoque une montée de la pression dans la ligne de vidange entraînant le démarrage des pompes à vide de manière automatique jusqu'à rétablir le niveau initial de vide.**(VOIRE ANNEX I : V.52) (MRE,2021).**

Le groupe d'amorçage n'a pas de enclenchements comme équipe autonome. Les pompes de captation auraient quelques conditions attachées avec le groupe d'amorçage pour leur démarrage.

Si un le groupe d'amorçage est hors service, toutes les pompes de captage pourraient s'amorcer en employant le système d'eau de service, par la seule ouverture de la vanne VBA 1001-10. Il faudra choisir le groupe de remplissage en service et les enclenchements seront référenciés à celui-ci. **(MRE,2021).**

Pendant la mise en marche sera décidée une valeur de consigne du dispositif de mesure du vide PSL 1001-X de manière telle qu'elle assurera l'amorçage de toutes les pompes y associées. La valeur de cette consigne sera légèrement inférieure à celle de l'appareille de mesure du vide pour la commande des pompes du groupe de vidange.

Une fois la valeur de consigne du pressostat PSL 1001-X est atteinte on considère finit l'amorçage de la pompe PCE-1001-X. Ensuite, la vanne VBA 1001-X se ferme après un délai de 5 s (réglable dans le Poste de Commande) et elle sera prête pour son démarrage.

Par une défaillance de la vanne VBA-1001-X le niveau LSH-1001-X affichera un certain niveau d'eau entraînant l'ouverture de l'électrovanne VSO-1001-X et l'arrêt des pompes à vide du groupe. **(MRE,2021).**

Une fois que le système a vérifié que les enclenchements de la pompe sont réalisés, elle pourra être démarrée. Pour le démarrage il faudra agir sur la fréquence du variateur de fréquence jusqu'à atteindre une valeur des tours préétablies. La fréquence sera modifiée grâce au gradateur programmé pendant la mise en marche compte tenu du niveau du regard, comme a été indiqué précédemment.

Enclenchements de démarrage pour les pompes de captation liées à l'ensemble d'amorçage : **(VOIRE ANNEX I : V.53)**

Enclenchements de démarrage pour les pompes de captation liées aux pompes de captation : **(VOIRE ANNEX I : V.54)**

Le démarrage de la pompe de captage implique l'intervention de la vanne VPC-5001-1 et 2 selon se rapporte à la ligne n°1 ou 2 :

Au début, se trouvent les équipements intervenants en "A" (mode automatique).

Pour la première pompe, le SC met en mode « FILTRATION » au moins 3 filtres de la première étape et 2 filtres de la 2<sup>e</sup> étape.

Au moment où, l'Opérateur donne l'ordre de mise en marche pour une pompe d'eau de mer, un délai de "retard du démarrage de la pompe d'eau de mer", commence à compter. Ce délai peut être réglé par le SC. Après ce délai le démarrage de la pompe sera effectif.

Lorsque le SC reçoit le signal de confirmation de service de la pompe un nouveau délai de "retard de l'ouverture de la vanne d'impulsion" commence à compter. Ce délai peut être réglé par le SC.

Lorsque la vanne d'impulsion de la pompe démarrée touche sa fin de course d'ouverture; la boucle de contrôle N°1 s'active pour faire atteindre la pression mesurée par le transmetteur correspondant d'entrée BAP sa valeur de consigne ( $\approx 2,5$  bar).

Le SC active le boucle N° 2, par l'ouverture graduelle (à décider pendant la mise en marche) de la vanne de drain choisit (VPC 5001-1 ou 2) jusqu'à atteindre la valeur de consigne de 1.055 m<sup>3</sup>/h calculée comme:

- Pour la Ligne 1: addition des mesures des débitmètres d'entrée aux filtres de 2<sup>e</sup> étape de la ligne 1, en mode "FILTRATION", FIT-3001-1/.../8, moins l'addition des mesures des

débitmètres d'entrée au BAP FIT 5001-1 à 4 et aux systèmes de récupération de l'énergie FIT 5002-1 à 8. Cette valeur sera affichée dans l'écran SCADA correspondant.

$$\Sigma(\text{FIT } 3001-1+.../\text{FIT } 3001-8)- \Sigma(\text{FIT } 5001-1+.../\text{FIT } 5001-4)- \Sigma(\text{FIT } 5002-1+.../\text{FIT } 5002-8)$$

- Pour la Ligne 2: addition des mesures dans les débitmètres d'entrée aux filtres de 2<sup>e</sup> étape de la ligne 2 en mode "FILTRATION", FIT-3001-9/.../16 moins l'addition des mesures pour les débitmètres d'entrée au BAP FIT 5001-5 à 9 et aux systèmes de récupération de l'énergie FIT 5002-9 à 16. Cette valeur sera affichée dans les écrans SCADA correspondantes.

$$\Sigma(\text{FIT } 3001-9+.../\text{FIT } 3001-16)- \Sigma(\text{FIT } 5001-5+.../\text{FIT } 5001-8)- \Sigma(\text{FIT } 5002-8+.../\text{FIT } 5002-16) \text{ (MRE,2021).}$$

Le cas échéant d'emploi de la pompe de secours en remplacement de la pompe de Haute PCH-5001-X, il faudra remplacer, également, dans les formules la valeur du débitmètre FIT 5001-X par celle correspondante à la pompe de secours FIT 5001-9.

Cette vanne a pour but de permettre la mise en marche du prétraitement et obtenir l'eau de mer dans les meilleures conditions d'alimentation de l'osmose inverse. Jusqu'à atteindre les conditions adéquates de qualité d'entrée dans les membranes, l'eau de mer sera rejetée vers l'émissaire de saumure. (MRE,2021).

Si la vanne était en mode "manuel" c'est à l'Opérateur de l'ouvrir à l'aide de sa "Fiche de machine". Le degré initial d'ouverture est estimé à 45°.

L'Opérateur validera la qualité de l'eau d'entrée aux membranes dans le Poste de Commande. (MRE,2021).

Ensuite les vannes VPA 5002-1 d'entrée au système de récupération de l'énergie et la vanne de contrôle VGC 5001-1 s'ouvrent lentement pour contrôler le débit de sortie de la saumure. La vanne VGC 5001-1 ouvrira suivant un gradateur définit à la mise en marche.

Ensuite, le boucle N° 3 entre la vanne de contrôle VGC-5001-1 et le débitmètre FIT 5002-1 se démarre. Le démarrage de cette boucle entraînera la montée des tours de la pompe de captage pour rétablir la pression de consigne dans le collecteur d'alimentation. La boucle de contrôle N°3 ne pourra pas être lancée avant que les vannes VPA 5002-1 et VGC 5001-1 n'attendent pas un certain % d'ouverture. (MRE,2021).

En ce moment le débit sera mesuré par le FIT 5002-1 à un point proche du point de consigne donné : 631 m<sup>3</sup>/h. (configurable depuis le Contrôle. Valeur théorique 60 %)

Une fois les débits et les pressions stabilisés la même opération se met en marche pour le deuxième système de récupération de l'énergie de la même ligne. (MRE,2021).

Ouverture lente des vannes VPA 5002-2 d'entrée au système de récupération de l'énergie et

de la vanne de contrôle VGC 5001-2 pour la commande du débit de la saumure. Cette vanne s'ouvre selon le gradateur établi dans la mise en marche. La boucle de contrôle N°3 ne pourra pas être lancée avant d'atteindre un certain % d'ouverture. À ce moment le débit atteindra à travers l'appareil de mesure FIT 5002-1 un niveau proche du point de consigne donné : 631 m<sup>3</sup>/h. configurable depuis le Contrôle. Valeur théorique 60 %)

La boucle N°3 entre la vanne de contrôle VGC 5001-2 et le débitmètre FIT 5002-2 activera la vanne de contrôle choisie jusqu'à atteindre la valeur de consigne de 631 m<sup>3</sup>/h. Le démarrage de cette boucle entraînera la montée des tours de la pompe de captage pour rétablir la pression de consigne dans le collecteur d'alimentation.

Suite au démarrage de la première on doit procéder avec le démarrage d'un châssis d'osmose avec la configuration de « Unités de dessalement indépendants » décrit dans la section 13. **(MRE,2021).**

### **V.6.2.2.2. Démarrage d'une pompe étant une ou plusieurs en service**

Dans le démarrage d'une pompe de captage étant une ou plusieurs autres en service, le Poste de Contrôle annule, tout d'abord, la boucle de contrôle N°1 des pompes en service en ce moment. La fréquence des pompes au moment de l'annulation sera constante et s'activera en même temps la boucle N°1 entre la pompe qui va être démarrée (PCE-1001-X) et le transmetteur de pression correspondant (PIT-4001-1 ou 2). **(MRE,2021).**

Les enclenchements pour son démarrage et l'exécution de leur amorçage sont les mêmes que pour la pompe 1.

Ci-après, son détaillés des enclenchements différents à ceux pour le démarrage la première pompe :

- Pour le démarrage de la 2ème pompe 6 filtres, au moins, de la 1ère étape et 4 filtres de la 2ème étape doivent se trouver en mode « FILTRATION » et deux châssis, huit cellules et une pompe d'eau produite.
- Pour le démarrage de la 3ème pompe, au moins, 9 filtres de la 1ère étape et 6 filtres de la 2ème étape doivent se trouver en mode « FILTRATION » et quatre châssis, quinze cellules et deux pompes d'eau produite.
- Pour le démarrage de la 4ème pompe, au moins, 11 filtres de la 1ère étape et 7 filtres de la 2ème étape en mode « FILTRATION » et six châssis, vente-trois cellules et trois pompes d'eau produite.

Pour le démarrage de la 2<sup>ème</sup> pompe de captage et les suivantes, la vanne de réglage du drainage VPC-5001-1 ou 2, restera dans la position où elle était avant le démarrage des pompes.

La boucle de contrôle N° 2, pour le démarrage de la 2<sup>ème</sup> et les suivantes unités de dessalement peut être désactivée par le démarrage à l'aide de l'ouverture de la sortie de saumure

(VGC 5001-X) des récupérateurs d'énergie. De cette manière, le gradateur de démarrage de la pompe de captage, poussera initialement 631 m<sup>3</sup>/h d'eau de mer par la première ligne des récupérateurs d'énergie passant, après la deuxième ligne des récupérateurs à 1262 m<sup>3</sup>/h et atteindra finalement 2.317 m<sup>3</sup>/h après le gradateur de démarrage de la pompe BAP.

Le démarrage de la Station doit se réaliser toujours travaillant des châssis indépendants. Suite au démarrage complet d'un des trains de haute, sera mise en service une autre pompe de captage tout en suivant la même séquence que pour les lignes précédentes ayant compte des particularités indiquées dans les paragraphes ci-avant.

Le reste des phases sont détaillées dans le chapitre dédié à l'osmose inverse : réglage du débit d'alimentation au PX, démarrage de la pompe Booster, démarrage du BAP, etc.

À la fin du démarrage de la 2<sup>ème</sup> pompe est suivantes unités de dessalement, la boucle de Contrôle N°1 sera activée pour opérer sur toutes les pompes en service. **(MRE,2021).**

### **V.6.2.2.3.Séquence pour un arrêt programmé des pompes de captage**

Lorsque l'Opérateur fait l'ordre d'arrêt à la pompe de captage, le S.C. suivra les suivantes démarches:

Annulation des boucles du PID pour toutes les pompes tout en gardant le nombre des tours à ce moment.

Fermeture de la vanne d'impulsion de la pompe de captage concernée et au moment d'atteindre sa fin de course de fermeture.

La pompe de captage s'arrêtera. Dans l'arrêt des pompes de captage la vitesse du variateur sera ralentie jusqu'à une valeur donnée des tours et à partir de ce point commencera son arrêt suivant une gradation réglée à la mise en marche. **(MRE,2021).**

Suite à l'arrêt des pompes seront rétablies les boucles de contrôle des pompes en service.

### **V.6.2.2.4.Séquence d'arrêt non programmé des pompes de captage causé par un déclenchement:**

L'arrêt d'une pompe de captage à cause d'un déclenchement (voir point 2.7.) donnera lieu à l'arrêt de la correspondante unité de dessalement. L'Opérateur pourra assigner, pendant le démarrage d'une unité donnée de dessalement, au S.C., la pompe de captage choisie pour l'arrêt à cause d'un déclenchement, ou bien déterminer que l'arrêt soit effectif pour la pompe qui à été en fonctionnement le plus longtemps.

Dans cette condition d'arrêt, tel qu'indiqué dans le chapitre dédié à l'osmose inverse, l'arrêt des pompes de captage entraînera en même temps l'arrêt des pompes de haute et des pompes Booster, et dans cette ordre.

Suite au déclenchement de la pompe de captage le SC procédera de manière similaire que pour l'arrêt programmé. **(MRE,2021).**

### V.6.3.Système de prétraitement : conditionnement chimique

#### V.6.3.1.Préparation des solutions: produits chimiques en état solide

Le metabisulfite de sodium, l'antitartre, le permanganate de potassium sont des produits chimiques que normalement sont fournies par les distributeurs en état solide. Dans cette section on décrit la procédure à suivre pour préparer les dissolutions à la concentration désirée.

**(MRE,2021).**

#### *Remplissage du réservoir avec de l'eau de service*

Il existe ensemble de pression de l'eau osmotique du fabricant KSB-ITUR modèle EPIE-3VLS4020/M0300V10 avec 2 pompes en service et une de secours. Ledit ensemble de 10 m<sup>3</sup>/h et une pression de 16 m.c.a. sera démarré en permanence et branché aux points de prise pour remplissage des cuves de préparation d'agent réactifs par un réseau d'eau osmotique et quelques vannes manuelles. **(MRE,2021).**

#### *Préparation de la dissolution*

Une fois le réservoir soit remplis avec l'eau de service on doit :

- Démarrage de l'agitateur correspondant à ce réservoir.
- Déterminer la quantité de produit nécessaire par rapport à la concentration demandée. Pour cela il est nécessaire de mesurer préalablement le volume d'eau dans le réservoir.
- Dosage manuel du produit solide par saupoudrage lentement du produit sur la surface de l'eau, surveillant que ne se produisent pas de grumeaux. **(MRE,2021).**

#### V.6.3.2.Préparation des solutions: produits chimique en état liquide

Le poly-électrolyte et le antitartre sont des produits chimiques que normalement sont fournies par les distributeurs en état liquide. Néanmoins ces produits doivent être dissolus en eau avant leur injection au système pour arriver à la dose nécessaire d'application. Dans cette section on décrit la procédure à suivre pour préparer les dissolutions **(VOIRE ANNEX I) (MRE,2021).**



Pour la manipulation et préparation des dissolutions des produits chimiques il faut suivre les indications des fiches de sécurité concernées inclus en annexe.

Les produits chimiques à employer doivent être conformes aux spécifications techniques inclus en annexe

#### *Préparation de la dissolution*

Une fois le réservoir soit remplis avec l'eau de service jusqu'à le niveau requis suivant les indications de la section 6.3.1.2, les pas a suivre sont :

- Vérification de la teneur en anti-salissures % (Kg anti-salissures/m<sup>3</sup> d'eau) noté par  $c$  dans les formules de calcul du débit.
- Calcul de la quantité de produit marchand en doses  $d$  (dans les formules précédentes) nécessaire, afin d'obtenir, avec la quantité d'eau de service dans la cuve, une concentration  $c$ .

- Ajust de la quantité de produit marchand calculé. Si l'information du contenu dans la cuvette et exprimé en volume et non pas en poids, il y aura une conversion en employant la densité du produit marchand. **(MRE,2021).**

### **V.6.3.3.Chargement de produits chimiques liquides déjà dilués à la concentration requis**

Certaines actions doivent être mise en œuvre avant de réaliser le chargement d'acide sulfurique, d'hypochlorite de sodium, de dioxyde de sodium et de chlorure ferrique. À savoir:

Vérifier que les vannes d'alimentation du réseau des produits chimiques vers les réservoirs sont fermées et qu'elles n'ont pas des fuites.

Vérifier que les réservoirs sont vide est libres de déchets (outils, pierres, etc....)

Ouverture des vannes de drain des réservoirs et nettoyage à fond des mêmes à l'aide de l'eau du réseau pour les services généraux de la station.

Ouverture des bouchons de remplissage et des trous d'homme pour sécher les réservoirs. Spécialement celui à acide sulfurique.

Ils seront séchés aux intempéries pendant un jour environs selon les conditions météorologiques du lieu. Si le séchage n'était pas satisfaisant, il est possible de le faire sécher à l'aide de l'air comprimé du réseau général.

Fermeture, des bouches d'homme et des vannes de drain des réservoirs et des vannes des lignes d'aspiration des pompes.

Pour les opérations de charge des produits chimiques, l'Opérateur devra maîtriser toutes les mesures de sécurité contenues dans les Fiches de Sécurité ci- jointes.

Les vannes de charge s'ouvrent à la moitié et se démarre la pompe de transfert, tout en surveillant les niveaux de remplissage et la vitesse de remplissage, en agissant, si nécessaire sur la vanne d'ouverture.

Au fur et à mesure que le niveau de remplissage sur l'échelle atteint son maximum, la pompe de transfert sera arrêtée et les vannes d'alimentation du réseau général d'acide sulfurique et d'hypochlorite. Le niveau atteint sera noté par une marque dans l'affichage de niveau.

Il faudra, enfin, s'assurer que des variations remarquables ne se produisent pas dans le niveau avant l'alimentation en produits chimiques. **(MRE,2021).**

### **V.6.3.4.Démarrage des pompes de dosage d'Hypochlorite de sodium.**

Avant de commencer le dosage d'hypochlorite de sodium il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.55)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servomoteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

La position du servomoteur est commandée par un signal analogique de 4-20 mA envoyé depuis le

SCADA et régler ainsi le débit de dosage.

Le débit de dosage doit être proportionnel au débit d'impulsion du système de pompage d'eau de mer.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante:

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = d(\text{mg/l}) \cdot Q(\text{m}^3/\text{h}) / (r(\%)).$$

Où:

**q<sub>pompe</sub>** : Débit de la pompe de dosage

**d**: Dose de produit pure (mg/l = ppm= g/m<sup>3</sup>)

**Q**: Débit d'eau à traiter en m<sup>3</sup>/h, calculé par:

( $\Sigma(\text{FIT 2001-1}+\text{FIT 2001-2}+/\dots/ + \text{FIT 2001-12})$ ) pour les pompes de la ligne n°1 ;

( $\Sigma(\text{FIT 2001-13}+\text{FIT 2001-14}+/\dots/ + \text{FIT 2001-24})$ ) pour les pompes de la ligne n°2 ;

**r**: Pureté du produit commercialisé (gr Cl<sub>2</sub> libre/couchere)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, et le nombre de pulsions soit réglé, la pompe pourrait être démarré. **(MRE,2021).**

### **V.6.3.5.Démarrage des pompes doseuses de coagulant.**

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.56)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servo-moteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante:

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{(r(\%) \times \rho(\text{kg/l}) \times 10)}$$

Où:

**q<sub>pompe</sub>** : Débit de la pompe de dosage

**d**: Dose de produit pure (mg/l = ppm= g/m<sup>3</sup>)

**Q**: Débit d'eau à traiter en m<sup>3</sup>/h, calculé par:

( $\Sigma(\text{FIT 2001-1}+\text{FIT 2001-2}+/\dots/ + \text{FIT 2001-12})$ ) pour les pompes de la ligne 1 dosant en tête de la première étape de filtration ;

( $\Sigma(\text{FIT 2001-13}+\text{FIT 2001-14}+/\dots/ + \text{FIT 2001-24})$ ) pour les pompes de la ligne 2 dosant en tête de la première étape de filtration ;

( $\Sigma(\text{FIT 3001-1}+\text{FIT 3001-2}+/\dots/ + \text{FIT 2001-8})$ ) pour les pompes de la ligne 1 dosant en tête de la deuxième étape de filtration ;

( $\Sigma(\text{FIT 3001-9}+\text{FIT 3001-10}+/\dots/ + \text{FIT 3001-16})$ ) pour les pompes de la ligne 2 dosant en tête de la deuxième étape de filtration.

**r**: Pureté du produit commercialisé %(g de FeCl<sub>3</sub>/100 g de produit commercialisable)

**$\rho$ :** Densité du produit commercialisé (Kg/l)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servo-moteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

**(MRE,2021).**

### **V.6.3.6.Démarrage des pompes doseuses d'acide sulfurique.**

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.57)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servo-moteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante:

$$q_{\text{pompe}}(\text{l/h}) = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{(r(\%) \times \rho(\text{kg/l}) \times 10)}$$

Où:

**$q_{\text{pompe}}$**  : Débit de la pompe de dosage

**d:** Dose de produit pure

**Q:** Débit d'eau à traiter en m<sup>3</sup>/h, calculé par:

( $\Sigma(\text{FIT } 2001-1 + \text{FIT } 2001-2 + \dots + \text{FIT } 2001-12)$ ) pour les pompes de la ligne n°1 ;

( $\Sigma(\text{FIT } 2001-13 + \text{FIT } 2001-14 + \dots + \text{FIT } 2001-24)$ ) pour les pompes de la ligne n°2 ;

**r:** Pureté du produit marchand % (g H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/100 g de produit marchand)

**$\rho$ :** Densité du produit marchand (Kg/l)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés la vanne VBA-8201-X correspondante s'ouvrira.

La pompe doseuse se met en marche, réglant la position du servo-moteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées. **(MRE,2021).**

### **V.6.3.7.Démarrage des pompes doseuses de flocculant.**

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.58)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servo-moteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante:

$$q_{\text{pompe}}(\text{l/h}) = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{(c(\text{kg}/\text{m}^3))}$$

Où:

**$q_{\text{pompe}}$**  Débit de la pompe de dosage

**d:** Dose de produit commercial

**Q:** Débit d'eau à traiter, calculé par:

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

$(\Sigma(\text{FIT 2001-1}+\text{FIT 2001-2}+/\dots/ + \text{FIT 2001-12}))$  pour les pompes de la ligne 1 dosant en tête de la première étape de filtration ;

$(\Sigma(\text{FIT 2001-13}+\text{FIT 2001-14}+/\dots/ + \text{FIT 2001-24}))$  pour les pompes de la ligne 2 dosant en tête de la première étape de filtration ;

$(\Sigma(\text{FIT 3001-1}+\text{FIT 3001-2}+/\dots/ + \text{FIT 2001-8}))$  pour les pompes de la ligne 1 dosant en tête de la deuxième étape de filtration ;

$(\Sigma(\text{FIT 3001-9}+\text{FIT 3001-10}+/\dots/ + \text{FIT 3001-16}))$  pour les pompes de la ligne 2 dosant en tête de la deuxième étape de filtration.

**c:** Teneur en flocculant % (Kg de flocculant commercial /m<sup>3</sup> d'eau)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servo-moteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

**(MRE,2021).**

### V.6.3.8. Démarrage des pompes doseuses de métabisulfite de sodium.

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.59)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servo-moteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante :

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{(c(\text{kg}/\text{m}^3))}$$

D'où:

**q<sub>pompe</sub>** : Débit de la pompe de dosage

**d:** Dose de produit marchand = dose de NaClO pré-chloration x 3

**Q:** Débit d'eau à traiter, calculé par:

$(\Sigma(\text{FIT 3001-1}+\text{FIT 3001-2}+/\dots/ + \text{FIT 3001-8}))$  pour les pompes de la ligne n°1 ;

$(\Sigma(\text{FIT 3001-13}+\text{FIT 3001-10}+/\dots/ + \text{FIT 3001-16}))$  pour les pompes de la ligne 2.

**c:** Teneur en bisulfite % (Kg de métabisulfite/m<sup>3</sup> d'eau)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servomoteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

**(MRE,2021).**

### V.6.3.9. Démarrage des pompes doseuses d'anti-tartre.

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.60)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servomoteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante :

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{c(\text{kg}/\text{m}^3)}$$

D'où:

$q_{\text{pompe}}$  : Débit de la pompe doseuse

$d$ : Dose de produit marchand

$Q$ : Débit d'eau à traiter, calculé par:

( $\Sigma(\text{FIT 3001-1}+\text{FIT 3001-2}+/\dots/ + \text{FIT 3001-8})$ ) pour les pompes de la ligne 1

( $\Sigma(\text{FIT 3001-13}+\text{FIT 3001-10}+/\dots/ + \text{FIT 3001-16})$ ) pour les pompes de la ligne 2,

$c$ : Teneur en antitartre % (Kg antitartre/m<sup>3</sup> d'eau)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servomoteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

**(MRE,2021).**

### **V.6.3.10. Démarrage des pompes doseuses d'hydroxyde de sodium.**

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I : V.61)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servomoteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante :

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{(r(\%) \times \rho(\text{kg}/\text{l}) \times 10)}$$

D'où:

$Q_{\text{pompe}}$  : Débit de la pompe doseuse

$d$ : Dose de produit pure

$Q$ : Débit d'eau à traiter, calculé par:

( $\Sigma(\text{FIT 3001-1}+\text{FIT 3001-2}+/\dots/ + \text{FIT 3001-8})$ ) pour les pompes de la ligne n°1

( $\Sigma(\text{FIT 3001-13}+\text{FIT 3001-10}+/\dots/ + \text{FIT 3001-16})$ ) pour les pompes de la ligne 2, **des filtres en mode FILTRATION.**

$r$ : Teneur du produit marchand % (g de NaOH/100 g de produit marchand)

$\rho$ : Densité du produit marchand (Kg/l)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servomoteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

(MRE,2021).

### V.6.3.11. Démarrage des pompes doseuses pour permanganate de potassium.

Avant de commencer le dosage de coagulant il faut vérifier : (VOIRE ANNEX I : V.62)

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servo-moteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

La position du servo-moteur est commandée par un signal analogique de 4-20 mA envoyé depuis le SCADA et régler ainsi le débit de dosage.

Le débit de dosage est en proportion au débit d'alimentation pour chacune des pompes de captage.

Le débit de dosage est issu de la formule suivante :

$$q_{\text{pompe}} \text{ (l/h)} = \frac{d(\text{ppm}) \times Q(\text{m}^3/\text{h})}{c(\text{kg}/\text{m}^3)}$$

D'où:

$q_{\text{pompe}}$  : Débit de la pompe doseuse

$d$ : Dose de produit marchand

$Q$ : Débit d'eau à traiter calculé à partir de la courbe des pompes de captage pour une valeur donnée de tours. Cette valeur sera chargée dans la programmation pour le calcul du débit à doser.

$c$ : Teneur en permanganate % (Kg de permanganate/m<sup>3</sup> d'eau)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, la pompe se met en marche, réglant la position du servomoteur afin d'établir le débit de dosage à partir des formules ci-avant indiquées.

(MRE,2021).

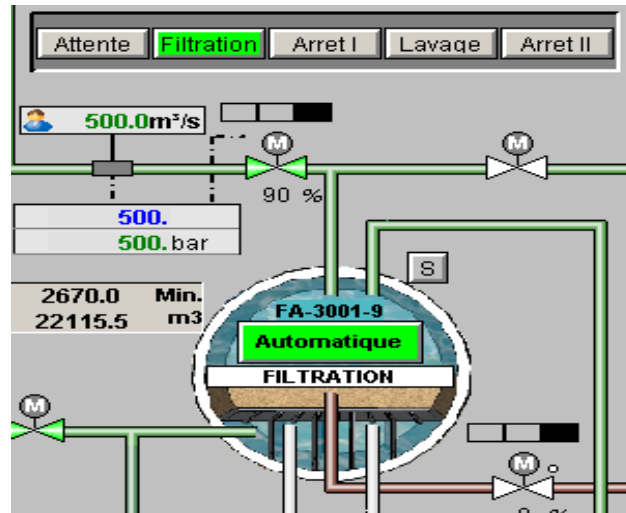
### V.6.4. Système de prétraitement : Filtration de 1ère étape

#### V.6.4.1. Possibles états d'un filtre

- État "Filtration": Filtre en service et en filtration. Vannes d'entrée et sortie ouvertes.
- État "Arrêt I": Filtre arrêté prêt pour nettoyage. Toutes les vannes fermées.
- État "Nettoyage": Filtre en processus de nettoyage. Vanne d'entrée et sortie de l'eau de nettoyage et entrée de l'air de nettoyage ouvertes. Reste des cannes fermées.
- État "Arrêt II": Filtre nettoyé et prêt pour commencer son service. Toutes les vannes fermées.
- État "Arrêt en attente": Vannes d'entrée ouvertes et reste fermées. (MRE,2021).

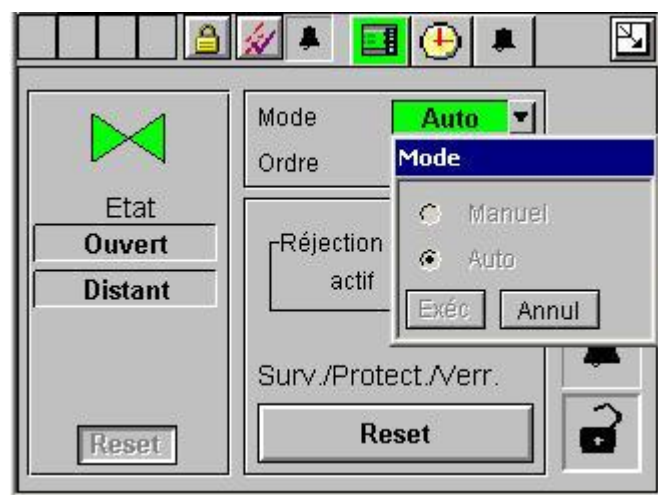
#### V.6.4.2. Modes d'opération d'un filtre

Chaque filtre, est considéré, dans son fonctionnement pour le SC, comme une unité en soit même pouvant donc, travailler en mode "AUTO" ou en mode "MANUEL", selon le choix de l'Opérateur. Pour cela, chaque filtre est muni d'une "FICHE D'APPAREIL" qui assurera ce choix.



*Mode automatique*

Le SC maintiendra toutes les vannes en mode “auto”, pour éviter que l’Opérateur ne change les appareils au mode “MANUEL” au moment de son accès à la FICHE D’APPAREIL. La touche MANUEL sera donc “inaccessible” dans la FICHE pour éviter que l’opérateur n’y accède par erreur avec la souris



Dans cette mode, les vannes des filtres, ne pourront donc pas être commandées que par le SC. L’Opérateur n’aura donc pas accès que à la commande du filtre au moyen d’un “sélecteur” avec lequel pourra choisir les actions nécessaire pour le filtre: ARRÊT- EN ATTENTE-FILTRATION-ARRÊT I-ARRÊT-NETTOYAGE II. Une fois l’opérateur aura validé ses opérations, le SC se charge de les mettre en marche.



*Mode manuel*

Le SC aura et maintiendra toutes les vannes en mode “manuel” tout en permettant l’accès de l’Opérateur aux fiches correspondantes des machines mais en empêchant son accès au changement

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

de la touche de “manuel” à “auto”. La touche AUTO sera donc “inaccessible” dans la FICHE pour éviter que l’opérateur n’y accède par erreur avec la souris. Dans cette mode, les valves des filtres, ne pourront donc pas être commandées par le SC que par l’Opérateur. L’Opérateur sera donc chargé d’ouvrir ou de fermer chaque valve à son tour. Le SC ne fera, donc, que mettre en place les ordres commandés par L’Opérateur.



*Changement de “manuel” à “auto” et vice-versa d’un filtre.*

À l’écran d’exploitation de chaque filtre sera représentée une touche avec l’option de service en cours en ce moment, c’est-à-dire : « AUTO » ou « MANUEL ». Au moyen de la souris placée sur ladite touche apparaîtra un sélecteur avec les deux options possibles et celle en service remarquée. L’Opérateur pourra y agir pour le choix de l’autre option (un filtre en tant que unité sera toujours soit en mode «AUTO » soit en mode « MANUEL » et jamais les deux options sélectionnées ou désélectionnées en même temps).

Le changement d’un filtre en tant qu’unité de “MANUEL “ à “AUTO”, ne pourra être mis en place que lorsque l’Opérateur aura fermé, une après l’autre, manuellement toutes les vannes du même filtre. Le filtre passe alors à l’état d’ARRÊT I avec toutes les valves fermées. Pour y arriver l’Opérateur se servira des Fiches de Machine de chaque valve.

À la fin des opérations de fermeture de toutes les valves de filtres, ouvertes préalablement, le SC permettra l’accès à la touche « AUTO » qui se trouve dans le « Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL”. L’Opérateur pourra en ce moment réaliser les opérations de changement de “MANUEL” à “AUTO” en appuyant sur le touche de “AUTO” puis sur “VALIDER”. Conséquemment le SC changera toutes les vannes du filtre automatiquement du mode “manuel” au mode “auto” dans chaque fiche de machine. Le filtre restera à son tour dès ce moment en mode “AUTO” et position d’ARRÊT –I.

	Le changement d’un filtre de mode “MANUEL” à “AUTO”, étant la Station en service, ne pourra se réaliser que si le filtre est rempli et pressurisé préalablement.
--	--

Le changement d’un filtre comme unité de mode “AUTO” à “MANUEL” au moyen du « Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL” ne sera réalisable que si le filtre concerné est à la position ARRÊT-I ou ARRÊT-II (c-à-d, toutes les vannes de filtre fermées) et à l’aide d’un « Sélecteur pour opération avec un filtre en AUTO » dont on parlera par la suite.

Le SC bloquera ce changement si le filtre se trouve à toute autre position (ARRÊT EN ATTENTE, FILTRATION ou NETTOYAGE) ne permettant pas à l’Opérateur d’accéder à la touche

“MANUEL” du “Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL” du filtre. En conséquence, le SC changera automatiquement toutes les vannes du filtre de “AUTO” à “MANUEL” dans les fiches d’appareil. Le filtre restera à partir de ce moment en mode “MANUEL” et toutes les vannes concernées seront fermées. (MRE,2021).

### V.6.4.3. Opération d’un filtre en mode auto

Il y aura, donc, un “Sélecteur d’opération de filtre en AUTO” pour chaque filtre. Ce sélecteur sera divisé dans les différentes “Touches de Position” avec lesquelles l’Opérateur pourra changer le filtre d’une position à l’autre à condition que le filtre soit en mode AUTO comme unité. Le “Sélecteur”, indiquant l’opération en cours en ce moment s’affichera dans l’écran de chaque filtre en appuyant sur la même touche avec le curseur.

**Automatique**

Les différents états ou “Touches de Position” à choisir dans le “Sélecteur d’opération avec filtre en AUTO » sont les indiquées dans la section 6.4.1 ci-dessus :

***ARRÊT EN ATTENTE – FILTRATION - ARRÊT I – NETTOYAGE - ARRÊT II***

Ce n’est pas à partir de toutes les positions possibles d’un filtre que toutes les autres pourront être choisies. Le SC ne permettra changer depuis une position donnée qu’à celles qui sont réalisables depuis cet état et qui n’entraîneront pas dans sa mise en marche des défauts dans le procès. On évite ainsi des erreurs causées par l’Opérateur.

Le SC ne permettra pas l’accès dans le “Sélecteur” aux fonctions interdites pour l’Opérateur.

### V.6.4.4. Changement l’état d’un filtre

*Changement à état de “FILTRATION”*

Dans cette mode les vannes d’entrée de l’eau de mer au filtre, VPC-2001-1 à 24 et les sorties de l’eau filtrée VPA-2001-1 à 24 sont ouvertes.

Dès la position FILTRATION il ne sera permis d’accéder que aux positions de: ARRÊT EN ATTENTE ou ARRÊT-I.

La validation du mode FILTRATION depuis la position ARRÊT-I ou ARRÊT-II entraîne l’ouverture de la vanne d’entrée au filtre la vanne et après 5 secondes (délai réglable dans le SC) l’ouverture de la sortie de l’eau filtrée.

Si cette option est validée depuis la position ATTENTE, la vanne de sortie de l’eau filtrée ouvrira.

Pour la mise en place de la position FILTRATION le filtre doit être préalablement dans un des modes suivants: ARRÊT I, ARRÊT II ou ARRÊT EN ATTENTE. L’Opérateur doit pousser

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

FILTRATION+ VALIDER dans le « Sélecteur pour opération avec filtre en AUTO ».



Le filtre change au mode « FILTRATION » même si aucune pompe d'eau de mer n'est en service. La vanne d'entrée d'eau de mer VPC-2001-1/.../24 s'ouvrira d'abord, et ensuite ouvre la vanne de sortie de l'eau filtrée VPA-2001-1/.../24 et sera accompagnée du signal "FILTRATION".

Si préalablement à la validation de l'ordre, une pompe d'eau de mer est en service ou un autre filtre est dans la position de filtration et qu'ils correspondent à la même étape, alors en validant l'ordre, le filtre changera à la position "FILTRATION" entraînant l'ouverture des vannes VPC-2001-1/.../24 et VPA-2001-1/.../24 signalisée par "FILTRATION".

Tous les filtres sont munis avec débitmètre pour commander le débit par filtre au moyen d'une boucle de contrôle placée entre la vanne VPC-2001-1/.../24 et le débitmètre FIT-2001-1/.../24 (boucle de control numéro ???).

Le débit maximal de travail pour chaque filtre est celui correspondant au travail de la ligne à 100 % de sa capacité : les 4 pompes de captage et les 4 unités de dessalement en service et un des filtres en position de nettoyage. Le débit du filtre en nettoyage devra être pris par le reste des filtres et la consigne sera donc 842 m3/h (ligne à 100% et 1 filtre en opération de nettoyage)

Le débit unitaire par filtre (Q<sub>fi</sub>) est calculé par la fonction suivante:

$$Q_{fi} = (QTL1-1^{a}ETAPE / NF1) \quad \text{pour filtres de la ligne n}^{\circ}1$$

$$Q_{fi} = (QTL2-1^{a}ETAPE / NF1) \quad \text{pour filtres de la ligne n}^{\circ}2$$

Où:

QTL1-1<sup>a</sup>ETAPE: Débit total de l'eau de mer de la ligne n°1 ; issu de la addition des débitmètres d'entrée d'eau de mer aux filtres de la 1er étape en mode "FILTRATION",  
 $\sum(FIT-2001-1/.../12)$

QTL2-1<sup>a</sup>ETAPE: Débit total d'eau de mer dans la ligne n°2; issu de la addition des débitmètres d'entrée de l'eau de mer aux filtres de 1er étape en mode "FILTRATION",  
 $\sum(FIT-2001-13/.../24)$

NF1: Nombre de filtres de 1<sup>ère</sup> étape en mode filtration.

Il a déjà été signalé que le nombre des filtres en mode filtration doivent remplir la condition suivante:

**(VOIRE ANNEX I : V.63)**

*Changement à l'état de "ARRÊT EN ATTENTE"*

Les vannes du filtre dans ce mode doivent être fermées à l'exception des vannes d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-2001-1/.../24 qui seront ouvertes.

Dès la position ARRÊT EN ATTENTE sera possible le changement aux positions:

FILTRATION, ARRÊT-I et ARRÊT-II.

La validation de cette mode depuis la position ARRÊT-I ou ARRÊT-II, entraîne l'ouverture de la vanne d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-2001-1/.../24.

La validation de cette mode depuis la position FILTRATION, entraîne la fermeture de la vanne de sortie de l'eau filtrée VPA-2001-1/.../24.

*Changement à l'état de "ARRÊT I"*

Dans cette mode, toutes les vannes du filtre sont fermées.

Depuis la position ARRÊT-I sera possible le changement à toutes les autres positions: FILTRATION, ATTENTE, NETTOYAGE et ARRÊT-II.

Si le filtre se trouve en position FILTRATION et indépendamment du nombre de pompes d'eau de mer ou de châssis en service, l'Opérateur devra pousser ARRÊT I + VALIDER dans le "Sélecteur d'opération du filtre en AUTO" pour que le SC déclenche la fermeture de la vanne de sortie du filtre VPA-2001-1/.../24 suivi par la fermeture de la vanne d'entrée de l'eau de mer VPC-2001-1/.../24.

Étant le filtre en position ARRÊT EN ATTENTE et indépendamment du nombre de pompes d'eau de mer ou de châssis en service, l'Opérateur devra activer ARRÊT I + VALIDER dans le "Sélecteur d'opération du filtre en AUTO" pour que le SC déclenche la fermeture de la vanne d'entrée de l'eau de mer VPC-2001-1/.../24.

Étant le filtre en position ARRÊT II et indépendamment du nombre des pompes d'eau de mer ou de châssis en service, l'Opérateur devra activer ARRÊT I + VALIDER dans le "Sélecteur d'opération du filtre en AUTO" afin que le SC n'agisse sur les vannes du filtre, qui resteront fermées. Cependant, à partir de ce moment l'Opérateur pourra activer, à son choix, le NETTOYAGE.

*Changement à l'état de "ARRÊT II"*

Toutes les vannes du filtre sont fermées dans cette position.

Cette position est atteinte à la fin du NETTOYAGE d'un filtre où toutes les vannes sont fermées comme à la position ARRÊT -I.

Depuis la position ARRÊT-II sera possible le changement à toutes les autres positions: FILTRATION, ARRÊT EN ATTENTE et ARRÊT-I, mais il ne sera pas possible de passer à la position NETTOYAGE. **(MRE,2021).**

### **V.6.4.5.Lavage des filtres**

*Quand es qu'on doit laver les filtres?*

L'Opérateur devra fixer une valeur de consigne de HAUTE PRESSION DIFFÉRENTIELLE DES FILTRES DE PREMIÈRE ÉTAPE dPAH-2001-1 et 2, programmable à travers de l'écran du SC. Cette valeur indique le taux de pollution générale de la ligne n°1 et n°2 mesuré en dPIT-2001-1 et 2. Cette alarme du niveau de pollution n'est pas nécessaire pour les filtres, car ils peuvent être

nettoyés à volonté de l'Opérateur.

L'Opérateur doit fixer dans le SC une valeur de consigne de BASSE DÉBIT D'ENTRÉE AU FILTRE FAL-2001-1/24, programmable dans l'écran du SC qui signalera le taux de pollution du filtre, mesuré par FIT-2001-1/24. Cette alarme ne sera pas une condition nécessaire au nettoyage des filtres mais servira à connaître le taux d'encrassement du filtre et en conséquence à connaître l'ordre pour leur nettoyage.

### *Conditions préalables et enclenchements*

Le changement à cette position ne sera possible que depuis la position ARRÊT I du SC

Le changement à position de NETTOYAGE ne sera possible que pour un filtre à la fois, de la ligne n°1 ou de la ligne n°2 compte tenu des deux étapes de filtration. Par contre, deux nettoyages simultanés, de 1er ou 2è étape, sont possibles si chacun correspond à une ligne différente.

Le NETTOYAGE ne pourra se mettre en marche sans un niveau minimal dans le Réservoir de Saumure suivant les indications du chapitre dédié aux enclenchements pour le démarrage.

Il y a un « Sélecteur pour NETTOYAGE avec une ou deux Pompes de Nettoyage PCL-8001-1 à 5 ». C'est pourquoi le nombre de pompes en « auto » et « disponible » devra être le même que le nombre choisit dans le « Sélecteur ».



Au moins, les soufflantes de nettoyage S-2001-1/2, pour la ligne n°1 et la n°2 doivent être positionnés en « auto » et « disponibles ».

La consigne de nettoyage pourra être déclenchée principalement de deux manières:

- Par l'Opérateur depuis la position ARRÊT I au moyen des fonctions NETTOYAGE + VALIDER.
- Par un temporisateur de nettoyage : La temporisation des nettoyages sera programmable depuis le SC en heures et fractions. Cette option sera nommée "DÉLAI COURSE FILTRE DE PREMIÈRE ÉTAPE". Cette option sera disponible lorsque le nettoyage du filtre est en position automatique par temporisateur.

Dans l'option de déclenchement par l'Opérateur depuis le SC la condition de délai de course ne sera pas nécessaire pour le nettoyage. La temporalisation des étapes de nettoyage est programmable depuis le SC: **(VOIRE ANNEX : V.64)**

Ces mêmes délais sont utilisés pour tous les filtres de la 1<sup>ère</sup> Étape quoiqu'ils sont indicatifs.

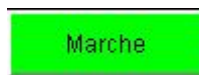
Les temporisateurs sont affichés dans l'écran de chaque filtre: visualisation du temps écoulé pour chacun et le délai final choisit par l'Opérateur pour chaque un. Les délais pourront être variés par l'opérateur au fur et à mesure.

SEQUENCE FILTRE FSA-2001-13			
MOULAGE PARTIEL 1	1	0	Sec.
MOULAGE PARTIEL 2	1	0	Sec.
LAVAGE PAR AIR 1	1	0	Sec.
LAVAGE PAR AIR 2	1	0	Sec.
LAVAGE PAR AIR 3	1	0	Sec.
ATTENTE	1	0	Sec.
LAVAGE PAR EAU 1	5	0	Sec.
LAVAGE PAR EAU 2	5	0	Sec.
LAVAGE PAR EAU 3	5	0	Sec.
REPLISSAGE 1	5	0	Sec.
REPLISSAGE 2	1	0	Sec.
REPLISSAGE 3	1	0	Sec.
PREFILTRATION	80	0.0	Min.

PREFILTRATION	
SANS	Marche
EAU PUMPS	
1 EAU POMPE	<input checked="" type="checkbox"/> AUTO. MARCHÉ Filtrant après le lavage

En même temps l'écran de chaque filtre présentera une touche de "ARRÊT" qui actionnée par l'Opérateur congèle le temporisateur de l'étape en développement en ce moment. Le comptage redémarrera par l'action de l'Opérateur à partir de la dernière valeur du temporisateur.



L'écran de chaque filtre dispose d'une touche "ARRÊT DE SÉCURITÉ DU NETTOYAGE" qui arrête par actionnement de l'Opérateur tous les équipements en service en ce moment et activera la fermeture des vannes pouvant être ouvertes. Le filtre passera, donc, à la position ARRÊT-I.



#### V.6.4.5.3.Équipements de secours pour le nettoyage des filtres

Ils existent pour le nettoyage des filtres, 5 pompes PCL-8001-1/.../5. Pour chaque ligne 1 ou 2 (selon le choix de l'Opérateur) sont en fonctionnement pendant le nettoyage. Les pompes de secours démarrent par mauvais fonctionnement ou panne de celle/s en service, à condition qu'elles soient en position "auto" et "disponibles".

La pompe de secours PCL-8001-5, est raccordée par 2 vannes manuelles VP-8002-5 et 6, au collecteur de nettoyage du linge n°1 et 2 respectivement. L'Opérateur est chargé d'échanger la pompe PCL-8001-5, en alternance, pour secourir aux deux lignes par l'activation dans le SC d'une fenêtre de demande de validation de :

VP-8002-5 ouverte et VP-8002-6 fermée : Dans ce cas le SC comprend "disponible" et changera à « auto » la PCL-8001-5 comme secours actif pour la ligne n°1.

VP-8002-6 ouverte et VP-8002-5 fermée Dans ce cas le SC comprend “disponible” et changera à « auto » la PCL-8001-5 comme secours actif pour la ligne n°2.

Éventuellement, si 2 pompes sont actives pour le NETTOYAGE, le démarrage se fera tout d’abord sur la ligne avec moins d’heures de service. De même, si une seule des pompes est active pour le NETTOYAGE et qu’elle tombe en panne, étant les deux autres en “auto” et “disponibles”, le SC fera démarrer celle à moins d’heures de service pour le remplacement de celle qui a fait panne.

Ils existent 3 soufflantes pour nettoyage S-2001-1/2/3, une par ligne. La soufflante de secours démarre si une d’entre elles tombe en panne et qu’elle rempli la condition d’être en “auto” et “disponible”. La soufflante de secours S-2001-3 est raccordée par 2 vannes manuelles VP-2001-3 et 4 au collecteur de nettoyage de la ligne n°1 et n°2 respectivement. L’Opérateur changera alternativement la soufflante S-2001-3 pour secours des deux lignes. Le SC affichera une fenêtre de requête de l’information suivante:

VP-2001-3 ouverte et VP-2002-4 fermée : Dans ce cas le SC comprend “disponible” et changera à « auto » la S-2001-3 comme secours de la ligne n°1.

VP-2001-4 ouverte et VP-2001-3 fermée: Dans ce cas le SC comprend “disponible” et changera à « auto » S-2001-3 comme secours de la ligne n°2. **(MRE,2021).**

#### **V.6.4.5.4.Réglage du débit de l’eau de nettoyage**

Toutes les pompes de nettoyage des filtres sont équipées d’un variateur de fréquence chargé du réglage du débit de nettoyage, selon la phase, au moyen d’une boucle de contrôle établie entre le variateur et le débitmètre FIT-8001-1 et 2 respectivement pour la ligne n°1 et n°2.

L’Opérateur devra, donc, programmer dans le SC les différentes valeurs de consigne du débit d’eau de nettoyage mesuré en m<sup>3</sup>/h:

“POINT DE CONSIGNE DÉBIT MINIMAL POMPE DE NETTOYAGE” (≈ 800 m<sup>3</sup>/h) (valeur réglable pendant la mise en marche).

“POINT DE CONSIGNE DÉBIT NETTOYAGE DE FILTRES 1er PHASE” (≈ 1000 m<sup>3</sup>/h)

“POINT DE CONSIGNE DÉBIT DE NETTOYAGE FILTRES 2è PHASE” (≈ 2750 m<sup>3</sup>/h)

**(MRE,2021).**

**(VOIRE ANNEX I: V.65)**

#### **V.6.5.5.Séquence de nettoyage en mode automatique**

En choisissant dans le SC NETTOYAGE + VALIDER le SC déclenchera les actions suivantes:  
La de la vanne d’aération s’ouvre.

À la fin de sa fin de course d’ouverture se produit le déclenchement du Temporisateur T1 (étape de dépressurisation) (≈ 10 s).

Une fois le temps T1 écoulé, il déclenchera l’ouverture en même temps des:

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

- Vannes de sortie du nettoyage.
- Vidange partiel.

Au moment d'atteindre leur respective fin de course de l'ouverture, ils déclenchent le Temporisateur T2 (étape de vidange partiel) ( $\approx 20$  min. selon choix dans la mise en marche) et, une fois le temps écoulé, la Soufflante sélectionnée s'active.

Au moment de sa Confirmation de Marche, le temporisateur T3 se déclenche ( $\approx 1$  s)

Une fois le temps T3 écoulé se produit la fermeture de la vanne de dépressurisation du collecteur général (VPA-2007-1 et 2 pour la ligne n°1 et n°2) et l'ouverture de la vanne d'entrée d'air.

Lorsqu'elle atteint sa fin de course d'ouverture le Temporisateur T4 s'active (étape de nettoyage à l'air) ( $\approx 5$  min).

Une fois le temps T4 écoulé la soufflante s'arrête.

Une fois son signal de vérification de marche de la soufflante disparaît le temporisateur T5 s'active ( $\approx 1$  s)

Une fois le temps T5 écoulé la vanne d'entrée d'air se ferme.

Lorsqu'il atteint la fin de course de fermeture la vanne de dépressurisation du collecteur général s'ouvre.

Lorsqu'elle atteindra sa fin de course d'ouverture le Temporisateur T6 s'active (étape de repos du filtre) ( $\approx 5$  min)

Une fois le temps écoulé le Temporisateur T7 s'active (étape de délai de l'ouverture de l'entrée de l'eau) ( $\approx 10$  s)

Une fois le temps T7 écoulé la vanne d'entrée de l'eau pour le nettoyage s'ouvre.

Lorsqu'elle atteint la fin de sa fin de course d'ouverture la 1<sup>ère</sup> pompe de nettoyage sélectionnée s'ouvre par le biais d'un gradateur de démarrage établi pendant la mise en marche (si l'Opérateur a sélectionné deux pompes, alors, il est à celle avec moins d'heures de service de démarrer en premier lieu).

Lorsque le signal de vérification de marche de la pompe démarrée se reçoit la boucle de contrôle – NETTOYAGE se met en "auto" entraînant une augmentation de la fréquence des variateurs de vitesse des pompes de l'eau de nettoyage pour essayer d'atteindre la valeur de la consigne de la 1<sup>er</sup> ( $\approx 1000$  m<sup>3</sup>/h).

Une fois le temps de T8 écoulé se produit le démarrage de la 2<sup>ème</sup> pompe d'eau de nettoyage sélectionnée. Si l'Opérateur avait sélectionné une seule pompe pour le nettoyage à la fin du comptage de T8, le SC déclencherait directement le Temporisateur T9 (étape de nettoyage à l'eau) ( $\approx 20$  min). Au moment de la réception du signal de vérification de marche de la pompe démarrée, les opérations

suivantes s'exécutent en même temps:

- Changement dans la boucle de contrôle-NETTOYAGE du point de consigne de la 1er Phase pour celui de la 2è Phase. La boucle se chargera à partir de ce moment de la commande du débit des pompes d'eau pour le nettoyage pour essayer d'atteindre le nouveau point de consigne de débit de la 2è Phase ( $\approx 2.750$  m<sup>3</sup>/h).
- Déclenchement du Temporisateur T9 (étape de lavage à l'eau) ( $\approx 20$  min).

Au cas où l'Opérateur a sélectionné une seule pompe pour le lavage, à la fin du comptage les deux actions suivantes se mettraient en marche à la fois :

- Fermeture de la vanne de sortie du nettoyage.
- La boucle de commande-NETTOYAGE passe au mode "manuel" et y rentre en tant que valeur de sortie vers les variateurs de fréquence agissant sur les pompes de l'eau de nettoyage, la valeur de consigne pour le remplissage des filtres ( $\approx 800$  m<sup>3</sup>/h).

À la fin du décomptage du Temporisateur T9, étant les deux Pompes en service, les suivantes tâches se mettent en marche en même temps :

- Fermeture de la vanne de sortie du nettoyage.
- Arrêt d'une des pompes de nettoyage en service au moment de la disparition du signal de vérification de sa marche. La pompe arrêtée correspondra à celle en service plus longtemps.
- Changement dans la boucle de commande-NETTOYAGE du point de consigne de la 2<sup>ème</sup> Phase par celui de débit minimal. La boucle se chargera à cet instant d'agir sur le variateur de fréquence de la pompe d'eau de nettoyage pour essayer de rejoindre le nouveau point de consigne ( $\approx 800$  m<sup>3</sup>/h).

Au moment où la Vanne de Sortie de l'eau de Nettoyage atteint la fin de sa fin de course de fermeture, et en même temps, la valeur du débit de nettoyage diminue jusqu'à rejoindre la plage de 10% programmé aux environs du point de consigne de débit minimale, alors...

Le Temporisateur T10 se déclenche (étape de remplissage) ( $\approx 5$  min).

Lorsque le temps de T10 s'écoule, la vanne d'aération se ferme.

Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture, alors le Temporisateur T11 se déclenche (étape de pressurisation) ( $\approx 1$  min. ajustable pendant la mise en marche).

Une fois son temps T11 écoulé la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage se ferme. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture.

Suite, la pompe de nettoyage qui restait en service s'arrête au moyen du gradateur d'arrêt, qui a été fixé pendant la mise en marche.

Lorsque le signal de vérification de la marche de la pompe s'arrête, alors ;

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

Le Temporisateur T12 se déclenche (étape d'attente de la pre-filtration) ( $\approx 10$  s.). Une fois son décomptage fini, alors ;

Un avertissement s'affiche à l'écran laissant le choix à l'Opérateur de déclencher ou non la suivante étape de NETTOYAGE appelée « pre-filtration ». Si le choix est Non, alors le SC change directement à la position d'ARRÊT-II et le nettoyage finit.



Or, si l'Opérateur choisit OUI, le SC continue la séquence:

- Ouverture de la vanne d'entrée de l'eau brute jusqu'à  $25^\circ$
- Ouverture lente de la vanne de vidange jusqu'à  $45^\circ$

Les angles d'ouverture seront réglés dans la mise en marche de même que les délais pour T13 pour chaque situation, s'assurant que le débit de la pre-filtration ne dépasse la valeur nominale détaillée ci-après : **(VOIRE ANNEX I: V.66)**

Il est à noter que le débit maximal traversant le filtre pendant cette étape est de 772 m<sup>3</sup>/h environs. Ce débit se produit si les 4 pompes de captage sont en marche dans la ligne n°1 ou n°2. Or, si le nombre des pompes en marche est inférieur, il y a deux options:

Réduction proportionnelle du débit de la pre-filtration d'accord au nombre de pompes de captage en service et augmentation de la durée de cette phase. Les pompes de captage ne doivent pas dépasser dans cette phase les 2510 m<sup>3</sup>/h qui reviendra à 2317 m<sup>3</sup>/h, à la fin de la même.

Au cas où, il faudrait augmenter le temps de pre-filtration T13., il est nécessaire de démarrer une nouvelle pompe de captage chargée de fournir ce débit extra.

Le Temporisateur T13 se déclenche (étape de pre-filtration) ( $\approx 20$  min. réglables pendant la phase de mise en marche d'accord au nombre de pompes de captage en marche). Une fois son comptage écoulé ; alors...

La vanne de vidange se ferme complètement. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture; alors....

La vanne d'entrée de l'eau brute se ferme. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture ; alors...

Le SC comprend que le NETTOYAGE du filtre est fini est le positionne en ARRÊT-II et maintient toutes ses vannes fermées.

À partir de ce moment, si le filtre ne se met en service (FILTRATION) immédiatement, il est conseillable que l'Opérateur le passe à la position ARRÊT EN ATTENTE (vanne d'entrée de l'eau de mer ouverte), car, étant dans cette position le filtre ne perd pas de la pression pouvant être prêt pour le remettre en position FILTRATION à tout instant.

### V.7.4.5.6. Séquence de nettoyage en mode manuel commandé depuis le Système de contrôle

Supposons, que le filtre à nettoyer fait partie de la 1er Étape et se trouve en position FILTRATION sur AUTO au moment de débiter le NETTOYAGE.

Le chapitre “ V.6.4.5.1. Changement de “manuel” à “auto” ou vice-versa d’un filtre” décrit les manœuvres nécessaires pour le changement d’un filtre de la position “AUTO” à la “MANUEL”.

De manière générale, il faut entrée dans l’écran du filtre (qui est en position ARRÊT I) la commande à l’aide de la souris “AUTO”. Ensuite une option appelée “Sélecteur” s’affiche où on doit choisir l’option “MAN” et la valider. Le SC change le filtre de « AUTO » à « MANUEL » comme unité et passe toutes les vannes (fermées à cet instant), de la position « auto » à la position « manuel ». Le filtre est alors prêt pour réaliser le NETTOYAGE en mode « MAN ».

La séquence de nettoyage est décrite ci-dessous :

1. L’opérateur ouvre la vanne d’aération VPA-2006-1/.../24 pour la dépressurisation du filtre.
2. Après quelques secondes il ouvrira la vanne de vidange VPA-2004-1/.../24 et ensuite la vanne de sortie de l’eau de nettoyage VPA-2003-1/.../24.

Le filtre sera ouvert pour son complet vidange le temps nécessaire jusqu’à ce que depuis la bouche de sortie du tuyau de vidange partiel du filtre ne s’écoule aucune goûte d’eau (même conduite que celui de décharge de l’eau de nettoyage). À cet instant sera possible de passer à la suivante étape.

3. Fermeture de la vanne de vidange VPA-2004-1/.../24.
4. Mise de la soufflante type S-2001-1 pour la ligne n°1 et S-2001-2 pour la ligne n°2, en position “manuel » dans le Fichier de L’Appareil. Le Fichier de l’appareil reste affiché sur l’écran en tant que l’opérateur fait apparaître le Fichier d’Appareil de la vanne d’entrée de l’air de nettoyage du filtre VPA-2005-1/.../24. Les deux fenêtres de fichier, une pour la soufflante et une autre pour la vanne d’entrée de l’air, sont alors affichées à l’écran.

Ensuite, démarrage de la soufflante S-2001-1/2 et juste après ouverture de la vanne d’entrée de l’air de nettoyage au filtre VPA-2005-1/.../24. Fermeture de la vanne de dépressurisation du collecteur général de l’air VPA-2005-1 et 2 (selon les filtres en nettoyage appartient à la ligne n°1 ou 2 respectivement).

Garder cette position pendant 5 minutes.

5. Fermer la vanne d’entrée de l’air de nettoyage VPA-2005-1/.../24 et tout de suite la soufflante S-2001-1/2 s’arrêtera. En arrivant à la fin de course de fermeture, la vanne de dépressurisation VPA-2001-1/2 ouvre (selon ligne n°1 ou 2).

Garder cette position (HALTE) pendant 5 minutes

6. Mettre en position "manuel" par le Fichier de Machine, 2 des 5 pompes de l'eau de nettoyage PCL-8001-1 et 2 (pour le nettoyage d'un filtre de la ligne n°1) ou PCL-8001-3 et 4 (pour le nettoyage d'un filtre de la ligne n°2).
7. Ouvrir la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage pour le filtre VPA-2002-1/.../24.
8. Démarrer une des deux pompes de nettoyage PCL-8001-1/2 ou 3/4 qui a été mise en position « manuel » au début. L'Opérateur choisira la fréquence du variateur de vitesse des pompes, pour obtenir un débit de l'eau de nettoyage pour le filtre, d'environ 800 m<sup>3</sup>/h (valeur à vérifier pendant la mise en marche).
9. Augmenter, par la suite, la fréquence des variateurs pour arriver à un débit se trouvant entre 900 ÷ 1000 m<sup>3</sup>/h (plage à décider pendant la mise en marche). A ce moment, il est possible de démarrer la 2<sup>e</sup> pompe de nettoyage qui a été mise préalablement en position « manuel » PCL-8001-1/2 ou 3/4.
10. Ensuite, rentrer une nouvelle valeur de fréquence afin d'atteindre un débit de 2.750 m<sup>3</sup>/h, environs.  
Garder cette position pendant 20 minutes
11. Fermer la vanne de sortie de l'eau de nettoyage du filtre VPA-2003-1/.../24.
12. Remettre la 2<sup>e</sup> valeur de fréquence (ci-avant détaillée) pour revenir à un débit de 900 ÷ 1000 m<sup>3</sup>/h. À partir de ce moment une des pompes de nettoyage en service par PCL-8001-1/2 ou 3/4, s'arrêtera.
13. Ensuite, rentrer une nouvelle valeur de fréquence pour les variateurs pour atteindre un débit de nettoyage de 800 m<sup>3</sup>/h, environs (débit nécessaire pour remplissage du filtre sera établi pendant la mise en marche).  
Cet état sera maintenu, jusqu'à ce que l'Adjoint à l'Opérateur n'aperçoit plus d'eau à la bouche de sortie du tuyau d'aération. Il sera dès lors, possible de passer à la suivante étape.
14. Fermer la vanne d'aération VPA-2006-1/.../24.  
Garder cet état, jusqu'à atteindre dans le débitmètre de nettoyage des filtres FIT-8001-1 et 2 (ligne n°1 et 2) un débit de zéro. À cet instant, patienter 1 minute, avant de passer à la nouvelle étape.
15. Une fois 1 minute écoulé, fermer la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage au filtre VPA-2002-1/.../24.  
Au moment où la vanne précédemment indiquée arrive à sa fin de course de fermeture, la pompe de nettoyage qui restait en fonctionnement PCL-8001-1/2 ou 3/4, s'arrêtera.  
En ce moment, le filtre est plein et pressurisé.  
Ensuite, se déclenche la Pre-filtration. Si la marche est en mode AUTOMATIQUE, elle pourra

être déclenchée ou pas.

16. Ouvrir la vanne d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-2001-1/.../24, à 25° de 90° de sa course totale.

En suite, la vanne de vidange du filtre VPA-2004-1/.../24, ouvrira lentement jusqu'à 45°. Pendant l'ouverture il faudra s'assurer que la pression dans le collecteur d'impulsion de l'eau de mer, ne descend de manière significative (valeur mesurée dans le PIT-1001-1 et 2 ; Ligne n°1 et n°2). Le débit de l'eau de mer traversant les filtres de 1er étape en mode FILTRATION ne doit descendre et le débit de pré-filtration ne dépassera 772 m<sup>3</sup>/h.

NOTE: le débit total pour chaque ligne est assuré, étant issu de la somme de FIT-2001-1/...12 pour la ligne n°1 et de la somme de FIT-2001-13/...24 pour la ligne n°2.

Garder cet état (RINÇAGE OU PRÉ-FILTRATION) pendant 20 min.

Il est à noter que, pendant cette étape, le débit maximal au travers du filtre est de 772 m<sup>3</sup>/h, environs, si les 4 pompes de captage sont en service pour la ligne n°1 ou n°2. Si le nombre de pompes en service est inférieur, ils existent deux possibilités :

- a) Réduction proportionnel du débit de pré-filtration selon le nombre de pompes de captage en service et accroître le temps d'opération de cette phase. Dans cette phase, les pompes de captage ne doivent pas dépasser 2510 m<sup>3</sup>/h. Ce débit reviendra au débit nominal de 2317 m<sup>3</sup>/h à la fin de cette opération.
- b) Si le temps pour la pré-filtration T13 devait être réduit, alors il faudra démarrer une pompe de captage pour atteindre ce débit extra.

17. Fermer la vanne de vidange du filtre VPA-2004-1/.../24.

Fermer la vanne d'entrée de l'eau brute au filtre VPC-2001-1/.../24.

À ce moment, le nettoyage du filtre est fini. Toutes les vannes du filtre sont fermés et en mode "manuel" dans ses Fichiers d'Appareil. Le filtre comme unité est prêt à changer du mode "MAN" au mode "AUTO".(MRE,2021).

### **V.6.5.Système de prétraitement : Filtration de 2<sup>ème</sup> étape**

#### **V.6.5.1.Modes d'opération d'un filtre**

En ce qui concerne le fonctionnement dans le SC, tous les filtres seront considérés en tant que unité, c-à-d, comme des équipements individuels. Ils peuvent donc être commandés en mode "AUTO" ou "MAN" selon le choix de l'Opérateur.

Un Fichier d'Appareil par filtre sera disponible dans le S.C. permettant à l'Opérateur de réaliser ce choix :

#### *Mode automatique*

Le SC se chargera d'avoir et maintenir les vannes en "auto" pour éviter que l'Opérateur ne les

passer au mode "MAN" par erreur au moment d'accéder au Fichier d'Appareil. Le SC maintiendra la touche "MAN" cachée dans le Fichier. En conséquence, dans cette position, les vannes du filtre ne peuvent être commandées que par le SC. L'Opérateur, ne pourra commander le filtre que par le biais du "sélecteur" pour choisir l'action nécessaire pour le filtre: ARRÊT EN ATTENTE- FILTRATION-ARRÊT I- NETTOYAGE-ARRÊT II). Le SC est chargé, ensuite, de la mise en œuvre de l'action validée par l'Opérateur.

### *Mode manuel*

Le SC se chargera d'avoir et de maintenir toutes les vannes en mode "manuel" permettant l'accès de l'Opérateur à leur Fichier d'Appareil mais en empêchant qu'il n'active les vannes au mode "auto" par erreur. La touche "AUTO" sera cachée dans le Fichier pour qu'elle ne soit pas activée par l'Opérateur avec le curseur. En conséquence, dans cette position, les vannes du filtre ne peuvent être commandées que par l'Opérateur. L'Opérateur sera donc en mesure, d'ouvrir ou fermer les vannes individuellement et le SC mettra en œuvre l'action demandée par l'Opérateur.

### *Changement de "manuel" à "auto" ou vice-versa d'un filtre*

Dans l'écran d'affichage de chaque filtre, une touche signalera la position active du filtre: "AUTO" ou "MAN". À l'aide du curseur, en appuyant sur ladite touche apparaîtra une fenêtre pour la sélection d'une option ou de l'autre. L'option active en ce moment sera remarquée et l'Opérateur sera en état de la changer (il faut noter qu'un filtre fonctionnant comme unité est soit en position "AUTO" ou "MANUEL". Les deux options ne pourront pas être sélectionnées ou désélectionnées en même temps).

**Automatique**

Seul l'Opérateur pourra changer le filtre fonctionnant comme une unité, depuis le mode "MAN" au mode "AUTO". L'Opérateur pour y arriver doit fermer préalablement, une à une et manuellement les vannes qui restaient ouvertes (le filtre change à l'état ARRÊT-I avec toutes ces vannes fermées) à l'aide de chaque Fichier d'Appareil.

Une fois toutes les vannes du filtre fermées par l'Opérateur, le SC permettra l'activation de la touche "AUTO" dans le "Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL". L'opérateur pourra, dès lors, changer le filtre du mode "MANUEL" à "AUTO" en appuyant simplement ladite touche "AUTO" suivie de "VALIDER". En conséquence le SC changera automatiquement toutes les vannes du filtre du mode "manuel" à "auto" dans leur Fichier d'Appareil. Le filtre restera en « AUTO » et en position ARRÊT-I.

Note: Le changement d'un filtre de mode "MANUEL" à "AUTO", étant la Station en service, ne pourra se réaliser que si le filtre est rempli et pressurisé préalablement.

Le changement d'un filtre comme unité depuis le mode "AUTO" au "MANUEL" au moyen de

son “Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL” n’est possible que depuis la position ARRÊT-I ou ARRÊT-II (toutes les vannes du filtre fermées) et au moyen du “Sélecteur pour fonctionnement avec filtre en AUTO ».

Le SC bloquera ledit changement si l’Opérateur voulait le réaliser étant le filtre sur toute autre position (ARRÊT EN ATTENTE, FILTRATION ou NETTOYAGE). Le SC ne permettra pas l’accès à la touche “MAN” dans la fenêtre “Sélecteur de changement AUTO ↔ MANUEL” du filtre.

En conséquence le SC changera automatiquement toutes les vannes du filtre du mode “auto” à “manuel” dans leur Fichier d’Appareil. Le filtre sera à partir de ce moment en mode “MANUEL” et toutes ses vannes seront fermées. **(MRE,2021).**

### **V.6.5.2.Opération d’un filtre en mode auto**

Il y a donc un “Sélecteur pour fonctionnement avec filtre en AUTO » pour chaque filtre contenant les “Touches de Position” qui permettront le changement du filtre d’une position à une autre, à condition que le filtre soit en mode “AUTO” comme unité.

Le “Sélecteur” apparaîtra dans l’écran d’affichage de chaque filtre en appuyant avec le curseur sur la touche où s’indique l’opération active pour le filtre en ce moment.

Les différents états ou positions à choisir dans le “Sélecteur pour fonctionnement avec filtre en AUTO” sont les suivantes:

#### ***ARRÊT EN ATTENTE – FILTRATION – ARRÊT I – NETTOYAGE – ARRÊT II***

Il ne sera pas possible de changer à certaines positions depuis une position donnée. Le SC ne permettra choisir depuis une position donnée que celles réalisables et celles qui ne seront pas nuisibles au bon développement du procès. On empêche, ainsi la mise en marche des positions erronées à cause de l’Opérateur. Les positions « interdites » au choix de l’Opérateur à chaque instant, n’apparaîtront comme accessibles dans le “Sélecteur”. **(MRE,2021).**

### **V.6.5.3.Changement l’état d’un filtre**

#### ***Mise en mode FILTRATION***

Dans cette mode, les vannes d’entrée de l’eau de mer au filtre VPC-3001-1 à 16 sont ouvertes de même que les vannes de sortie de l’eau filtrée VPA-3001-1 à 16.

Depuis la position FILTRATION le changement ne sera possible que vers les positions ARRÊT EN ATTENTE ou ARRÊT-I.

En validant la position FILTRATION depuis la position ARRÊT-I ou ARRÊT-II, s’ouvrira la vanne d’entrée au filtre .Suite à un délai de 5 s. (délai à programmer dans le SC) la vanne de sortie de l’eau filtrée s’ouvrira. Si cette option est validée depuis la position ARRÊT, c’est la vanne de sortie de l’eau filtrée qui s’ouvre.

La mise en mode FILTRATION exige la position préalable du filtre en mode ARRÊT-I, ARRÊT

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

II ou ARRÊT EN ATTENTE. L'Opérateur doit appuyer sur FILTRATION suivi de VALIDER sur le «Sélecteur pour fonctionnement avec filtre en AUTO ».

Même si aucune pompe d'eau de mer n'est en marche, le filtre change au mode FILTRATION en ouvrant, d'abord, sa vanne d'entrée de l'eau de mer VPC-3001-1/.../16 et ensuite, sa vanne de sortie de l'eau filtrée VPA-3001-1/.../16, signalisée par «FILTRATION».

Si préalablement, à la validation de l'ordre, une pompe d'eau de mer est en fonctionnement ou tout autre filtre est en mode filtration le filtre changera au mode FILTRATION ouvrant les VPC-3001-1/.../16 et VPA-3001-1/.../16 signalisée par «FILTRATION».

Tous les filtres sont équipés d'un débitmètre pour le réglage du débit dans le filtre au moyen d'une boucle de commande installé entre la vanne VPC-3001-1/.../16 et le débitmètre FIT-3001-1/.../16.

Le débit maximal de travail pour chaque filtre est celui correspondant au travail de la ligne à 100 % de sa capacité : les 4 pompes de captage et les 4 unités de dessalement en service et un des filtres en position de nettoyage.

Le débit du filtre en nettoyage devra être pris par le reste des filtres et la consigne sera donc 1323 m3/h (ligne à 100% et 1 filtre en nettoyage).

Le débit unitaire par filtre (Qfi) est calculé par la fonction suivante:

$$Q_{fi} = (QTL1 - 2^{\text{a}} \text{ETAPE} / NF2) \quad \text{pour filtres de la ligne n}^{\circ}1$$

$$Q_{fi} = (QTL2 - 2^{\text{a}} \text{ETAPE} / NF2) \quad \text{pour filtres de la ligne n}^{\circ}2$$

D'où:

QTL1-2<sup>a</sup>ÉTAPE: débit total d'eau de mer dans la ligne n°1; issu de la addition des débitmètres d'entrée d'eau de mer aux filtres de 2<sup>e</sup> étape en mode «FILTRATION»,  $\sum(\text{FIT-3001-1/.../8})$

QTL2-2<sup>a</sup>ÉTAPE: débit total d'eau de mer dans la ligne n°2; issu de la addition des débitmètres d'entrée d'eau de mer aux filtres de 2<sup>e</sup> étape en mode «FILTRATION»,  $\sum(\text{FIT-3001-9/.../16})$

NF2: nombre de filtres de 2<sup>e</sup> étape en mode filtration. Le nombre de filtres en mode filtration remplira les conditions suivantes: **(VOIRE ANNEX I: V.67) (MRE,2021).**

### **V.6.5.3.2. Mise en mode ARRÊT EN ATTENTE**

Dans cette mode toutes les vannes du filtre sont fermées à l'exception des vannes d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-3001-1/.../16 qui sont ouvertes.

Depuis la position ARRÊT EN ATTENTE il est possible de changer vers les positions: FILTRATION, ARRÊT-I et ARRÊT-II.

Si cette position est validée depuis les positions ARRÊT-I et ARRÊT-II, la vanne d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-3001-1/.../16 s'ouvre.

Si cette position est validée depuis la position FILTRATION, la vanne de sortie de l'eau filtrée VPA-3001-1/.../16, se ferme. **(MRE,2021).**

### **V.6.5.3.3.Mise en mode ARRÊT I**

Dans cette mode, toutes les vannes du filtre sont fermées.

Depuis la position ARRÊT I, il est possible de changer vers toutes les positions: FILTRATION, ATTENTE, NETTOYAGE et ARRÊT-II.

Si le filtre se trouve en position FILTRATION et indépendamment du nombre de pompes d'eau en service ou que les châssis soient ou pas en service, l'Opérateur appuiera sur ARRÊT I+ VALIDER dans le "Sélecteur de fonctionnement du filtre en AUTO", pour que le SC démarre les actions suivantes:

Fermeture, en premier lieu, de la vanne de sortie du filtre VPA-3001-1/.../16 et ensuite la vanne d'entrée de l'eau de mer VPC-3001-1/.../16.

Si le filtre se trouve en position ARRÊT EN ATTENTE et indépendamment du nombre de pompes d'eau en service ou que les châssis soient ou pas en service, l'Opérateur appuiera sur ARRÊT I+ VALIDER dans le "Sélecteur de fonctionnement du filtre en AUTO", pour que le SC démarre les actions suivantes :

Fermeture de la vanne d'entrée de l'eau de mer VPC-3001-1/.../16.

Si le filtre se trouve en position ARRÊT-II et indépendamment du nombre de pompes d'eau en service ou que les châssis soient ou pas en service, l'Opérateur appuiera sur ARRÊT I+ VALIDER dans le "Sélecteur de fonctionnement du filtre en AUTO" et le SC ne déclenchera aucune action sur les vannes du filtre qui resteront fermées. Par contre, à partir de cet instant, l'Opérateur peut, remettre le filtre en position NETTOYAGE**(MRE,2021)..**

### **V.6.5.3.4.Mise en mode ARRÊT-II**

Dans ce mode toutes les vannes du filtre sont fermées.

Ce mode est atteint à la fin du NETTOYAGE d'un filtre. À cet instant toutes les vannes sont fermées comme dans la position ARRÊT-I.

Il est possible de changer vers les suivantes positions depuis la position ARRÊT-II: FILTRATION, ARRÊT EN ATTENTE et ARRÊT-I, mais jamais à la position NETTOYAGE. **(MRE,2021).**

### **V.6.5.4.Lavage des filtres**

*Quand est ce qu'on doit laver les filtres ?*

L'Opérateur doit fixer une valeur de consigne pour la HAUTE PRESSION DIFÉRENTIELLE DES FILTRES DE 2è dPAH-3001-1 et 2, programmable depuis l'écran du SC. Cette valeur signalera le niveau d'encrassement général de la batterie soit de la ligne n°1 ou de la ligne n°2. Le niveau d'encrassement sera mesuré par dPIT-3001-1 et 2. Cette alarme du niveau d'encrassement, ne sera

pas nécessaire pour le nettoyage des filtres, car ils pourront être nettoyés à la demande de l'Opérateur.

L'Opérateur devra fixer une valeur de consigne pour BAS DÉBIT D'ENTRÉE AU FILTRE FAL-3001-1/.../16 programmable depuis l'écran du SC. Cette valeur signalera le niveau d'encrassement du filtre, mesuré par FIT-3001-1/.../16. Une alarme du niveau d'encrassement, ne sera pas nécessaire pour le nettoyage des filtres mais pour indiquer son niveau d'encrassement de manière fiable afin d'établir l'ordre de nettoyage des filtres.

### *Conditions préalables et enclenchements*

Il ne sera pas possible de passer à cette position que depuis la position ARRÊT-I.

Il ne sera pas possible de changer vers le mode NETTOYAGE plus d'un filtre à la fois, soit pour la ligne n°1 ou la ligne n°2. Par contre, il est possible de réaliser le nettoyage de deux filtres à la fois, de 1er ou 2è étape, à condition que chacun d'eux face partie d'une ligne différente.

Pour la mise en marche du NETTOYAGE, un certain débit minimal pour le nettoyage est nécessaire dans le Réservoir de Saumure, d'après les indications des « enclenchements pour le démarrage ».

Au moyen d'un « Sélecteur » il sera possible de mettre en marche le NETTOYAGE à l'aide d'une ou de deux pompes de Nettoyage PCL-8001-1 à 5". Conséquemment, le nombre de pompes mises en position "auto" et "disponibles" sera le même, au minimum, que le nombre de pompes choisies dans le "Sélecteur ».

Au moins, les soufflantes de nettoyage S-2001-1/2 pour la ligne n°1 et n°2 seront en position « auto » et « disponible ».

La commande de nettoyage peut être mise en place par deux systèmes principalement:

- Par l'Opérateur depuis la position ARRÊT-I : au moyen des fonctions NETTOYAGE + VALIDER.
- Par un temporisateur de nettoyage : La temporisation des nettoyages sera programmable depuis le SC en heures et fractions par une fonction appelée "DÉLAI COURSE FILTRE DE DEUXIÈME ÉTAPE. Cette option sera disponible lorsque le nettoyage du filtre est en position automatique par temporisateur.

Dans l'option de déclenchement par l'Opérateur depuis le SC la condition de délai de course ne sera pas nécessaire pour le nettoyage. La temporalisation des étapes de nettoyage est programmable depuis le SC:

Le nettoyage doit passer par les suivantes étapes de conformité au tableau ci-après. **(MRE,2021).**

### **(VOIRE ANNEX I: V.68)**

Ces mêmes délais sont utilisés pour tous les filtres de la 2ème Étape quoiqu'ils sont indicatifs.

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

Les temporisateurs doivent être affichés dans l'écran de chaque filtre: visualisation du temps écoulé pour chacun et le délai final choisit par l'Opérateur pour chacun. Les délais pourront être variés par l'opérateur au fur et à mesure. (MRE,2021).

SEQUENCE FILTRE FS-3001-10			
MOULAGE PARTIEL 1	5	0	Sec
MOULAGE PARTIEL 2	5	0	Sec
LAVAGE PAR AIR 1	5	0	Sec
LAVAGE PAR AIR 2	5	0	Sec
LAVAGE EAU & AIR 1	5	0	Sec
LAVAGE EAU & AIR 2	5	0	Sec
LAVAGE EAU & AIR 3	5	0	Sec
ATTENTE	5	0	Sec
LAVAGE PAR EAU 1	5	0	Sec
LAVAGE PAR EAU 2	5	0	Sec
LAVAGE PAR EAU 3	5	0	Sec
REPLISSAGE 1	5	0	Sec
REPLISSAGE 2	5	0	Sec
REPLISSAGE 3	5	0	Sec
REFILTRATION	1	0	Min.

**PREFILTRATION**

SANS Marche

**EAU PUMPS**

2 EAU POMPES  **AUTO. MARCHÉ**  
Filtrant apres le lavage

En même temps l'écran de chaque filtre présentera une touche de "ARRÊT" qui actionnée par l'Opérateur congèle le temporisateur de l'étape en développement en ce moment. Le comptage redémarrera par l'action de l'Opérateur à partir de la dernière valeur du temporisateur.

L'écran de chaque filtre disposera d'une touche "ARRÊT DE SÉCURITÉ DU NETTOYAGE" qui arrêtera par actionnement de l'Opérateur, tous les équipements en service en ce moment et activera la fermeture des vannes aient restées ouvertes. Le filtre passera, donc, à la position ARRÊT-I. (MRE,2021).

### V.6.5.4.3.Équipements de secours pour le nettoyage des filtres

Ils existent pour le nettoyage des filtres, 5 pompes, PCL-8001-1/.../5. Pour chaque ligne 1 ou 2 (selon le choix de l'Opérateur) sont en fonctionnement pendant le nettoyage. Les pompes de secours seront démarrées, si celles en service sont en panne, à condition qu'elles soient en position "auto" et "disponibles".

## **Chapitre V:           *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER***

La pompe de secours PCL-8001-5, est raccordée par 2 vannes manuelles VP-8002-5 et 6, au collecteur de nettoyage du linge n°1 et 2 respectivement. L'Opérateur est chargé d'échanger la pompe PCL-8001-5 en alternance pour le secours des deux lignes par l'activation dans le SC d'une fenêtre de demande de validation de :

VP-8002-5 ouverte et VP-8002-6 fermée : Dans ce cas le SC comprend "disponible" et changera à « auto » la PCL-8001-5 comme secours actif pour la ligne n°1.

VP-8002-6 ouverte et VP-8002-5 fermée Dans ce cas le SC comprend "disponible" et changera à « auto » la PCL-8001-5 comme secours actif pour la ligne n°2.

Ils existent 3 soufflantes pour nettoyage S-2001-1/2/3, une par ligne. La soufflante de secours démarre si une d'entre elles tombe en panne et qu'elle rempli la condition d'être en "auto" et "disponible". La soufflante de secours S-2001-3 est raccordée par 2 vannes manuelles VP-2001-3 et 4 au collecteur de nettoyage de la ligne n°1 et n°2 respectivement. L'Opérateur changera alternativement la soufflante S-2001-3 pour secours des deux lignes. Le SC affichera une fenêtre de requête de l'information suivante:

Ils existent 3 soufflantes pour nettoyage S-2001-1/2/3, une par ligne. La soufflante de secours démarre si une d'entre elles tombe en panne et qu'elle rempli la condition d'être en "auto" et "disponible". La soufflante de secours S-2001-3 est raccordée par 2 vannes manuelles VP-2001-3 et 4 au collecteur de nettoyage de la ligne n°1 et n°2 respectivement. L'Opérateur changera alternativement la soufflante S-2001-3 pour secours des deux lignes. Le SC affichera une fenêtre de requête de l'information suivante:

VP-2001-3 ouverte et VP-2002-4 fermée : Dans ce cas le SC comprend "disponible" et changera à « auto » la S-2001-3 comme secours de la ligne n°1.

VP-2001-4 ouverte et VP-2001-3 fermée: Dans ce cas le SC comprend "disponible" et changera à « auto » S-2001-3 comme secours de la ligne n°2.

### *Réglage du débit de l'eau de nettoyage*

Toutes les pompes de nettoyage des filtres sont équipées d'un variateur de fréquence chargé du réglage du débit de nettoyage selon la phase au moyen d'une boucle de contrôle établie entre le variateur et le débitmètre FIT-8001-1 et 2 respectivement pour la ligne n°1 et n°2.

L'Opérateur devra, donc, programmer dans le SC les différentes valeurs de consigne du débit d'eau de nettoyage mesuré en m<sup>3</sup>/h:

"POINT DE CONSIGNE DÉBIT MINIMAL POMPE DE NETTYAGE" (≈ 800 m<sup>3</sup>/h) (valeur réglable pendant la mise en marche).

"POINT DE CONSIGNE DÉBIT NETTOYAGE DE FILTRES 1er PHASE" (≈ 1000 m<sup>3</sup>/h)

"POINT DE CONSIGNE DÉBIT DE NETTOYAGE FILTRES 2è PHASE" (≈ 2750 m<sup>3</sup>/h)

### *Séquence de nettoyage automatique*

En choisissant dans le SC NETTOYAGE + VALIDER le SC déclenchera les actions suivantes:  
Ouverture de la vanne d'aération à la fin de sa fin de course d'ouverture ;

Déclenchement du Temporisateur T1 (étape de dépressurisation) ( $\approx 10$  s); une fois le temps écoulé il déclenchera ;

L'ouverture en même temps des:

- de sortie du nettoyage.
- Vidange partiel.

Au moment d'atteindre leur respective fin de course de l'ouverture, ils déclenchent le Temporisateur T2 (étape de vidange partiel) ( $\approx 20$  min. selon choix dans la mise en marche)

Une fois le temps T2 écoulé se produit l'ouverture de la vanne de vidange partiel.

Lorsqu'elle atteint la fin de la fin de course de fermeture la Soufflante sélectionnée s'active.

Au moment de sa Confirmation de Marche, le Temporisateur T3 se déclenche ( $\approx 1$  s) ;

Une fois le temps T3 écoulé se produit la fermeture de la vanne de dépressurisation du collecteur général (VPA-2007-1 et 2 pour la ligne n°1 et n°2) et l'ouverture de la vanne d'entrée d'air lorsqu'elle atteint sa fin de course d'ouverture le Temporisateur T4 s'active (étape de nettoyage à l'air) ( $\approx 5$  min).

Une fois le temps T4 écoulé la soufflante s'arrête.

Une fois son signal de vérification de marche disparaît le Temporisateur T5 s'active ( $\approx 1$  s);

Une fois le temps T5 écoulé la vanne d'entrée d'air se ferme.

Lorsqu'il atteint la fin de course de fermeture la vanne de dépressurisation du collecteur général s'ouvre.

Lorsqu'elle atteindra sa fin de course d'ouverture le Temporisateur T6 s'active (étape de repos du filtre) ( $\approx 5$  min);

une fois le temps T6 écoulé le Temporisateur T7 s'active (étape de délai de l'ouverture de l'entrée de l'eau) ( $\approx 10$  s)

Une fois le temps T7 écoulé la vanne d'entrée de l'eau pour le nettoyage s'ouvre.

Lorsqu'elle atteint la fin de sa fin de course d'ouverture la 1ère pompe de nettoyage sélectionnée s'ouvre par le biais d'un gradateur de démarrage établi pendant la mise en marche (si l'Opérateur a sélectionné deux pompes, alors, il est à celle avec moins d'heures de service de démarrer en premier lieu).

Lorsque le signal de vérification de marche de la pompe démarrée est reçu la boucle de contrôle – NETTOYAGE se met en "auto" entraînant une augmentation de la fréquence des variateurs de vitesse des pompes de l'eau de nettoyage pour essayer d'atteindre la valeur de la consigne de la 1ère ( $\approx 1000$  m<sup>3</sup>/h).

Une fois le temps de T8 écoulé se produit le démarrage de la 2<sup>e</sup> pompe d'eau de nettoyage sélectionnée.

Si l'Opérateur avait sélectionné une seule pompe pour le nettoyage à la fin du comptage de T8, le SC déclencherait directement le Temporisateur T9 (étape de nettoyage à l'eau) ( $\approx 20$  min).

Au moment de la réception du signal de vérification de marche de la pompe démarrée, les opérations suivantes s'exécutent en même temps:

- Changement dans la boucle de contrôle-NETTOYAGE du point de consigne de la 1<sup>ère</sup> Phase pour celui de la 2<sup>e</sup> Phase. La boucle se chargera à partir de ce moment de la commande du débit des pompes d'eau pour le nettoyage pour essayer d'atteindre le nouveau point de consigne de débit de la 2<sup>e</sup> Phase ( $\approx 2.750$  m<sup>3</sup>/h).
- Déclenchement du Temporisateur T9 (étape de lavage à l'eau) ( $\approx 20$  min).

Au cas où l'Opérateur a sélectionné une seule pompe pour le nettoyage, à la fin du comptage les deux actions suivantes se mettraient en marche à la fois :

- Fermeture de la vanne de sortie du nettoyage.
- La boucle de commande-NETTOYAGE passe au mode "manuel" et y rentre en tant que valeur de sortie vers les variateurs de fréquence agissant sur les pompes de l'eau de nettoyage, la valeur de consigne pour le remplissage des filtres ( $\approx 800$  m<sup>3</sup>/h).

À la fin du décomptage du Temporisateur T9, étant les deux Pompes en service, les suivantes tâches se mettent en marche en même temps :

- Fermeture de la vanne de sortie du nettoyage.
- Arrêt d'une des pompes de nettoyage en service au moment de la disparition du signal de vérification de sa marche. La pompe arrêtée correspondra à celle en service plus longtemps.
- Changement dans la boucle de commande-NETTOYAGE du point de consigne de la 2<sup>e</sup> Phase par celui de débit minimal. La boucle se chargera à cet instant d'agir sur le variateur de fréquence de la pompe d'eau de nettoyage pour essayer de rejoindre le nouveau point de consigne ( $\approx 800$  m<sup>3</sup>/h).

Au moment où la Vanne de Sortie de l'eau de Nettoyage atteint la fin de sa fin de course de fermeture, et en même temps, la valeur du débit de nettoyage diminue jusqu'à rejoindre la plage de 10% programmé aux environs du point de consigne de débit minimale, alors le Temporisateur T10 se déclenche (étape de remplissage) ( $\approx 5$  min).

Lorsque le temps de T10 s'écoule, la vanne d'aération se ferme. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture, alors le Temporisateur T11 se déclenche (étape de pressurisation) ( $\approx 1$  min. ajustable pendant la mise en marche).

Une fois son temps T11 écoulé la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage se ferme. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture, alors;

La pompe de nettoyage qui restait en service s'arrête au moyen du gradateur d'arrêt, qui a été fixé pendant la mise en marche.

Lorsque le signal de vérification de la marche de la pompe s'arrête, alors ;

Le Temporisateur T12 se déclenche (étape d'attente de la pre-filtration) ( $\approx 10$  s.). Une fois son décomptage fini, alors ;

Un avertissement s'affiche à l'écran laissant le choix à l'Opérateur de déclencher ou non la suivante étape de NETTOYAGE appelée « pre-filtration ». Si le choix est Non, alors le SC change directement à la position d'ARRÊT-II et le nettoyage finit.

Or, si l'Opérateur choisit OUI, le SC continue la séquence:

Ouverture de la vanne d'entrée de l'eau brute jusqu'à 25° ...

Ouverture lente de la vanne de vidange jusqu'à 45°...

Les angles d'ouverture seront réglés dans la mise en marche de même que les délais pour T13 pour chaque situation, s'assurant que le débit de la pre-filtration ne dépasse la valeur nominale détaillée ci-après : **(VOIRE ANNEX I: V.69)**

Il est à noter que le débit maximal traversant le filtre pendant cette étape est de 772 m<sup>3</sup>/h environs. Ce débit se produit si les 4 pompes de captage sont en marche dans la ligne n°1 ou n°2. Or, si le nombre des pompes en marche est inférieur, il y a deux options:

Réduction proportionnelle du débit de la pre-filtration d'accord au nombre de pompes de captage en service et augmentation de la durée de cette phase. Les pompes de captage ne doivent pas dépasser dans cette phase les 2510 m<sup>3</sup>/h qui reviendra à 2317 m<sup>3</sup>/h, à la fin de la même.

Au cas où, il est nécessaire d'augmenter le temps de pre-filtration T13., il faudra démarrer une nouvelle pompe de captage chargée de fournir ce débit extra.

Le Temporisateur T15 se déclenche (étape de pre-filtration) ( $\approx 20$  min. réglables pendant la phase de mise en marche d'accord au nombre de pompes de captage en marche). Une fois son comptage écoulé ; alors...

La vanne de vidange se ferme complètement. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture; alors...

La vanne d'entrée de l'eau brute se ferme. Lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture ; alors...

Le SC comprend que le NETTOYAGE du filtre est fini est le met en ARRÊT-II et maintient toutes ses vannes fermées.

À partir de ce moment, si le filtre ne se met pas en service (FILTRATION) immédiatement, il

est recommandable que l'Opérateur le passe à la position ARRÊT EN ATTENTE (vanne d'entrée de l'eau de mer ouverte), car, étant dans cette position le filtre ne perd pas de la pression pouvant être prêt pour le remettre en position FILTRATION à tout instant. (MRE,2021).

### V.6.5.4.6. Séquence de nettoyage en mode manuel commandé depuis le S.C.

Supposons, que le filtre à nettoyer fait partie de la 1ère Étape et se trouve en position FILTRATION sur AUTO au moment de débiter le NETTOYAGE.

Le chapitre "4.5.1. Changement de "manuel" à "auto" ou vice-versa d'un filtre" décrit les manœuvres nécessaires pour le changement d'un filtre de la position "AUTO" à la "MANUEL".

De manière générale, il faut entrer dans l'écran du filtre (qui est en position ARRÊT I) la commande à l'aide de la souris "AUTO". Ensuite une option appelée "Sélecteur" s'affiche où on doit choisir l'option "MAN" et la valider. Le SC change le filtre de « AUTO » à « MANUEL » comme unité et passe toutes les vannes (fermées à cet instant), de la position « auto » à la position « manuel ». Le filtre est alors prêt pour réaliser le NETTOYAGE en mode « MAN »:

1. L'opérateur ouvre la vanne d'aération VPA-3006-1/.../16, pour la dépressurisation du filtre.
2. Après quelques secondes il ouvrira la vanne de vidange VPA-3004-1/.../16 et ensuite la vanne de sortie de l'eau de nettoyage VPA-3003-1/.../16.

Le filtre sera ouvert pour son complet vidange le temps nécessaire jusqu'à ce que depuis la bouche de sortie du tuyau de vidange partiel du filtre ne s'écoule aucune goutte d'eau (même conduite que celui de décharge de l'eau de nettoyage). À cet instant sera possible de passer à la suivante étape.

3. Fermeture de la vanne de vidange VPA-3004-1/.../16.
4. Mise de la soufflante type S-2001-1 pour la ligne n°1 et S-2001-2 pour la ligne n°2, en position "manuel" dans le Fichier de L'Appareil. Le Fichier de l'appareil reste affiché sur l'écran en tant que l'opérateur fait apparaître le Fichier d'Appareil de la vanne d'entrée de l'air de nettoyage du filtre VPA-3005-1/.../16. Les deux fenêtres de fichier, une pour la soufflante et une autre pour la vanne d'entrée de l'air, sont alors affichées à l'écran
5. Ensuite, démarrer la soufflante S-2001-1/2 et juste après ouvrir la vanne d'entrée de l'air de nettoyage au filtre VPA-3005-1/.../16. Fermer, ensuite, la vanne de dépressurisation du collecteur général de l'air VPA-2005-1 et 2 (selon les filtres en nettoyage appartient à la ligne n°1 ou 2 respectivement).

Cette position doit être gardée pendant 5 minutes.

6. À la fin du nettoyage à l'air, un nouveau nettoyage se met en marche, cette fois-ci à l'air et à l'eau, à cause des caractéristiques du couche de la 2è étape. Pour sa mise en marche, l'Opérateur, tout en laissant la soufflante en marche, doit changer au mode "manuel" sur le Fichier d'Appareil,

une des 5 pompes de l'eau de nettoyage PCL-8001-1 et 2, pour le nettoyage d'un filtre appartenant à la ligne n°1 ou la pompe PCL-8001-3 et 4, pour le nettoyage d'un filtre appartenant à la ligne n°2.

7. Ouvrir la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage VPA-3002-1/.../16.
8. Démarrer une des deux pompes de nettoyage PCL-8001-1/2 ou 3/4 qui a été mise en position « manuel » au début. Choisir la fréquence du variateur de vitesse des pompes, pour obtenir un débit de l'eau de nettoyage pour le filtre, d'environ 800 m<sup>3</sup>/h (débit minimal). Ce débit coulera vers le filtre en augmentant la fréquence jusqu'à atteindre 900 ÷ 1000 m<sup>3</sup>/h, environ (valeurs à définir dans la mise en marche).

Cette position (air+eau) doit être gardée pendant 5 min.

9. Fermer la vanne de sortie de l'eau de nettoyage VPA-3002-1/.../16. Ensuite arrêter la pompe de nettoyage PCL-8001-1/2 ou 3/4.

Lorsque le signal de vérification de marche de la vanne d'entrée de l'air VPA-3005-1/.../16 disparaît, elle se ferme. Ensuite la soufflante S-2001-1/2, arrêtera. À la fin de la fin de course de fermeture, la vanne de dépressurisation VPA-2001-1/2 s'ouvre (soit pour la ligne n°1 ou 2).

Cette position (HALTE) sera gardée pendant 5 min.

10. Mettre en position "manuel" par le Fichier de Machine, 2 des 5 pompes de l'eau de nettoyage PCL-8001-1 et 2 (pour le nettoyage d'un filtre de la ligne n°1) ou PCL-8001-3 et 4 (pour le nettoyage d'un filtre de la ligne n°2).
11. Ouvrir la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage pour le filtre VPA-3002-1/.../16.
12. Démarrer une des deux pompes de nettoyage PCL-8001-1/2 ou 3/4 qui a été mise en position « manuel » au début. Choisir la fréquence du variateur de vitesse des pompes, pour obtenir un débit de l'eau de nettoyage pour le filtre, d'environ 800 m<sup>3</sup>/h (valeur à décider pendant la mise en marche).
13. Augmenter, par la suite, la fréquence des variateurs pour arriver à un débit se trouvant entre 900 ÷ 1000 m<sup>3</sup>/h (plage à décider pendant la mise en marche). A ce moment, il est possible de démarrer la 2<sup>e</sup> pompe de nettoyage qui a été mise préalablement en position « manuel » PCL-8001-1/2 ou 3/4.
14. Ensuite, rentrer une nouvelle valeur de fréquence afin d'atteindre un débit de 2.750 m<sup>3</sup>/h, environ.  
Garder cette position pendant 20 minutes
15. Fermer la vanne de sortie de l'eau de nettoyage du filtre VPA-3003-1/.../16.
16. Ensuite rentrer la 2<sup>e</sup> valeur de fréquence (détaillée ci-avant), pour atteindre un débit 900 ÷ 1000 m<sup>3</sup>/h. À cet instant une des pompes de nettoyage PCL-8001-1/2 ou 3/4, qui restaient en marche.

17. Ensuite, rentrer une nouvelle valeur de fréquence pour les variateurs pour atteindre un débit de nettoyage de 800 m<sup>3</sup>/h, environs (débit nécessaire pour remplissage du filtre sera établi pendant la mise en marche).

Cet état sera maintenu, jusqu'à ce que l'Adjoint à l'Opérateur n'aperçoive de l'eau à la bouche de sortie du tuyau d'aération sans mélange d'air. Il est possible, dès lors, passer à la suivante étape.

18. Fermer la vanne d'aération VPA-3006-1/.../16.

Garder cet état, jusqu'à atteindre dans le débitmètre de nettoyage des filtres FIT-8001-1 et 2 (ligne n°1 et 2) un débit de zéro. À cet instant, patienter 1 minute, avant de passer à la nouvelle étape.

19. Une fois 1 minute écoulé, fermer la vanne d'entrée de l'eau de nettoyage au filtre VPA-3002-1/.../16.

Au moment où la vanne précédemment indiqué arrive à sa fin de course de fermeture, la pompe de nettoyage qui restait en fonctionnement PCL-8001-1/2 o 3/4. s'arrêtera.

En ce moment, le filtre est plein et pressurisé.

Ensuite, se déclenche la Pre-filtration. Si la marche est en mode AUTOMATIQUE, il est possible de la déclencher ou pas.

20. Ouvrir la vanne d'entrée de l'eau de mer au filtre VPC-3001-1/.../16, à 25° de 90° de sa course totale

Ensuite, la vanne de vidange du filtre VPA-3004-1/.../16, ouvrira lentement jusqu'à 45°. Pendant l'ouverture la pression dans le collecteur d'impulsion de l'eau de mer ne doit descendre de manière significative (valeur mesurée dans le PIT-1001-1 et 2 ; Ligne n°1 et n°2. Le débit de l'eau de mer traversant les filtres de 1ère étape en mode FILTRATION ne doit pas diminuer et le débit de pré-filtration ne doit pas dépasser 772 m<sup>3</sup>/h.

NOTE: le débit total pour chaque ligne est assuré, étant issu de la somme de FIT-3001-1/.../8 pour la ligne n°1 et de la somme de FIT-3001-9/.../16 pour la ligne n°2.

Garder cet état (RINÇAGE OU PRÉ-FILTRATION) pendant 20 min.

Il est à noter que, pendant cette étape, le débit maximal au travers du filtre est de 772 m<sup>3</sup>/h, environs, si les 4 pompes de captage sont en service pour la ligne n°1 ou n°2. Si le nombre de pompes en service est inférieur, ils existent deux possibilités :

Réduction proportionnel du débit de pré-filtration selon le nombre de pompes de captage en service et diminution du temps d'opération de cette phase. Dans cette phase, les pompes de captage ne doivent pas dépasser 2510 m<sup>3</sup>/h. Ce débit reviendra au débit nominal de 2317 m<sup>3</sup>/h à la fin de cette opération.

Si le temps pour la pré-filtration T15 devait être réduit, alors il faudra démarrer une pompe de captage pour atteindre ce débit extra.

21. Fermer la vanne de vidange du filtre VPA-3004-1/.../16.
22. Fermer la vanne d'entrée de l'eau brute au filtre VPC-3001-1/.../16.

À ce moment, le nettoyage du filtre est fini. Toutes les vannes du filtre sont fermés et en mode "manuel" dans ses Fichiers d'Appareil. Le filtre comme unité peut déjà passer du mode "MAN" au mode "AUTO".(MRE,2021).

### **V.6.6.Système d'osmose inverse**

#### **V.6.6.1.Démarrage du système d'osmose inverse**

Cette séquence est mise en œuvre à la fin de la mise en marche des pompes de captage, la filtration en première et deuxième étape, la microfiltration à cartouches de filtration et le conditionnement chimique de l'eau.

La station pompe un débit d'eau de 2317 m<sup>3</sup>/h de bonne qualité à une pression d'au moins 2,5 bar-. Elle se repartie dans sa sortie à travers les vannes de la manière suivante :

1055 m<sup>3</sup>/h au travers de la vanne de commande VPC 5001-1( Boucle de Commande N°2)

631 m<sup>3</sup>/h à travers les récupérateurs d'énergie ER 1/15 et la vanne VGC 5001-1 (Boucle de contrôle N° 3)

631 m<sup>3</sup>/h à travers les récupérateurs d'énergie ER 16/30 et la vanne VGC 5001-2 (Boucle de contrôle N° 3)

Une fois les enclenchements de démarrage pour les pompes Booster sont vérifiés, débute le démarrage d'une des pompes Booster de la même unité avec gradation du démarrage (qui sera établi à la mise en marche) ; tout en surveillant que l'air est refoulée des châssis et que l'eau coule par l'aération. Au moment où le point de consigne de 631 m<sup>3</sup>/h est atteint, la boucle de contrôle N° 11 s'active entre le débitmètre de sortie de l'eau de mer des PX FIT-5003-1 et l'échangeur de Fréquence de la Booster PCB-5001-1

Pendant le démarrage de la pompe Booster et précédant le démarrage de la pompe de Haute Pression, les purges restent ouvertes.

Ensuite, commence la mise en marche du démarrage de la deuxième pompe Booster appartenant à la même unité. Le démarrage se fait graduellement jusqu'à atteindre le point de consigne de 631 m<sup>3</sup>/h, correspondant au débit de conception. À ce moment la boucle de control N°11, entre le débitmètre de sortie de l'eau de mer des PX FIT-5003-2 et l'Échangeur de Fréquence de la Booster PCB-5001-2, se passe au mode "auto".

Une fois les débits de refoulement de la Booster sont stabilisés, aura lieu le démarrage de la pompe de haute pression de la suivante manière :

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

Vérification des enclenchements de démarrage de la pompe PCH 5001-1

Fermeture de la vanne d'alimentation aux châssis VBOC-5001-1 et 2, jusqu'à 10-15% (à vérifier à la mise en marche).

Fermeture de toutes les vannes de purge des châssis.

Commande à la pompe de Haute Pression MARCHE+ VALIDER.

Début du comptage pour le délai programmable pour l'ouverture de la vanne d'alimentation aux châssis VBOC-5001-1 y 2.

Une fois écoulé le délai précédant la vanne commence son ouverture et le pressostat de base pression placé dans l'aspiration de la BAP, PSL-5001-1 s'active

Les vannes d'alimentation aux châssis VBOC-5001-1 et 2 commence leur lente ouverture à la fois (gradation d'ouverture). Au fur et à mesure que ses vannes ferment, ouvrira la vanne VPC-5001-1 (par gradation d'ouverture à régler pendant la mise en marche).

Lorsque le débit du perméat atteint sa valeur de consigne 521,4 m<sup>3</sup>/h la boucle de contrôle N°12 s'active entre les vannes de sortie du perméat VGC 5002-1 et 2 et les débitmètres FIT 5004-1 y 2, respectivement.

Ensuite, seront vérifiés les suivants paramètres: **(VOIRE ANNEX I: V.70)**

Le degré de conversion pour le châssis CDI-5001-1 est calculé par:

$$GC = \frac{FIT.5004.1}{(FIT.5004.1 + FIT.5005.1 + FIT.5003.1 - FIT.5002.1)}$$

Le degré de conversion est une valeur indicative. Généralement, dans des conditions normales, les valeurs nominales introduites dans les point de consignes des boucles de contrôle n° 3, 11 et 12, sa valeur sera de 0,45 **(MRE,2021)**.

### **Mise en collecteur commun**

Supposons que l'un des châssis doit passer un nettoyage chimique ou opération de maintien et que la station est obligé de produire, néanmoins, à 100%. La production perdue à cause de l'arrêt de un des 16 châssis, repoussera la production nominale des autres 15 en service afin d'assurer la totalité du débit de l'eau-produit.

L'opérateur sélectionne l'option "COLLECTEUR COMMUN100%" parmi les options possibles dans le SC., "CHÂSSIS INDÉPENDANTES", "COLLECTEUR COMMUN 100%" et "COLLECTEUR COMMUN PARTIELLE-25%". Il faudra pour cela partir de la position "CHÂSSIS INDÉPENDANTES" étant la station en exploitation de 100% et donc les suivants points confirmés: **(VOIRE ANNEX I: V.71)**

Il sera nécessaire en outre, l'absence d'alarmes li

ées aux pompes Booster (B-5001-X), pompes Haute pression (PCH-5001-X) et châssis, tel qu'il a été

indiqué dans l'alinéa dédié à la logique de contrôle de « OSMOSE INVERSE DANS CHÂSSIS INDÉPENDANTES ». (MRE,2021).

### V.6.6.3.Mise en service de la pompe d'haute pression de réserve. Châssis indépendants

Il est possible de remplacer directement la pompe de secours PCH-5001-9, par une des suivantes: PCH-5001-2, 3, 6 et 7, tout en travaillant en tant que unités de dessalement indépendantes par l'ouverture et la fermeture des vannes s'y reportant.

Si seulement la BAP est arrêtée, alors il faudra démarrer seulement la BAP de secours.

Dans ce cas et étant donné que tout est ouvert, étant les pompes Booster en marche, il faudra démarrer la BAP, s'assurant au préalable que le circuit entre la vanne d'aspiration et la BAP est purgé, en ouvrant la vanne VBOA-5001-9 au fur et à mesure.

Si les pompes Booster s'arrêtaient, il faudra agir de la suivante manière :

Les enclenchements de démarrage des pompes Booster et BAP sont décrits ci-après et ils sont similaires à ceux détaillés dans l'alinéa « OSMOSE INVERSE DANS CHÂSSIS INDÉPENDANTS » de la logique de contrôle.

*Enclenchements de démarrage de pompe Booster (rapportés à l'Unité de Dessalement 2)*

**(VOIRE ANNEX I: V.72)**

*Enclenchements de démarrage pompe Haute Pression (rapporté à unité de dessalement 2)*

**(VOIRE ANNEX I: V.73)**

### V.6.6.4.Mise en service de la pompe de haute pression de réserve. Collecteur commun.

Cette situation survient lorsque la station travaille avec châssis indépendants et une BAP (PCH-5001-1, 4, 5 et 8) s'arrête

Ci-après sont détaillées les démarches à suivre pour le démarrage de la BAP (Pompe Haute Pression) de secours remplaçant la PCH-5001-1.

La démarche à suivre est la même que dans l'arrêt des PCH-5001-4, 5 et 8.

- Suite à l'arrêt de la PCH-5001-1, les pompes Booster, PCB-5001-1 et 2 restent en service pour mettre en marche le *flushing* à l'eau de mer. Après un délai réglable nommé "*Flushing* à l'eau de mer";
- Fermeture de la vanne d'impulsion de la pompe Haute Pression arrêtée, VBOA-5001-1 et à la fin de sa fin de course, la vanne d'aspiration VPA-5001-1 commence sa fermeture,
- Ensuite les vannes d'alimentation aux châssis arrêtés VBOC-5001-1 et 2 se ferment, et à la fin de sa fin de course de fermeture;
- Ouverture des vannes du collecteur commun nécessaires par un délais réglable (ti: 30 s, à régler pendant la mise en marche) pour début d'ouverture de la suivante vanne de manière montante. Elles ouvriront dans l'ordre suivant:

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

- Ouverture de VBOA-5002-1 et suite à un délai réglable entre ouverture des vannes...
- Commencera l'ouverture de VBOA-5002-2...
- Avant l'ouverture de la vanne VBOA-5002-2 il faut s'assurer que le parcours du circuit d'impulsion de la Pompe Haute Pression (BAP) de secours et plein d'eau et purgé.
- La boucle de contrôle N°12 est verrouillé dans les châssis en service de l'unité de dessalement avoisinante (CDI-5001-3 et 4), entre la vanne de sortie du perméat VGC 5002-3 et 4 et le débitmètre FIT 5004-3 et 4. De cette manière la vanne reste dans la même position que jusqu'à ce moment et jusqu'à la mise en œuvre de la suivante boucle.
- L'opérateur doit vérifier que la position est la même que avant l'arrêt de la vanne de régulation du perméat des châssis CDI-5001-1 et 2 et que la boucle de contrôle N°12 n'est pas en service.
- Fermeture des vannes d'alimentation aux châssis VBOC-5001-3 et 4, jusqu'à un % donné, (défini pendant la mise en marche et d'une valeur théorique: 22% de ouverture). Ce % donnera lieu à un débit de perméat à lire sur le FIT-5004-3 et 4 entre 310 et 330 m<sup>3</sup>/h. Ceci entraînera une augmentation momentanée de la pression mesurée sur PIT-5002-2 ainsi qu'une diminution du débit d'aspiration de PCH-5001-2 et du perméat.
- Les boucles de contrôle N°3 et N°11, reste en automatique avec les mêmes consignes préalables à l'arrêt.
- Au moment où VBOC-5001-3 et 4 atteignent la position intermédiaire établie, les vannes VBOC-5001-1 et 2 commence leur ouverture en rampe (définie pendant la mise en marche) jusqu'à la même position que les précédentes (valeur théorique: 22% d'ouverture).
- Au moment où les 4 vannes d'alimentation (VBOC-5001-X) ont le même % d'ouverture, l'opérateur doit confirmer que les débits de perméat sont similaires dans les 4 châssis (autrement il devra manoeuvrer les vannes de réglage VGC-5002-X, pour les rapprocher) et fera l'ordre de « marche+ Valider » de la BAP de secours, PCH-5001-9.
- Ensuite se démarre la PCH-5001-9, en rampe à l'aide de la vanne d'impulsion VBOA-5001-9 (à établir pendant la mise en marche) et le pressostat de basse pression placé dans l'aspiration de la BAP, PSL-5001-9 se pressurise.
- Au moment où VBOA-5001-9 atteint 100% de son ouverture, les vannes d'alimentation aux châssis VBOC-5001-1, 2,3 et 4 commencent leur ouverture simultanée (par une rampe à définir).
- Au moment où VBOC-5001-1, 2, 3 et 4 a atteint 100% de son ouverture les boucles de contrôle s'activent N°12 (VGC 5002-X et FIT 5004-X) dans les 4 châssis. **(MRE,2021).**

### V.6.6.5. Arrêt programmé du système d'osmose inverse

#### *Séquence d'arrêt*

Ci-après sont détaillées les étapes à suivre pendant un arrêt programmé d'une unité de dessalement complète:

L'opérateur appuiera sur ARRÊT+VALIDER dans le Système de Contrôle.

Les vannes d'alimentation aux châssis VBOC-5001-1/...16 commencent sa fermeture. Tant que la vanne ferme et le débit d'aspiration de la BAP mesuré par FIT-5001-1/.../8 descend de 150 m<sup>3</sup>/h pendant  $t \geq 1$  min ; la BAP arrêtera, entraînant l'arrêt d'une des pompes de captage.

Les pompes Booster restent en marche pour réaliser un nettoyage à jet d'eau (*flushing*) avec une durée programmable nommée « *Délai pour flushing* » ;

À la fin de ce délai, se ferme la vanne d'aspiration de la pompe Haute Pression VPA-5001-1/.../10.

Arrêt d'une des pompes Booster de l'unité de dessalement (celle qui a été mise en marche premièrement pendant le démarrage de l'unité).

Fermeture de la vanne de contrôle de la sortie de saumure PX pendant 1 min VGC-5001-1/...16 correspondant au châssis de la Booster qui vient d'être arrêtée.

Fermeture de la vanne d'alimentation au PX, VPA-5002-1/...16, correspondant au châssis de la Booster qui vient d'être arrêtée.

Les étapes se suivent comme pour la première des pompes qui a été arrêtée et l'autre pompe Booster ainsi que les vannes VGC-5001-1/.../16 et VPA-5002-1/.../16 s'arrêtent.

#### *Flushing de saumure*

L'unité de dessalement concernée doit être en arrêt.

Suite à l'arrêt de l'unité de dessalement et une fois écoulé le temps définit comme « *Délai pour flushing* », L'Opérateur sera en mesure de choisir l'action « *FLUSHING (JET D'EAU)* » parmi les options disponibles au S.C.: "ARRÊT" ET « *FLUSHING (JET D'EAU)* »

Le *flushing* ne peut être mis en place simultanément que pour les châssis d'une même unité de dessalement.

Toutes les vannes et équipements que sont mis en marche (incluant les 3 pompes pour *flushing* ou nettoyage chimique, dont une de secours) sont en mode automatique.

Les actions à mettre en marche pour le *flushing* des châssis CDI-5001-1 et 2 sont décrites ci-après:

L'opérateur valide dans le châssis DI-5001-1 l'option "FLUSHING (JET D'EAU) »".

Démarrage d'une des pompes de *flushing* PCQ-8101-1, 2 ou 3.

Une fois écoulé le délai d'attente programmé dans la mise en marche, les vannes VPA 5004-1 d'entrée de l'eau pour le jet d'eau au système des récupérateurs de l'énergie s'ouvre et dans la sortie

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

des récupérateurs d'énergie c'est la vanne de contrôle VGC 5001-1 qui ouvrira. La vanne ouvrira graduellement suivant une gradation établie dans la mise en marche.

La boucle de contrôle N°13 entre VGC-5001-1 et FIT-5005-1 ne se met pas en marche tant que un certain % d'ouverture ne s'atteint, coïncidant avec le moment où le débit mesuré par FIT-5005-1 se rapproche du point de consigne définit : 637 m<sup>3</sup>/h. (programmable depuis le Contrôle ; valeur théorique de 45 %).

Les étapes ci-avant détaillées sont refaites pour le châssis CDI-5001-2. Sélection de l'option "FLUSHING (JET D'EAU)"; démarrage de l'autre pompe de *flushing* PCQ-8101-1, 2 ou 3. Une fois écoulé le délai d'attente programmé dans la mise en marche, les vannes VPA 5004-2 et la vanne de contrôle VGC 5001-2 s'ouvrent. Cette dernière s'ouvre suivant une gradation établie pendant la mise en marche. La boucle de contrôle N°13 entre VGC-5001-2 et FIT-5005-2 ne se met pas en marche tant que un certain % d'ouverture ne s'atteint, coïncidant avec le moment où le débit mesuré par FIT-5005-2 se rapproche du point de consigne définit 631 m<sup>3</sup>/h. (programmable depuis le Contrôle ; valeur théorique de 45 %).

Démarrage d'une des pompes Booster, par exemple, PCB-5001-1. La pompe ouvrira graduellement suivant une gradation établie dans la mise en marche. Lorsque le point de consigne est atteint (631 m<sup>3</sup>/h), la boucle de contrôle N°11, entre débitmètre FIT-5003-1 et l'échangeur de fréquence du Booster PCB-5001-1, se démarre.

Pour le démarrage de l'autre pompe Booster PCB-5001-2, il faut suivre le dernier pas ci-avant décrit.

Enfin, la vanne d'aspiration de BAP, PCH-5001-1, s'ouvre avec les 2 pompes pour *flushing* démarrées, entraînant le déplacement l'eau e mer de la BAP.

Une fois vérifié la conduction d'eau de perméat dans le conductivimètre d'alimentation aux châssis CIT-5001-1 et 2 ; la pompe Booster s'arrête. Ensuite, commence la fermeture des vannes de réglage VGC-5001-1 et 2 et l'unité de dessalement est isolée en fermant la vanne d'aspiration de la BAP, VPA-5001-1 et les VPA-5002-1 et 2.

Les pompes pour le *flushing* s'arrêtent. **(MRE,2021).**

### **V.6.6.6. Arrêt non programme du système d'osmose inverse**

Le déclenchement de l'unité de dessalement peut survenir à cause des situations suivantes: **(VOIRE ANNEX I: V.74)**

Si une alarme se déclenche par haute valeur ORP durant plus de 5 minutes, réglables dans le SC, démarre l'arrêt programmé de la station suivant le point 13.7.

En outre, une alarme déclenchée en arrêt de la pompe Booster, entraînera, dans le cas des châssis indépendants, un arrêt de la pompe Haute pression reliée.

Un *Fuhsing* à l'eau de mer, au minimum, est nécessaire dans les châssis ayant souffert un arrêt non programmé.

C'est à l'opérateur de choisir, selon la nature de l'enclenchement, la procédure de démarrage. (MRE,2021).

### **V.6.7.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : Injection de dioxyde de carbone**

#### **V.6.7.1.Remplissage du réservoir d'stockage de dioxyde de carbone**

Les réservoirs cryogéniques de CO<sub>2</sub> (2 réservoirs de 50.000 l) seront remplis à nouveau par pompage directe depuis des camions citerne de l'entreprise engagée à cette fin.

Les instructions de sécurité de l'équipement devront être bien observées car il s'agit d'un produit livré à haute pression. (MRE,2021).

#### **V.6.7.2.Démarrage et réglage du système d'injection de dioxyde de carbone**

### **V.6.8.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : Lits de calcite**

#### **V.6.8.1.Charge de calcite**

La charge de la calcite dans les cellules aura lieu par la décharge des *big-bags* de livraison à l'aide des deux pont-roulants (un par ligne) de 2.5 Tm de capacité de charge chacun.

Le produit sera soigneusement reparti dans le réservoir de la cellule afin d'empêcher l'apparition des bulles en calcite qui gêneraient le bon fonctionnement des tuyaux de dosage.

Cette tâche sera réalisée manuellement en déblayant à l'aide d'une fourchette ou tout autre outil similaire. Les cellules peuvent être atteintes par des allées aux côtés. (MRE,2021).

#### **V.6.8.2.Séquences de nettoyage et reminéralisation**

L'installation de reminéralisation sera commandée manuellement aussi bien pour son opération courante que pour le procès de soufflage à l'air et bouclage de l'eau de sortie à la suite du remplissage avec calcite de chacune des cellules.

Les vannes murales W-6001-1/2 se chargent de l'isolement des réservoirs de l'eau osmotique des cellules de reminéralisation.

La sortie de l'eau osmotique de la salle d'osmose guidera le fonctionnement des vannes murales de la salle d'eau osmotique et celui des cellules de reminéralisation.

Avant la mise en marche de tous les châssis d'osmose inverse, la vanne mural W-6001-X devra être ouverte, où X fera référence à la ligne ou lignes à mettre en service (ligne 1, 2 ou les deux). Par ailleurs, les cellules de reminéralisation de la ligne correspondante sont en position "**Reminéralisation**" ou "**Nettoyage**" (selon le cas) en nombre égal, au moins, à la relation suivante :  
1 châssis = 4 cellules

La première mise en service d'une cellule de reminéralisation après remplissage de son réservoir

de calcite, entraîne la mise en position « **Nettoyage** » de la même cellule. La position sera gardée pendant la durée que l'Opérateur conviendra avant son passage à la position « Reminéralisation ».

Si une augmentation soudaine du débit se produit et toujours pendant le démarrage, la cellule subira une augmentation du taux de turbidité aussi.

L'opérateur doit en prendre compte et passer la cellule à la position de "Nettoyage" au moment précis.

La position "**Nettoyage**" sera possible après les étapes suivantes:

Ouverture de la vanne VP-6007-1/60 (sortie de l'eau de nettoyage de la cellule).

Fermeture de la vanne murale W-6003-1/60 (sortie de l'eau reminéralisée).

Ouverture de la vanne VP VP-6001-1/60 (entrée de l'eau osmotique). La vanne étant ouverte au moment du remplissage en calcite, si la cellule était en fonctionnement.

Ouverture de la vanne d'entrée de l'air VP-6002-1/60. Si l'opérateur estime nécessaire la rentrée d'air.

La position "**Reminéralisation**" est atteinte après les étapes suivantes:

Ouverture de la vanne murale W-6003-1/60 (sortie de l'eau minéralisée de la cellule).

Vérification de l'ouverture de la vanne VP-6001-1/60 (entrée de l'eau osmotique). La vanne ne sera fermée que si la cellule est isolée à cause de, par exemple, des opérations de maintenance. La vanne sera normalement ouverte si la position est « **Reminéralisation** » atteinte à partir de la position « **Nettoyage** ».

Fermeture des vannes: VP-6002-1/60 (air de nettoyage) et vanne VP-6007-1/60 (sortie de l'eau de nettoyage).

Étant une cellule en position de Nettoyage, le système de refoulement de l'eau de nettoyage doit être en marche aussi. L'eau de nettoyage à la sortie de chaque cellule présente une teneur en calcite (qui n'a pas réagir avec le CO<sub>2</sub>) très élevée qui a été injecté à la sortie des réservoirs de l'eau osmotique. Cette eau, est donc, ramassée dans le puits de récupération où les pompes submersibles (PS-6001-1/2) la repose vers la tête de reminéralisation. La mise en marche des pompes est déclenchée par le panneau de commande local au travers du signal des interrupteurs de niveau LSH-6001, LSL-6001 et LSLL-6001. L'Interrupteur LSL-6001 met en marche la première pompe; le signal de l'interrupteur LSH-6001 mettra en marche la deuxième pompe. La deuxième pompe s'arrêtera lorsque le débit atteindra encore une fois l'interrupteur LSL-6001 et par l'interrupteur LSLL-6001 s'arrêtent toutes les deux.

Avant le refoulement de l'eau depuis le puits de récupération à la tête de la reminéralisation, il faudra vérifier que les vannes d'impulsion des pompes submersibles (VB-6010-1/2) et les vannes d'entrée à la tête de reminéralisation (VP-6011-1/2) correspondantes à la ligne où se trouve la cellule

de nettoyage, sont ouvertes.

Les soufflantes de reminéralisation (S-6001-1/2) seront démarrées au moment de la charge en calcite d'une cellule, afin d'éliminer les particules fines et grossières contenues dans le produit marchand ajouté.

Les soufflantes peuvent être démarrées si l'opérateur le trouve nécessaire, pour y réaliser des travaux de décolmatage ou autres travaux d'entretien dans les cellules.

Précédemment au démarrage des une des deux soufflantes la vanne papillon manuel associée doit être ouverte (VP-6006-1/2).

Lorsqu' une cellule de calcite est en position de "Reminéralisation" la vanne murale s'y rapportant de sortie de l'eau reminéralisée W-6004-1/2 doit être ouverte et au moins une des vannes murales W-7001-1/2 d'entrée aux réservoirs de l'eau produit. **(MRE,2021).**

### **V.6.10.9.Système de reminéralisation et conditionnement d'eau produite : injection de chlore résiduel**

Certaines actions doivent être mise en œuvre avant de réaliser le chargement d'hypochlorite de sodium.

Vérifier que la vanne d'alimentation du réseau des produits chimiques vers les réservoirs est fermée et qu'elle n'a pas des fuites.

Vérifier que le réservoir est vide est libre de déchets (outils, pierres, etc....)

Ouverture de la vanne de drain du réservoir et nettoyage à fond du même à l'aide de l'eau du réseau pour les services généraux de la station.

Ouverture du bouchon de remplissage et du trou d'homme pour sécher le réservoir.

Il sera séché aux intempéries pendant un jour environs selon les conditions météorologiques du lieu. Si le séchage n'était pas satisfaisant, il est possible de le faire sécher à l'aide de l'air comprimé du réseau général.

Fermeture, de la bouche d'homme et de la vanne de drain du réservoir et de la vanne de la ligne d'aspiration des pompes.

Pour les opérations de charge du produit chimique, l'Opérateur devra maîtriser toutes les mesures de sécurité contenues dans les Fiches de Sécurité ci- jointes.

La vanne de charge s'ouvrira à la moitié et se démarre la pompe de transfert, tout en surveillant les niveaux de remplissage et la vitesse de remplissage, en agissant, si nécessaire sur la vanne d'ouverture.

Au fur et à mesure que le niveau de remplissage sur l'échelle atteint son maximum, la pompe de transfert sera arrêtée et les vannes d'alimentation du réseau général d'acide sulfurique et d'hypochlorite. Le niveau atteint sera noté par une marque dans l'affichage de niveau.

Il faudra, enfin, s'assurer que des variations remarquables ne se produisent pas dans le niveau avant l'alimentation en produit chimique.

Avant de commencer le dosage d'hypochlorite de sodium il faut vérifier : **(VOIRE ANNEX I: V.75)**

Les pompes doseuses employées travaillent à un nombre fixe de pulsions. Il faudra agir sur la course du piston au moyen du servomoteur pour pouvoir changer le débit de dosage.

La position du servomoteur est commandée par un signal analogique de 4-20 mA envoyé depuis le SCADA et régler ainsi le débit de dosage.

Le débit de dosage doit être proportionnel au débit d'impulsion du système de pompage d'eau produite

Le débit de dosage est issu de la formule suivante:

$$q_{\text{pompe}} (\text{l/h}) = d(\text{mg/l}) \cdot Q(\text{m}^3/\text{h}) / (r(\%)).$$

Où:

**q<sub>pompe</sub>** : Débit de la pompe de dosage

**d**: Dose de produit pure (mg/l = ppm= g/m<sup>3</sup>)

**Q**: Débit d'eau à traiter en m<sup>3</sup>/h, calculé par le débitmètre FIT-7001:

**r**: Pureté du produit commercialisé (gr Cl<sub>2</sub> libre/couche)

Une fois, les enclenchements de démarrage vérifiés, et le nombre de pulsions soit réglé, la pompe pourrait être démarré. **(MRE,2021).**

### **V.6.10.Système de pompage d'eau produite**

#### **V.7.10.1.Démarrage du système de pompage d'eau produite**

L'enclenchement des pompes d'eau produit se fait par un débit minimum demandé dans la cuve d'eau produit. Cette valeur est réglable par l'opérateur depuis le SC.(LIT-7001) est sera calculée comme la moyenne de LIT-7001-1 et 2, au moment où les deux vannes VP-7001-1 et VP 7001-2 sont ouvertes. Si seul la vanne VP-7001-1 est ouverte, le niveaumètre de commande des pompes de l'eau produit est LIT 7001-1, alors que si c'est la vanne VP-7001-2 celle ouverte, le niveaumètre de commande des pompes d'eau produit est LIT 7001-2.

L'opérateur choisit une valeur nommée "% de déviation" parmi les moyennes des mesures des niveaumètres. Si une déviation du % apparaît il déclenchera une alarme: "Erreur de mesure niveau". L'opérateur pourra bloquer la prise des mesures de l'un deux laissant le contrôle à le dernier en service par l'ouverture de la vanne VP 7001-X correspondante.

La défaillance du transmetteur de niveau peut entraîner deux cas différents de déclenchement des alarmes.

LSSL-7001-1/2: Niveau très bas dans cuve d'eau produit (0,20 m)

L'activation de cette alarme entraînera l'arrêt des pompes PCI-7001-X en service.

LSHH-7001-1/2: Niveau très haut dans la cuve d'eau produit (4,20 m)

L'activation de cette alarme entraînera l'arrêt des unités de dessalement en service.

**(VOIRE ANNEX I: V.76) (MRE,2021).**

### **V.6.10.2.Mise en service de la pompe de réserve du système de pompage d'eau produite**

Les équipements qu'y interviennent sont en position "automatique" au départ. Après un délais réglable depuis le démarrage de l'unité de dessalement, se produisent les situations suivantes:

Un délai de retard nommé "DÉLAIS DÉMARRAGE POMPE DE L'EAU PRODUIT" commence à s'écouler. Ce délai est programmable en secondes dans le SC. Une fois ce délai écoulé se produit le démarrage de la pompe.

Les pompes démarrent avec la vanne fermée par une rampe de démarrage à régler pendant la mise en marche au moyen des vannes mécanisées d'impulsion.

Les pompes d'eau produit démarrent en fonction du nombre d'unités de dessalement en marche, qui est, à son tour, fonction du n° BAP en service, selon le tableau suivant:

**(VOIRE ANNEX I: V.77)**

Une fois l'unité de dessalement mise en marche et après un délai réglable, la pompe d'eau produit se met en service automatiquement.

La 1er pompe de l'eau produit démarre suite à un délais réglable, et après le démarrage de l'unité de dessalement s'y rapportant (seulement 1 BAP en service). Le fonctionnement du pompage du produit sera commandé ultérieurement par niveau.

La 1er pompe d'eau produit se met en service au moment où la 1er BAP, est aussi en service. Le service du pompage est lié au démarrage et arrêt d'une seule pompe de niveau.

La 2 ème pompe d'eau-produit se met en service lorsque la 2ème BAP se met en service. Le service de pompage se fera par 1 pompe en tout moment et une 2ème pompe met en marche le démarrage et l'arrêt selon le niveau.

La 3ème pompe d'eau produit se met en service lorsque la 3ème BAP se met en service. Le service de pompage se fera par 2 pompes en tout moment et une 3ème pompe commandera le démarrage et l'arrêt selon le niveau.

Et de même jusqu'à la pompe n° 8.

Le SC commande le démarrage en séquence pour ces pompes selon le niveau dans la cuve d'eau traitée conformément à ce qui a été établi dans l'alinéa 15.3,

Le démarrage et arrêt des pompes s'atteindre en fonction de 2 niveaux qui commande le pompage.

Niveau de démarrage: Hauteur du liquide 3,80 m

Niveau d'arrêt: Hauteur du liquide 0,80 m

Dans le cas que les pompes poussent d'avantage par rapport à la production des unités de dessalement, puisque le débit nominal dépasse de 10 % (Qu:1150 m<sup>3</sup>/h) le débit nominal de chaque unité de dessalement (Qu:1041,6 m<sup>3</sup>/h), et le niveau descend au-dessous du niveau d'arrêt, les valeurs atteintes déclencheront une alarme, tout d'abord, suivie d'un arrêt en cascade des pompes en service entre le niveau d'alarme au-dessous de 0,6 m et celui d'enclenchement des pompes à 0,2 m. (LSL 7001-1 et 2)

Une fois l'alarme de niveau bas atteinte avec une hauteur de liquide de 0,60 m, après un délai réglable (15 secondes) et que l'alarme de bas niveau continue, le SC demande l'arrêt de sécurité en cascade des pompes en service en ce moment. L'arrêt se fera au fur et à mesure moyennant un délai réglable.

Alarme par niveau bas: hauteur de liquide; 0,60 m

Niveau très bas ou de déclenchement: Hauteur de liquide; 0,20 m

Si le niveau monte au-dessus du niveau de démarrage, alors, le SC déclenche une alarme par niveau haut. Si le niveau monte encore, se déclenche une autre alarme qui entraînera le démarrage des unités de dessalement en service.

Alarme par niveau haut: Hauteur du liquide; 4,00 m

Niveau très haut ou de déclenchement des unités de dessalement: Hauteur liquide; 4,20 m

Si le niveau atteint 4,50 m de liquide, l'eau produit refoulera vers l'émissaire de saumure. Important: Avant que le niveau de refoulement de sécurité de la cuve ne soit atteint (4,50 m) se déclenche la alarme de très haut niveau (hauteur du liquide de 4,20 m). Suite à un délai réglable (15 sec.) étant l'alarme de très haut niveau toujours en fonctionnement, le SC démarre l'arrêt de sécurité en cascade des BAP en service (PCH-5001-X). Elles s'arrêtent au fur et à mesure suivant un délai réglable pour chaque pompe. **(MRE,2021).**

### **V.6.10.3.Arrêt programme du système de pompage d'eau produite**

Une fois fini l'arrêt programmé d'une unité de dessalement, l'opérateur devra confirmer l'ordre d'arrêt de la pompe d'eau produit et le SC déclenche les suivantes démarches, suite à un délai réglable de (60 secondes):

- Fermeture de la vanne d'impulsion de la pompe d'eau produit, et lorsqu'elle atteint sa fin de course de fermeture;
- Arrêt de la pompe d'eau produit. **(MRE,2021).**

### **V.6.10.4.Arrêt non-programme du système de pompage d'eau produite**

L'arrêt d'une pompe d'eau produit par défaillance de l'équipement (déclenchement par haute température en bobinage ou coussinets étant l'unité de dessalement associée en marche) entraînera le démarrage de la pompe d'eau produit disponible. **(MRE,2021).**

### **V.7.MAINTENANCE ET ENTRETIEN DES INSTALLATIONS DE PROCÈS**

#### **V.7.1.Opérations générales de maintenance**

La Maintenance désigne un ensemble de techniques et systèmes permettant de prévoir les pannes, réaliser des révisions, des opérations de graissage et de dépanner dans toute efficacité. Bref, les opérations de Maintenance visent la performance des opérations des appareils et à élargir leur durée de vie de manière économiquement rentable.

Ils existent deux types d'opérations de Maintenance principaux:

- Opérations de MAINTENANCE PRÉVENTIVE.
- Opérations de DÉPANNAGE ET DE RÉPARATION DE RUPTURES.

Opérations de MAINTENANCE PRÉVENTIVE sont celles effectuées pour la conservation de l'équipement dans des conditions satisfaisantes de fonctionnement aidant à déceler à priori les possibles pannes et à corriger possibles défauts avant qu'ils ne deviennent plus graves.

Malgré, l'efficacité de la maintenance préventive, ils se produisent toujours des pannes de tout type. C'est à cet instant que le système de DÉPANNAGE ET DE RÉPARATION DE RUPTURES visant sur la réparation d'une machine, d'une installation ou de la pièce avec défaut pendant un délai minimum d'arrêt de l'équipement duquel il fait partie.

Les opérations de dépannage et réparation de rupture visent à remettre en service dans les meilleurs délais, les installations que, par leur importance dans le procès, ne puissent être arrêtés longtemps.

Pour pouvoir réaliser ces opérations, il faudra disposer à la Station d'équipements d'atelier. Dans ce but, seront magasinés les éléments nécessaires pour dépanner le plus grand nombre possible de pannes.

Si le dépannage n'est pas possible sur place, des contrats de maintenance seront établis avec des ateliers spécialisés en mécanique et électricité pour une prompt action sur l'élément en panne.

Pour le suivi des pannes de la Station, il est conseillable de mener pour chaque élément indépendant (soit en service ou de secours), une fiche de l'historique des pannes ou problèmes survenus.

Dans cette fiche on notera la date où s'est produit la panne et la date de son dépannage, de même que la description et la cause de la même et les améliorations introduites ou des recommandations pour les éviter dans le futur.

Dans le chapitre suivant nous exposons toutes les opérations de maintenance préventive selon sa période de répétition : tous les jours, toutes les semaines, tous les mois, tous les trois mois, tous les six mois et une fois par an. **(MRE,2021).**

#### **V.7.2.Maintenance préventive**

Bref, la maintenance préventive est l'ensemble des opérations visant:

- Raccourcir le vieillissement du matériel à cause de son fonctionnement.
- Détecter et corriger les défauts avant qu'ils ne deviennent plus graves.
- Donner un avis sur la gestion de rechanges.
- Éviter des consommations exagérées.
- Maintenir les équipements à pleine capacité.
- Diminuer le risque des pannes.

Bref, obtenir un fonctionnement des installations dans les meilleures conditions et le moindre coût.

Ci-après sont détaillées les 19 opérations principales composant le programme base de maintenance préventive de la Station.

Ces opérations peuvent être modifiées ou complétées d'après les nécessités.

### a) Rechange d'huile.

La norme s'établit par rapport à deux paramètres fondamentaux : les recommandations de chaque constructeur et les analyses périodiques de l'état et la qualité des huiles seront mis en marche. Ceci cherche un suivi de restes métalliques et des taux d'humidité afin qu'ils se trouvent au-dessous des limites de tolérances et en conséquence que la couche de lubrifiant soit toujours optimale.

### b) Graissage.

Il faut mettre en place, un rechange périodique et programmé du contenu en graisse de façon à éviter des excès ou des manques, tout en prenant compte qu'un soin spéciale sur les niveau d'huile ne provoque un excès qui pourraient entraîner des dégâts plus importantes que le manque de graisse.

### c) Lubrification.

Il s'agit de garder la qualité de la graisse, puisqu'elle se déplace de sa surface de contact jusqu'à disparaître, n'agissant alors que sur la capacité d'étanchement de l'entourage ambiant.

Pour éviter ce manque, il faut ajouter de l'huile régulièrement (on ajoutera de l'huile plutôt que de la graisse pour éviter des entassements de la même).

Tension et frottement.

Le bon fonctionnement des transmissions, est déterminé par l'ajustement et l'alignement correct des courroies, chaînes, etc.

Il faudra, dans cette but établir des inspections et des suivis périodiques des mêmes.

### d) Bourrage.

L'étanchéité des vannes est à surveiller pour éviter des grippages.

### e) Inspection générale.

Il s'agit d'une inspection au détail des éléments qui ne cassent ou se dérèglent couramment mais dont leurs vieillissement peut être repéré à vue.

f) Nettoyage et supervision intérieure.

Il s'agit d'une supervision des Organes internes des machines et en même temps de leur nettoyage. Par exemple, la performance des équipements de pompage relève de l'état de propreté des palettes des impulseurs.

g) Ancrages et amarrages.

Il s'agit de bien ancrer les éléments aux socles ou aux emplacements de support en corrigeant les déviations causées par les vibrations.

h) Contrôle de la pression

Surveiller que la pression de service se correspond à celle du fabricant.

i) Vérification de la ventilation.

Il s'agit d'une inspection visuelle de la protection du ventilateur pour empêcher que son encrassement ne produise des sur-températures.

j) Vérification de la charge électrique.

Il est à surveiller que l'ampérage consommé se correspond aux nominales de la plaque.

k) Vérification de l'isolement.

Par cette opération il est vérifié que les prises de terre, l'isolement des enroulements, les câbles, des composants électriques, etc., soient de conformité à la norme de manière à s'avancer sur des perforations possibles des isolants.

l) Re-serrage des connexions.

Pour avoir une bonne condition de travail et éviter les surchauffes et une consommation accrue de la pression on effectue périodiquement au serrage des connexions des conduits. D'autre côté, les connexions des conduits des boues, de l'eau, etc., sont vérifiées.

m) Contrôle des connexions.

À cause des manœuvres réalisées par les contacteurs et les interrupteurs, les contacteurs se détériorent dans sa surface de contact et dans la pression qu'ils exercent. Ceci peut produire des étincelles et archées causant le feu à une ligne ou à un tableau. Pour éviter ceci un programme de suivi des contacteurs est programmé.

L'occasion est profitée en même temps pour resserrer les contacteurs et les interrupteurs.

n) Vérification des mesures.

Cette opération vise à tester les appareils de mesure: ampèremètres, voltmètres, etc.

o) Vérification de l'étanchéité.

Vérification du complet isolement, vis-à-vis, de l'humidité des équipements électriques tels que: moteurs, tableaux, etc.

Ce programme de base peut être employé dans la création du planning de maintenance de la

## Chapitre V: *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER*

---

Station de Dessalement.

Des normes pour la Maintenance Préventive, sont détaillées ci-après.

Une fiche de suivi des opérations d'entretien sera tenue pour chacun des éléments indépendants (en service ou de secours), faisant partie de l'historique de chaque équipement. **(MRE,2021).**

### **V.7.2.1.Travaux à réaliser tous les jours**

#### a) Pompes d'eau

Pompe : Vérification du fonctionnement des contrôleurs de niveau.

Vérification qu'ils ne produisent ni bruits ni aspirations à vide.

Moteur : Vérification en touchant de la température de la carcasse du moteur.

Vérification des bruits étranges.

Vérification olfactive, isolement et dévidages.

#### b) Vannes d'actionnement électrique

Vérification des ouvertures.

Vérification contacts des fins de course.

#### c) Injection d'air (soufflante)

Moteur : Vérification en touchant, de la température de la carcasse du moteur.

Vérification des bruits étranges.

Vérification olfactive, isolement et dévidages.

Soufflante : Vérification en touchant, de la température de la carcasse du moteur.

Vérification des bruits étranges.

Vérification du niveau d'huile et de son oscillation.

#### d) Pompes doseuses

Moteur : Vérification en touchant, de la température de la carcasse du moteur.

Vérification des bruits étranges.

Vérification olfactive, isolement et dévidages.

Pompe : Vérification de la température de la carcasse.

Vérification des bruits étranges.

#### e) Débitmètres, capteurs de mesures extérieur et automate de contrôle de procès

Débitmètre : Réaliser le test de fonctionnement correct.

Capteurs : Vérification de sa performance.

Automate : Révision des délais de fonctionnement des prix unitaires.

#### f) Armoires et tableaux électriques

Vérification des témoins de signalisation.

Vérification signalisation des voltmètres et des ampèremètres.

Vérification signaux analogiques. (MRE,2021).

### V.7.2.2.Travaux à réaliser toutes les semaines

#### a) Pompages

Vérification des vibrations.

Vérification des consommations

Nettoyage extérieur

#### b) Injection d'air (soufflante)

Moteur : Vérification des vibrations et ancrages.

Vérification de la consommation.

Soufflante : Vérification d'ancrage.

Nettoyage du filtre d'air.

#### c) Débitmètres, capteurs de mesures extérieur et automate de contrôle de procès

Vérification de la performance du nettoyage automatique des électrodes

Étalonnage.

#### d) Armoires et tableaux électriques

Vérifier la performance des boutons-poussoir d'arrêt et marche.

Vérification de l'ajustement des relais thermiques à leur intensité nominale.

Vérifier la performance des alarmes.

#### e) Installation électrique

Vérification de la charge de conduction des câbles d'entrée.

Vérification du réchauffement des câbles au tact.

Vérification olfactive de l'état des câbles.

Vérification de l'état de l'éclairage intérieur et extérieur.

#### f) Tuyauteries, vannes et conduits

Ouverture et fermeture des vannes.

Inspection s'il y a des fuites et les corriger. (MRE,2021).

### V.7.2.3.Travaux à réaliser tous les mois

#### a) Pompages

Vérification du pompage de chaque machine.

#### b) Pompes doseuses

Moteur : Nettoyage et réglage des connexions électriques.

Nettoyage du couvercle du ventilateur.

Vérification de l'état thermique et des contacteurs et vérifier la performance de la manœuvre.

Vérifier les boutons-poussoirs d'arrêt et marche.

Pompe : Re-boulonner les vis et boulons d'ancrage.

Révision et nettoyage, si convenable des chambres des pompes d'impuretés.

Vérifier le serrage des bourrages.

c) Débitmètres, capteurs de mesures extérieur et automate de contrôle de procès

Vérification au laboratoire des signales externes et étalonnage.

d) Armoires et tableaux électriques

Vérification des intensités par phases.

Essuyer la poussière des contacteurs, de relais et des fusibles et bornes à l'aide d'un pinceau.

Pulvériser avec liquide isolant.

Pulvérisation avec liquide anti-humidité par spray, les contacteurs, thermiques, relais et bornes.

Vérification des bornes par tournevis.

e) Installation électrique

Vérification du vieillissement mécanique.

Vérification de son état (possible usure).

Vérification des contacts à la terre ou entre les phases des câbles d'entré général.

Notation de la consommation d'énergie active et réactive.

f) Tuyauteries, vannes et conduits

Révision de l'installation des fuites et des pertes d'eau.

g) Filtres et rechanges

Vérification des niveaux de sable, d'antracite et des résines. **(MRE,2021).**

### **V.7.2.3.Travaux à réaliser tous les trois mois**

a) Filtres à sable

Vérification du niveau de sable et d'antracite. Rechange, si nécessaire.

b) Pompage d'eau

Vérifier le fonctionnement en automate des ballons d'arrêt automatique.

Vérifier les isolements.

Rechange de l'huile, si nécessaire.

c) Injection d'air (soufflante)

Moteur : Vérifier les isolements.

État du relais thermique et du contacteur.

Soufflante : Rechange de l'huile, si nécessaire.

Vérification de la vanne de sécurité.

d) Pompes doseuses

Moteur : Vérification de son isolement.

Vérification de l'état du relais thermique et du contacteur.

Pompe : Vérification des débits pompés.

Vérification de l'état des presse-étouffes.

Rechange de l'huile, si nécessaire.

e) Débitmètres, capteurs de mesures extérieur et automate de contrôle de procès

Vérification de sa performance.

f) Armoires et tableaux électriques

Nettoyez soigneusement les différents contacts des relais, interrupteurs...

Enlever les perles en cuivre à l'aide d'une brosse métallique souple. (MRE,2021).

### **V.7.3.Principaux opérations d'entretien du système de prétraitement**

#### **V.7.3.1.Renouvellement du matériel de filtration**

Le rechange de la couche de filtration n'est pas prévu étant donné qu'elle a une longue durée de vie. Par contre, les différents nettoyages réduisent son volume au fur et à mesure. Il est donc nécessaire de le renouveler chaque année en partie ou si la hauteur totale de la couche a descendu remarquablement.

Avant le rechange du matériau de la couche de filtration, elle sera isolée hydrauliquement. Les pas à suivre sont détaillés ci-après :

**Renouvellement:** Le réservoir s'ouvre par la bouche d'homme et la quantité de sable ou anthracite nécessaire sera déposé sur la couche de filtration, surveillant la hauteur finale de la couche spécifiée dans le présent Manuel et dans le Manuel d'exploitation et maintenance d'équipements.

La hauteur du sable et de l'anthracite peut être surveillée par le regard de contrôle placé dans les filtres à cette fin.

**Remplacement:** Il faut tout d'abord ôter le sable et l'anthracite du réservoir au travers de la bouche latérale. Les traces d'anthracite et de sable sont éliminées et on procédera au nettoyage des murs du réservoir à l'aide d'un jet d'eau à pression afin d'éliminer la pollution que pourrait rester encrassé.

Postérieurement, il faut surveiller le bon état des becs du fond et qu'ils sont bien serrés. L'étanchéité des becs pour éviter le passage du sable au fond inférieur sera aussi contrôlée.

Un petit défaut des becs ou son montage incorrect peut entraîner des fuites du sable vers l'installation de déminéralisation. Une fois cette opération terminée, le sable et l'anthracite (dans cet ordre) sont introduit par la bouche d'homme latérale au réservoir. La hauteur de la couche en sable et

anthracite à obtenir dans le réservoir, sera signalée par un trait de craie.

Étant le réservoir fermé, il sera rempli avec de l'eau à l' hauteur pré-fixée (10 cm au-dessus de la hauteur totale de la couche de filtration). Le remplissage se fera à un débit très faible.

Les vannes se ferment par la suite et sont essuyées pendant, au moins, 24 h. de manière que le sable et l'anthracite soient bien trempés.

Suite à cette période la mise au point de la couche de filtration pourra continuer. Les matières en suspension, composées d'impuretés et de grains ne pouvant être décantés seront retirées.

La description de cette opération se correspond à un nettoyage régulier du filtre ayant été préalablement décrit dans le présent manuel.

Il est recommandable de mettre en œuvre cette opération en mode manuel-éloigné, même si elle est réalisable en automatique pour la correcte commande de ce premier nettoyage de la nouvelle couche.

Cette opération sera considérée terminée au moment où l'effluent devient transparent. Il faut, ensuite surveiller le comportement de la couche au travers du regard supérieur. Si on observe que la quantité de sable ou d'anthracite dirigée vers le drainage est importante, il faudra réduire le débit de ce premier nettoyage

À la fin de cette étape, on considère prête la couche pour son service régulier.

Or, il est recommandable de surveiller par les regards la hauteur finale de la couche puisque la perte des particules fines doit être compensée par le foisonnement de la couche étant humide.

Il faudra remplir à nouveau si nécessaire. Dans ce dernier cas, il faudra répéter cette opération pour éliminer les particules fines dégagées du nouvel apport. **(MRE,2021).**

### **V.7.3.2. Remplacement des cartouches des micro-filtres**

Ces filtres ne nécessitent pas d'entretien à l'exception des cartouches de filtration qui sont considérés comme des consommables et non pas de produits de maintenance. Ci-après sont détaillés les pas à suivre pour le colmatage des cartouches:

- Fermeture de la vanne d'entrée et de sortie.
- Ouverture de la purge du corps de filtre et la vanne d'aération.
- À la fin de la purge, enlever le couvercle de la carcasse.
- Retirer les cartouches à faire remplacer.
- Introduire le cartouche au travers des joints toriques des orifices de la plaque inférieure en pressant doucement.
- Mettre la plaque de distribution ou alignement des cartouches de filtration.
- Mettre les ressorts de compressions supérieures et les couplements sur les cartouches.

- Installer la plaque et viser jusqu'à ce que les ressorts exercent une pression suffisante. (MRE,2021).

### V.7.4.Principaux opérations d'entretien du système d'osmose inverse

#### V.7.4.1.Nettoyage chimique des membranes

Le nettoyage chimique ne sera possible que pour un seul châssis de 152 tubes à la fois. D'abord le réservoir de nettoyage chimique sera rempli et préparé.

Remplissage du réservoir avec de l'eau du perméat (VP-8101 ouverte et VP-8110-1 et/ou 2 ouverte/s). Pour le complet remplissage du réservoir, il faut ouvrir la VB-8108 au cas où les 80 m<sup>3</sup> totaux sont nécessaires, au moyen du remplissage à travers le réseau de l'eau industriel.

Vérification de la fermeture de la vanne de drain du réservoir VB-8103.

Raccordement de la résistance chimique, si nécessaire.

Vérifier que les vannes de l'agitateur sont ouvertes. La VP-8113-1/2, pour l'aspiration et la VP-8114-1/2 pour l'impulsion.

Démarrage du système d'agitation.

Rajout du produit chimique nécessaire.

Le système est gardé en fonctionnement pendant  $t = 20$  min.

Une fois l'opération de *flushing*, il faudra préparer le circuit de nettoyage chimique. La mise en marche de cette opération se fera manuellement. Le SC permettra le démarrage des pompes pour le nettoyage chimique par la vérification préalable des enclenchements de démarrage.

La séquence des actions à mettre en marche est détaillée ci-après :

Vérification de la correcte fermeture des toutes vannes du châssis choisit.

Ouverture VBO-5003-1/..16, vanne d'entrée du nettoyage chimique ver le châssis.

Ouverture VP-5003-1/..16, vanne de refoulement de nettoyage chimique, section de perméat vers châssis.

Fermeture VP-5001-1/..16, vanne d'isolement du collecteur général de perméat.

Ouverture des vannes d'aspiration (VP-8102-1/2/3) et d'impulsion (VP-8103-1/2/3) des pompes de nettoyage chimique.

Démarrage des 2 pompes de nettoyage chimique PLQ-8101-1/2.

Refoulement de la solution de nettoyage pendant le temps conseillé par le fabricant des membranes.

Ouverture de la vanne VP-8109 et fermeture de la vanne VP-8108 pour le déversement au drainage de 10 % premier de la solution à refouler. Fermeture, par la suite, de la vanne VP-8109 et ouverture de VP-8108 pour le refoulement de la solution au réservoir pour continuer avec le bouclage.

À la fin du temps nécessaire pour l'opération, les pompes de nettoyage chimique ferment et la

solution de nettoyage sera évacuée vers le réservoir pour neutralisation des effluents au travers de la vanne d'évacuation du réservoir VB-8103.

*Flushing* (déplacement) à l'eau de perméat au moyen des pompes de nettoyage chimique. Fermeture, donc, de l'aspiration du réservoir VP-8101 et ouverture des vannes de l'eau de perméat VP-8110-1/2.

Démarrage des pompes de nettoyage chimique et *flushing* (déplacement) de la solution de nettoyage. (MRE,2021).

### V.7.4.2. Remplacement des membranes

#### Préparation

L'équipement suivant est recommandé :

- Chaussures de sécurité
  - Lunettes de sécurité
  - Gants en caoutchouc
  - Lubrifiant de silicone (Dow Corning / Molykote 111 recommandé)
  - Chiffons propres
  - Glycérine de qualité alimentaire
  - Tuyau et eau pour rincer le tube
  - Éponge/écouvillon, baguette longue et corde pour nettoyer le tube
1. Monter les éléments FILMTEC dans les tubes de pression juste avant la mise en service.
  2. Avant d'assembler tous les composants, vérifier la liste des pièces détachées et vérifier qu'elles sont toutes présentes, en quantités nécessaires.
  3. Éliminer soigneusement toutes les poussières, saletés et les corps étrangers dans les tubes de pression avant l'ouverture.
  4. Enlever tous les bouchons d'extrémités et toutes les rondelles de butée (si présentes) de tous les tubes de pression dans le train ou le système.

Remarque : il existe plusieurs fabricants de tubes de pression pour les éléments spiralés des systèmes d'osmose inverse ou de nano-filtration. Se référer au schéma du fabricant du tube de pression pendant le démontage et le montage des bouchons d'extrémité.

5. Pulvériser de l'eau propre dans les tubes de pression ouverts pour éliminer les poussières et débris présents.

Remarque : Si un nettoyage supplémentaire est nécessaire, former un écouvillon assez large pour remplir le diamètre intérieur du tube de pression. Imbiber cet écouvillon d'une solution glycérine/eau (50 % par volume) et l'utiliser dans un mouvement de va-et-vient dans le tube de pression jusqu'à ce dernier soit propre et lubrifié. (MRE,2021).

### Montage

1. Installer la rondelle de butée sur l'extrémité de décharge du concentrat dans le tube. Consulter le schéma du fabricant pour des informations précises sur le positionnement de la rondelle de butée. Consulter ce schéma avant de monter l'un ou l'autre des éléments, pour éviter des erreurs d'installation.
2. Vérifier si vous installez un bouchon iLEC™ (à verrouillage) ou un bouchon standard qui requiert l'utilisation de l'interconnexion fourni.
3. Il est recommandé de faire un schéma de positionnement des éléments avant de les monter et de noter leurs numéros de série par position, ce qui vous permettra à l'avenir de connaître l'emplacement de chaque élément à l'intérieur du tube de pression.
4. Placer l'extrémité principale du premier élément d'OI ou de NF du côté alimentation du premier tube de pression et l'enfoncer environ sur la moitié de la longueur de l'élément. Remarque : toujours insérer les éléments NF ou OI du côté eau d'alimentation du tube de pression. Vérifier que le joint chevron est bien positionné dans la rainure de la partie plastique terminale en rayon de l'élément de sorte que le joint chevron s'ouvre en amont.
5. Montage des éléments standard : lubrifier les joints toriques (o'rings) sur l'interconnexion et à l'intérieur du tube central de perméat de l'élément en utilisant une très fine couche de lubrifiant à base de silicone. Installer l'interconnexion dans le tube central de perméat de l'élément. Installer les joints toriques (o'rings) en les tirant légèrement et sans les rouler en position. L'usage de glycérine est possible, mais n'est pas conseillé. Bien que la glycérine agisse comme lubrifiant pendant l'installation initiale, elle se dissout rapidement en cours de fonctionnement normal. L'expérience a montré qu'il est possible de maintenir la lubrification désirée longtemps après la mise en route initiale en appliquant avec parcimonie un lubrifiant à base de silicone sur l'alésage des éléments de 8 pouces ou sur la surface d'étanchéité externe du tube d'eau de perméat pour les éléments de 4 et 2,5 pouces. Pour les applications d'eau potable et de transformation des aliments, le lubrifiant recommandé est le Dow Corning 111, un lubrifiant et colmatant de vannes approuvé à la fois par la FDA et la NSF (vérifier son agrément pour chaque pays).
  - a. Appliquer une fine couche de lubrifiant à base de silicone sur chaque joint chevron.
  - b. Lever l'élément suivant, le mettre en place et installer l'extrémité arrière sur l'interconnexion. Veiller particulièrement à tenir l'élément suivant de façon à ce que le poids ne repose pas sur l'interconnexion ; pousser l'élément à l'intérieur du tube de pression en veillant à ce qu'environ la moitié de l'élément reste à l'extérieur du tube.

Montage des éléments iLEC™ : il est recommandé d'utiliser un outil spécial, le serre-joint à sangle à cliquet, qui peut être commandé directement auprès de FilmTec. Ce serre-joint possède

une sangle solide qui maintient en place l'élément sans pour autant endommager sa coque extérieure. Le serre-joint à sangle est léger, résistant et sûr. Il maintient bien l'élément en place quelle que soit la substance éventuellement présente sur la coque extérieure en fibre de verre.

*Remarque* : il existe deux possibilités bicouches de connecter les éléments *iLEC* au bouchon d'extrémité, l'une étant un adaptateur *iLEC* spécial, l'autre un adaptateur PV standard. Le choix se fait en fonction du fabricant du tube de pression car les bouchons d'extrémité présentent des variations légères chez chaque fabricant ; il est donc important d'y faire attention au moment de leur commande et avant leur installation.

- a. Insérer le premier élément, en commençant par l'extrémité aval et enfoncer l'élément dans le tube dans le même sens d'écoulement que celui de l'eau d'alimentation. L'élément doit rester suffisamment en dehors du tube pour permettre la fixation du serre-joint à sangle. Il est conseillé de vérifier l'état du joint torique.
- b. Éléments *iLEC* avec adaptateurs *iLEC* – Fixer l'adaptateur *iLEC* aval sur le raccord mâle du premier élément installé (dernière position) et appliquer une très fine couche de lubrifiant à base de silicone. Commencer à insérer l'élément dans le tube en laissant une longueur suffisante en dehors du tube pour permettre la fixation du serre-joint à sangle.
- c. Mettre en place le deuxième élément en prenant soin de tenir l'élément à l'horizontale pendant l'application du couple de serrage à droite. Au lieu d'agripper la coque extérieure, appliquer le couple de serrage en saisissant d'une main les rayons de la partie plastique terminale de l'élément aval tout en soutenant l'élément avec l'autre main. Le serre-joint à sangle doit être bien encliqueté pour éviter le pivotement.
- d. Lorsque les éléments sont bien en place, vérifier le bon alignement des repères.
- e. Une fois le troisième ou quatrième élément installé, le serre-joint à sangle n'est plus forcément nécessaire. Il est indispensable tant que la friction générée par les éléments installés est supérieure à la force requise pour encliqueter les éléments.
- f. Enfoncer les éléments plus loin dans le tube. Recommencer cette procédure jusqu'à ce que tous les éléments aient été installés dans le tube. *Remarque* : après avoir raccordé le dernier élément, monter l'autre adaptateur *iLEC* sur le raccord femelle de l'élément.

Recommencer cette procédure jusqu'à ce que tous les éléments soient montés dans les tubes de pression. Le nombre d'éléments montés dans un tube individuel dépendra de la longueur des éléments et du tube proprement dit.

6. Installer les bouchons positionnés en aval à chaque extrémité du tube de pression :

- a. Positionner avec précaution les bouchons d'extrémité en aval dans le tube et enfoncer l'ensemble carrément jusqu'au bout de l'élément. Placer avec précaution le joint torique sur l'adaptateur dans l'élément en évitant de pincer ou d'enrouler les joints toriques.
  - b. Faire tourner les bouchons d'extrémité jusqu'à ce qu'ils soient bien alignés avec les canalisations de raccordement.
  - c. Remettre en place les auxiliaires en scellant les bouchons d'extrémité. Se reporter au schéma du fabricant du tube de pression.
7. Pousser la pile des éléments en les déplaçant de la partie alimentation (amont) vers la partie aval.
  8. Une fois les éléments installés, il peut être nécessaire d'ajouter des cales pour réduire l'espace entre l'élément de tête et le fût de l'adaptateur, l'adaptateur du tube étant le composant réalisant le raccordement interne du tube central de perméat de l'élément au port du perméat sur le tube de pression. Cette procédure permet d'éviter les mouvements et les martèlements lorsque le système se met en marche ou s'arrête. Se référer à la section 4.3 *Shimming of elements* (Éléments de calage) pour de plus amples informations. Répéter la procédure pour chaque tube de pression du train ou du système.
  9. Installer les bouchons d'extrémité de l'alimentation sur chaque tube de pression, en procédant comme pour les bouchons d'extrémité en aval. Fermer chaque tube de pression avec les pièces provenant du tube concerné. Réinstaller les canalisations qui avaient été retirées pour permettre le montage des éléments. **(MRE,2021).**

### **V7.5. Entretien des instruments de mesure : Re-étalonnage des équipements**

L'étalonnage est l'ensemble des opérations établissant, sous conditions données, le rapport entre les signaux dégagés par un instrument d'analyse et ses valeurs correspondantes en teneur ou volumiques selon un patron ou étalon.

La précision dans la mesure d'une teneur donnée ne pourra pas être meilleure que la qualité intrinsèque de l'étalonnage. Les facteurs pouvant modifier la qualité d'un étalonnage sont:

**Précision des mesures:** Vient exprimée par la **répétitivité** et la **reproductibilité**. La répétitivité est déterminée par le calcul de l'écart type relatif (RSD%) des mesures des étalons d'étalonnage. Dans la pratique il est possible de retrouver une répétitivité des étalons mineur que pour celle des échantillons, c'est pourquoi, l'ajustement des patrons aux échantillons ou l'ajut de l'analyte d'étalon aux mêmes devient nécessaire.

**Justesse de l'étalon:** La valeur de la concentration ou la valeur volumique associée à chaque étalon entraîne toujours une erreur faible si sa préparation se fait à partir d'agents chimiques pures (degré d'analyse) même par stœchiométrie bien définie. Il s'agit d'une erreur négligeable vis-à-vis des erreurs des mesures des signaux relevées de l'équipement.

**Fiabilité de l'étalonnage:** Il s'agit du facteur le plus important. Au moment de la réalisation d'un étalonnage il faut s'assurer, à priori, que l'étalonnage relèvera des résultats similaires pour les étalons et les échantillons, même si leur matrice est relativement différente.

Si ces différences sont très éloignées pourraient invalider le procès d'étalonnage. Il faut, donc, s'assurer auparavant, de la **fiabilité** de l'étalonnage pour l'obtention d'une valeur de concentration des inconnus.

Suivez attentivement les instructions détaillées dans les manuels spécifiques à chaque équipement pour leur étalonnage. **(MRE,2021).**

### **V.7.6. Anomalies plus fréquemment détectés pendant l'exploitation, leur possibles causes et leur solution**

Les suivants alinéas visent à exposer une série de problèmes pouvant apparaître dans une Station de Dessalement de l'eau de mer, ainsi que son repérage et leurs possibles dépannages.

#### **V.7.6.1. Filtres à pression**

Les anomalies de fonctionnement sur un équipement de filtration ne sont pas courantes. Les anomalies s'y produisant peuvent être classifiées comme suit:

- a) Réduction dans la production de l'eau filtrée.
- b) Perte accrue de la capacité de charge.
- c) Modification de la qualité de l'eau filtrée.
- d) Panne dans l'appareillage du système.

Une réduction dans le débit de production de l'eau filtrée ou bien la croissance dans la fréquence du contre-nettoyage, s'origine dans la dégradation de la qualité de l'eau brute entraînée par l'augmentation des solides en suspension dans l'eau.

Un contre-nettoyage défectueux peut aussi entraîner la disfonction du filtre. Un mauvais foisonnement de la couche de filtration pourrait entraîner la non élimination des particules solides en suspension retenues pendant le service. Il faudra, alors, répéter le contre-nettoyage.

Un contre-nettoyage défectueux peut, donc, produire une forte perte de la capacité de charge.

Cette perte dans la capacité de charge pourrait, de même, être causée par les raisons suivantes : la dégradation du matériau de filtration à cause de la parution des fines particules détachées des grains de sable à cause du frottement entre eux, la parution d'amas des grains de sable par la présence d'agglutinants dans l'eau (huile, bactéries, etc.) ou encore l'augmentation excessive du débit de l'eau à filtrer. **(MRE,2021).**

Il est peu probable que des variations dans la qualité de l'eau filtrée se produisent (augmentation des solides en suspension) pendant le service du filtre. Or, si ceci se produisait, c'est, probablement à cause d'un contre-nettoyage incorrect ; soit par l'utilisation d'un débit de nettoyage trop grand produisant une perte de matériau de filtration, soit par l'emploi d'un débit insuffisant d'eau

ou d'air qui ne pourra pas produire un correct foisonnement de la couche de filtration.

Il est conseillable de vérifier les débits du contre-nettoyage et la durée de cette étape.

La panne la plus grave dans la filtration se produit par la rupture d'une ou plusieurs crépines inférieures entraînant la fuite d'une partie du matériau de filtration. **(MRE,2021).**

### **V.7.6.2.Microfiltres**

Les anomalies possibles dans ces équipements sont issues, normalement, des problèmes dans les étapes précédentes à la microfiltration.

Par contre, parfois on notera la présence de solides en suspension à travers de l'équipement de mesure Sidi sans y repérer une augmentation dans la pression différentiel des microfiltres.

Cela veut dire, que l'ensemble de cartouches n'est pas étanche, produisant des fuites au travers, normalement, des pièces d'encastrement des cartouches des plaques supérieur et inférieur. L'isolement et le remplacement de l'ensemble sont conseillés dans ce cas. **(MRE,2021).**

### **V.7.6.3.Osmose inverse**

Les problèmes caractéristiques dans cette étape sont les suivants:

*Diminution de la pression d'opération et haute conductivité de l'eau produit.*

Les membranes pourraient perdre leur capacité pour rejeter des sels par hydrolisation à cause de leur exposition au pH ou à des températures incorrectes ou à cause d'attaques par des bactéries. Ceci se traduit dans une augmentation de la productivité, la diminution de la pression de service et une qualité du produit qui se dégrade rapidement.

Si on soupçonne une attaque des bactéries aux membranes, il faudra prendre des mesures immédiatement pour stérilisation du système en vérifiant le dosage et l'existence de chlorures résiduelles.

Normalement, les attaques chimiques et bactériens commencent dans les éléments placés à l'extrémité de l'alimentation des boîtes à pression et s'étend vers les restes des éléments.

Si le problème, se poursuit même après une augmentation du dosage de bactéricide (hypochlorite de sodium) des fuites aux joints toriques de raccordements des éléments surviendront en toute probabilité. Pour s'en assurer, il faut, avec le châssis arrêté et isolé, débrancher les joints Victaulic de l'extrémité du rejet et y faire rentrer un capteur de conductivité au travers de la manche de raccordement, et relever les valeurs de conductivité toutes les 0.5 min.

La conductivité augmente subitement à la zone où la fuite s'est produite. Si la zone où les fuites se sont produites sont proches des interconnexions, il faut enlever les éléments d'osmose et remplacer les joints toriques.

Si le défaut se poursuit contactez le fournisseur des membranes. **(MRE,2021).**

*Augmentation de la pression de service et haute conductivité dans l'eau produit.*

Il est habituellement causé par un bouchon ou des encrassements aux membranes.

Lorsque la pression de service augmente 10% ou la production diminue 10%, il faudra nettoyer les membranes suivant le procès décrit dans le présent Manuel et les indications du fabricant détaillées dans le Manuel d'Exploitation et maintenance d'équipements. **(MRE,2021).**

### **V.7.7.Précautions à considérer pendant les opérations d'entretien et exploitation**

Les risques et périls de ces types de Station sont les mêmes pour autres de même type, à savoir :

Chutes à différent niveau

Chute du matériel et des outils depuis grandes hauteurs.

Chutes d'objets pendant leur manipulation.

Coupures, piqûres et coups avec les machines, les outils ou les matériaux.

Chutes de même niveau

Particules dans les yeux.

Électrocution.

Intoxications par effluents toxiques.

Brûlures et dermatite.

Renversement par une machine

Domage par heurt avec objets mobiles ou fixes.

Coincement entre objets ou machines.

Exposition à des températures ambiances extrêmes.

Exposition au bruit

Incendies.

Piler sur objets.

Dans les opérations d'entretien et d'exploitation les risques sont notamment:

Décharges électriques.

Chutes depuis hauteur.

Agents chimiques dangereux.

La maintenance des installations électriques doit être réalisée par du personnel spécialisé tout en gardant les protections personnels suivantes :

Porter casque de sécurité

Botes d'isolement électrique.

Botes de sécurité.

Gants isolants pour travaux à tension et outils isolants.

Combinaison de travail.

Chaise de manoeuvre et tapis isolant.

Équipements de surveillance de la tension.

Ceinture pour éviter les surpoids.

Protections de base de l'installation:

- Interrupteurs différentiel de 300 mA pour force et 30 mA pour l'éclairage.
- Interrupteurs magnétothermiques.
- Conducteurs de protection et piques de prise à la terre.

Pur éviter le risque de chutes il faudra:

- Placer des gardes-corps dans les creux à l'extérieur.
- Placer des couvercles sur les creux à l'intérieur
- Mettre des ceintures de sécurité et prévoir des points d'ancrage.
- Avoir un bon système pour l'ancrage et l'amarrage, d'échelles ou plateformes d'élévation.
- Echafaudage de conformité à la norme en vigueur.

Produits chimiques

Mesures de prévention:

Nettoyage régulier d'outils

Il sera interdit de boire ou de manger dans les aires de travail.

Se nettoyer correctement avant de boire ou manger.

Emploi de vêtements de protection: gants, lunettes, bottes, masque filtrantes, tablier, combinaison de sécurité etc. Selon le type de travail à réaliser.

Intoxication : éloigner la personne et appeler un médecin.

Projection aux yeux: rincer à l'eau abondamment et demander la présence d'un médecin.

Trois douches pour le rinçage des yeux sont installées dans la station: Une dans la zone de pre-traitement, une autre à côté de l'installation d'acide et soude et une troisième installée à côté du conteneur de bisulfite et antitartre.

Rincer à l'eau abondante la zone atteinte par l'agent chimique et éviter que le produit sèche sur la peau. **N'EMPLOYEZ PAS DU SOLVANT POUR NETTOYER LA ZONE AFFECTÉE.**

Les zones de stockage des produits chimiques sont signalisées par des panneaux de signalisation et périls, ruban de signalisation de la zone dangereuse, etc. **(MRE,2021).**

## **V.8.CONCLUSION**

On a eu l'opportunité de faire un stage de mémoire dans une station de dessalement d'eau de mer. On a pu plonger au cœur des techniques et mécanismes des pompes, éléments essentiels de ce processus complexe. Cette immersion nous a permis d'acquérir une compréhension approfondie des différents types de pompes utilisées

s, de leurs caractéristiques spécifiques et de leur rôle crucial dans le fonctionnement de la station.

La maintenance des équipements a également été un axe central de notre stage. On a eu l'opportunité de participer activement à des opérations de maintenance préventive et corrective, ce qui nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques. On a pu observer l'importance cruciale d'un entretien régulier pour garantir le bon fonctionnement de l'ensemble du système.

Au-delà des compétences techniques acquises, cette expérience nous a également offert l'occasion d'appréhender le fonctionnement global d'une station de dessalement d'eau de mer. On a pu comprendre les enjeux environnementaux et économiques liés à ce processus vital pour de

## **Chapitre V:      *Station de dessalement de Mostaganem-SONACHTER***

---

nombreuses régions du monde.

Cette expérience de stage de mémoire nous a apporté des connaissances concrètes et une vision pragmatique du domaine du dessalement d'eau de mer. On est reconnaissant envers toute l'équipe pour leur encadrement et leur partage de savoir-faire, et on est convaincu que cette expérience sera d'une grande valeur pour notre future carrière professionnelle dans ce domaine

# *Conclusion Générale*



### **Conclusion générale et perspective**

Dans le cadre du mémoire portant sur les nouvelles techniques de dessalement des eaux de mer et des eaux saumâtres dans la wilaya de Mostaganem, une conclusion vaste peut être formulée de la manière suivante :

La disponibilité en eau douce constitue un défi majeur dans de nombreuses régions du monde, et la wilaya de Mostaganem ne fait pas exception. Face à une demande croissante en eau pour la population, l'agriculture et l'industrie, il devient impératif d'explorer des solutions innovantes pour accroître la disponibilité en eau douce et garantir un approvisionnement durable.

Le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres émerge comme une solution prometteuse pour répondre à ce défi. Les avancées technologiques dans le domaine du dessalement ont permis de développer différentes techniques, telles que l'osmose inverse, la distillation multi-étage à effet de serre, et l'électrodialyse, qui offrent des perspectives intéressantes en termes d'efficacité et de coût.

L'évaluation de ces techniques dans le contexte spécifique de la wilaya de Mostaganem révèle que l'osmose inverse est actuellement la méthode la plus couramment utilisée en raison de son efficacité et de son coût relativement abordable. Cependant, il est essentiel de prendre en compte les défis associés à cette technique, tels que la consommation énergétique élevée et les rejets salins, qui peuvent avoir un impact environnemental.

Afin de favoriser une approche durable du dessalement, il est crucial d'encourager la recherche et le développement dans le domaine. Il convient d'explorer de nouvelles technologies émergentes, telles que l'électrodialyse inversée et l'osmose directe, qui pourraient offrir des avantages potentiels en termes de réduction de la consommation énergétique et des rejets salins.

La collaboration entre les universités, les institutions de recherche, les acteurs du secteur de l'eau et les décideurs politiques est essentielle pour promouvoir l'innovation et la mise en œuvre de solutions durables de dessalement. Il est également nécessaire de poursuivre les investissements dans la recherche et le développement afin d'optimiser les techniques existantes, de développer de nouvelles approches et de réduire les coûts associés au dessalement.

En conclusion, le dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres représente une voie prometteuse pour accroître la disponibilité en eau douce dans la wilaya de Mostaganem. Cependant, il est crucial de continuer à améliorer les techniques de dessalement afin de les rendre plus efficaces, économiquement viables et respectueuses de l'environnement. Cette démarche nécessite une collaboration étroite entre les acteurs concernés et un engagement continu dans la recherche et l'innovation pour relever les défis liés au dessalement de manière durable

**Références**  
**bibliographiques**

## *Références bibliographiques*

---

### ***Bibliographie :***

1. Al-Karaghoul, A. and Kazmerski, L.L. (2013). Energy consumption and water production cost of conventional and renewable-energy-powered desalination processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, pp. 343-356.
2. BECHKI, D., Etude comparative et optimisation des procédés de distillation solaire en vue de la production d'eau potable dans les zones arides sahariennes, Thèse de doctorat en génie mécanique, Université Hadj Lakhdar Batna, 2011.
3. Benfetta, H, Gestion de l'eau et développement durable dans le monde, Gestion de l'eau et développement durable dans l'Algérie, stratégies et vision ;El-Moassir, 2023 .
4. Bidle, K. D., Kaul, D., & Falkowski, P. G. (2020). Cell death in the sea: *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 12, 87-113.
5. Boumeis .N, Dahmane . M, Etude et Amélioration d'une station de dessalement d'eau de mer. Application : Unité de Tizirt (A.D.E), Mémoire de fin d'études vue d'obtenir le diplôme d'ingénieur d'état en génie électrique et informatique, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouezo , 2009.
6. Bouzerara, H., Boutefeu, L. & Laouadi, F. (2020). Seawater desalination in Algeria: Current status, challenges, and perspectives. *Desalination*, 476, 114182. doi: 10.1016/j.desal.2019.114182
7. Boyer, T. P., Antonov, J. I., Baranova, O. K., Garcia, H. E., Johnson, D. R., Locarnini, R. A.,... Seidov, D. (2013). *World Ocean Database 2013*. NOAA Atlas NESDIS, 72, 209.
8. Boyle, E. A. (1981). Chemistry of the oceanic surface microlayer. *Oceanography and marine biology*, 19, 1-42.
9. Dagg, M. J. (2014). Planktonic microbial food web structure in a temperate zone estuary and its relationship to carbon cycling. *Limnology and Oceanography*, 59(3), 696-708.
10. Dunlas.J , 2014 , Le dessalement de l'eau de mer Une nouvelle méthode pour accroître la ressource en eau, Académie d'agriculture de France, 2 .
11. Elimelech, M., Phillip, W. A., Jassby, D., & Bruening, M. L. (2011). The future of seawater desalination: energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712-717.
12. Gordon, L. I., & Frondelius, L. (1957). The major elements in sea water. *The Journal*

## *Références bibliographiques*

---

- of Geology, 65(3), 264-277.
13. Greenlee, L. F., Lawler, D. F., Freeman, B. D., Marrot, B., & Moulin, P. (2009). Reverse osmosis desalination: water sources, technology, and today's challenges. *Water research*, 43(9), 2317-2348.
  14. Hasan, S. W., & Sadrzadeh, M. (2019). Scaling and fouling in membrane distillation: A review. *Journal of Membrane Science*, 572, 196-230.
  15. Henri Boyé ; 2008 ; Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée ; Plan Bleu Centre d'Activités Régionales ;10
  16. Henri Boyé, 2010. Dessalement de l'eau de mer dans les pays méditerranéens.
  17. IPCC (2019). Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Geneva, Switzerland: IPCC.
  18. J. Hubert, 2010, Quelles eaux de boisson faut-il consommer?. *Progrès en urologie*. 20 :806—809.
  19. Kettab .A, 2001. Les ressources en eau en Algérie: stratégies, enjeux et vision , *Researchgate*, 136(1):25-33
  20. Kim, D., Park, Y., Han, D. and Kim, Y. (2019). Future prospects for reverse osmosis desalination: energy, technology, and the environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(11), pp. 10571-10584.
  21. Kim, I. S., & Hong, S. (2017). Biofouling in seawater reverse osmosis desalination: A review. *Desalination*, 415, 2-18.
  22. Kurosaki, Y., & Mikami, M. (2007). Global distributions of sea salt aerosols and their fluxes. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D5).
  23. Li, S., Zhang, H., Li, Y., & Sun, J. (2020). Recent progress on the development of advanced materials for seawater desalination. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(9), 4062-4086.
  24. M. RAPINAT M., «L'eau. Presse universitaire de France». 1ère édition : 1982 ISBN 2130375626. 127 p, 1982.
  25. Martin, J. H., & Fitzwater, S. E. (1988). Iron-deficiency limits phytoplankton growth in the north-east Pacific subarctic. *Nature*, 331(6154), 341-343.
  26. McLusky, D. S., & Elliott, M. (2004). *The estuarine ecosystem: ecology, threats, and management*. Oxford University Press.
  27. Millero, F. J. (2010). Thermodynamics of the carbon dioxide system in the oceans.

## *Références bibliographiques*

---

- Geochimica et Cosmochimica Acta, 59(4), 661-677.
28. Millero, F. J. (2013). "The composition of seawater and its concentrates." In *Seawater: Its Composition, Properties and Behavior* (2nd ed., pp. 1-20). CRC Press.
29. Millero, F. J. (2013). *Chemical oceanography*. Boca Raton, FL: CRC Press.
30. N. Hassini, A. Dobbi and B. Aberahmani, 2016, Study of environmental impact of a desalination plant in a semi arid region, *International Journal of Water Resources and Arid Environments* 3(3): 134-13
31. Nicos X. Tsiourtis, « Desalination and the environment »; *Desalination*, Vol.141, pp : 223-236, (2005)
32. Rodriguez-Espinosa, P. F., Quintero-Rojas, L. C., & Palacios-Diaz, M. P. (2021). Nitrate contamination in groundwater used for human consumption in Latin America. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(9), 10958-10972.
33. Shahzad, K., Al-Marri, M.J., Eslamian, M. and Gondal, M.A. (2018). A review on the state-of-the-art technologies in desalination: Nano-porous membranes and the use of graphene. *Desalination*, 434, pp. 73-88.
34. Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Mariñas, B. J., & Mayes, A. M. (2008). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452(7185), 301-310.
35. Siegel, D. A., Doney, S. C., & Yoder, J. A. (2016). The North Atlantic spring phytoplankton bloom and its relation to physical forcing. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 128, 28-41.
36. Sigurdsson, H., & Sparks, R. S. J. (1978). The chemical composition of volcanic gases. In *The Physics of Explosive Volcanic Eruptions* (pp. 123-142). Springer, Berlin, Heidelberg.
37. Smetacek, V., & Zingone, A. (2013). Green and golden seaweed tides on the rise. *Nature*, 504(7478), 84-88.
38. Smith, J. (2018). Évaluation de la qualité de l'eau des lacs de montagne. *Revue des Sciences de l'Eau*, 31(1), 25-35.
39. Subramani, A., & Jacangelo, J. G. (2015). Emerging desalination technologies for water treatment: A critical review. *Water Research*, 75, 164-187.
40. Wang, H., Zheng, C., Sun, S., & Yu, J. (2020). Assessing groundwater exploitation and its impact on groundwater table changes in the Yuncheng Basin, North China

## *Références bibliographiques*

---

- Plain. Water, 12(9), 2531.
41. Wang, X., Shang, Y., Chen, S., Liu, Z., Cao, H. and Zhang, Y. (2020). Life cycle assessment of seawater desalination technologies: A review. *Journal of Cleaner Production*, 242, p. 118401.
  42. Williams, P. M., et Druffel, E. R. (1987). Radiocarbon in dissolved organic matter in the central North Pacific Ocean. *Nature*, 330(6148), 246-248.
  43. Yilmaz, H. (2015). Seawater. In: J. F. Festeau (ed.), *Water Chemistry*. Boca Raton: CRC Press, pp. 115-128.
  44. (Elimelech et Phillip, 2011) Elimelech, M., Phillip, W. A. 2011. The future of seawater desalination : energy, technology, and the environment. *Science*. Volume 333, Issue 6043, 712-717.
  45. (Freixa, 2009) Freixa, C. M. 2009. Benmarking international en matière de dessalement des eaux – Revue HTE n°142 – juin 2009.
  46. (UNEP, 2003) United Nations Environment Programme (UNEP) – Dessalement de l’eau de mer en méditerranée : évaluation et lignes directrices – 135p – 2003

### ***Webographie :***

1. Budds, J., & McGranahan, G. (2018). Are the debates on water quality standards missing the point? *Environmental Science & Policy*, 82, 81-87.
2. Cury, P. M., Boyd, I. L., Bonhommeau, S., Anker-Nilssen, T., Crawford, R. J. M., Furness, R. W., ... & Subramaniam, A. J. (2011). Global seabird response to forage fish depletion—one-third for the birds. *Science*, 334(6063), 1703-1706.
3. Jones, L. (2020). Impacts des changements climatiques sur les rivières du Canada. *Écologie et Environnement*. Récupéré de <https://www.ecologie-environnement.com/articles/impacts-changements-climatiques-rivieres-canada>
4. NOAA. (2022). Deepest Part of the Ocean. National Oceanic and Atmospheric Administration. <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/deepest-part-ocean/>
5. Gomella . C , La soif du monde et le dessalement des eaux, 1966, presses universitaires de France BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS , 26. <https://www.aquaportail.com/definition-1401-salinite.html>
6. United States Geological Survey. (2016). Saline water. <https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/saline-water>
7. Cai, W. J., Hu, X., Huang, W. J., Murrell, M. C., Lehrter, J. C., Lohrenz, S. E., Chou, W. C., Zhai, W., Hollibaugh, J. T., Wang, Y., Zhao, P., Guo, X., Gundersen, K., Dai, M., Gong, G. C., & Hopkinson, B. M. (2011). Acidification of subsurface coastal

## Références bibliographiques

---

- waters enhanced by eutrophication. *Nature Geoscience*, 4(11), 766-770.  
<https://doi.org/10.1038/ngeo1297>
8. An, S., Choi, J. K., & Kim, D. (2005). Environmental factors influencing distribution of benthic macrofauna in tidal flats of the southern coast of Korea. *Journal of Sea Research*, 53(2), 119-136. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2004.05.005>
  9. IPCC. (2021). Rapport du Groupe de travail I du GIEC - Résumé à l'intention des décideurs. Récupéré le 3 avril 2023, sur [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_fr.pdf)
  10. CIESM (2020). Mediterranean Marine Key Facts and Figures 2020. [En ligne] Disponible sur: <https://www.ciesm.org/atlas/FactsFigures2020.pdf> [Accédé le 3 avril 2023].
  11. EPA. (2017). National Recommended Water Quality Criteria - Human Health Criteria Table. Récupéré de <https://www.epa.gov/wqc/national-recommended-water-quality-criteria-human-health-criteria-table>
  12. FAO. (2021). Seawater. Récupéré de <http://www.fao.org/3/x6899e/X6899E03.htm>
  13. Agence internationale de l'énergie. (2020). Water desalination report. Récupéré de <https://www.iea.org/reports/water-desalination>
  14. <https://images.app.goo.gl/2K2XpbQF3p5w425y7>
  15. <https://www.geo.fr/environnement/a-la-sortie-des-usines-de-desalinisation-plus-de-rejets-toxiques-que-deau-194165>
  16. MRE ,Ministère des ressources en eau ; 2021
  17. [http://www.awa.asn.au/AWA\\_MBRR/Publications/Fact\\_Sheets/Desalination\\_Fact\\_Sheet.aspx](http://www.awa.asn.au/AWA_MBRR/Publications/Fact_Sheets/Desalination_Fact_Sheet.aspx)
  18. <https://www.oceanenergycouncil.com/ocean-energy/wave-energy/#:~:text=Kinetic%20energy%2C%20the%20energy%20of,horsepower%20per%20mile%20of%20coast>
  19. [https://e360.yale.edu/features/why\\_wave\\_power\\_has\\_lagged\\_far\\_behind\\_as\\_energy\\_source](https://e360.yale.edu/features/why_wave_power_has_lagged_far_behind_as_energy_source)
  20. <https://www.aquatechtrade.com/news/desalination/desalination-wave-powered/>
  21. (ANIREF ,2021) Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière <https://www.aniref.dz/DocumentsPDF/monographies/MONOGRAPHIE%20WILAYA%20MOSTAGANEM.pdf>
  22. <http://www.ecotoxicologie.fr/Dessalement.php> (ECOTOXICOLOGIE.fr, 2014).  
<https://doi.org/10.1126/science.1212928>
  23. [https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR\\_Desalin\\_MI\\_Jan2013\\_final\\_GSOK.pdf](https://iea-etsap.org/E-TechDS/PDF/I12IR_Desalin_MI_Jan2013_final_GSOK.pdf)  
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.01.013>

# **Annex**

## Annex I

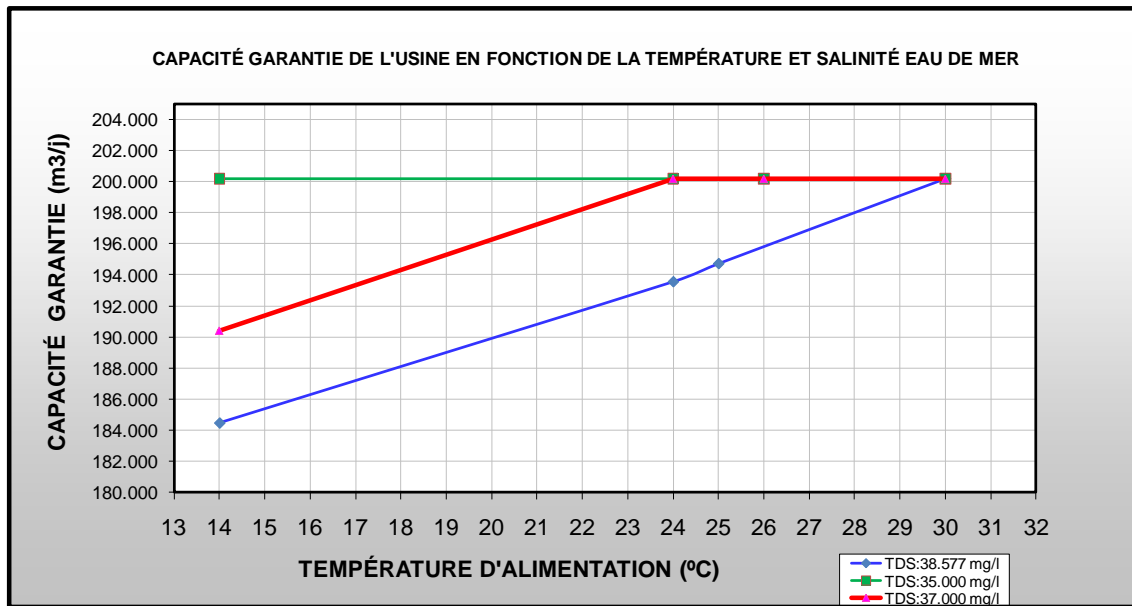
### V.1

Paramètre	Unité	Minimum	Maximum	Conditions du Site de Référence (CSR)
Température	°C	14,000	30,000	24,000
Total des Matières Solides Dissolues	mg/l	35 000,000	39 040,000	37 000,000
Total des Matières Solides en suspension	mg/l	1,000	10,000	5,000
Pétrole et hydrocarbures	mg/l	0,000	0,100	0,001
Chlorure	mg/l	19 198,000	22 500,000	21 001,000
Calcium	mg/l	340,000	450,000	345,000
Sodium	mg/l	10 739,000	12 800,000	11 332,000
Sulfate	mg/l	2 200,000	3 130,000	2 255,000
Strontium	mg/l	0,000	5,000	1,000
Baryum	mg/l	0,000	0,300	0,100
Magnésium	mg/l	1 333,000	1 470,000	1 466,000
Fe (+3)	mg/l	0,000	0,020	0,010
Manganèse	mg/l	0,000	0,020	0,010
Aluminium	mg/l	0,000	0,010	0,005
SiO <sub>2</sub>	mg/l	0,000	2,500	0,240
Potassium	mg/l	418,000	500,000	437,200
Bicarbonates	mg/l	100,000	180,000	159,900
Fluor	mg/l	0,000	1,600	1,000
Bore	mg/l	0,000	4,500	4,000

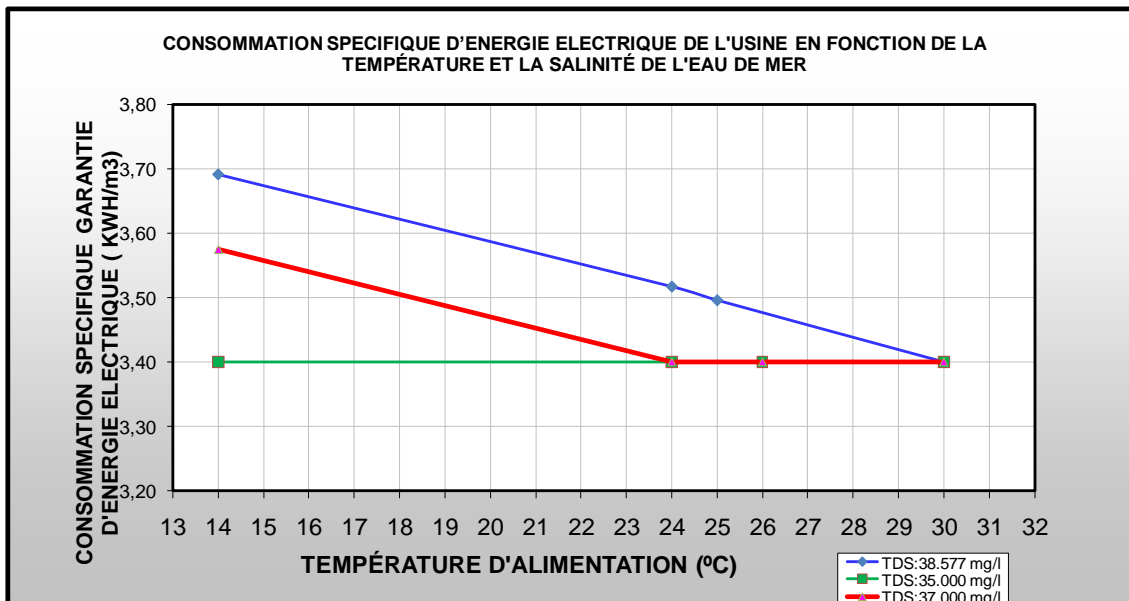
### V.2

Paramètre	Valeur
Matière Totale Dissoute	150 < MTD < 500 ppm
Dureté Totale	65 ppm comme CaCO <sub>3</sub>
Alcalinité	50 à 65 ppm comme CaCO <sub>3</sub>
pH	7,5 à 8,5
Indice de Langelier	0,0 à 0,4
Bore	Inferieur ou égal à 1 ppm (en moyenne annuelle des échantillons prises quand la température de l'eau de mer soit inferieure à 24 °C et la teneur en bore de l'eau de mer traité soit inferieure à 4 ppm)

V.3

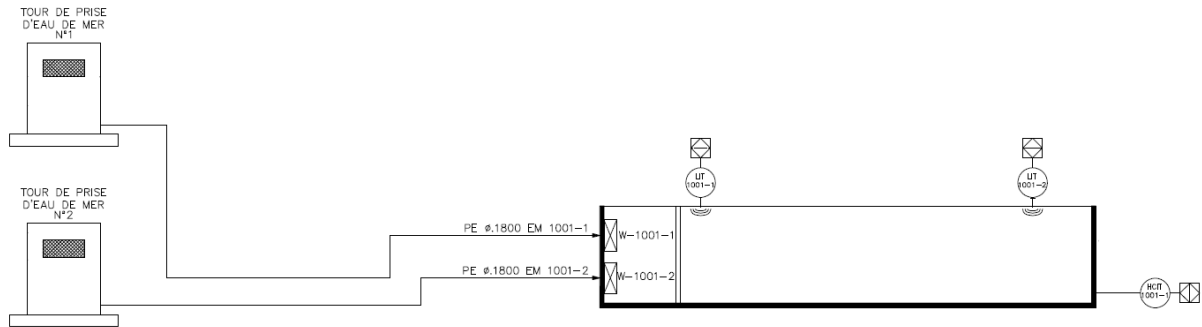


V.4



# Annex I

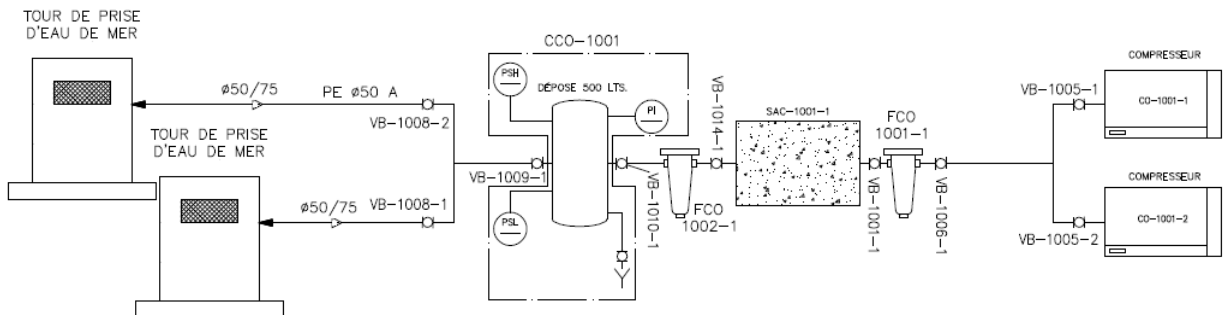
## V.5



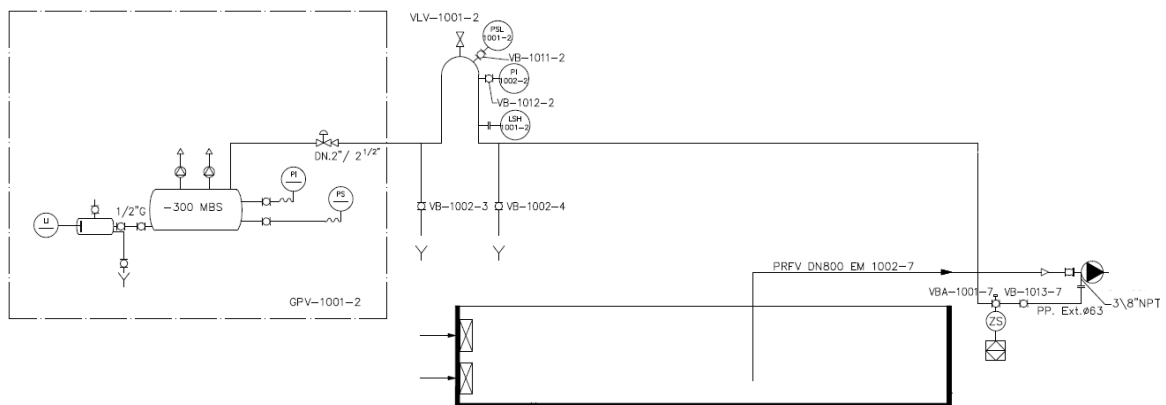
## V.6

Élément	Tag	Position/Lecture
Vanne murale	W-1001-X	Ouvert
Indicateur/transmetteur de niveau	LIT-1001-X	2,45 < lecture < 5,20
Indicateur/transmetteur de teneur en hydrocarbures	HCIT-1001-1	Lecture < 0,1 ppm

## V.7



## V.8

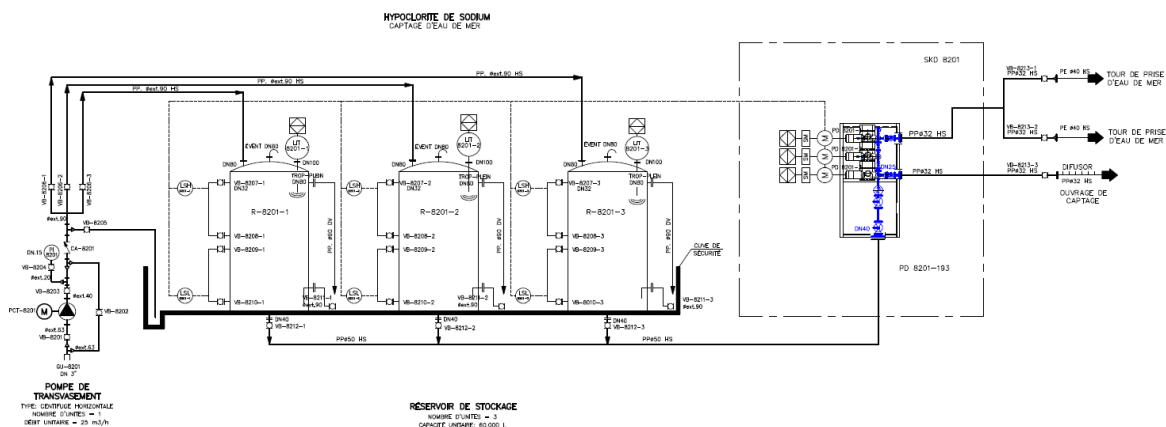


# Annex I

V.9

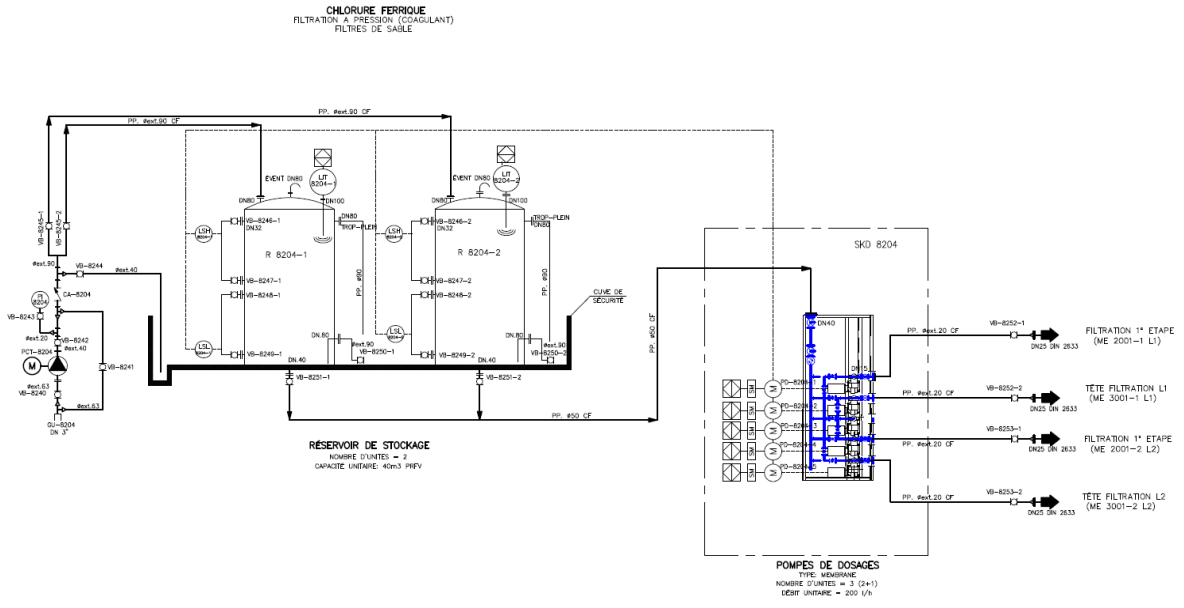
Elément	Tag	Position/Lecture
Indicateur/transmetteur de pression impulsion pompes eau de mer	PSL-1002-X	Ok (la pression d'impulsion n'est pas inférieure à 3 kg/cm <sup>2</sup> )
Température roulements pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 90°
Température roulements moteur pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 115°
Température bobinage moteur pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 140°
Vanne papillon impulsion pompes eau de mer	VPA-1001-X	ouvert
Vanne papillon impulsion pompe eau de mer réserve	VPA-1001-9 & 10	fermés
Indicateur/transmetteur de pression impulsion commun eau de mer	PIT 1001-X	4 < lecture < 6 bar
Indicateur/transmetteur chlore libre	CIT 1001-X	Si bas que possible en assurant une correcte désinfection

V.10

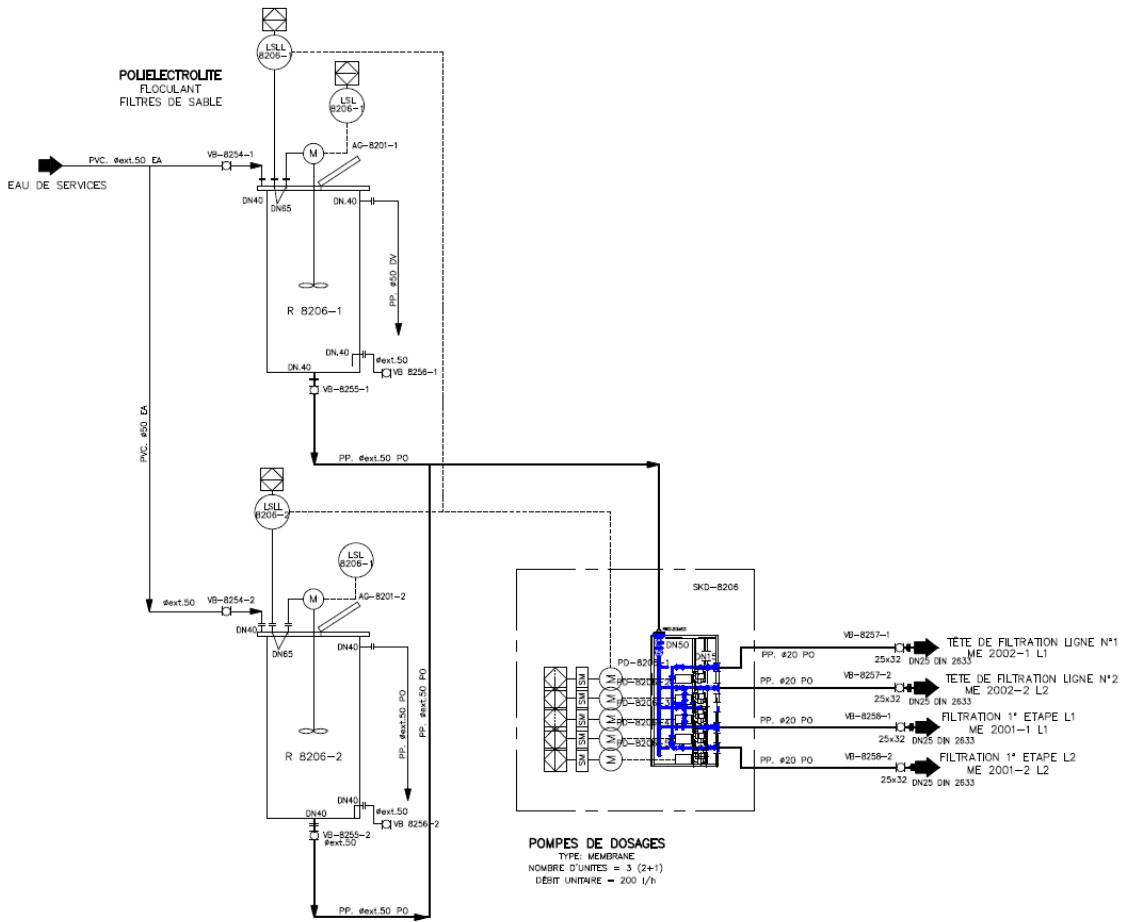




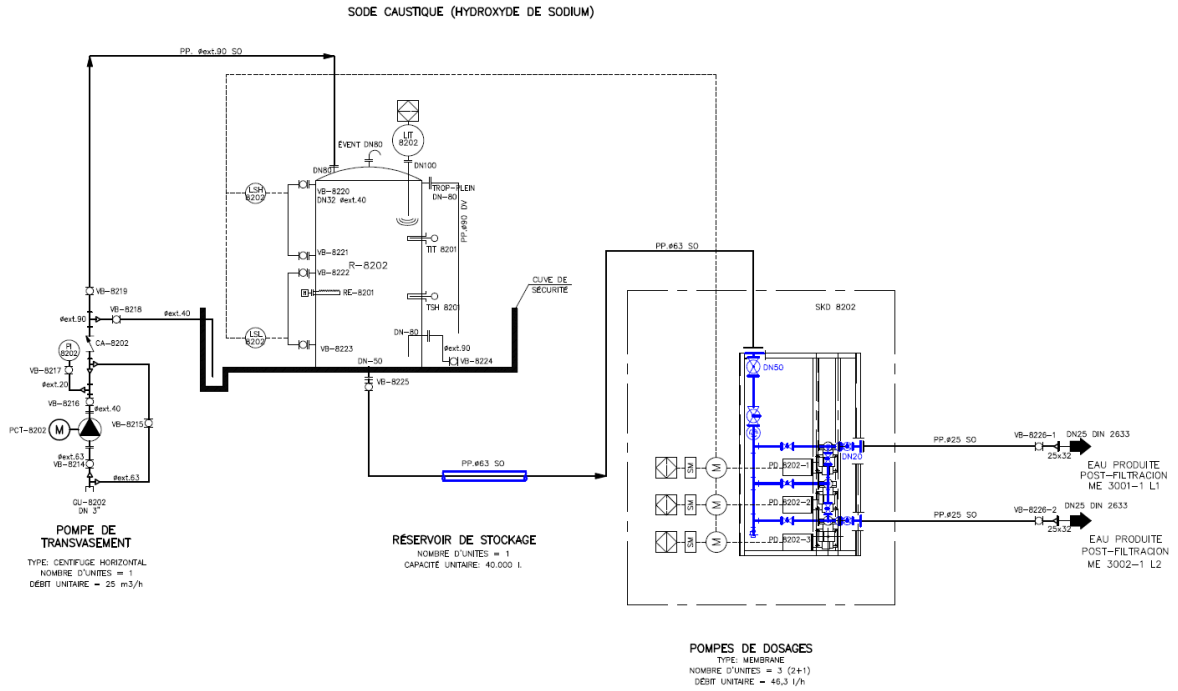
V.13



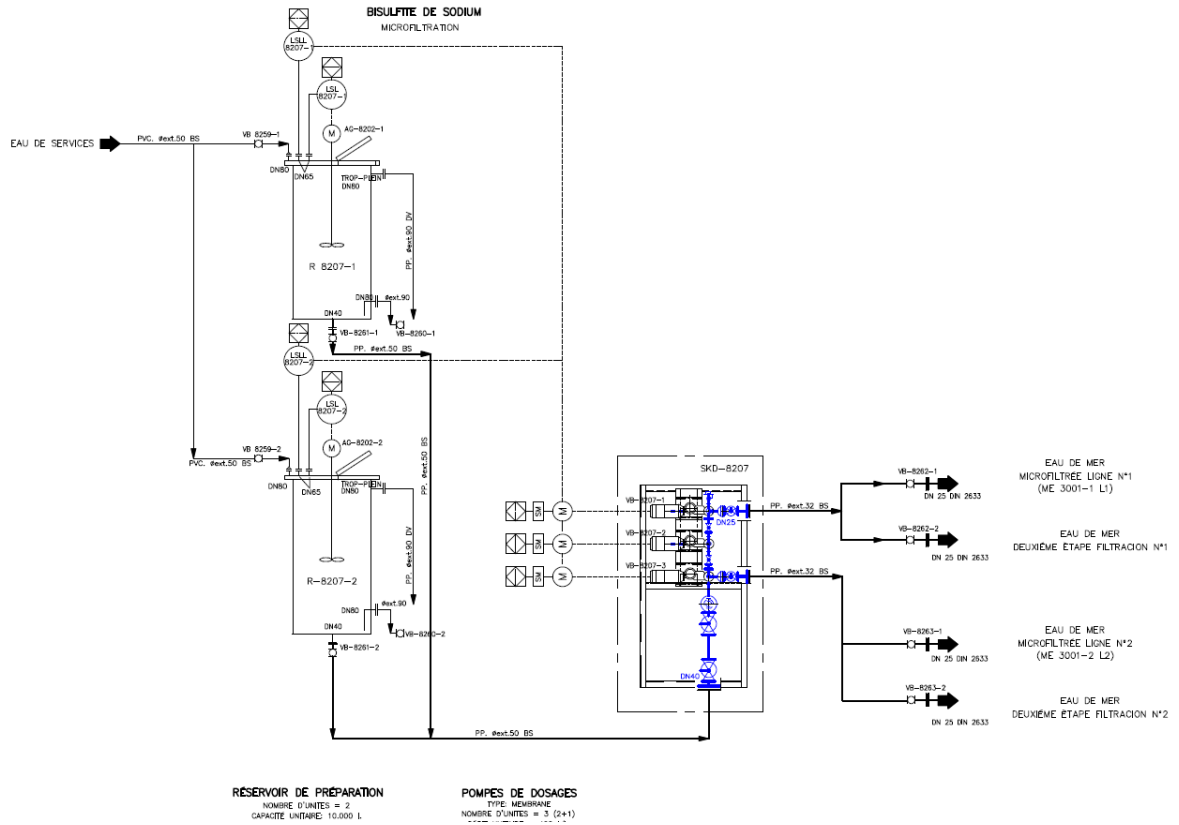
V14



V.15

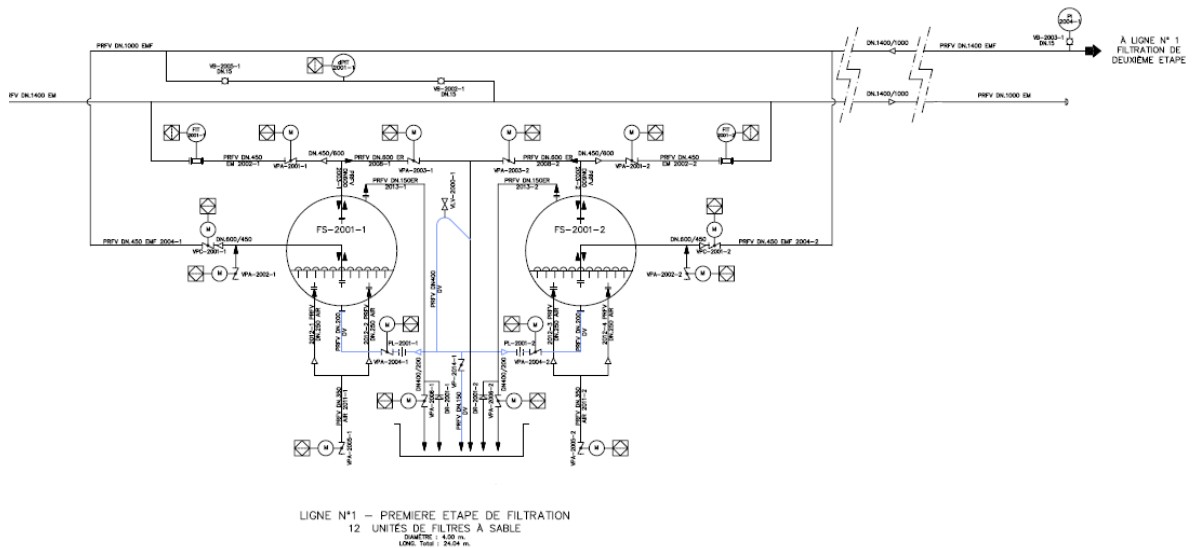


V.16



# Annex I

V.17



V.18

COUCHE SUPERIEURE	
Nature	Anthracite
Granulométrie	0,8 - 1,60
Coefficient d' Uniformité	< 1,40
Densité apparente	0,71 t/ m <sup>3</sup>
Densité réelle	1,40 t/ m <sup>3</sup>
Haut de couche	0,80 m
Volume par filtre	73,70 m <sup>3</sup>
COUCHE INFÉRIEURE	
Nature	Sable siliceux
Granulométrie	0,4 – 0,80 mm
Coefficient d' Uniformité	< 1,40
Densité apparente	1,50 t/ m <sup>3</sup>
Densité réelle	2,60 t/ m <sup>3</sup>
Haut de couche	0,40 m
Volume par filtre	36,67 m <sup>3</sup>

## Annex I

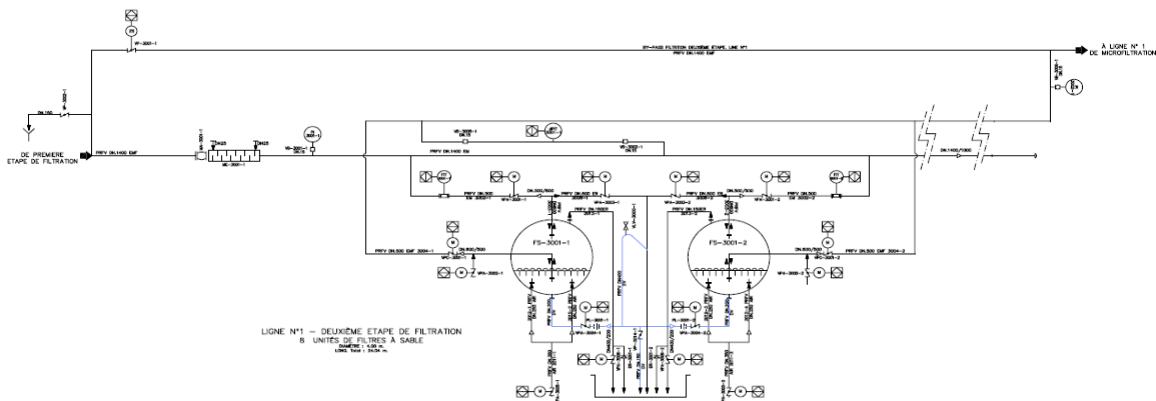
V.19

Élément	Tag	Position/Lecture
Vanne entrée eau de mer au filtre.	VPC-2001-X	Ouverte
Vanne sortie eau de mer du filtre.	VPA-2001-X	Ouverte
Vanne entrée saumure de lavage au filtre.	VPC-2002-X	Fermée
Vanne sortie saumure de lavage au filtre.	VPA-2003-X	Fermée
Vanne entrée air de lavage au filtre.	VPC-2005-X	Fermée

V.20

<b>Nature</b>	Sable siliceux
<b>Caractéristique</b>	1-2
<b>Granulométrie</b>	1-2
<b>Coefficient d' Uniformité</b>	1,40
<b>Contenu de SiO<sub>2</sub></b>	96 %
<b>Densité apparente</b>	1,50 t/ m <sup>3</sup>
<b>Densité réelle</b>	2,60 t/ m <sup>3</sup>
<b>Haut de couche</b>	1,00 m
<b>Volume par filtre</b>	94m <sup>3</sup>

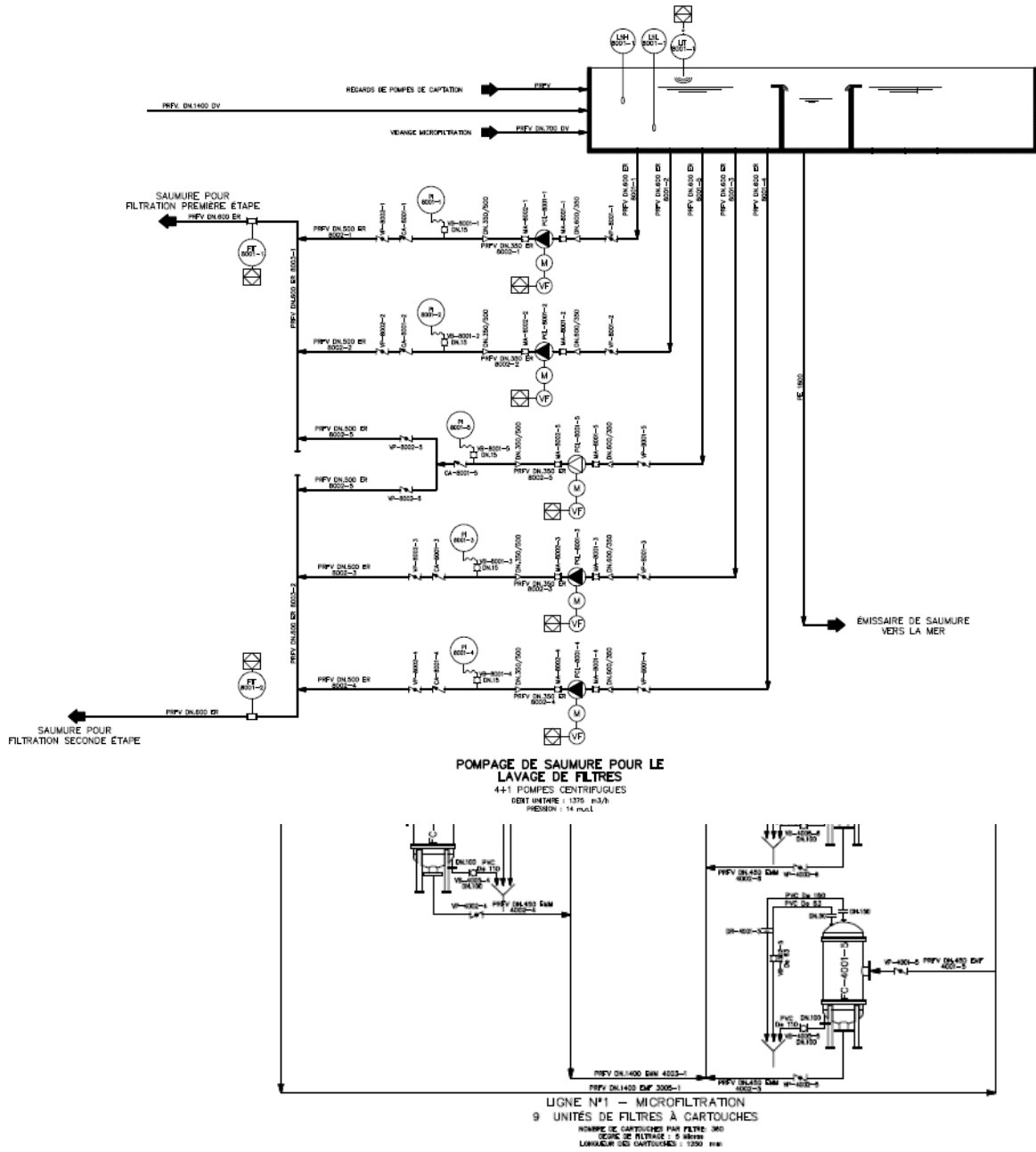
V.21



V.22

Élément	Tag	Position/Lecture
Vanne entrée eau de mer au filtre.	VPC-3001-X	Ouverte
Vanne sortie eau de mer du filtre.	VPA-3001-X	Ouverte
Vanne entrée saumure de lavage au filtre.	VPC-3002-X	Fermée
Vanne sortie saumure de lavage au filtre.	VPA-3003-X	Fermée
Vanne entrée air de lavage au filtre.	VPC-3005-X	Fermée

V.23

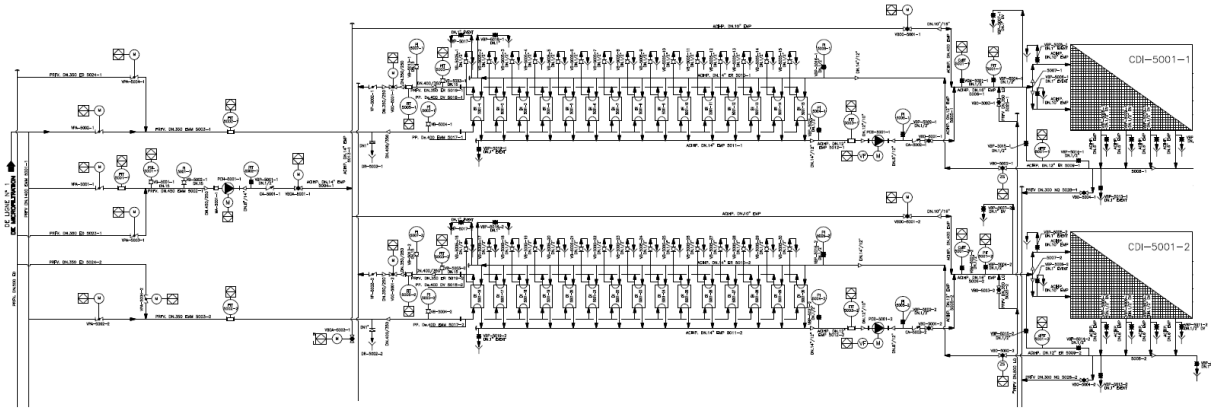


V.24

Élément	Tag	Position/Lecture
Mesureur automatique de SDI	ASDI-4001-X	Lecture<3
Mesureur Redox	ORPIT	Chlorine libre <0,1ppm

## Annex I

V.25



V.26

Élément	Tag	Position/Lecture
Variateur de fréquence de la pompe Booster	PCB-5001-X	Prêt
Vanne impulsion pompes Booster	VBO-5001-X	Ouverte
Vanne d'entrée du système de nettoyage et lavage chimique	VPA-5003-X VPA-5004-X VBO-5003-X	Fermées
Vanne de sortie de lavage chimique	VBO-5004-X	Fermé
Vanne d'entrée de saumure au PX	VBO-5002-X	Ouverte
Vanne d'alimentation au PX basse pression	VPA-5002-X	Ouverte
Débitmètre sortie de saumure du PX	FIT-5001-X	600<Lecture<720 m3/h
Pressure de décharge PX de saumure	PIT-5003-X	Lecture>0,6
Température bobinages		< 120 °C
Température roulements moteur		< 105 °C
Température roulement pompe		< 90 °C
Vanne collecteur commun	VBOA-5002-X	Fermée
Mesureurs Redox	ORPIT-4001-X ORPIT-4002-X	<0,95xMáx. Valor <0,95xMáx. Valor
Vanne aspiration pompe haute pression	VPA-5004-X	Ouverte
Vanne impulsion pompe haute pression	VBOA-5001-X	Ouverte
Vanne alimentation châssis	VBOC-5001-X	Ouverte
Purge de châssis	PIT-5003-X	Testé

## Annex I

V.27

Élément	Tag	Position/Lecture
Variateur de fréquence de la pompe Booster	PCB-5001-X	Prêt
Vanne impulsion pompes Booster	VBO-5001-X	Ouverte
Vanne d'entrée du système de nettoyage et lavage chimique	VPA-5003-X VPA-5004-X VBO-5003-X	Fermées
Vanne de sortie de lavage chimique	VBO-5004-X	Fermé
Vanne d'entrée de saumure au PX	VBO-5002-X	Ouverte
Vanne d'alimentation au PX basse pression	VPA-5002-X	Ouverte
Débitmètre sortie de saumure du PX	FIT-5001-X	600<Lecture<720 m3/h
Pressure de décharge PX de saumure	PIT-5003-X	Lecture>0,6
Température bobinages		< 120 °C
Température roulements moteur		< 105 °C
Température roulement pompe		< 90 °C
Vanne collecteur commun	VBOA-5002-X	Ouvert
Mesureurs Redox	ORPIT-4001-X ORPIT-4002-X	<0,95xMáx. Valeur <0,95xMáx. Valeur
Vanne aspiration pompe haute pression	VPA-5004-X	Ouverte
Vanne impulsion pompe haute pression	VBOA-5001-X	Ouverte
Vanne alimentation châssis	VBOC-5001-X	Ouverte
Purge de châssis	PIT-5003-X	Testé

V.28

Fabricant de la membrane	FILMTEC
Modèle	SW 30 HR LE-400i
Configuration	Spirale
Capacité initiale	28 m <sup>3</sup> /d
Rejets des sels (%)	99,6 <sup>5</sup>
Pression Maximale	83 bar
Température maximale d'opération	45 °C
pH de l'opération	2-11
Max. Perte de pression par membrane	0,90 bar
Diamètre	201 mm

<sup>5</sup> Le débit et le pourcentage de passage des sels se basent sur les conditions suivantes:

- 32000 ppm de NaCl
- 5,5 MPa de pression appliquée
- 25 °C de température d'opération.
- 8% de conversion
- pH : 8

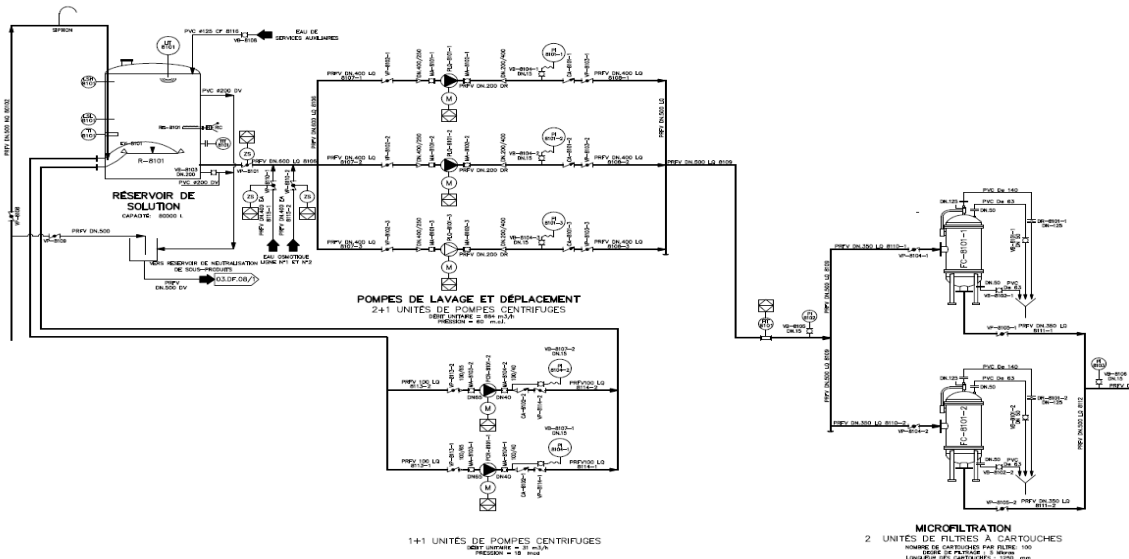
# Annex I

Longueur	1.016 mm
----------	----------

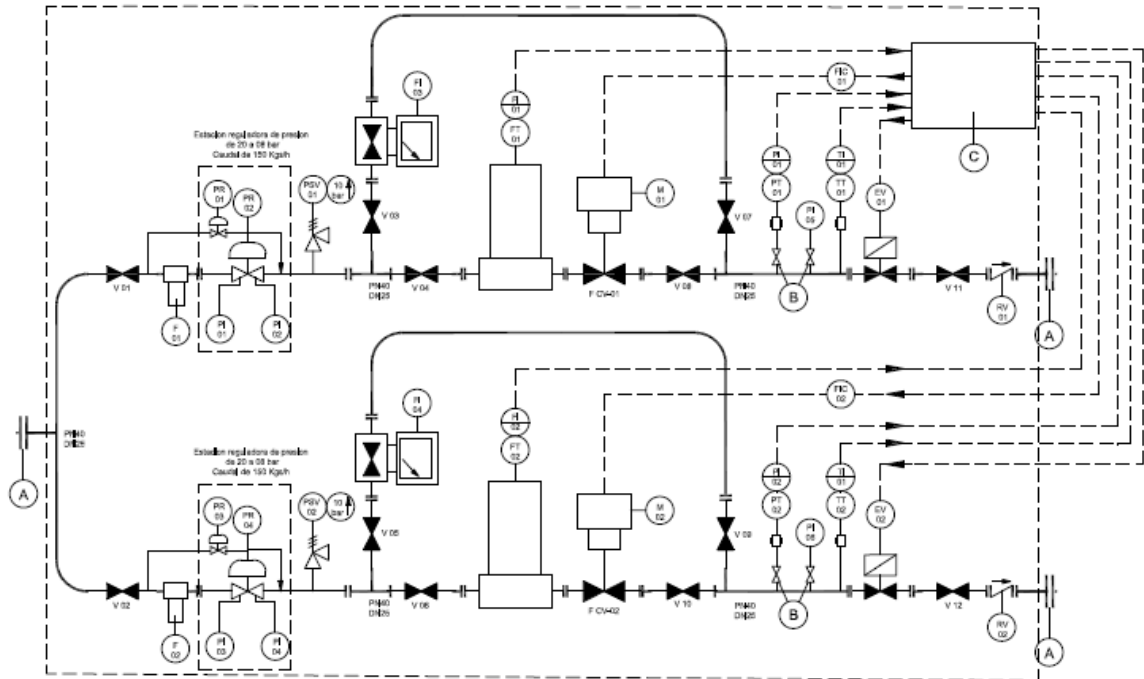
V.29

Élément	Tag	Position/Lecture
Transmetteur électronique de pression pour mesurer la pression de travail des membranes	PIT 5001-X	61.9bar
Transmetteur électronique de pression pour mesurer la pression de sortie des membranes	PIT 5004-1	0-4bar
Transmetteur électronique de conductivité pour contrôler la qualité de l'eau d'entrée aux membranes et de l'eau dessalée produite par les membranes	CdIT 5001-X CdIT 5002-X	54.000 – 56.000 $\mu$ S/cm 200-600 $\mu$ S/cm
Transmetteur électronique de pression différentielle pour mesurer exactement la chute de pression des membranes et ainsi contrôler son degré d'encrassement	dPIT 5001-X	<2.5 bar
Ensemble de pressostats pour l'aspiration des pompes et alarmes en cas de sur- pression accidentelles	PSL 5001-X	Correct
Ensemble de manomètres indicateurs pour la vérification des différents circuits de pression	PI 5001-X, PI 5002-X, PI 5003-X, PI 5004-X, PI 5005-X, PI 5006-X, PI 5007-X, PI 5008-X	2,5 bar ; 61,9 bar ; 2,5 bar ; +59bar ;61.9bar ; +60bar ; +2bar ; +1bar

V.30



V.31



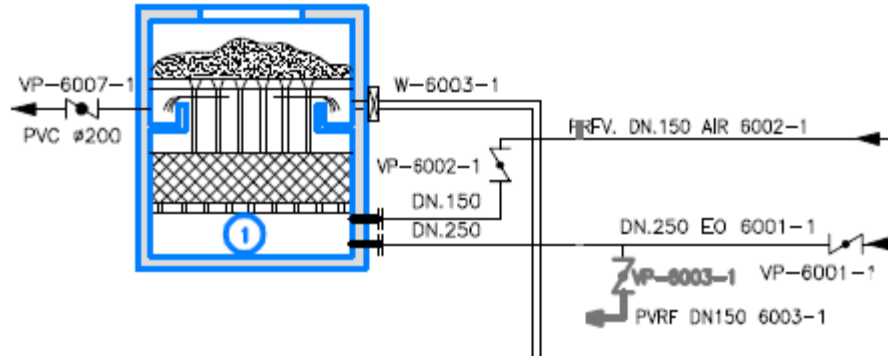
V.32

Elément	Tag	Position/Lecture
Vannes	V02; V06 ; V10 ; V12 V05 ; V09	Ouvertes Fermées
Pressostat	PSV 02	Correct

V.33

État physique	Préférentiellement cristalline (> 99 %)
Richesse	> 99.2
CaO	> 55,6 %
MgO	> 0,2 %
Résidu insoluble en acide chlorhydrique > 100 µm	< 0,2 %
Oxyde de fer	< 0,05%
CaO	> 55,6 %
Norme applicable de qualité alimentaire	Calcite type 1 EN 1018
Pourcentage en poids particules de taille inférieure à 1 mm	< 10 %
Pourcentage en poids particules de taille supérieure à 4 mm	< 10 %
Pourcentage en poids particules de taille inférieure à 0,5 mm	< 1 %

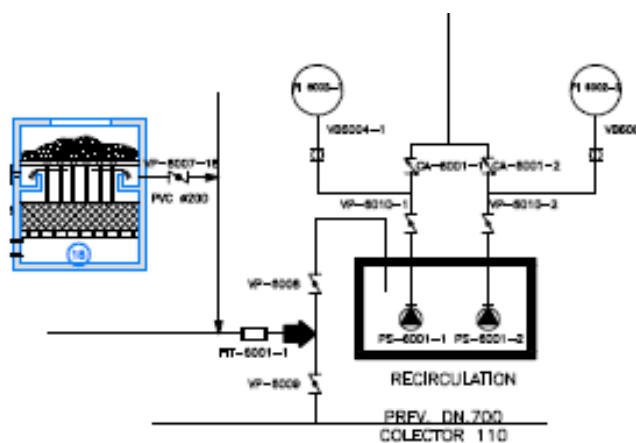
V.34



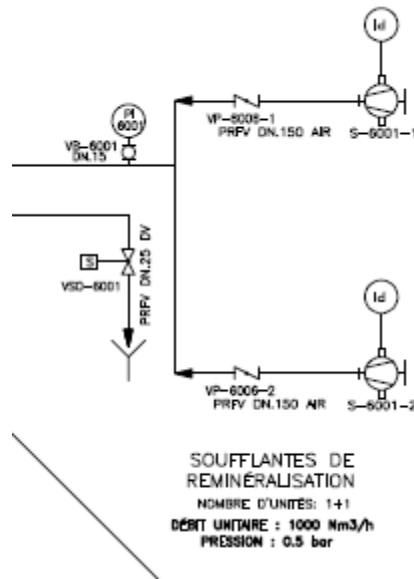
V.35

Élément	Tag	Position/Lecture
Vanne d'entrée d'eau osmotique	VP-5002-X	Ouverte
Vanne de sortie d'eau reminéralisée	W-6003-X	Ouverte
Vanne de sortie d'eau de mauvaise qualité	VP-6007-X	Fermée
Vanne d'entrée d'air de lavage	VP-6001-X	Fermée
Vanne de vidange	VP-6003-X	Fermée

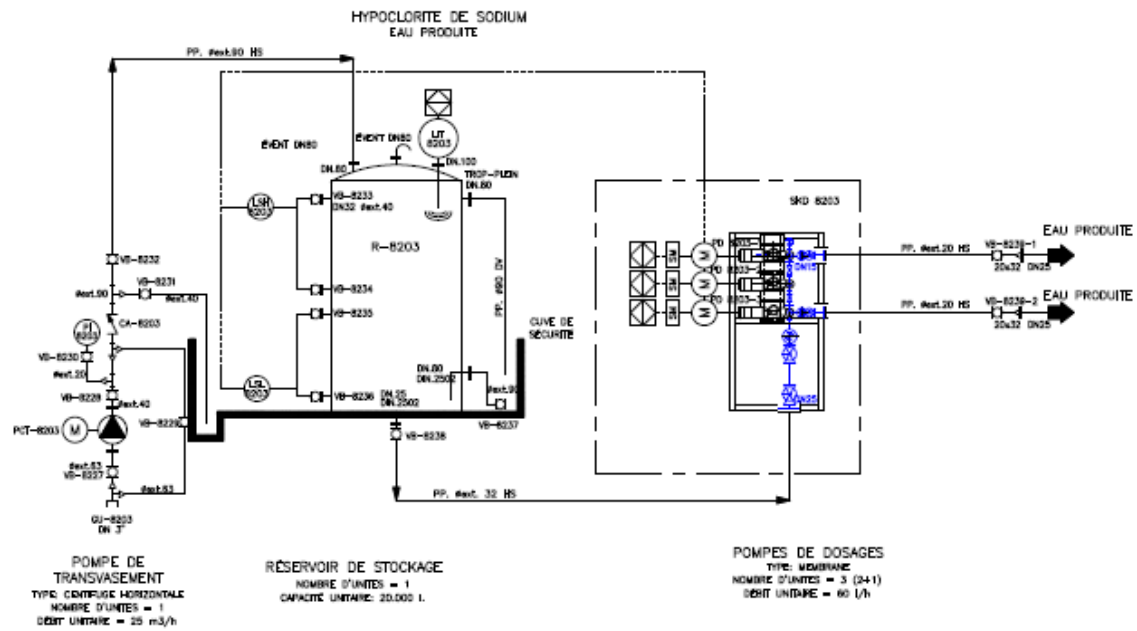
V.36



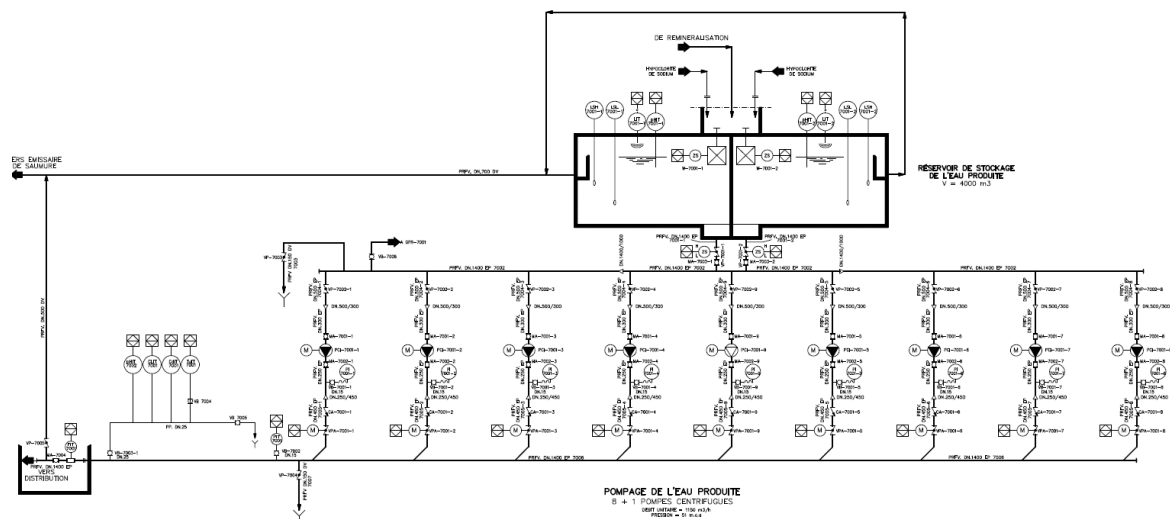
V.37



V.38



V.39

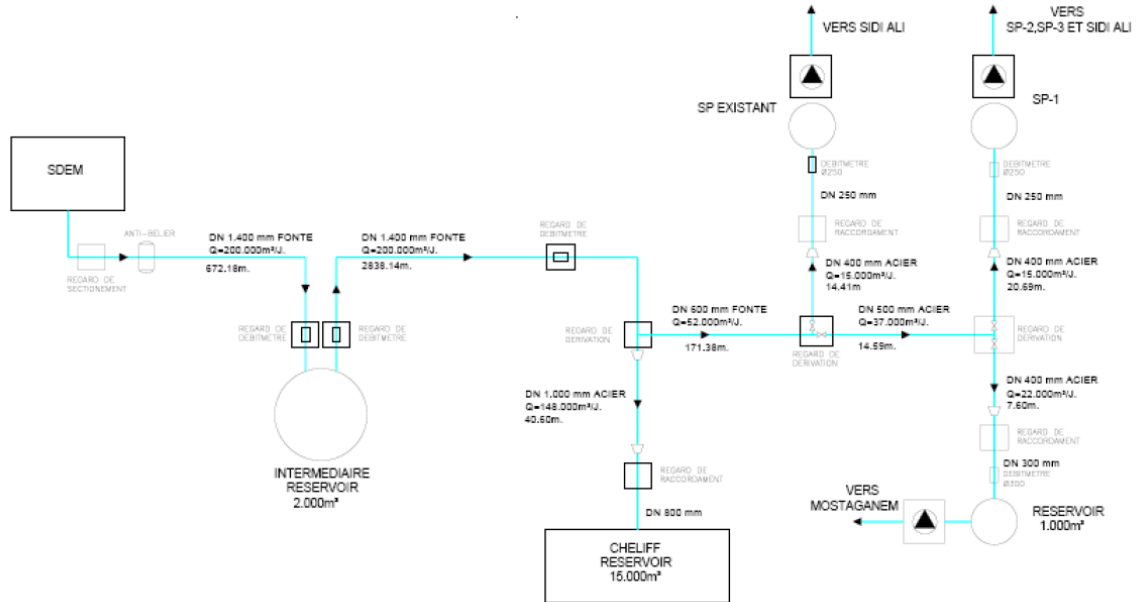


.V.40

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau en réservoir d'eau produite	LIT-7001-1 y 2	No alarme niveau basse
Interrupteur de niveau basse réservoir	LSL-7001-1 y2	No alarme niveau basse
Vannes	VP 7001-1 y/o VP 7001-2	Ouvertes au moins une de eux
Pressostat impulsion eau produite	PIT-7001	>4.7 bar
Mesurer de clore impulsion eau produite	CLIT-7001	<1.5ppm
Mesurer de pH impulsion eau produite	pHIT-7001	<8.5
Mesurer de conductivité impulsion eau produite	CdIT-7001	<1000µS/cm
Mesurer de turbidité impulsion eau produite	TuIT-7001	<2NTU
Température roulements pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 90°
Température roulements moteur pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 115°
Température bobinage moteur pompe eau de mer	PCE-1001-X	lecture < 140°

Les stations de pompage de Sidi Ali avec une capacité d'impulsion de 52 000 m3/jour

V.41



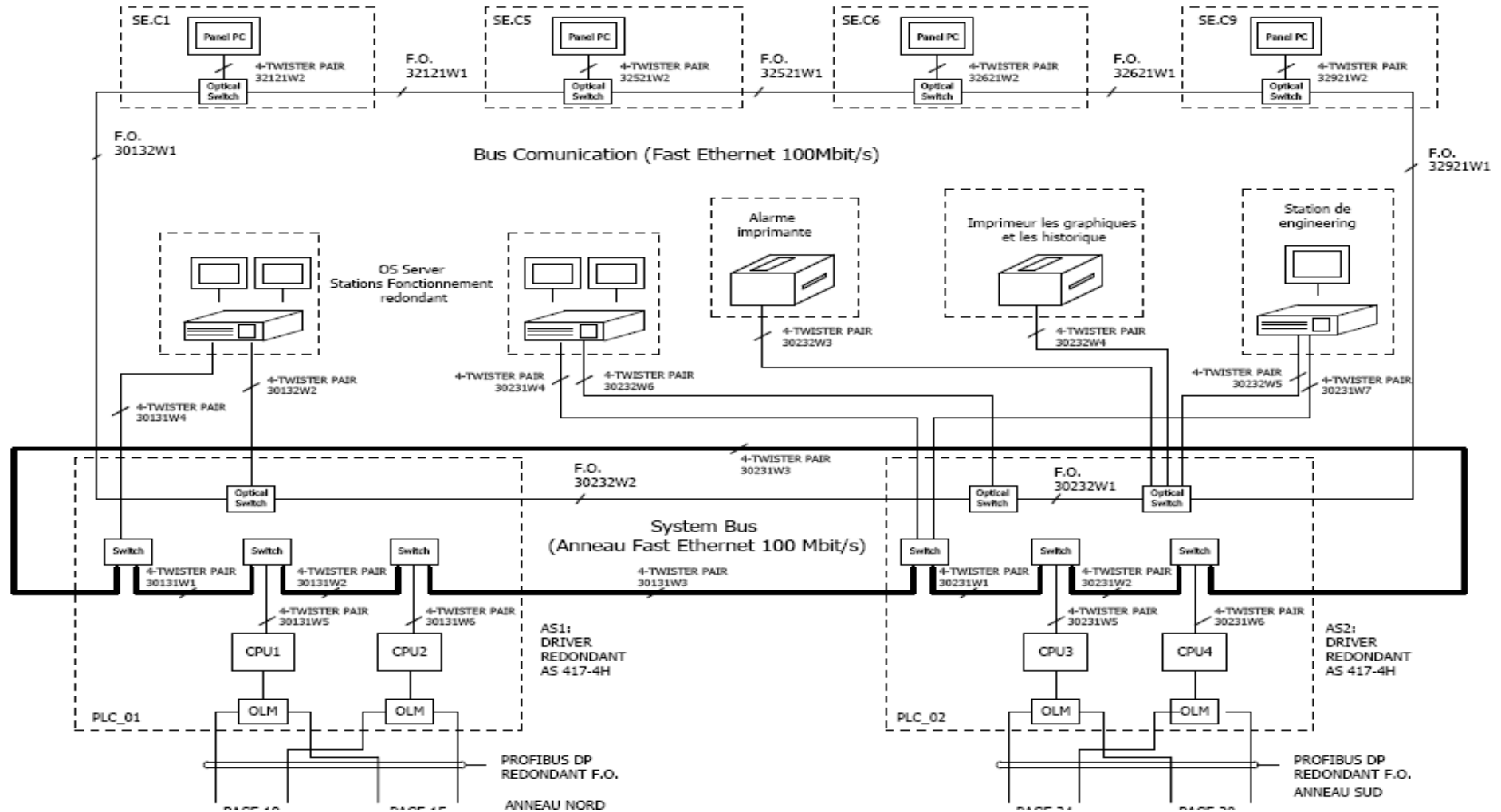
V.42

État de la vanne à l'Entrée du réservoir intermédiaire (ouverte/fermé)	SD	
État de la vanne à la. Sortie du réservoir intermédiaire (ouverte/fermé)	SD	
Mesure de niveau en continu du réservoir intermédiaire	SA	
Signal de niveau très haut, haut, bas très bas du réservoir intermédiaire	SD	
État de la vanne à l'Entrée de la ST de Cheliff (ouverte/fermé)	SD	
Mesure de niveau continu du réservoir de la ST Cheliff	SA	
Signal de niveau très haut, haut, bas très bas du réservoir de la ST Cheliff	SD	
État de d'ouverture de la vanne en aval de la SDEM (raccordement)	ED	
Mesure du débit d'entrée au réservoir de cheliff	EA	
Mesure du débit d'entrée aux stations de pompage de Sidi Ali	EA	



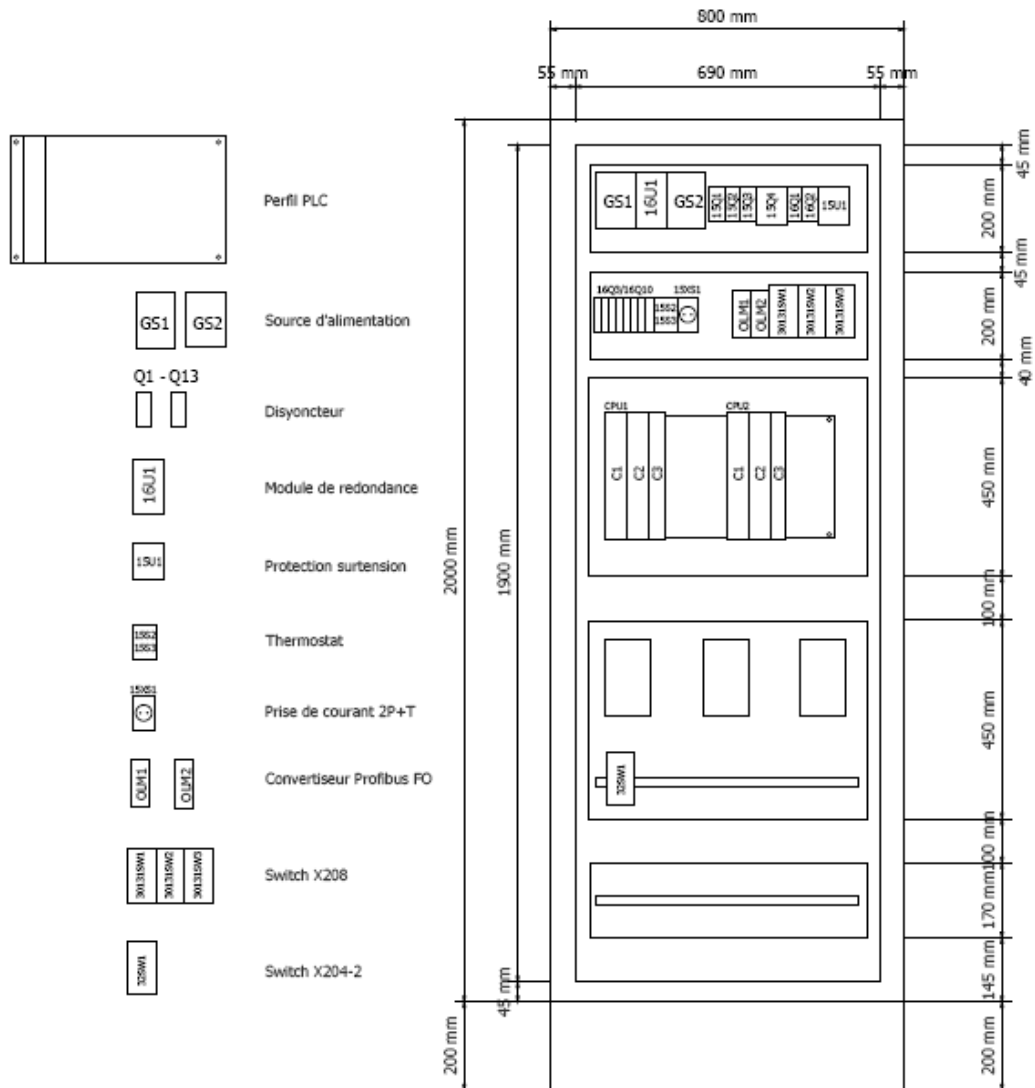
# Annex I

V.43



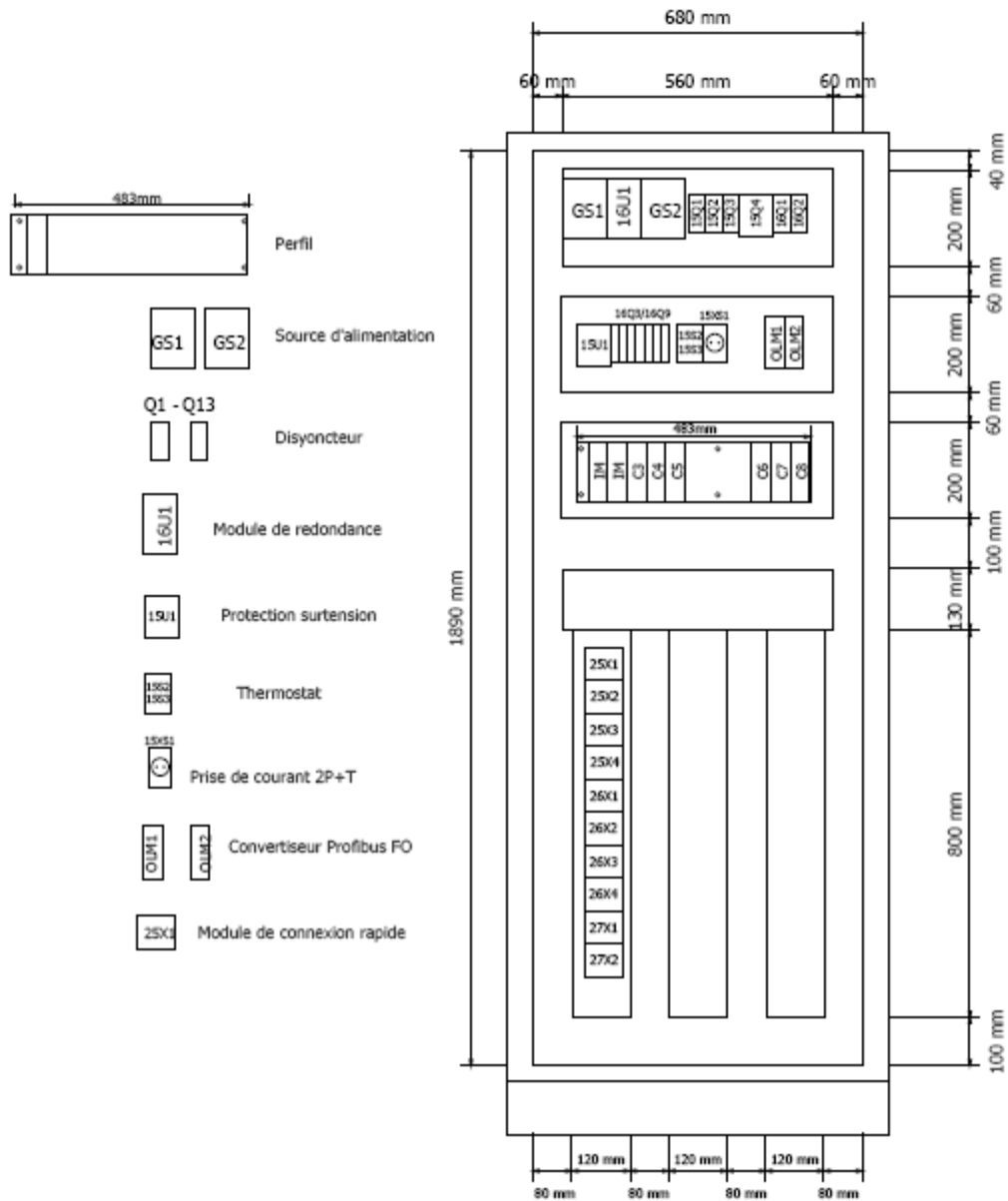
# Annex I

V.44



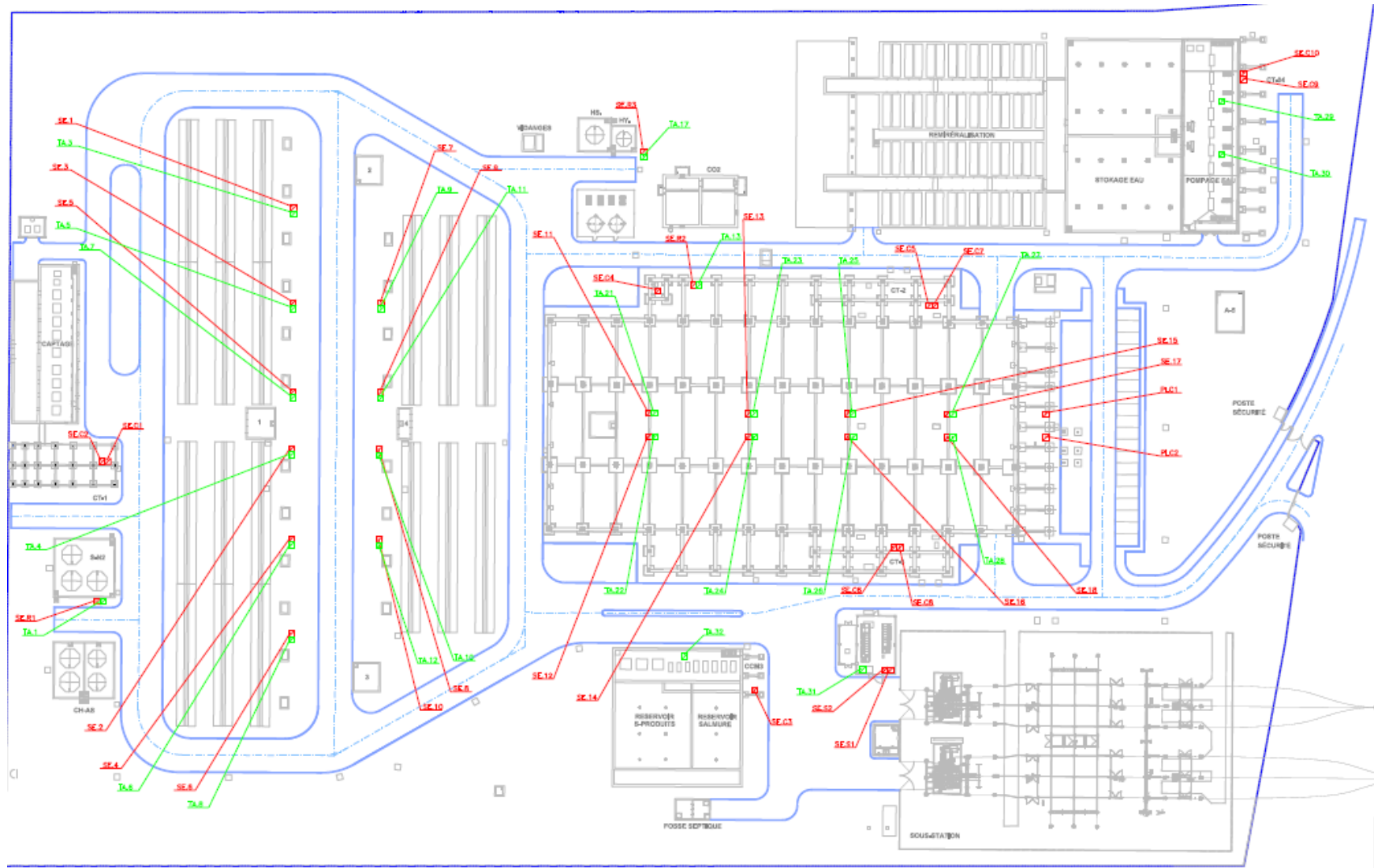
# Annex I

V.45

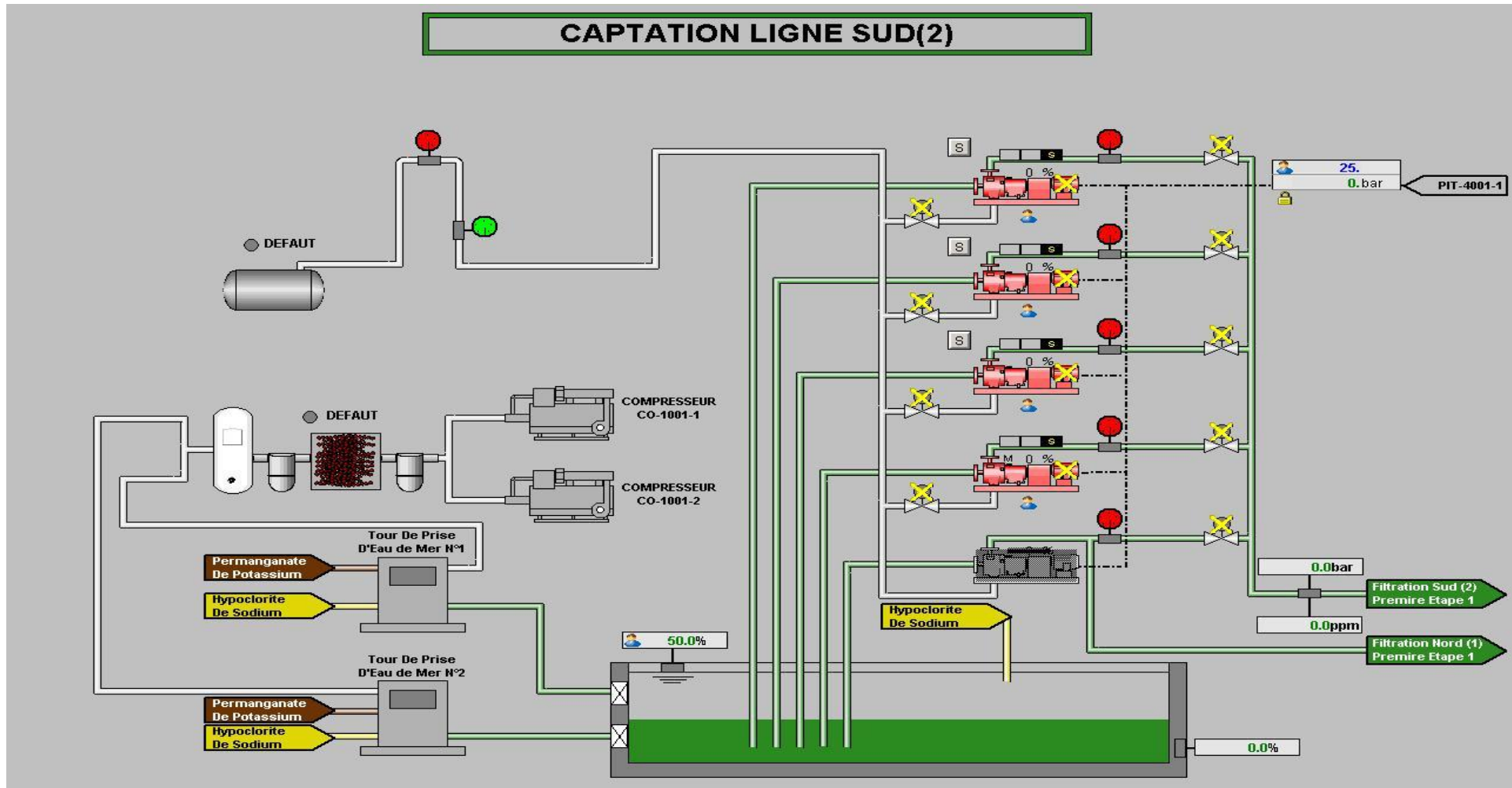


# Annex I

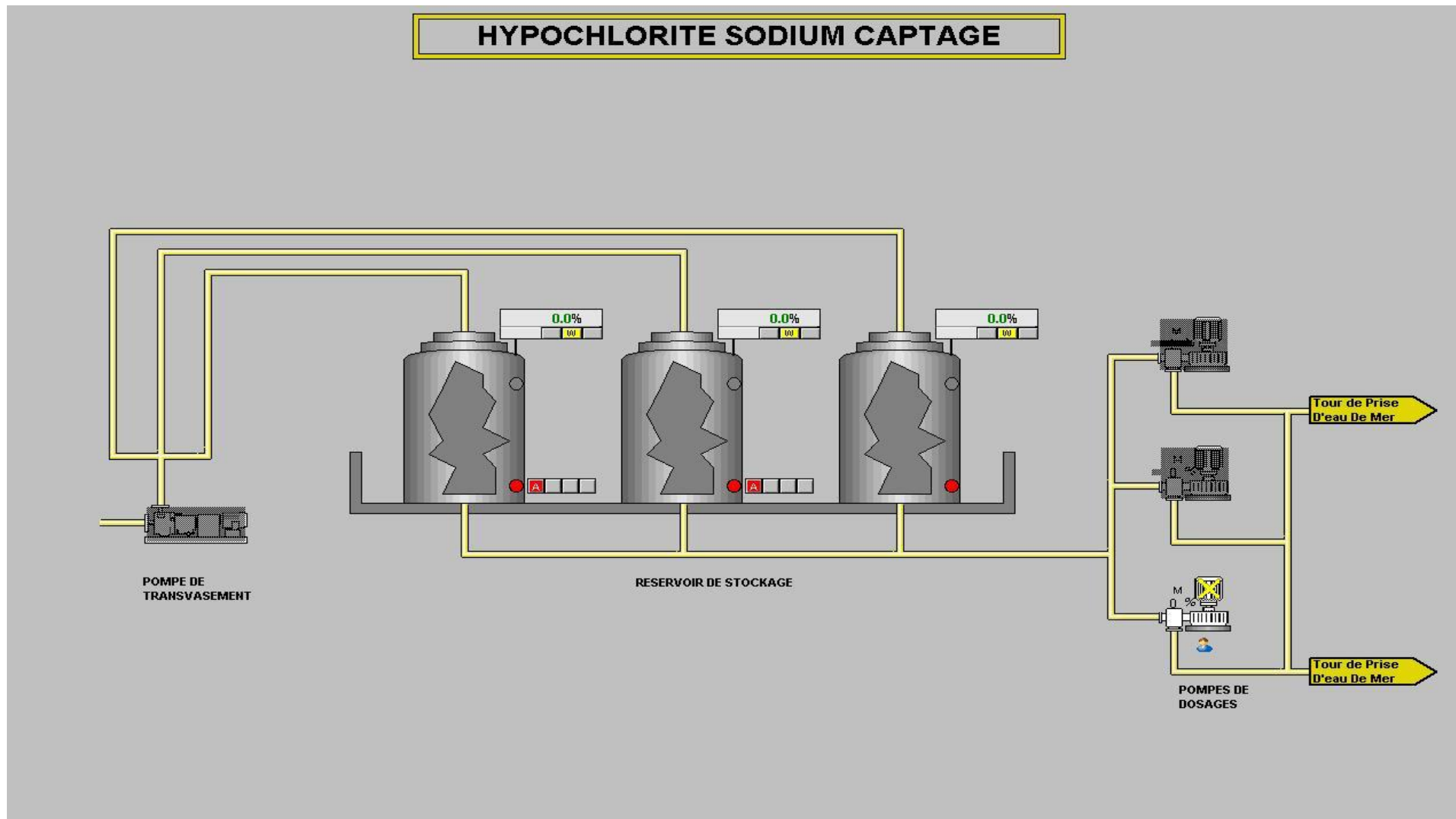
V.46



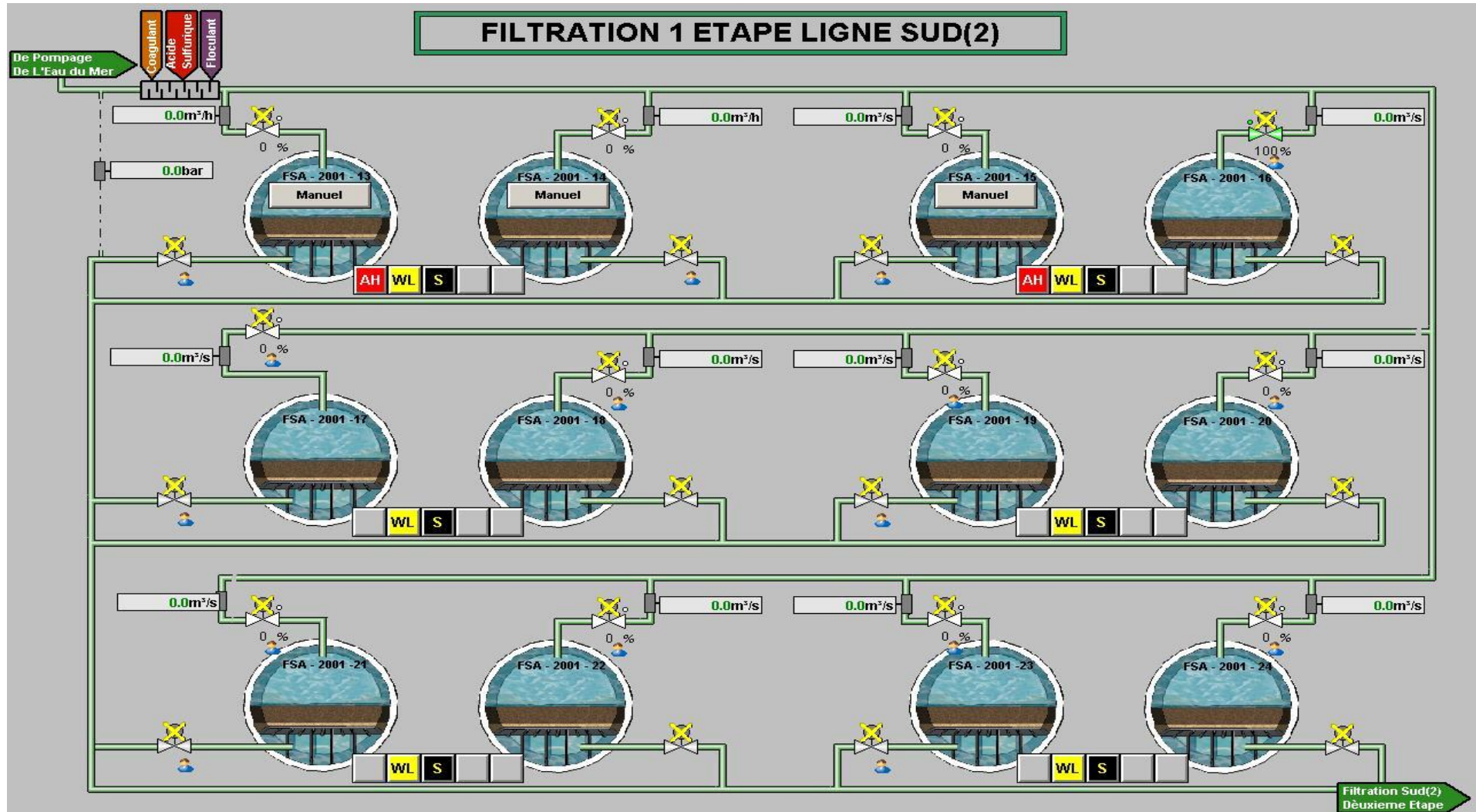
V .47



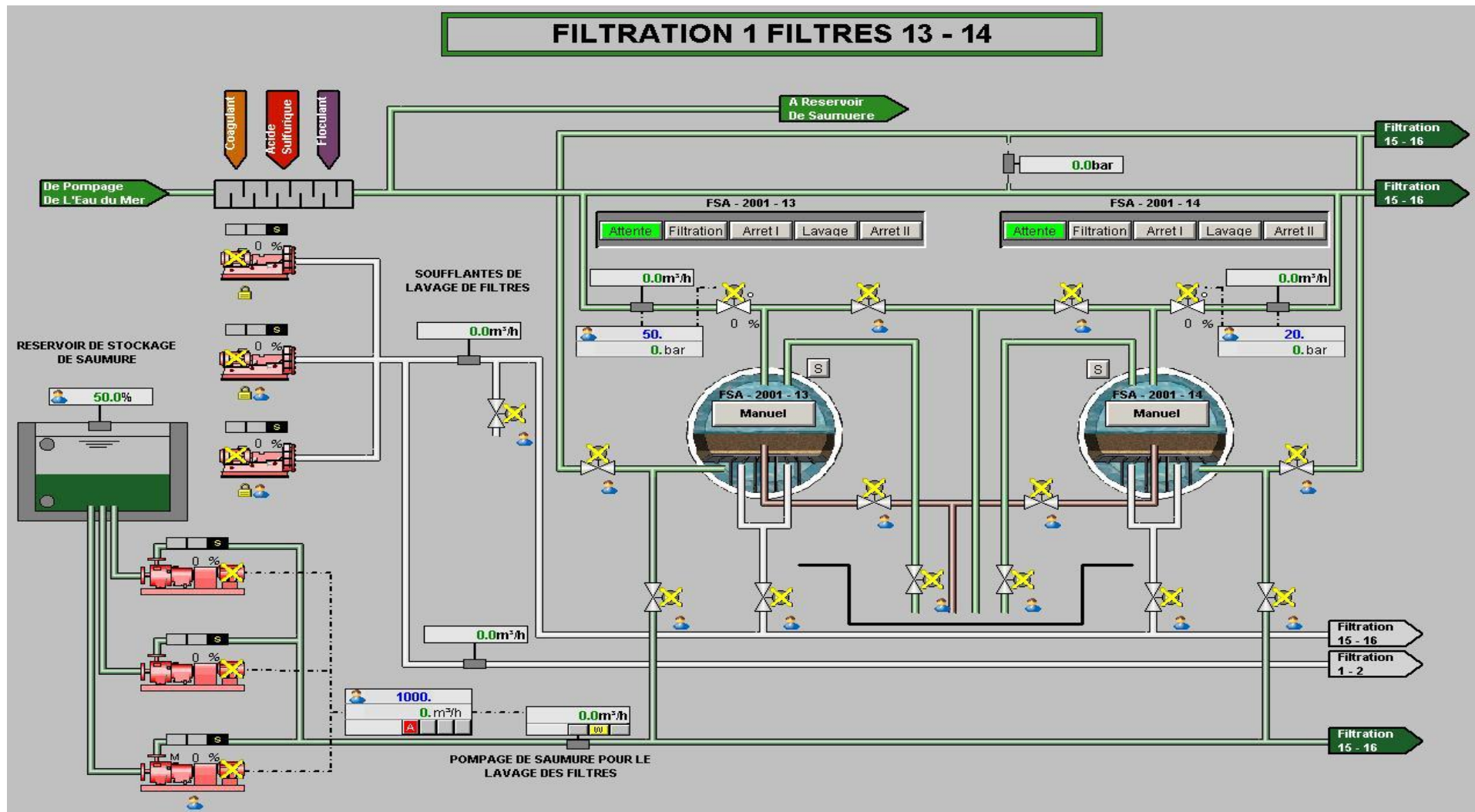
V.48



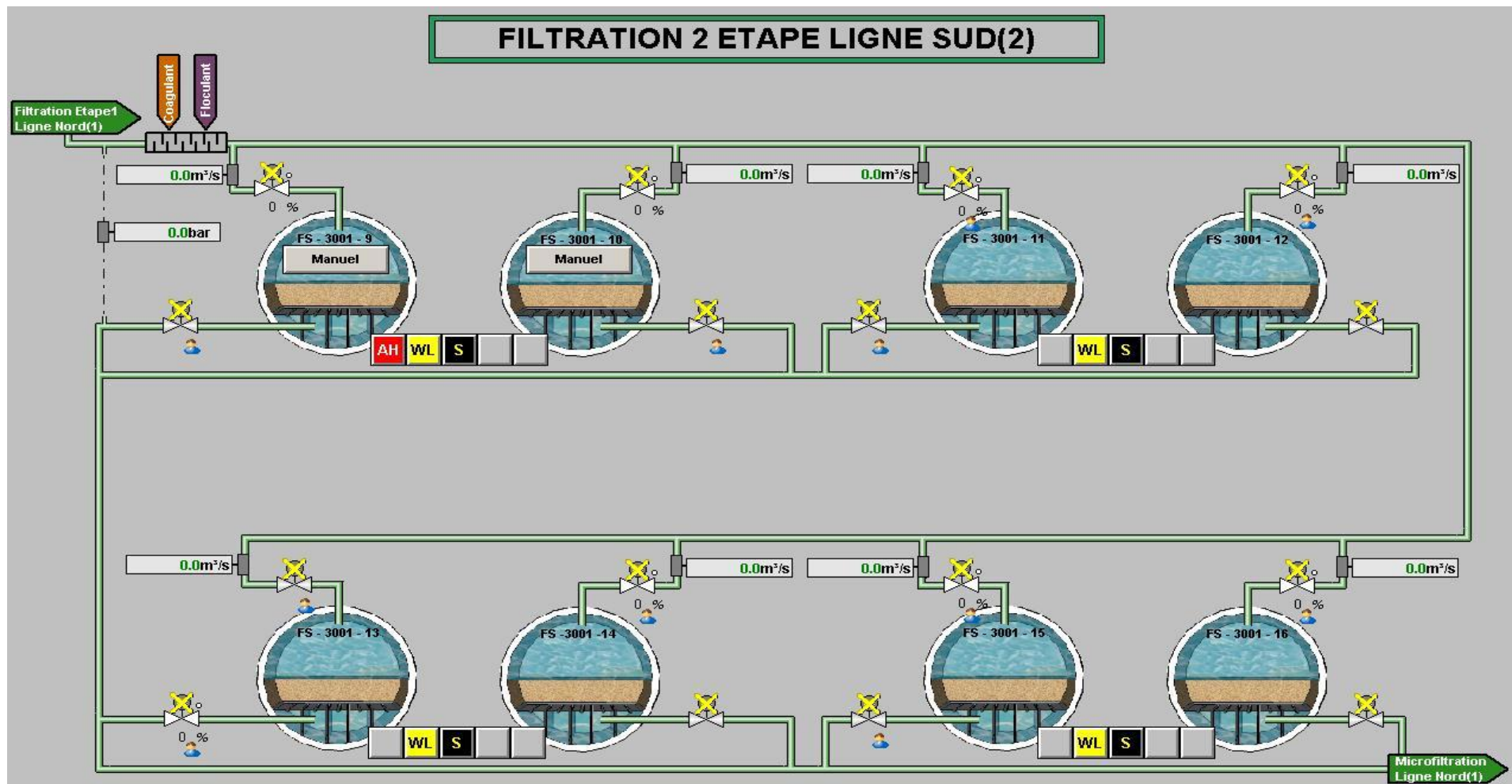
V.49



V.50

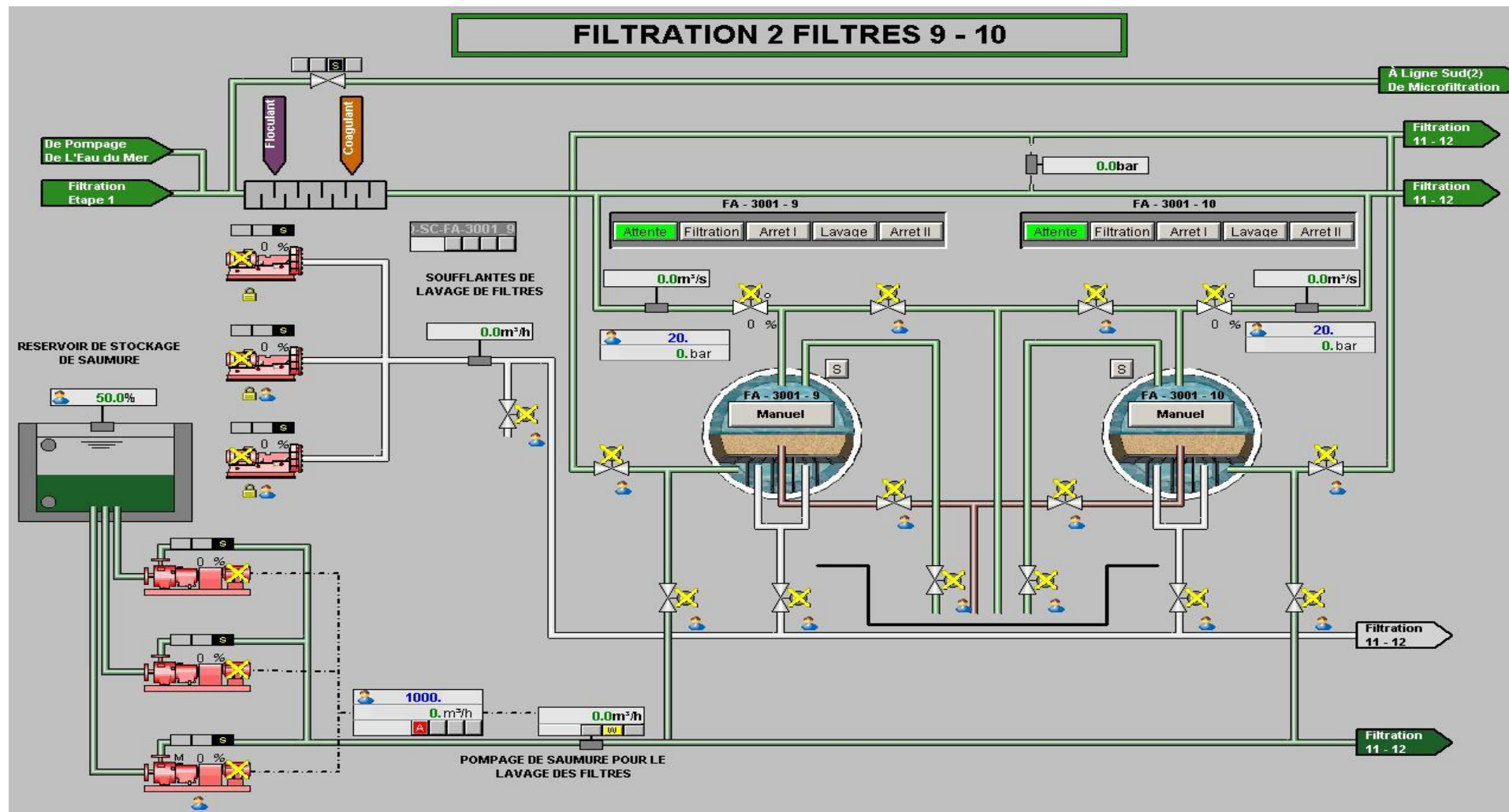


V.51

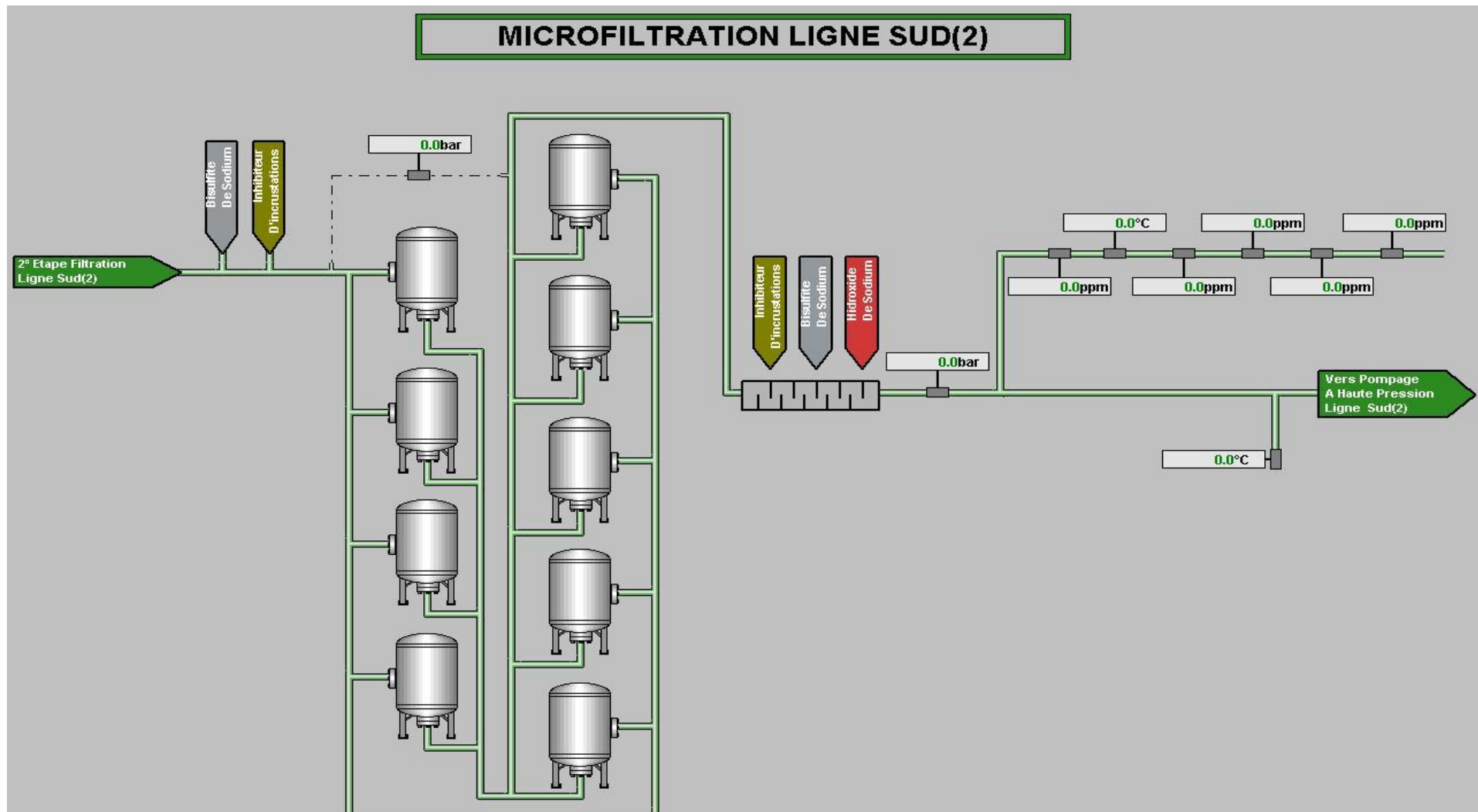


# Annex I

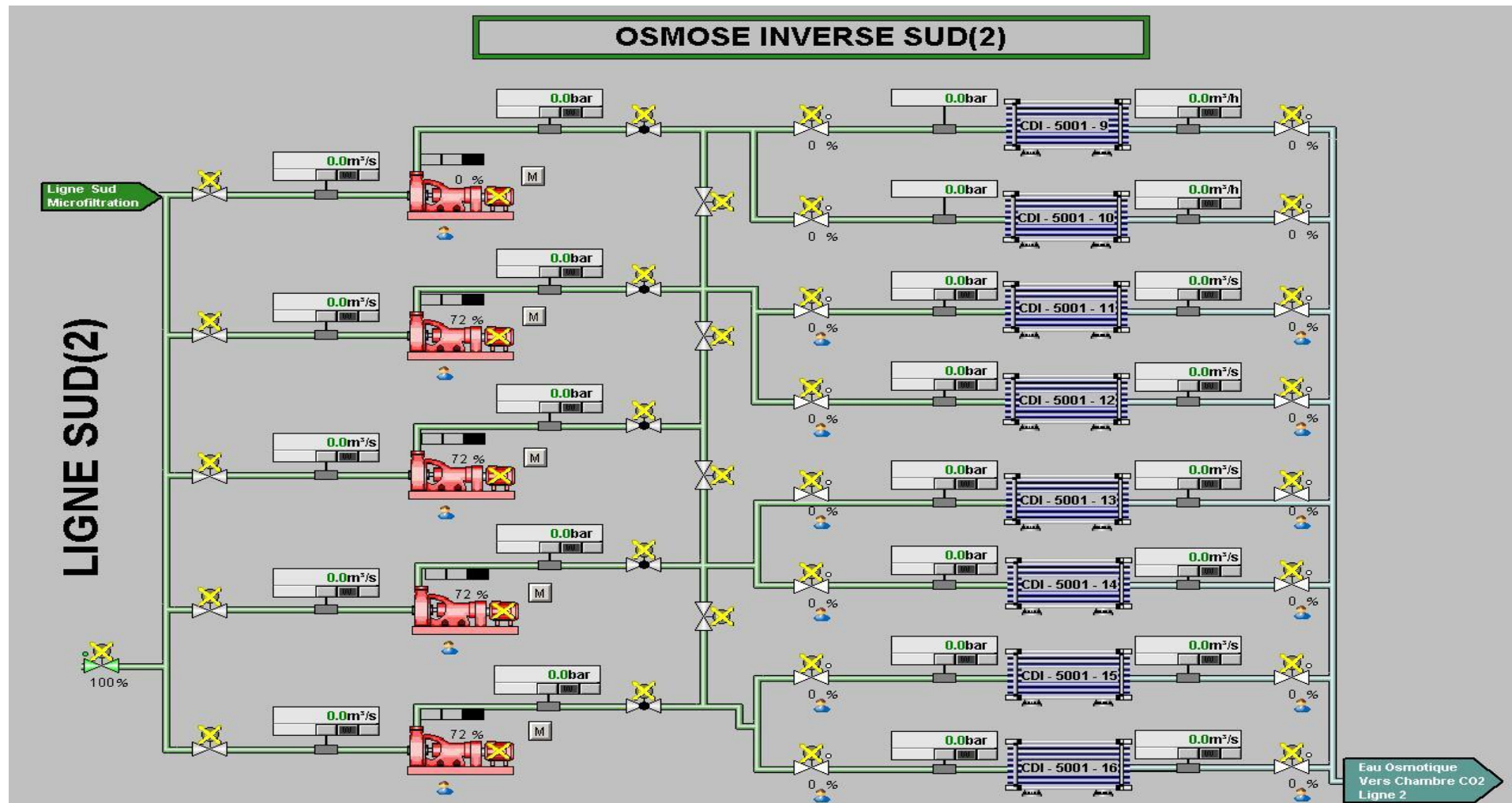
V.52



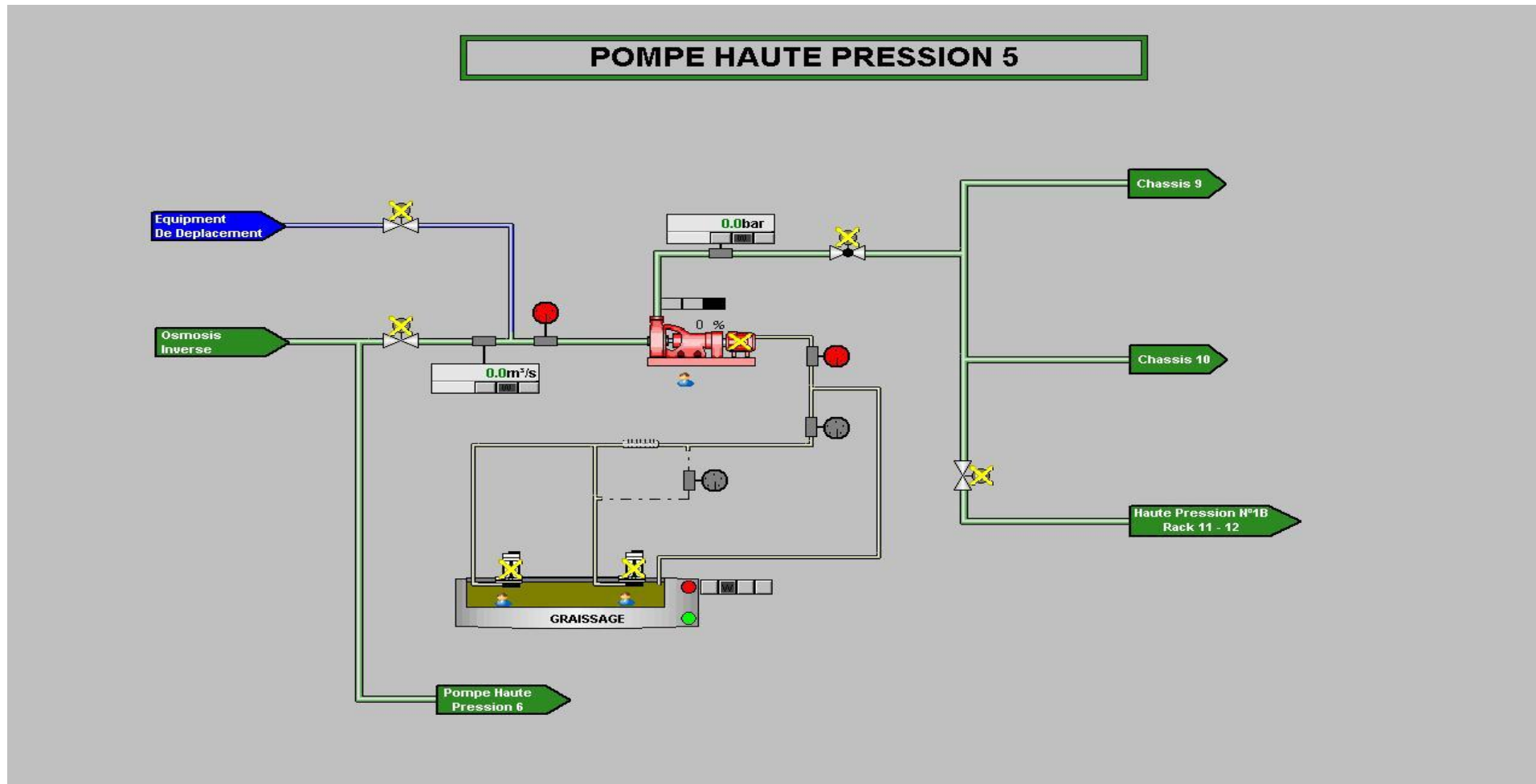
V.53



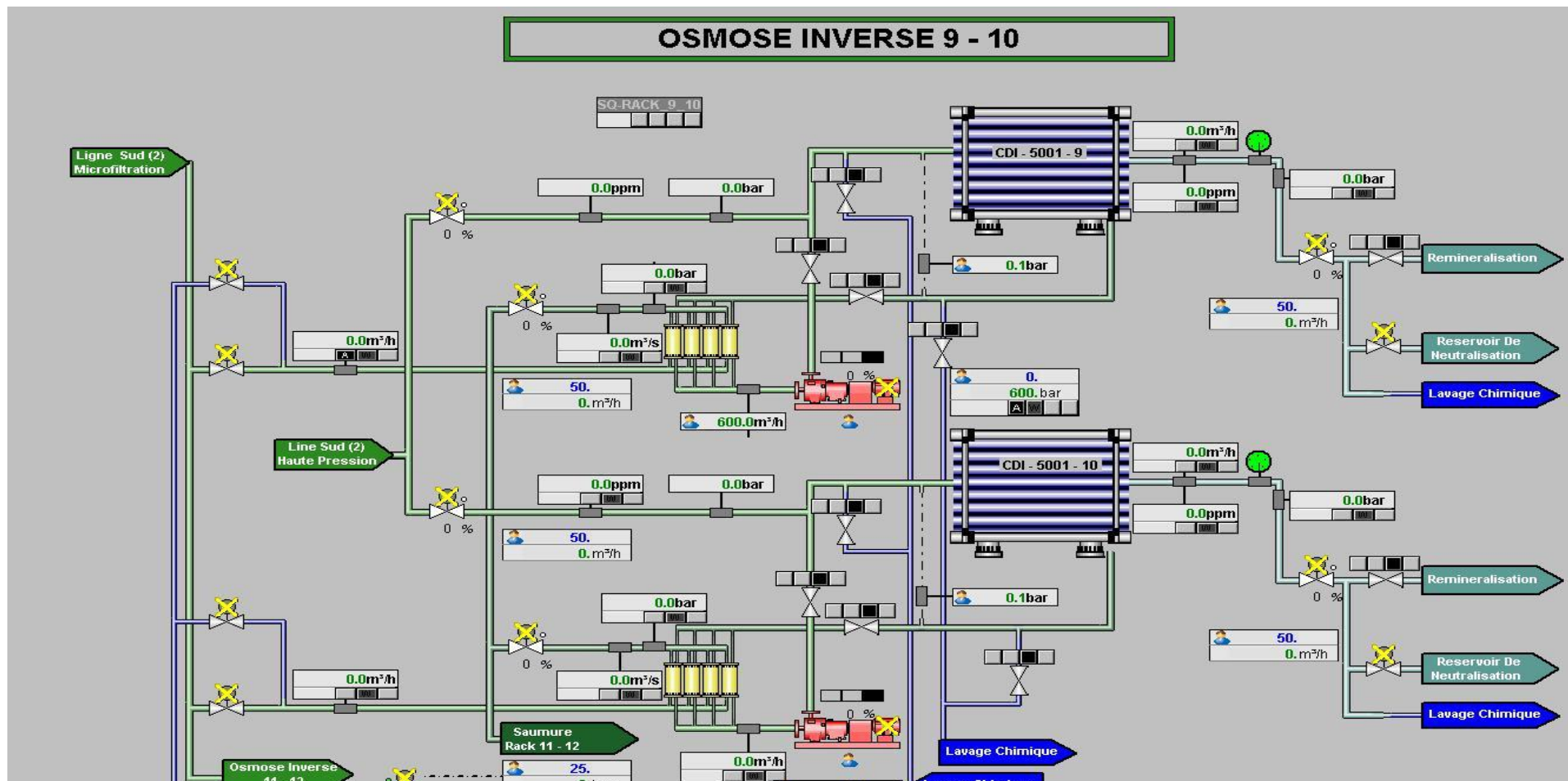
V.54



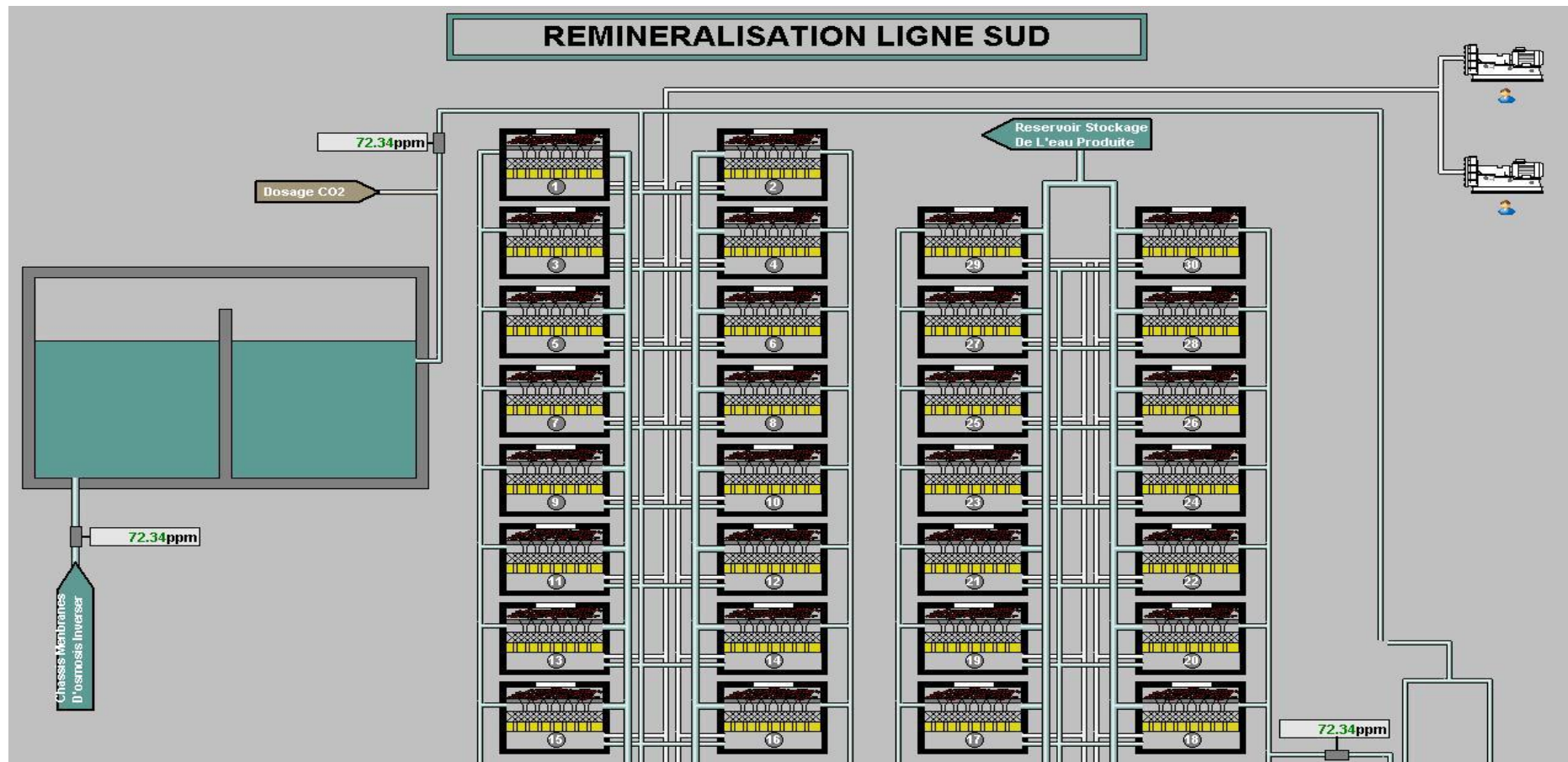
V.55



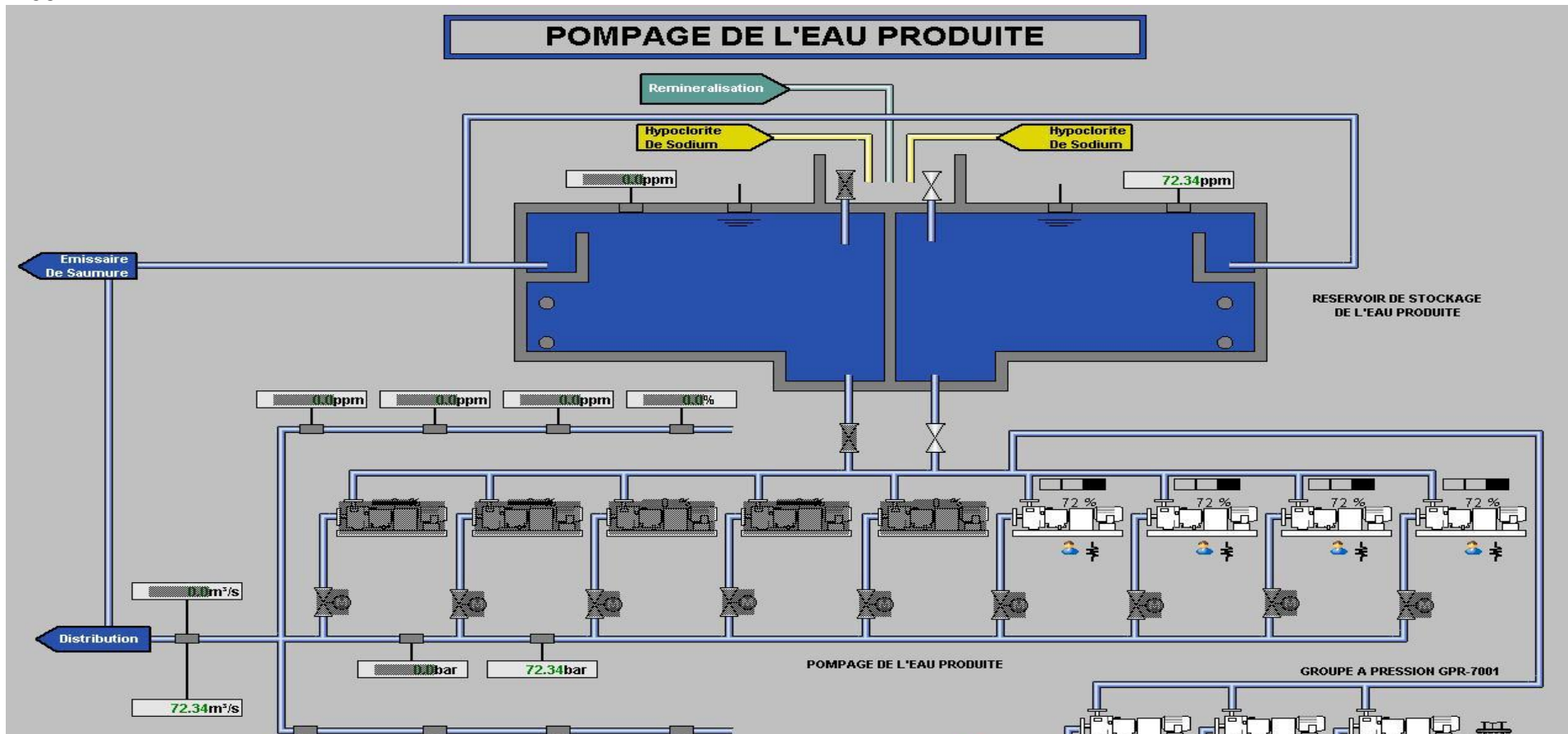
V.56



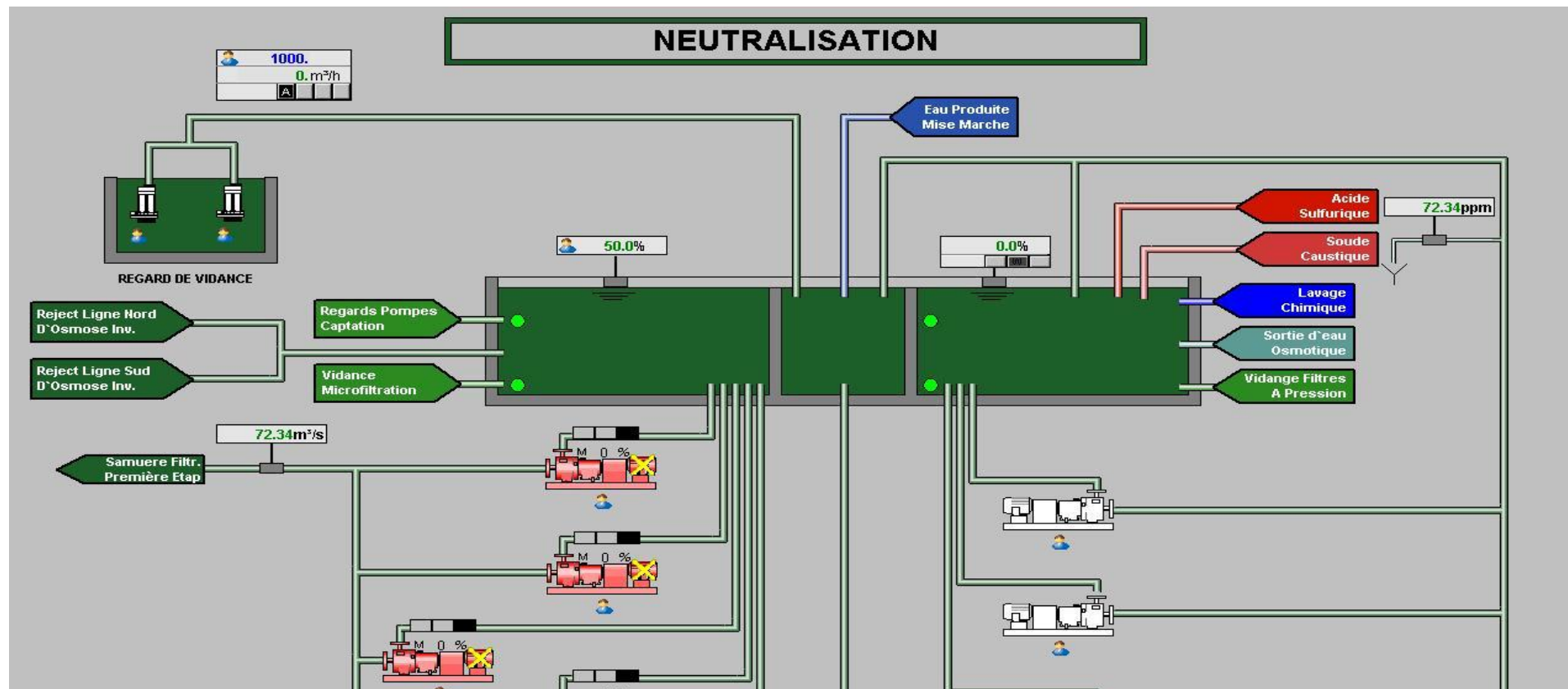
V.57



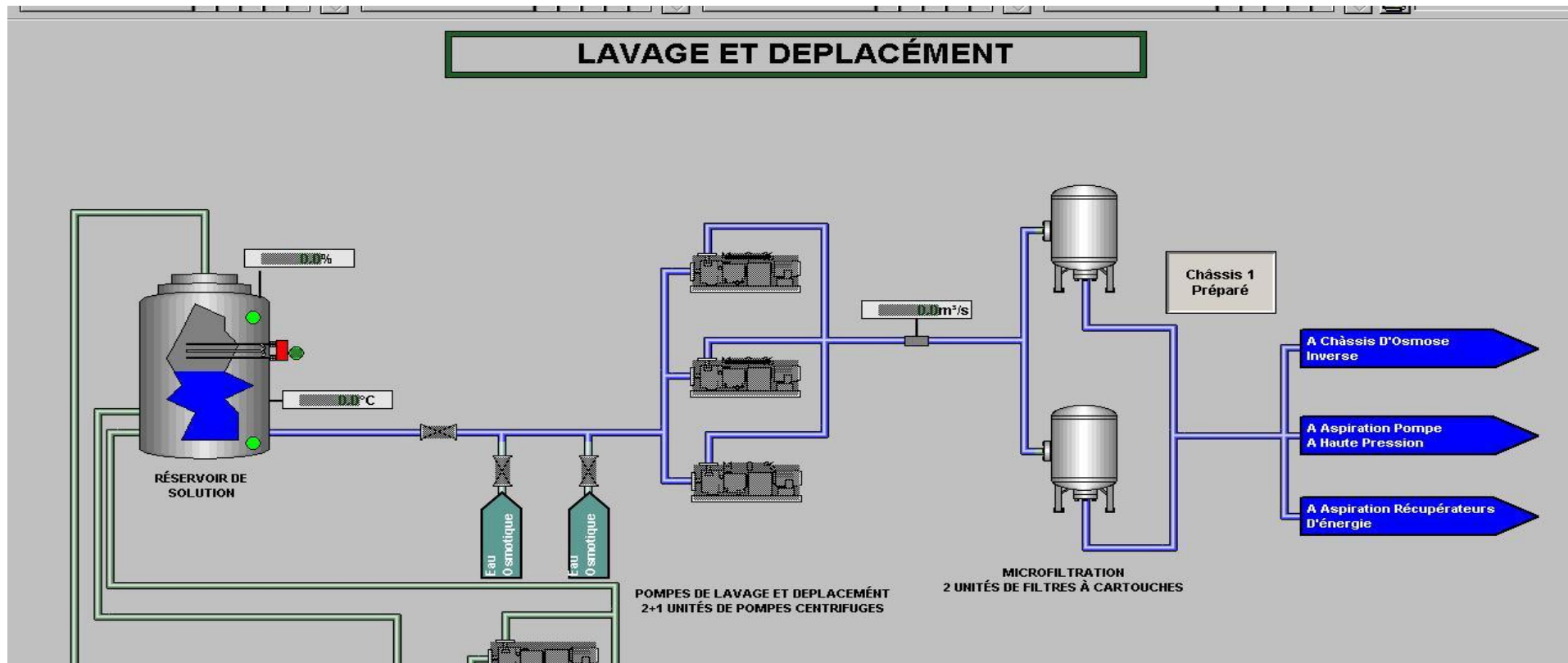
V.58



V.59



V.60



## V.61

**Boucles de control**

BOUCLE N°	VARIABLE A CONTROLER	INSTRUMENT DE MESURE/TRANSMETTEUR	ELEMENT DE CONTROLE	POINT DE CONSIGNE	OBSERVATIONS
1	Démarrage pompes de captage PCE 1001-X	PIT 4001-1 ó 2	Variateur de fréquence de la pompe d'eau de mer correspondant VF-1001-X	2,5 bar	La rampe de démarrage des pompes doit être limitée de telle manière que le niveau d'eau du réservoir de captage ne soit jamais inférieur à (???) s/ LIT 1001-1 y 2
2	Débit de sortie par la vanne de drainage VPC 5001-1 ó 2	$\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) - $\Sigma$ (FIT 5001-1+FIT 5001-2+.../... + FIT 5001-4) - $\Sigma$ (FIT 5002-1+FIT 5002-2+.../... + FIT 5002-8) pour la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) - $\Sigma$ (FIT 5001-5+FIT 5001-6+.../... + FIT 5001-8) - $\Sigma$ (FIT 5002-9+FIT 5002-10+.../... + FIT 5002-16) pour la ligne n° 2	Actuateur vanne 5001- 1 ó 2	1055 m3/h	Le débit d'entrée à filtration de 1ère étape - débit d'entrée aux pompes d'haute pression - débit d'entrée aux ERIS de la ligne concernée
3	Débit de sortie par la vanne de contrôle VGC 5001-X	FIT 5002-X + Q, de lubrification	Actuateur vanne VGC 5001-X	652 m3/h	
4	Dosage d'hypochlorite proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 2001-1+FIT 2001-2+.../... + FIT 2001-12) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 2001-13+FIT 2001-14+.../... + FIT 2001-24) pour les pompes de la ligne n° 2	Servomoteur pompe PD-8201-X	$\frac{d(mg/l) \times Q(m3/h)}{r(\%)}$	Débit EL L/H
5	Dosage de coagulant proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 2001-1+FIT 2001-2+.../... + FIT 2001-12) pour les pompes de la ligne n° 1 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 2001-13+FIT 2001-14+.../... + FIT 2001-24) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 2ème étape de filtration	Servomoteur pompe PD-8204-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(r(\%) \times \rho(kg/l) \times 10)}$	Débit EL L/H
6	Dosage d'acide sulfurique proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 2001-1+FIT 2001-2+.../... + FIT 2001-12) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 2001-13+FIT 2001-14+.../... + FIT 2001-24) pour les pompes de la ligne n° 2	Servomoteur pompe PD-8205-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(r(\%) \times \rho(kg/l) \times 10)}$	Débit EL L/H
7	Dosage de floculant proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 2001-1+FIT 2001-2+.../... + FIT 2001-12) pour les pompes de la ligne n° 1 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 2001-13+FIT 2001-14+.../... + FIT 2001-24) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 1ère étape de filtration $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) pour les pompes de la ligne n° 2 dosage en amont 2ème étape de filtration	Servomoteur pompe PD-8206-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(c(kg/m3))}$	Débit EL L/H
8	Dosage de bisulfite de sodium proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) pour les pompes de la ligne n° 2,	Servomoteur pompe PD-8207-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(c(kg/m3))}$	Débit EL L/H
9	Dosage d'antitartre proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) pour les pompes de la ligne n° 2,	Servomoteur pompe PD-8208-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(c(kg/m3))}$	Débit EL L/H
10	Dosage de soude caustique proportionnel au débit d'eau de mer pompé	$\Sigma$ (FIT 3001-1+FIT 3001-2+.../... + FIT 3001-8) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 3001-9+FIT 3001-10+.../... + FIT 3001-16) pour les pompes de la ligne n° 2,	Servomoteur pompe PD-8202-X	$\frac{d(ppm) \times Q(m3/h)}{(r(\%) \times \rho(kg/l) \times 10)}$	Débit EL L/H
11	Débit loop pompe booster PCB 5001-X	FIT 5003-X	Variateur de vitesse pompe PCB 5001-X		
12	Débit d'eau osmosée	FIT 5004-X	Vanne de contrôle VGC 5002-X	Caudal nominal 521,4 m3/h	
13	Dosage d'hypochlorite de sodium proportionnel au débit d'eau potable produite	$\Sigma$ (FIT 5004-1+FIT 5004-2+.../... + FIT 5004-8) pour les pompes de la ligne n° 1 $\Sigma$ (FIT 5004-9+FIT 5004-10+.../... + FIT 5004-16) pour les pompes de la ligne n° 2	Servomoteur pompe PD 8203-X	$\frac{d(mg/l) \times Q(m3/h)}{r(\%)}$	Débit EL L/H

## Annex I

V.62

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau réservoir eau de mer	LIT-1001-1 y 2	Pas d'alarme
Vanne purge système amorçage	VSO-1002-X	Fermé, X= 1 ou 2 selon l'ensemble sélectionné. Si la vanne VBA-1001-10 est ouverte, les deux vannes doivent être fermées
Système d'amorçage	GPV-1001-X	Prêt, X= 1 ou 2 selon l'ensemble sélectionné.
Alarme de niveau haut.	LSH-1001-X	Pas d'alarme
Vanne à bille. Entrée système de amorçage aux pompes.	VBA-1001-X	Ouverte
Vanne à papillon	VPA-1001-X	Fermée
	VPA-1001-9 y 10	

V.63

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau réservoir eau de mer	LIT-1001-1 y 2	Pas d'alarme
Vanne purge système amorçage	VSO-1002-X	Fermé, X= 1 ou 2 selon ensemble sélectionné. Si la vanne VBA-1001-10 est ouverte, les deux vannes doivent être fermées
Système d'amorçage	GPV-1001-X	Prêt, X= 1 ou 2 selon l'ensemble sélectionné.
Alarme de niveau haut.	LSH-1001-X	Pas d'alarme
Vanne à bille. Entrée système de amorçage aux pompes.	VBA-1001-X	Fermées
Vanne à papillon	VPA-1001-X	Fermées
Vanne à papillon	VPA-1001-9 y 10	Fermées pour les pompes de réserve

## Annex I

V.64

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau réservoir eau de mer	LIT-1001-1 y 2	Pas d'alarme
Cycle d'amorçage		Fini
Niveau système d'amorçage	LSH-1001-X	Désactivé
Variateur de fréquence	PCE-1001-X	Prêt
Vanne à papillon	VPA-1001-X	Fermées
Vanne à papillon	Filtres, entrée, sortie	Ouverts
Température bobinages		< 120 °C
Température roulements moteur		< 105 °C
Température roulement pompe		< 90 °C

V.65

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau d' hypochlorite dans réservoir sélectionné (X)	LIT-8201-X	Pas d'alarme: niveau bas
Interrupteur de niveau bas de réservoir (X)	LSL-8201-X	Pas d'alarme: niveau bas
Confirmation opérateur alignement des vannes.		
Confirmation marche pompes doseuses bisulfite		
Confirmation marche pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche

V.66

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau de coagulant en cuve sélectionnée (X)	LIT-8204-X	Pas d'alarme: niveau bas
Interrupteur de niveau bas dans cuve(X)	LSL-8204-X	Pas d'alarme: niveau bas
Confirmation opérateur alignement des vannes.		
Confirmation marche des pompes captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche

V.67

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau d'acide en cuve sélectionnée(X)	LIT-8205-X	Pas d'alarme: niveau bas
Interrupteur de niveau bas en cuve (X)	LSL-8205-X	Pas d'alarme: niveau bas
Confirmation opérateur alignement des vannes.		
Vannes VBA-8201-1 /2		ouvertes
Confirmation de marche pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en service.

## Annex I

V.68

Élément	Tag	Position/Lecture
Interrupteur de niveau en cuve de floculant sélectionnée (X)	LSLL-8206-X	Pas d'alarme par niveau très bas
Confirmation opérateur alignement des vannes		
Confirmation marche pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche

V.69

Élément	Tag	Position/Lecture
Interrupteur de niveau en réservoir sélectionné de métabisulfite (X)	LSLL-8207-X	Pas d'alarme niveau très bas.
Confirmation opérateur de l'alignement des vannes		
Confirmation de marche des pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche.

V.70

Élément	Tag	Position/Lecture
Interrupteur de niveau en réservoir sélectionné d'anti-salissures (X)	LSLL-8208-X	Pas d'alarme niveau très bas.
Confirmation opérateur de l'alignement des vannes		
Confirmation de marche des pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche.

V.71

Élément	Tag	Position/Lecture
Niveau en cuve d'hydroxyde de sodium	LIT-8202	Pas d'alarme niveau bas.
Interrupteur de niveau bas dans réservoir	LSL-8202	Pas d'alarme niveau bas.
Confirmation opérateur de l'alignement des vannes		
Confirmation de marche des pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche.

V.72

Élément	Tag	Position/Lecture
Interrupteur de niveau en cuve sélectionnée de permanganat (X)	LSLL-8209-X	Pas d'alarme niveau très bas.

## Annex I

Confirmation opérateur de l'alignement des vannes		
Confirmation de marche des pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche.
Confirmation de marche des pompes de captage	PCE-1001-X	1 au moins en marche.

V.73

N° de pompes de captage en service	NF1
1	≥ 3
2	≥ 6
3	≥ 9
4	≥ 11

V.74

SÉQUENCE	DÉTAIL	VALEUR
T <sub>1</sub>	Dépressurisation du filtre	0 – 120 sec.
T <sub>2</sub>	Vidange partiel	0 - 1200 sec.
T <sub>3</sub>	Délai d'ouverture de la vanne d'entrée de l'air:	0 - 10 sec.
T <sub>4</sub>	Nettoyage à l'air	0 - 300 sec.
T <sub>5</sub>	Délais d'arrêt Soufflante:	0 - 10 sec.
T <sub>6</sub>	Halte	0 - 300 sec.
T <sub>7</sub>	Délai d'ouverture entrée de l'eau:	0 - 10 sec.
T <sub>8</sub>	Délais de démarrage 2 <sup>e</sup> pompe de nettoyage:	0 - 120 sec.
T <sub>9</sub>	Nettoyage à l'eau:	0 - 20 min
T <sub>10</sub>	Remplissage du filtre	0 – 10 min
T <sub>11</sub>	Pressurisation du filtre	0 – 60 sec.
T <sub>12</sub>	Attente pour pré-filtration	0 – 60 sec.
T <sub>13</sub>	Pré-filtration	0 – 80 min

# Annex I

FASES	FILTRACIÓN	PARADA I	LAVADO													REFILTRACIÓN	PARADA II
			VACIADO PARCIAL		LAVADO AIRE			REPOSO	LAVADO AGUA			LLENADO + PRESURIZACIÓN					
VPC-2001-1/.../24 Entrada agua de mar	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C
VPA-2001-1/.../24 Salida agua filtrada	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
VPA-2006-1/.../24 Venteo	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C
VPA-2004-1/.../24 Vacío	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C
VPA-2002-1/.../24 Entrada agua lavado	C	C	C	C	C	C	C	C	C	A	A	A	A	C	C	C	C
VPA-2003-1/.../24 Salida agua de lavado	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	C	C
VPA-2005-1/.../24 Entrada aire lavado	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
VPA-2007-1 y 2 (LINEA Nº1 y 2) Despresurización colector	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
SOPLANTE LAVADO S-2001-1 (LINEA Nº1) S-2001-2 (LINEA Nº2)	P	P	P	P	M	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
BOMBA AGUA LAVADO PCL-8001-1 (LINEA Nº1) PCL-8001-3 (LINEA Nº2)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	M	M	M	P	P	P	P
BOMBA AGUA LAVADO PCL-8001-2 (LINEA Nº1) PCL-8001-4 (LINEA Nº2)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	M	P	P	P	P	P	P
Caudal aire( m3/h)						5500											
Caudal agua( m3/h)										1000	2750	800				772 m3/h	
TIEMPO			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13		

Válvula cerrada                    C                    Bomba o soplante parada                    P  
Válvula abierta                    A                    Bomba o soplante en marcha                    M

V.75 / 76

Nº pompes captage à ligne 1 ou 2	Q pre-filtration Max. (m3/h)	T13(min.)	% ouverture VPC-2001-X	% ouverture VPA-2004-X
1	193	80	20	20
2	386	60	20	30
3	579	40	25	35
4	772	20	25	45

## V.78

N° de pompes de captage en fonctionnement	NF2
1	≥ 2
2	≥ 4
3	≥ 6
4	≥ 7

## V.79

SÉQUENCE	DÉTAIL	VALEUR
T <sub>1</sub>	Dépressurisation du filtre	0 – 120 sec.
T <sub>2</sub>	Vidange partiel	0 - 1200 sec.
T <sub>3</sub>	Délai d'ouverture de la vanne d'entrée de l'air:	0 - 10 sec.
T <sub>4</sub>	Nettoyage à l'air	0 - 300 sec.
T <sub>5</sub>	Délai d'ouverture entrée de l'eau:	0 - 10 s
T <sub>6</sub>	Nettoyage à l'air + à l'eau	0 - 300 s
T <sub>7</sub>	Délai arrêt soufflante et pompe de nettoyage	0 - 20 s
T <sub>8</sub>	Halte	0 - 300 s
T <sub>9</sub>	Délai d'ouverture entrée de l'eau	0 - 10 s
T <sub>10</sub>	Délai démarrage 2 <sup>e</sup> pompe de nettoyage	0 - 120 s
T <sub>11</sub>	Nettoyage à l'eau	0 - 20 min.
T <sub>12</sub>	Remplissage du filtre	0 – 10 min.
T <sub>13</sub>	Pressurisation du filtre	0 – 60 s.
T <sub>14</sub>	Attente à pre-filtration	0 – 60 s
T <sub>15</sub>	Pre-filtration	0 – 80 min

## V.80

N° de pompes de captage à ligne n°1 ou n°2	Q pre-filtration Max. (m3/h)	T13(min.)	% ouverture VPC-2001-X	% ouverture VPA-2004-X
1	193	80	20	20
2	386	60	20	30
3	579	40	25	35
4	772	20	25	45

## V.81

PARAMÈTRE	INSTRUMENT	VALEUR TYPE
Débit de perméat	FIT-5004-1/././16	521,4 m <sup>3</sup> /h
Conversion du système		45 %
Conductivité de perméat	CdIT-5002-1/././16	200-600 µS/cm
Pression du perméat	PIT-5004-1/././16	0-4 bar
Conductivité de l'eau de mer de haute pression aux châssis	CdIT-5001-1/././16	54.000-56.000 µS/cm
Pression d'alimentation aux châssis	PIT-5001-1/././16	61,9 bar

## V.82

Élément	Tag	Position/Lecture
---------	-----	------------------

## Annex I

Vannes collecteur commun	VBOA-5002-1...8	FERMÉES
Confirmation de marche des pompes booster	PCB-5001-1...16	ACTIVE
Confirmation de marche des 8 BAP	PCH-5001-1...8	ACTIVE

V.83

Élément	Tag	Position/Lecture
Confirmation opérateur qualité de l'eau pour entrée aux membranes		
Variateur de fréquence pompe Booster	PCB-5001-3 PCB-5001-4	PRÊT PRÊT
Vanne Impulsion Pompes Booster	VBO-5001-3 VBO-5001-4	OUIVERTE OUIVERTE
Vannes d'entrée à nettoyage chimique et <i>flushing</i>	VPA-5004-3 VPA-5003-3 VPA-5004-4 VBO-5003-3 VBO-5003-4	FERMÉE FERMÉE FERMÉE FERMÉE FERMÉE
Vannes sortie nettoyage chimique	VBO-5004-3 VBO-5004-4	FERMÉE FERMÉE
Vanne entrée saumure PX	VBO-5002-3 VBO-5002-4	OUIVERTE OUIVERTE
Vanne alimentation PX base pression	VPA-5002-3 VPA-5002-4	OUIVERTE OUIVERTE
Faisant partie de la séquence de démarrage de la pompe de captage a été introduite la valeur de la consigne: 631 m3/h , dans la boucle de contrôle n°3. L'équipement de mesure FIT-5005-3 et 4, mesure cette valeur de conformité à:  Débit de sortie de saumure de PX: 600 m3/h <FIT-5005-3/4< 720 m3/h		

## Annex I

Pression de décharge de saumure PX	PIT-5003-3/4	> 0,6 bar
Température bobinage		< 120 °C
Température coussinets moteur		< 105 °C
Température coussinets pompe		< 90 °C
Vannes collecteur commun	VBOA-5002-1 VBOA-5002-2 VBOA-5002-3 VBOA-5002-6 VBOA-5002-7	FERMÉE OUVERTE FERMÉE FERMÉE FERMÉE
	ORPIT-4001-1 ORPIT-4002-1	<0,95xMáx. Valeur <0,95xMáx. Valeur
Vanne d'aspiration Pompe haute pression	VPA-5001-9 ou 10	OUVERTE (au moins 1)
Vanne d'impulsion pompe Haute Pression	VBOA-5001-9 VBOA-5001-2	OUVERTE FERMÉE
Vanne alimentation au châssis	VBOC-5001-3/4	OUVERTE
<i>Création fenêtre demande permission pour ouverture purges aux châssis</i>		
Confirmation marche toutes les pompes booster	PCB-5001-1...16	ACTIVE
Confirmation de marche des 8 BAP	PCH-5001-1...8	ACTIVE

V.84

Élément	Tag	Position/Lecture
Confirmation marche Pompes Booster	PCB 5001-3 et PCB 5001-4	
Confirmation marche pompes centre de lubrification		
Pression circuit de refoulement dans centre de lubrification		

## Annex I

Vanne d'impulsion pompe Haute pression	VBOA-5001-9	OUVERTE
Vanne alimentation au châssis	VBOC-5001-3/4	OUVERTE Environs 15%
Vanne de commande perméat	VGC-5002-3 VGC-5002-4	OUVERTE Environs 40% ou dans la dernière valeur de position en mode "auto"
Vanne manuel. Isolation collecteur générale ou mauvaise qualité du perméat	VP-5001-3 ou VPA-5005-3 VP-5001-4 ou VPA-5005-4	OUVERTE  OUVERTE
Transmetteur de pression	PIT-4001-4	> 2 bar
Température bobinage moteur		< 135°
Température coussinets moteur		< 97°
Température coussinets pompe		< 90°
Le délais entre le dernier démarrage de la pompe et le démarrage actuel est $\geq$ temps t à déterminer par le fabricant du moteur		
Le nombre de pompes d'eau de mer en service pour osmose sera n, où n= n° pompes Haute Pression en service dans la ligne 1 ou 2, selon la ligne sélectionnée		
Créer fenêtre sur SCADA demande de confirmation vérification évacuation de l'air de tout le système (PX basse pression, Booster et châssis d'osmose) et à la fin de la		

## Annex I

vérification toutes les purges sont fermées		
Révision du circuit d'entrée aux cellules de réminéralisation et entrée de l'air à la cuve d'eau produit. Vannes murales W 6001-X et W 6004-X ouvertes Vannes d'entrée et sortie des lits de calcite OUVERTES VP 6001-1/././60; et W-6003-1/././60 Vannes de vidange et nettoyage lits à calcite FERMÉES VP 6003-1/././60 et VP 6007- 1/././60 Vannes de nettoyage à air FERMÉES VP 6002-1/././60		
Alarme par haut niveau dans le réservoir d'eau produit désactivée (< 4,00 m)		

V.85

Élément	Tag	Position/Lecture
Entre alimentation et rejet O.I	> 3 bar	Déclenchement très haute pression différentielle châssis.
Pression d'alimentation aux châssis de	> 70 bar	Déclenchement très haute pression d'entrée à O.I.
Pression d'aspiration pompe Haute Pression	< 1,7 bar	Déclenchement très basse pression d'aspiration BAP.
Vanne d'alimentation au châssis	Fermée plus de 1 min.	Déclenchement de la pompe haute pression correspondante
Température de bobinage du moteur	> 140 °C	Déclenchement haute température
Température coussinets moteur	> 100 °C	Déclenchement haute température
Température coussinets pompes	> 95 °C	Déclenchement haute température

V.86

## Annex I

Elément	Tag	Position/Lecture
Niveau en cuve d'Hypochlorite	LIT-8203	Pas d'alarme par niveau bas
Interrupteur de niveau bas dans cuve	LSL-8203-X	Pas d'alarme par niveau bas
Confirmation opérateur alignement vannes		
Confirmation marche pompes eau-produit	PCI-7001-X	1 au moins en service

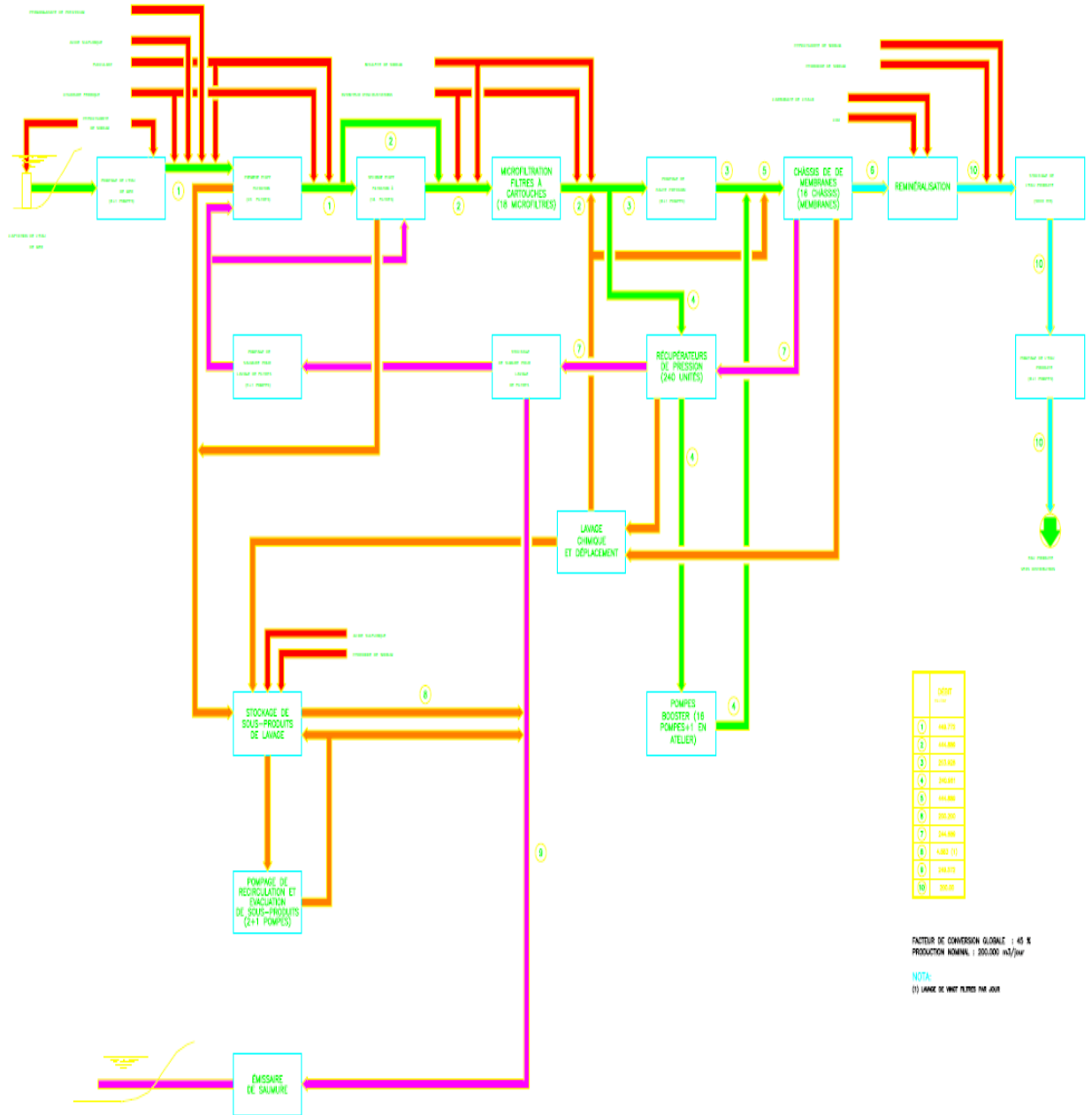
V.87

Elément	Tag	Position/Lecture
Niveau cuve eau-produit	LIT-7001-1 y 2	Pas d'alarme, niveau très bas
Interrupteur de niveau bas cuve	LSL-7001-1 y2	Pas d'alarme, niveau bas
Vanne	VP 7001-1 et/ou VP 7001-2	1 au moins ouverte
Confirmation opérateur alignement vannes		

V.88

N° de BAP(PCH-5001-X) en marche	N° pompes eau produit
1	1 utés.(démarrage et arrêt par niveau )
2	1 utés. fixe+ 1 utés (démarrage et arrêt par niveau)
3	2 utés.fixes+ 1 utés (démarrage et arrêt par nvieau)
4	3 utés .fixes+ 1 utés (démarrage et arrêt par niveau)
5	4 utés .fixes+ 1 uté (démarrage et arrêt par niveau)
6	5 utés .fixes+ 1 uté (démarrage et arrêt par niveau)
7	6 utés .fixes+ 1 uté (démarrage et arrêt par niveau)
8	7 utés .fixes+ 1 uté (démarrage et arrêt par niveau)

## Annex II : Diagrammes de fonctionnement



# Annex II : Diagrammes de fonctionnement

