

### Quelques stations de traitement des eaux potables en Algérie

#### IV.1 Présentation de la station

Les installations de dessalement et déminéralisation par osmose inverse se sont développées à partir de la fin des années 90, avec des capacités de production de plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>/j, aboutissant à des débits pouvant atteindre 500 000 m<sup>3</sup>/j.

Durant ces dernières années les techniques ont évolué, ainsi que les types de contrat.

Dans cette partie nous présentons une application du procédé Osmose inverse dans la station de déminéralisation au niveau de la Wilaya de Oued Souf commune de Djamaa.

Des données générales et des fiches techniques nous ont été procurées par les responsables de la station, et des photos numériques ont été prises pour mieux illustrer les composants de cette usine.

La mise en service finale de la station de déminéralisation de Djamaa était en Aout 2017 dont la capacité de production est de 12000 m<sup>3</sup>/j par la technique d'osmose inverse, assurant l'approvisionnement en eau potable de plusieurs régions de la commune de Djamaa, ainsi que ces agglomérations urbaines de Djamaa, soit une population d'environ 68 500 habitants.

La station a été réalisée par l'entreprise AMENHYD SPA qui détient un pourcentage de 51% et une entreprise espagnole, DEISA qui détient 49% de ces investissements (Fiche de la station de Djamaa).

#### IV.2 Situation géographique :

La station de déminéralisation d'eau saumâtre est située à la commune de DJAMMA, à 45 Km de la capitale de la wilaya d'Oued Souf, cette installation permettra d'alimenter cette commune.

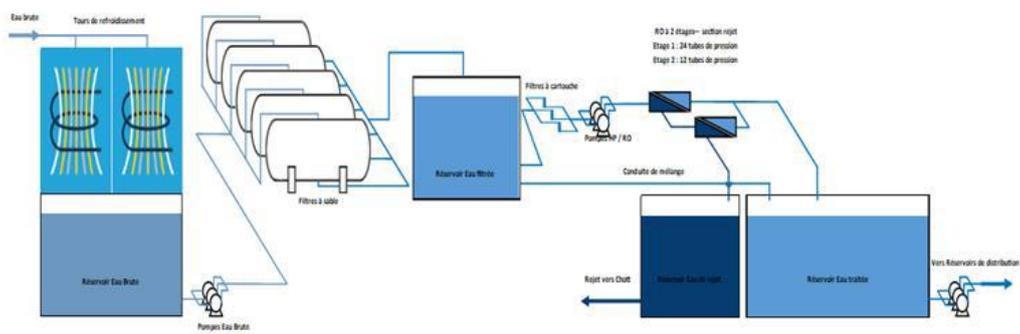


*Fig. IV .1 : Image satellitaire de la station*

**IV.3 Processus appliqué dans à la station de la déminéralisation de Djamaa :**

Le processus du dessalement d'eau de mer comporte quatre étapes principales :

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



*Fig. IV .2 : Schématisation de la technique de déminéralisation*

**IV.4 La source et le captage d'eau de cette station :**

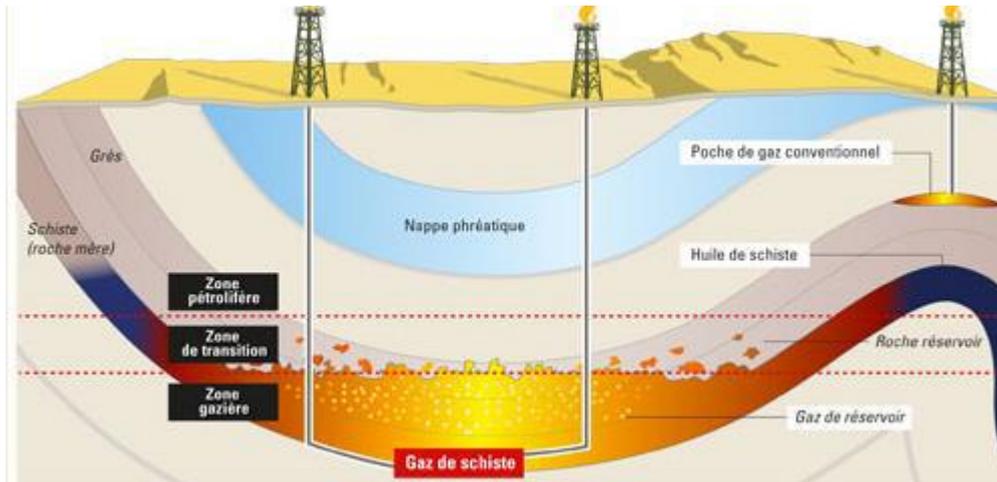
La station de traitement est alimentée par un forage. Ce forage est de type albien qui est alimenté directement par **une nappe de l'alien**.

La nappe de l'Albien nord-africaine est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle est à cheval sur trois pays, l'Algérie, la Libye et la Tunisie. 70 % de la nappe se trouve en Algérie au sud-est du pays.

**Description de la nappe de l'Albien :**

La nappe de l'Albien se trouve en grande partie dans le Sahara algérien, elle est la plus grande réserve d'eau douce au monde. Elle contient plus de 50 000 milliards de mètres cubes d'eau douce, l'équivalent de 50 000 fois le barrage de Béni Haroun qui se trouve à l'est du pays et qui alimente six wilayas limitrophes. Cette eau est le résultat de l'accumulation qui s'est effectuée au cours des périodes humides qui se sont succédé depuis 1 million d'années.

Cette nappe d'eau de l'albien est une nappe phréatique aquifère, est une nappe d'eau que l'on rencontre à faible profondeur. Elle alimente traditionnellement les forages et les sources en eau potable sans utiliser des pompes à haute pression pour faire remonter l'eau à la station. Elle est exposée à la pollution lors de l'exploitation de la zone pétrolière et de la zone gazière (gaz de schiste).



*Fig. IV.3 : Schéma de la nappe albien phréatique*

### *V. Procédées de déminéralisation de la station*

La déminéralisation par osmose inverse nécessite d'abord un prétraitement très poussé de l'eau de mer ou l'eau saumâtre pour éviter le dépôt de matières en suspension sur les membranes qui conduirait très rapidement à une diminution des débits produits et réduit la durée de vie de la membrane.

Il est indispensable de retenir toutes les particules de dimension supérieure à 5  $\mu\text{m}$  pour protéger le module d'osmose inverse. Ceci est réalisé à l'aide d'un pré filtration grossière puis d'une filtration sur multimédia bicouche « sable+anthracite » pour éliminer les matières en suspension les plus grosses. Enfin une filtration sur cartouches permet de retenir les particules de taille de l'ordre de 5 de  $\mu\text{m}$  qui n'ont pas été retenues par le filtre à sable.

La pompe haute pression permet ensuite d'injecter l'eau dans les tubes de pression d'osmose inverse dans lequel se trouvent les membranes.

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. De ce fait, la pression osmotique augmente également près de la couche limite, avec des risques de précipitation des composés à faible produit de solubilité. Pour un même rendement, la pression à appliquer est donc plus élevée. Pour éviter ce phénomène on balaye la membrane du côté de la solution salée par un flux d'eau continu. Toute l'eau n'est pas filtrée, une partie sert à nettoyer la membrane. Ce procédé est donc semblable à une filtration tangentielle. L'eau non filtrée est appelée retentât tandis que l'eau qui a traversé la membrane est appelée permeat.

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

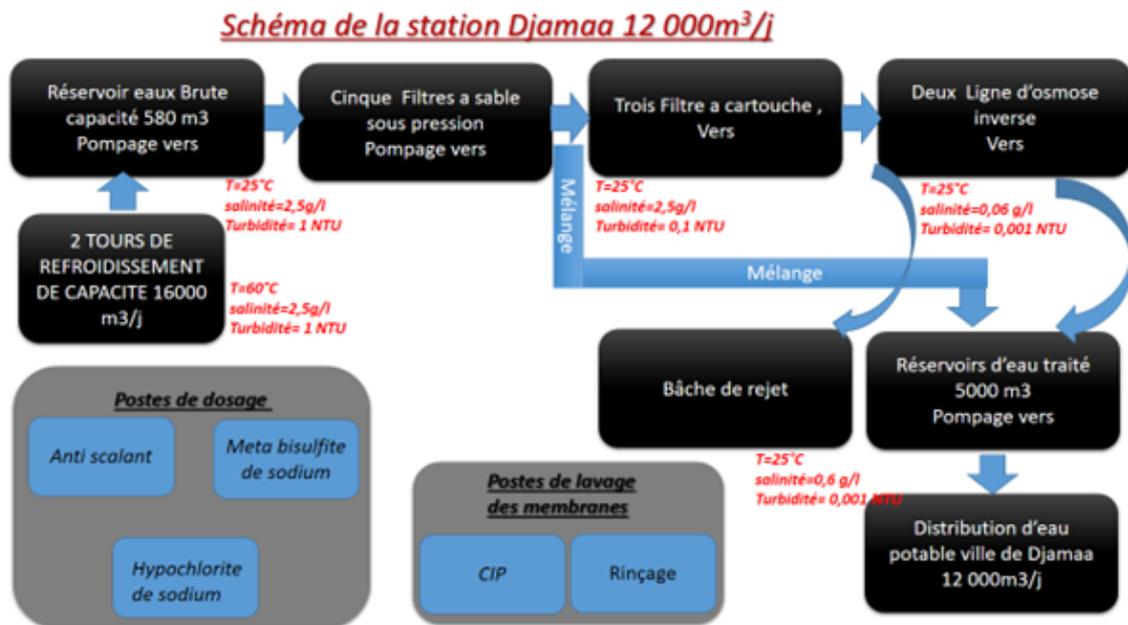


Fig. IV. 4 : Organigramme de la station de Djamaa

## V.2. - Le prétraitement :

### V.2.1 L'objectif de prétraitement :

Le prétraitement de l'eau saumâtre avant l'osmose inverse est absolument nécessaire car ces membranes sont très sensibles au colmatage ; Et pour les protéger on doit fournir les conditions suivantes :

- 1- Une température adéquate (entre 22 et 32), pour protéger les équipements en aval.
- 2- Une turbidité maximale de 5 NTU, pour éviter le colmatage des membranes
- 3- Un Ph adéquat, pour protéger les pompes contre la corrosion.

### V.2.2 Les étapes de prétraitement :

Cette étape est composée de trois opérations :

- 1ère opération : l'alimentation de la station par l'eau.
- 2eme opération : le refroidissement d'eau.
- 3eme opération : système de filtration.

#### 1ère opération : Alimentation de la station par l'eau brute :

La station de traitement est alimentée par un seul forage existant. Ce forage est de type albien et alimente directement la station de traitement.

a)- **Les caractéristiques de Forage :**

- La remontée de l'eau avec une Température de 57°C (très chaude)
- La remontée de l'eau avec une Pression de 25 bars (pression naturelle), attention à la pression d'arrivée, ne fermer jamais les vannes d'entrée au niveau des tours pour éviter l'éclatement des conduites.
- Régulation manuelle de débit 687m3/h.
- Vérification du SDI (SDI est un indice de colmatage qui permet de déterminer l'encrassement (par les matières non dissoutes et autres résidus) d'un système membranaire. Cet indice permet notamment de mesurer l'efficacité des systèmes de traitement.)



*Fig. V.5 : Le forage albien de la station*

*Tab. V.4 Les dimensions de forage de la station*

<b>Caractéristiques</b>	<b>La valeur</b>
Profondeur (nappe – forage)	1300 m.
Diamètre	300 mm.
Débit	687 m3/h.
Pression	25 bars (naturels).

Ensuite, l'eau est dirigée vers les tours de refroidissement par un écoulement gravitaire.

## 2eme opération : Le refroidissement d'eau :

### A) Protection des tours de refroidissement :

Le refroidissement d'eau se fait par des équipements appelés les tours de refroidissement, avant de débiter leur fonctionnement, il faut passer par deux étapes pour les protéger.

#### 1ère étape : le dosage d'anti-incrustant amont tours :

L'eau brute arrive à la station par un collecteur en fibre de verre lié directement au forage. Avant de commencer le refroidissement il faut injecter un séquestrant pour éviter l'entartrage à l'intérieur des conduites et équipements. Le tartre est généralement constitué par des sels de calcium, il peut s'agir de : carbonate de calcium, oxalate de calcium, Phosphate de calcium et silicates.

Ce phénomène affecte l'ensemble du système d'alimentation où des dommages considérables ont été constatés notamment sur les conduites de distribution les réservoirs d'accumulation, les tours de refroidissement et la station de pompage.

Les dépôts de tartre ont des conséquences considérables sur le fonctionnement des installations de dessalement :

- Réduction de la section de passage.
- Dégradation des états de surface.
- Par leur très forte adhérence, les tartres mènent à une constance de débit



Avant l'entartrage



Après l'entartrage.

*Figure V.6 : Intérieur d'une conduite avant Et après l'entartrage*

### **2ème étape : Le dosage de chloration :**

Le but de cette étape est d'éviter la prolifération microbologique dans les tours de refroidissement (protection contre la légionnelle), la légionnelle est une bactérie naturellement présente dans l'eau et dans les boues. Elle est responsable d'une maladie respiratoire ;

La légionellose. Elle colonise fréquemment les réseaux d'eau, notamment les réseaux d'eau chaude. La prévention des équipements contre ces bactéries se fait par l'injection des réactifs comme l'hypochlorite de calcium  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ .

### **B) Le principe de refroidissement :**

#### **But de refroidissement :**

Les tours de refroidissement sont utilisées dans le cas des forages d'eau chaude albien (température de l'eau pouvant atteindre jusqu'à  $60^\circ\text{C}$ ) pour protéger tous les équipements en aval.



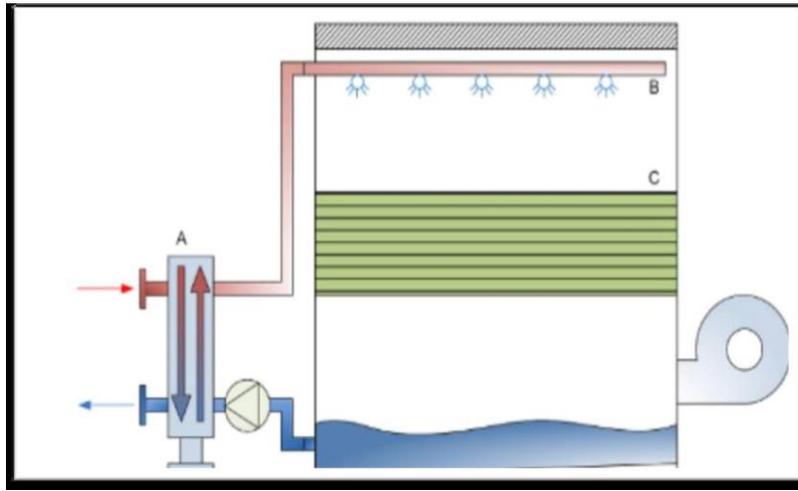
Fig. V .7 : les tours de refroidissement de la station.

### **C)-L'opération des tours de refroidissement de la station :**

L'eau sort avec une température de  $57^\circ\text{C}$ . La station est équipée de deux tours de refroidissement de capacité de  $16000 \text{ m}^3/\text{j}$ , dont le type est « tours c'est des tours de refroidissement à circuit fermé ».

Le principe de ces tours c'est qu'il n'y a pas de contact direct entre l'air et l'eau à refroidir. On fait par contre appel à un échangeur supplémentaire. Ainsi, il existe des tours de refroidissement avec condensateur tubulaire et des tours avec échangeur à plaques.

Une tour de refroidissement est un échangeur de chaleur qui permet de refroidir de l'eau par le contact direct avec l'air. Le transfert de chaleur se fait partiellement par l'échange de chaleur entre l'air et l'eau, mais surtout par l'évaporation d'une petite quantité de l'eau à refroidir. De cette façon, on peut atteindre des températures de refroidissement inférieures à celles de l'air ambiant.



**Figure V .8 :** schéma d'une tour de refroidissement à circuit fermé

### **D)-Fonctionnement de ces tours :**

- L'eau à refroidir transite par l'échangeur à chaleur (A).
- Celui-ci est constitué de plaques en acier inoxydable et se trouve à côté de la tour de refroidissement dans un local contigu.
- Dans l'échangeur de chaleur, la chaleur de l'eau à refroidir est changée avec l'eau de refroidissement du côté tour
- L'eau qui sort de l'échangeur à plaques, est amenée par une tuyauterie au sommet de l'appareil ou des répartiteurs (B) distribuent l'eau sur les surfaces de ruissellement (C).
- L'eau tombe à travers les surfaces de ruissellement en se refroidissant et est collectée dans le bassin. Elle est ensuite à nouveau envoyée par la pompe de circulation (D) vers l'échangeur ou elle va refroidir l'eau.
- L'eau est refroidie par l'air pulsé à contre courant par le ventilateur (S). Cet air se réchauffe et se sature lors du contact avec l'eau sur les surfaces de ruissellement.

- Ensuite, cet air saturé d'humidité s'échappe par la partie supérieure de la tour.
- Puis on doit récupérer l'eau après le refroidissement dans une bache d'eau brute.

**E)- Les conditions qu'il faut atteindre après le refroidissement :**

- 1-Faire attention aux limitations de débit.
- 2-La température doit être entre 22-32°C
- 3- Ne pas dépasser les 32°C. Risque d'endommager les membranes.

*Tab. V. 2. Qualité de l'eau brute (après des tours) :*

Paramètres	Unités	Valeur	La norme algérienne
Calcium	Mg/l	232	200
Magnesium	Mg/l	95.95	150
Sodium	Mg/l	222.5	200
Potassium	Mg/l	35.96	20
Ammonium	Mg/l	0.04	0.5
Barium	Mg/l	0.05	1
Strontium	Mg/l	0	/
Carbonate	Mg/l	0.00	/
Hydrogénocarbonate	Mg/l	231.85	/
Sulfates	Mg/l	654	400
Chlorure	Mg/l	420.65	500
Fluorure	Mg/l	0.41	2
Nitrate	Mg/l	0.38	50
Bore	Mg/l	0	
Silicate	Mg/l	0	
SDI	Mg/l	<3	<4
Résidu sec	Mg/l à 150°C		2000
Température	°C	57	25
Turbidité	NTU	5	<0.4
pH		8.12	6.5-9

**3ème opération : Système de filtration :**

Après le refroidissement des eaux brutes, on passe à l'étape suivante qui est la filtration bicouche à un débit d'eau brute (après le refroidissement) de 658m<sup>3</sup>/h.

**A)- La filtration bicouche :** Le filtre à sable permet de retenir toutes les particules trop grosses pour le traverser. La qualité de la filtration peut être améliorée par l'ajout de flocculant qui réduit les espaces entre les grains de sable et anthracite. Les filtres doivent être régénérés régulièrement, pour qu'il ne se colmate pas, par exemple. Le sable et l'anthracite doivent être renouvelés tous les cinq ans environ pour garder son pouvoir de filtration.

**B)- L'opération de filtration :**

La station est équipée de cinq filtres à sable et anthracite sous pression qui sont alimentés par pompage, via la bache d'eau brute. Des variateurs de vitesse sont prévus sur les pompes d'eau brute pour réguler le débit d'alimentation des filtres à sable.



*Fig. V.9 : les 5 filtres de la station*

**C)- Système de pompage pour alimenté les filtres :**

Un réservoir de 400 m<sup>3</sup> alimente les 5 unités de filtres à l'aide de 3 pompes d'eau brute (avec un débit de 329 m<sup>3</sup>/h et une pression de 1.5 bar pour chaque pompe).

Chaque pompe d'eau brute alimente 2 filtres en service ; et propulse 164.5 m<sup>3</sup>/h par filtre.

Débit d'une pompe/2= débit d'un filtre

$$329/2=164.5 \text{ m}^3/\text{h}$$

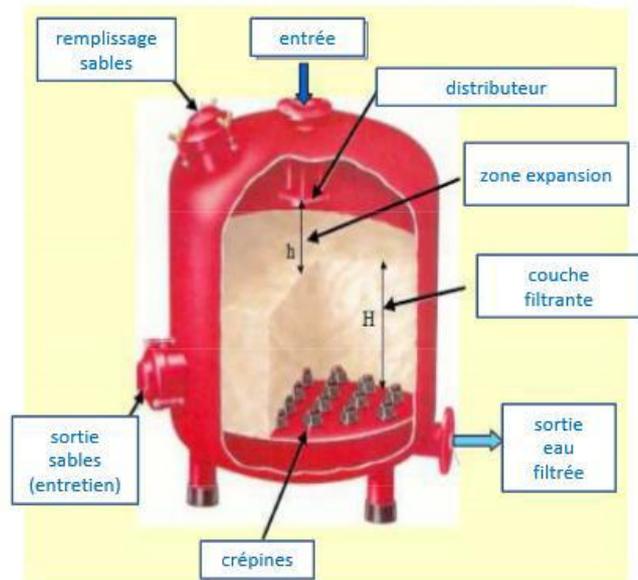


Fig. V 10 : Schéma d'un filtre bicouche (sable-anthracite)

Tab. V. 3. Dimensionnement des filtres :

Dimensionnement	
Nombre de filtres	5
Diamètre filtre	2500 mm
Longueur cylindre	6000 mm
Température max.	45 °C
Kg silex	16300 kg
Kg anthracite	4800 kg

**D) Principe de fonctionnement de ces filtres :**

L'eau propulsée dans le filtre bicouche à partir d'une entrée située dans le haut du filtre, puis elle est distribuée en expansion sur une couche filtrante (bicouche) composée de :

- D'une 1ère couche D'anthracite de 450mm d'épaisseur et d'une granulométrie comprise entre 0.8 et 1.6 mm ayant pour rôle la rétention des matières en suspension (MES).

- D'une 2eme couche de sable de 400 mm d'épaisseur et d'une granulométrie comprise entre 0.4 et 0.8 mm, ayant pour rôle de réduire le SDI (Silt Density Index) et la valeur de la

turbidité doit être égale à 0.1 NTU, cette couche de sable à pour but d'éliminer les grands détritiques pour éviter le colmatage des membranes.

Enfin, l'eau passe par les crépines placées au fond du filtre, L'eau filtrée est recueillie dans un réservoir d'eau de lavage des filtres, ou bache d'eau prétraitée avec un débit de **658 m<sup>3</sup>/h**.

A la sortie des filtres, il ya un capteur de turbidité doté d'une alarme qui se déclenche en cas d'une haute turbidité causée soit pour un mauvais fonctionnement du filtrage soit pour une fuite de sable. Dans ce cas le lavage des filtres sera nécessaire et manuel.

### ***E) Système de lavage des filtres :***

Pour maintenir l'efficacité de la filtration, un rétro lavage du filtre est nécessaire. Il s'effectue en 2 temps :

#### ***La 1ère phase : La phase air qui décolle les impuretés :***

La station est équipée de deux suppresseurs d'air qui alimentent les filtres de l'air par 2 pompes d'injection (chaque suppresseur est lié à une pompe), chaque pompe à un débit de 750 Nm<sup>3</sup>/h et une pression de 0.5 bar.



***Fig. V 11 : Suppresseur air de la station***

***La 2ème phase : La phase d'eau pour l'évacuation des matières en suspension et le reclassement des couches de media mélangées lors de la phase air :***

-L'eau utilisée pour le lavage est une eau filtrée, On alimente les filtres de l'eau par 3 pompes. Chaque pompe a un débit de 75 m<sup>3</sup>/h et une pression de 1.5 bar.

-Le filtre est soumis à un contre lavage, Le lavement se fait du bas vers le haut du filtre, l'eau de lavement est récupérée dans la bache d'eau brute

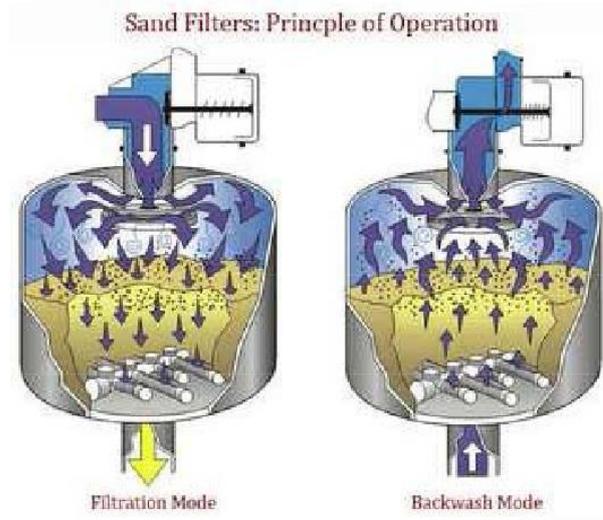


Fig. V 12 : Schéma représentant la technique de lavage des filtres

Pour éviter des fuites lors de contre lavage, la vanne d'entrée au filtre a un limiteur d'ouverture (réglé pendant la mise en service).

**Séquence de lavage (temps totale approximé= 27 min/filtre).**

Enfin l'eau passe par les crépines placées au fond du filtre, L'eau filtrée est recueillie dans un réservoir d'eau de lavage des filtres, ou bache d'eau prétraitée avec un débit de

Tab. V. 3 La qualité d'eau prétraitée :

Le paramètre	La valeur	La norme algérienne
pH	8.1	6.5 -9
Dureté	705.3 mg/l CaCO <sub>3</sub>	>150 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Turbidité	0.1 NTU	<0.4 NTU
Conductivité	2310 µm/cm	2800 µS/CM
TDS	1618 Mg/l	/
Salinité	1.56%	/

*La source de ces analyses c'est le suivi annuel de laboratoire de la station (la moyenne annuelle de chaque paramètre*