



*Université Cadi Ayyad
Faculté des Sciences et Techniques
Département des Sciences de la Terre
Marrakech*



*Office Nationale de l'Eau Potable
Direction Régionale d'Agadir
Maroc*

Mémoire de fin d'études

Licence Sciences et Techniques: Eau & Environnement

LST-EE

Alimentation en eau potable du Grand Agadir : Cas de la station de traitement de Sidi Boushab

Réalisé par :

- ✓ Mlle Asmae MOUNAAM
- ✓ Mlle.Lamia ALAHIANE

Encadrés par:

- Mr. AGOUSSINE
- Mr. BOUGADIR
- Mr. AHOUI

Année Universitaire 2008/2009

Remerciements

Nous tenons à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech et les intervenants professionnels responsables de la formation LST - Eau et Environnement, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Nous remercions également Monsieur Bougadir, et Monsieur Agoussine pour l'aide et les conseils concernant les missions évoquées dans ce rapport et pour nous avoir dirigées lors de ce travail.

Nous tenons aussi à témoigner toute notre reconnaissance, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt que les personnes suivantes nous ont fait vivre durant six semaines au sein d'Office National de l'Eau Potable(ONEP) d'Agadir :

Monsieur Ahouzi, Chef de la Division Industriel, pour son accueil et la confiance qu'il nous a accordée dès notre arrivée à l'ONEP d'Agadir.

Monsieur Laaziz, Chef de Service Contrôle de la Qualité, pour nous avoir intégrées rapidement au sein du laboratoire de l'ONEP et nous avoir accordé toute sa confiance.

Toute l'équipe du laboratoire de l'ONEP à Agadir et de la station de traitement de Sidi Boushab. Ainsi que l'ensemble du personnel d'ONEP d'Agadir pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de six semaines de stage.

Dédicaces

A ma Mère pour son dévouement, son amour et son soutien.

*A mon Père pour son affection, ses encouragements et ses
conseils*

A la mémoire de ma chère grand-mère

A mon cher frère Hatim

A mon cher frère Younes et sa femme Loubna

A toute ma famille

A toutes mes amies

Et tous ceux qui m'aiment

Je dédie ce travail

Lamia ALAHIANE

Dédicaces

A la mémoire de mon Père

*A ma chère Mère qui a éclairé mon chemin et qui m'a
encouragée et soutenue tout au long de mes études*

A mes chères sœurs : Sanaa, Loubna, Chaymae et Safaa

A ma belle famille,

A toutes mes amies,

Je dédie ce mémoire ...

Asmae MOUNJAM

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
I- PRODUCTION DE L'EAU POTABLE.....	3
I.1- ORIGINE DES EAUX BRUTES.....	3
I.2- TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE L'EAU.....	5
I.2.1- <i>Historique</i>	5
I.2.2- <i>Technique de traitement</i>	7
II- PRESENTATION DE L'ONEP (ORGANISME D'ACCUEIL)	8
II.1- DIRECTIONS REGIONALES DE L'ONEP	8
II.2- PRESENTATION DE LA DIVISION D'ACCUEIL :	9
III- L'AEP DANS LE SOUSS MASSA.....	10
III.1- RESSOURCES EN EAU DANS LA REGION DE SOUSS MASSA.....	10
III.1.1- <i>Climat</i> :	11
III.1.2- <i>Cadre géologique de la plaine du Souss</i>	12
III.1.3- <i>Les ressources en eau de surface</i> :	13
III.1.4- <i>Les ressources en eaux souterraines</i>	14
III.2- SYSTEMES DE PRODUCTION DE L'EAU POTABLE DU GRAND D'AGADIR	15
IV- PRESENTATION DE LA STATION SIDI BOUSHAB.....	20
IV.1- INTRODUCTION	20
IV.2- FILIERE DE TRAITEMENT ET OUVRAGES ANNEXES.....	20
IV.2.1- <i>L'eau brute de la station de Sidi Boushab</i>	20
IV.2.1.1- <i>Analyses physico-chimiques</i> :	25
IV.2.1.2- <i>Les analyses organoleptiques</i> :	29
IV.2.1.3- <i>Les analyses bactériologiques</i>	29
IV.2.2- <i>La préchloration</i>	30
IV.2.3- <i>Débouillage</i>	31
IV.2.4- <i>Floculation/Coagulation- Décantation</i>	33
IV.2.5- <i>Filtration</i>	38
IV.2.6- <i>Désinfection</i>	41
IV.2.7- <i>Neutralisation</i>	45
IV.2.8- <i>Distribution</i>	45
IV.2.9- <i>Les lits de séchage</i>	46
IV.3- <u>EAU TRAITEE</u>	46
IV.4- EVOLUTION DE LA QUALITE DE L'EAU BRUTE.....	48
IV.4.1- <i>Conductivité</i>	48
IV.4.2- <i>pH</i>	49
IV.4.3- <i>Turbidité</i>	50
IV.4.4- <i>Coagulant</i>	51
IV.5- EVOLUTION DES VOLUMES D'EAU BRUTE ET D'EAU PRODUITE	51
VI- CONCLUSION	53
LISTE DES PHOTOS	54
LISTE DES FIGURES	54
LISTE DES TABLEAUX.....	54
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	55

Introduction

Notre stage de fin d'étude effectué, pendant 6 semaines, au sein de l'Office Nationale de l'Eau Potable (ONEP) d'Agadir et plus précisément dans la station de traitement des eaux potables Sidi Boushab, avait pour but de présenter et décrire la station de traitement; ses ouvrages; ses filières de traitement; la qualité des eaux traitées et les volumes d'eau produits par la station.

En fait, la station Sidi Boushab qui traite les eaux captées du barrage Dkhila, ne participe qu'en partie à l'alimentation en eau potable du Grand Agadir.

Pour atteindre cet objectif, on s'est d'abord intéressé à savoir comment se fait l'alimentation en eau potable dans le Souss Massa, avec une présentation des ressources en eau dans la région et les systèmes de production de l'eau potable du grand Agadir.

L'eau, plus que toute autre forme de ressources, joue un rôle primordial dans le développement de l'activité humaine, et constitue un facteur déterminant du développement des pays.

L'optimisation de cette ressource si précieuse est à notre époque obligatoire et nécessaire, surtout que l'essor démographique et industriel est sans cesse croissant, et exige des ressources en eau de plus en plus importantes.

Cette rationalisation doit être tant quantitative que qualitative : au-delà de la seule quantification des ressources en eau disponible, un suivi permanent de la qualité physico-chimique et biologique des eaux est indispensable. En effet, la détérioration de la qualité des eaux pose de sérieux problèmes surtout dans les régions semi-arides où ces ressources sont très limitées.

Notre stage de fin d'études s'est déroulé à la station de traitement des eaux Sidi Boushab, participant à l'AEP du Grand Agadir

I- Production de l'eau potable

La réglementation définit une eau potable comme une eau qui ne doit pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes.

L'objectif du traitement est alors de protéger les consommateurs de micro-organismes pathogènes et d'impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé. L'eau qui coule au robinet, reflète les deux préoccupations permanentes que sont la santé publique et le confort et le plaisir de boire.

Les services de l'eau (ONEP, Collectivités, Sociétés privées...) doivent disposer d'une eau brute suffisante de bonne qualité pour la production d'eau destinée à la consommation humaine. Le traitement va consister à prévoir une chaîne ou filière de traitements dans le but de rendre l'eau conforme aux limites et références de qualité.

I.1- Origine des eaux brutes

Il existe quatre sources principales d'eaux brutes: les eaux de pluie, les eaux de surface, les eaux souterraines et les eaux de mer. Les caractéristiques générales de chacune de ces sources reflètent l'interaction Eau- milieu environnant.

◆ *Eaux de pluie*

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme les sels de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques.

La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau.

◆ *Eaux de surface*

On peut répartir les eaux en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac. La dureté de toutes les eaux de surface est modérée.

Eaux de rivière (partie amont) :

L'amont d'une rivière est généralement situé dans une région montagneuse, où la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- ✓ turbidité élevée .le régime des rivières étant torrentiel, les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- ✓ contamination bactérienne faible .la pollutions causée par l'homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante.
- ✓ Température froide. Ces eaux proviennent sot de sources, soit de fonte de neige et des glaciers.
- ✓ Indice de couleur faible. Ces eaux n'ont pas eu une le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur.

Les eaux de rivières (partie aval) :

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région ou la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuse. Les eaux y sont donc habituellement de moindre qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Contamination bactérienne élevée. Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestique et agricoles.
- Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent de grandes quantités de matières organiques et inorganiques.
- Indice de couleur pouvant être élevé. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les colorent.

Signalons que le débit et la qualité des eaux de rivière (amont et aval) peuvent varier en peu de temps. C'est pourquoi les usines de purification doivent être suffisamment complexes pour réagir rapidement à toute modification des caractéristiques des eaux de rivière.

◆ **Eau de lac**

On peut considérer un lac comme un bassin naturel de décantation dont la période de rétention est longue. La turbidité de l'eau y est donc faible et la contamination bactérienne habituellement peu importante. Les caractéristiques des de lac varient très lentement au cours de l'année, a l'exception de deux courtes périodes au printemps et l'automne .durant ces périodes, la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes peut provoquer un renversement des eaux du lac et augmenter ainsi brusquement la turbidité.

◆ *Eaux souterraines*

Les eaux souterraines enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution. Puisque les caractéristiques de ces eaux varient très peu dans le temps, les usines de purification n'ont pas à résoudre les problèmes dus aux variations brusques et importantes de la qualité de l'eau brute. Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous.

- ✓ Turbidité faible : Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol
- ✓ Contamination bactérienne faible : Le très long séjour dans le sol la filtration naturelle et l'absence de matières organique ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- ✓ Température constante : Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- ✓ Indice de couleur faible : Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- ✓ Débit constant : Contrairement à celles des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- ✓ Dureté souvent élevée : Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg^{2+} , Ca^{2+} , etc.) responsables de la dureté.
- ✓ Concentration élevée de fer et de manganèse : ces métaux souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous.

◆ *Eaux de mer*

Les eaux de mer sont une source d'une eau brute qu'on n'utilise que lorsque il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs concentrations en sels dissous ; c'est qu'on appelle leur salinité. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 37000 mg/l.

I.2- Techniques de traitement de l'eau

I.2.1- Historique

L'une des plus anciennes références au traitement des eaux de consommation est tirée d'un texte médical en sanscrit datant de 2000 ans av J.-C. On y indique comment rendre les eaux potables en les faisant bouillir au dessus d'un feu, en les chauffant au soleil, en y plongeant un fer chaud ou en les filtrants à travers un lit de sable et de gravier. Les armées d'Alexandre, pendant leurs nombreuses campagnes d'Asie mineure, recevaient la consigne de faire bouillir leur eau avant de la consommer. Dans la Rome antique les aqueducs acheminaient des eaux de diverses qualités : on consommait les

meilleurs d'entre elles, alors qu' on réservait les médiocres aux bains et aux thermes ,et le pires au cirque nautique.

En 1852 à Londres, on vota une loi qui stipulait que toute eau destinée à la consommation humaine devrait être filtrée. En 1854, John Snow et John York ont montré, dans la mesure où ils le prouvaient avec les moyens de l'époque, que la fièvre Asiatique qui sévissait alors à Londres était transmise par les eaux du puits de «Broad street» .ils ont par ailleurs établie que ce puits était contaminé par des eaux issues d'un réseau d'égouts défectueux, réseau dans lequel étaient déversées les eaux usées d'une maison habitée par un malade. Après 1870 les progrès réalisés en bactériologie permirent d'isoler plusieurs bactéries et de prouver, hors de tout doute que l'eau pouvait transporter ces bactéries et favoriser ainsi la transmission de plusieurs maladie .A partir de 1904, en Angleterre, on procéda à la chloration continue des eaux de consommation, pratique que les USA adoptèrent à leur tour en 1909. Il est utile de signaler que, jusqu'au début de 20ème siècle, les critères d'appréciation de la qualité d'une eau étaient essentiellement basés sur les sens : l'eau devrait être limpide, agréable au goût et dépourvue d'odeur désagréable.

Depuis le début du siècle, on a réalisé d'importants progrès en matière de traitement des eaux.

La désinfection continue des eaux est maintenant chose courante ;des produits désinfectants, comme l'ozone et le dioxyde de chlore, assurent une meilleure désinfection .certains développements dans les domaines de la décantation et de filtration on entraîné la réduction de la taille des équipements. Par ailleurs, le raffinement des techniques de laboratoire permet de mesurer avec davantage de précision les concentrations des différentes substances contenues dans une eau ;on peut ainsi déterminer si une eau est potable. Grâce à la technologie actuelle ;on peut rendre potable a peu près n'importe quelle eau, et ce quel que soit son degré de pollution. La tache actuelle du spécialiste en traitement des eaux ne consiste pas uniquement à appliquer des principes connus, étant donné que la croissance démographique et l'industrialisation ont augmenté la quantité de la diversité des déchets rejetés dans les rivières et lacs, ce qui donne naissance à des micropolluants et les lithalométhane engendrent autant de cas que le spécialiste doit résoudre techniquement et de façon économiquement.

I.2.2- Technique de traitement

Avant d'arriver aux robinets, l'eau captée dans la nature doit subir une série d'opérations dans une usine de traitement : afin de répondre à toutes les exigences de qualité, des traitements adaptés, souvent sophistiqués, sont nécessaires. En fonction de la qualité de l'eau brute, les procédés de base et les traitements sont multiples.

Pour les eaux de surfaces et les eaux souterraines subissent les procédés suivants (selon la qualité de l'eau brute traitée):

- Procédés physiques. Ces procédés consistent à faire passer l'eau à travers des filtres et tamis, à la laisser décanter, à la filtrer sur des matériaux classiques (sable) ou absorbants (charbons actifs) et, parfois, à utiliser de l'air sous pression pour faire remonter diverses matières à la surface (flottation).
- Procédés physico-chimiques. Par l'ajout de réactifs, on parvient à une coagulation des matériaux en suspension, qui sont éliminés par la suite.
- Procédés chimiques. Certains éléments chimiques (chlore, ozone, gaz désinfectant) sont utilisés pour agir sur les métaux et pour détruire les germes. Enfin, des procédés de neutralisation ou d'acidification permettent de contrôler le pH de l'eau.

Procédés biologiques. Certaines cultures bactériennes mises en contact avec l'eau éliminent des éléments indésirables.

Pour les eaux de mer, sont caractérisées par leurs concentrations élevés en sels dissous, donc son traitement consiste a diminué cette concentration pour avoir une eau de salinité acceptable. La méthode utilisée dans ce cas est le dessalement de l'eau de mer qui est un procédé permettant de traiter de l'eau salée ou saumâtre afin de la rendre potable ou utilisable pour l'irrigation. Cette technique est généralement moins rentable que le traitement des sources d'eau douce, qu'il s'agisse des eaux de surface ou des nappes souterraines. Cependant, elle est utilisée dans certaines régions du monde où les sources d'eau douces sont inexistantes ou insuffisantes pour répondre aux besoins de la population ou de la production agricole. Il existe 2 filières de dessalement :

✓ Filière thermique (Distillation)

La distillation consiste à évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur des rayons solaires, soit en la chauffant dans une chaudière. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels dissous et toutes les autres substances contenues dans l'eau de mer. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau ainsi obtenue pour obtenir une eau douce consommable. Il existe différents types de distillation on note :

- *Multi Effect Distillation (MED) * Mechanical Vapour Compression (MVC)
- * Multi Stage Flash Distillation (MSF) *Thermal Vapour Compression (TVC)

✓ **Filière membranaire :**

-L'électrodialyse : est utilisée pour les eaux saumâtre. Le sel se dissout dans l'eau en ions négatifs (-) et en ions positifs (+), qui sont mis en mouvement par un courant électrique à travers des membranes anionique (-) et cationique (+), ce qui diminue la quantité de sel dans l'eau.

-L'osmose inverse : est l'une des techniques techniques dites membranaires; C'est à dire une technique qui consiste à utiliser un film de faible épaisseur semi-perméable : la membrane, à travers laquelle sous l'effet d'une différence de pression, passeront les molécules d'eau mais pas la plupart des corps dissous (sels, matières organiques).

II- Présentation de l'ONEP (organisme d'accueil)

L'office national de l'eau potable ou l'ONEP, établissement public à caractère industriel et commercial (créé en 1972), est un acteur principal dans le secteur de l'eau potable et de l'assainissement qui se charge principalement de la planification et de l'appro

visionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par plusieurs phases :

- La conception
- La réalisation
- La gestion
- L'exploitation des unités de production, de distribution et d'assainissement liquide
- Contrôle de la qualité des eaux jusqu'à la protection de la ressource.

Les efforts déployés par l'ONEP durant les trois dernières décennies ont permis d'améliorer le niveau de l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain. Aujourd'hui l'Office s'est fixé une nouvelle stratégie visant la généralisation de l'accès à l'eau potable à l'ensemble des citoyens et l'intervention dans le secteur de l'assainissement liquide notamment en milieu rural dans une vision globale et intégrée du cycle de l'eau.

II.1- Directions régionales de l'ONEP

Les directions régionales de l'eau potable sont réparties sur tout le royaume. En effet, il en existe 9 directions régionales et 23 directions provinciales :

- La direction Du Sud (Agadir) ⇒ DR1
- La direction Tensift (Marrakech) ⇒ DR2
- La direction Centre (Khouribga) ⇒ DR3
- La direction Nord (Ouest Kenitra) ⇒ DR4
- La direction Centre (Nord Fès) ⇒ DR5
- La direction l'Oriental (Oujda) ⇒ DR6
- La direction Centre Sud (Meknès) ⇒ DR7
- La direction Provinces Sahariennes (Laayoune) ⇒ DR8.
- La direction régionale côte atlantique ⇒DRC

II.2-Présentation de la division d'accueil :

Division industrielle

La division industrielle se charge de toutes les activités liées à l'eau et à l'assainissement:

- la production,
- la distribution,
- la consommation au niveau des centres qui sont attachés à la Direction Régionale,
- le suivi des besoins en eau des centres,
- la programmation et la coordination des travaux d'alimentation en eau potable,
- L'exploitation de l'assainissement liquide.

Le fonctionnement de cette division est assuré par trois services :

- Service exploitation et maintenance,
- Service commercial et distribution,
- Service contrôle de la qualité.

En plus de deux unités : production- Agadir et l'assainissement liquide.

Service « Contrôle de la qualité »

Ce service veille sur la qualité de l'eau potable via des analyses effectuées dans le réseau de production ainsi que dans celui de la distribution.

Il existe trois types d'analyses :

Type 1 : Analyses bactériologiques

Ces analyses sont effectuées sur l'eau dans le réseau de distribution et à l'entrée du système de distribution. Elles visent le contrôle de la Température, pH, Dose du désinfectant résiduel, Coliformes fécaux et totaux, Germes totaux (à 22 et 37°C), et Turbidité dans certains cas.

Type 2 : Analyses de surveillance

En plus des paramètres de qualité compris dans l'analyse de type I, l'analyse de type II comprend les paramètres de qualité suivants :

- Turbidité, Conductivité, Ammonium, Nitrite, Nitrate, Oxydabilité au permanganate de potassium,
- Dénombrement des clostridium sulfito-réducteurs pour l'eau traitée,
- Dénombrement des streptocoques fécaux pour les eaux brutes.

Type 3 : Analyses physicochimiques

L'analyse complète du type III est utilisée, pour les mêmes fins que l'analyse du type II, sauf pour la confirmation d'une pollution bactérienne à l'intérieur d'un réseau

de distribution d'eau. Elle sert également à l'étude des ressources en eau que l'on se propose d'utiliser pour l'approvisionnement public en eau. Elle comprend :

Tous les paramètres pour lesquels une valeur maximale admissible (VMA) ou une valeur minimal requise (VMR) est fixée par les normes applicables à l'eau d'alimentation humaine, en vigueur au moment du prélèvement.

III- l'AEP dans le Souss Massa

III.1-Ressources en eau dans la région de Souss Massa

La région de Souss (Fig.1) connaît, depuis les années 70, un grand essor économique. Le développement des activités agricoles, touristiques et l'expansion démographique sont accompagnés d'une croissance continue des besoins en eau. La nappe libre du Souss est très sollicitée pour satisfaire ces besoins, d'où son intense exploitation et la dégradation concomitante de la qualité de son eau.

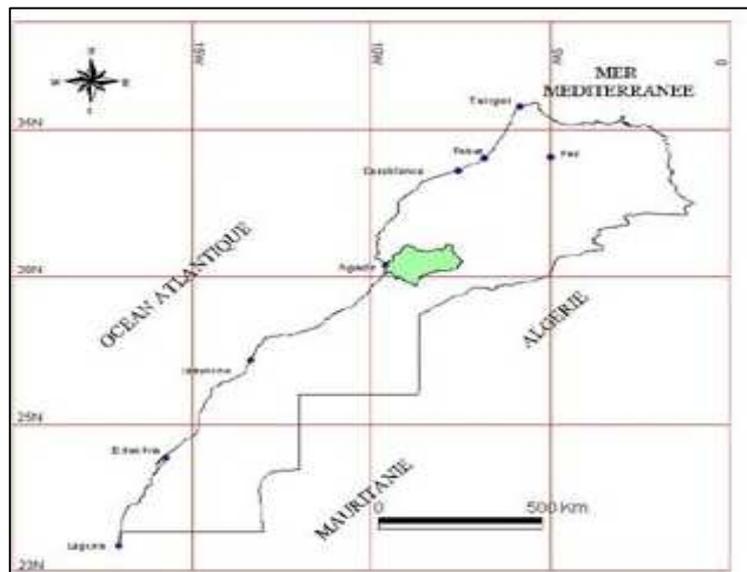


Fig. n°1 : Situation géographique du bassin versant de l'oued Souss .
(source :site web http://www.esrifrance.fr/actu/sig2003/Communication/who/who_esri.htm).

La plaine du Sous (4500 km²) est traversée, d'est en ouest, par l'oued Souss (Fig.2) sur une longueur de 168 km, en collectant toutes les eaux de surface de son bassin versant de 18000 km². La plupart des eaux pérennes de la vallée se rencontrent au voisinage des piémonts, sous forme de sources et d'écoulements.

Le bassin du Souss abritait 1246703 habitants en 1994 et environ 1483167 en 2004, soit 10% de la population totale du Maroc(source :direction statistiques 2005). La densité moyenne de peuplement est de l'ordre de 76 habitants au km², ce qui est nettement supérieure à la moyenne nationale de 39 hab/km².

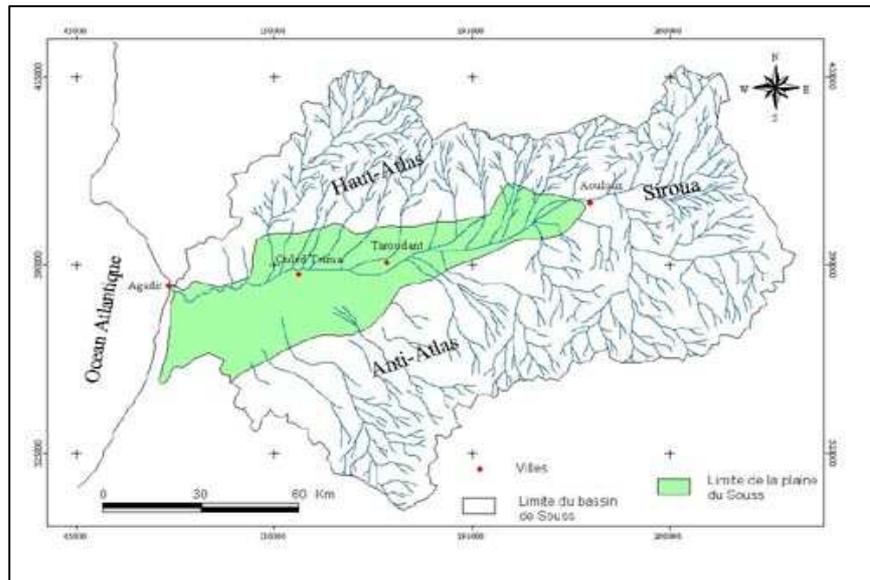


Fig.2 : Plaine du Souss et réseau hydrographique du bassin versant
(source :site web http://www.esrifrance.fr/actu/sig2003/Communication/who/who_esri.htm).

III.1.1- Climat :

Le climat du Souss est complexe, car il résulte de l'influence de trois facteurs très différents: un cadre montagneux élevé et fermé sauf à l'ouest; la proximité de l'océan sur lequel la vallée s'ouvre largement, une latitude saharienne. Le haut Atlas forme barrière pour les fronts froids qui se développent sur le Maroc atlantique, au nord. De l'ouest, une brise de mer souffle vers la vallée, son influence est surtout ressentie dans la zone côtière qui jouit ainsi d'un climat relativement doux et régulier. L'influence saharienne se manifeste dans la vallée surtout vers le sud et l'est. De la fin du printemps au milieu de l'automne, un régime de vents chauds «chergui», peut s'instaurer pour des périodes variant de quelques jours à plusieurs semaines. Le climat de la vallée est dans l'ensemble du type aride, avec des atténuations dues à l'influence océanique.

Les pluies (Fig 3) sont faibles et irrégulières :

- 30 jours de pluie, en moyenne, par an
- 300 à 600 mm sur le Haut Atlas
- 200 mm sur la plaine du Souss
- Moins de 150 mm dans le sud
- *Chute de neige sur le Haut Atlas*

L'évaporation varie de 2000 à 3000 mm/an

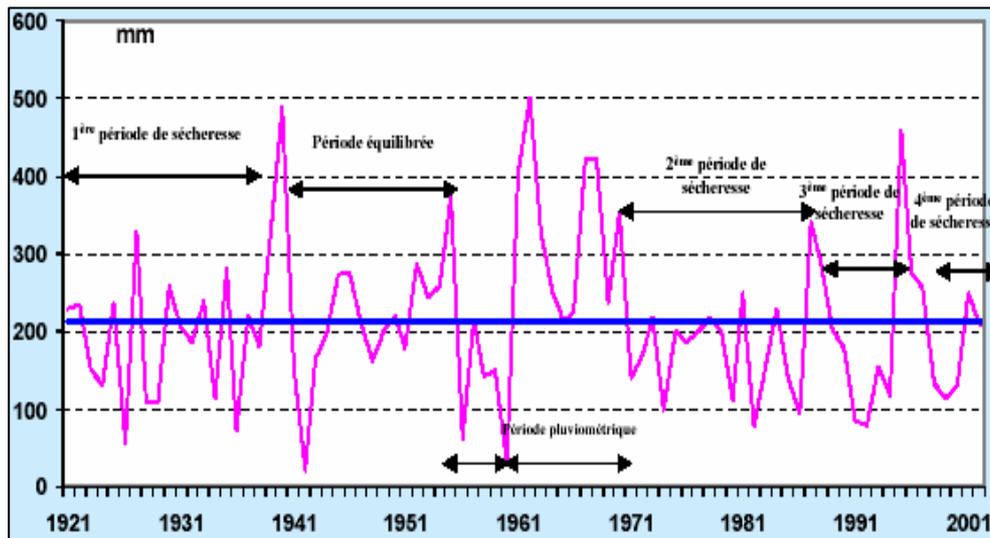


Fig. 3: précipitations annuelles de la station de Taroudant entre 1921 et 2001
 (Source site web :http://www2008.msem.univ-montp2.fr/resource/authors/abs314_article.pdf)

III.1.2- Cadre géologique de la plaine du Sous

La structure générale du bassin du Sous est composée de trois domaines :

- **L'Anti-Atlas occidental** caractérisé par le vaste développement des séries essentiellement calcaréo-dolomitiques infracambriennes et géorgiennes qui atteignent localement 5000 m d'épaisseur
- **L'Haut Atlas** (versant sud, aux pentes abruptes), comprenant d'Est en ouest, dans sa partie axiale : le « massif ancien du Haut Atlas » formé de roches ruptives précambriennes qui culmine au jbel Toubkal (4165m) et le « bloc occidental » dont les puissantes formations cambro-ordoviciennes pénétrées par les granites hercyniens font suite, au Nord, à celles de l'Anti-Atlas. Entre le Haute Atlas et l'Anti-Atlas, le massif volcanique du Siroua, recouvert de coulées phonolitiques (âge Pontien et pliocène), constitue la zone de liaison.
- **Le Sous** : les formations de remplissage comprennent, sous les alluvions et limons quaternaires, des dépôts fluvio-lacustres marno-calcaires et détritiques. Ceux-ci surmontent des formations crétacées et éocènes constituant un synclinal orienté E-W.

III.1.3- Les ressources en eau de surface :

Les barrages dans la région du Souss Massa (Tableau n°1 et Fig. n° 4) sont au nombre de six (Abd El Moumen, Youssef Ben Tachfine, Aoulouz, My Abdellah, Moukhtar Soussi, Imi El Kheng).



Fig. 4 : Barrages du bassin du Souss Massa

Barrage	Cours d'eau	BV (km ²)	Apports (Mm ³ /an)	Type de barrage	Volume régularisé (Mm ³ /an)	Usage d'eau	DR
AOULOZ	Souss	4450	185	P BC	180	*RN du Souss : 121 Mm ³ *I : 18 Mm ³ (2000ha)	1991
Mokhtar Soussi	Awziwa	1300	128	RMAB	45	I (Sebt El Guerdane)	2002
IMI EL KHENG	Talekjount	293	12		5,5	I	1993
ABDELMOUMEN	Issen	1300	80	B Contr.	70	*AEP Agadir: 10 Mm ³ *I : 60 Mm ³ (13000 ha) *PE-	1981
MOULAY ABDELLAH	Aougar (Tamri)	1260	37	Voûte	110	AEP Agadir	2002
YOUSSEF BEN TACHFINE	Massa	3800	138	DSN		I	1972

Tableau n° 1 : Caractéristiques des barrages de Souss Massa

III.1.4-Les ressources en eaux souterraines

De point de vue hydrogéologique, la vallée peut être subdivisée en :

- ✓ Souss amont : entre Aoulouz et Taroudant ;
- ✓ Souss moyen : de Taroudant au confluent de l'oued Issen ;
- ✓ Souss aval : jusqu'à l'embouchure.

La structure de ce remplissage est complexe. Une nappe libre généralisée existe dans la plaine du Souss (Fig.6) et l'écoulement s'effectue globalement suivant l'axe de la vallée de l'Est vers l'Ouest, matérialisé par l'oued Souss qui joue le rôle d'un véritable drain vers l'aval. D'autres axes de drainage naturels existent et leurs directions sont conformes avec celles de l'écoulement des affluents atlasiques de l'oued Souss. Ils sont orientés NE-SW sur la rive droite, et SE-NW ou ESE-WNW sur la rive gauche.

La profondeur de la nappe (Fig.5) varie en fonction des secteurs :

- peu profonde (<10m) dans la partie proche de l'estuaire, ce qui confirme le risque de contamination de la nappe par les eaux marines ;
- elle varie entre 10 et 50m de profondeur, dans l'axe de la vallée, et tend à s'approfondir au fur et à mesure qu'on s'éloigne de part et d'autre du lit du Souss pour atteindre les 140m au niveau du piémont de l'Anti-Atlas et 70 m à la bordure du Haut Atlas ;
- Dans les secteurs d'Ouled-Teima et de Sebt El Gerdane, en rive gauche des dépressions provoquées par des pompages agricoles intensifs apparaissent (>100 m) ;
- Dans la zone côtière, la profondeur n'est pas négligeable et peut atteindre les 50 m en raison de l'existence des dunes anciennes très élevées.

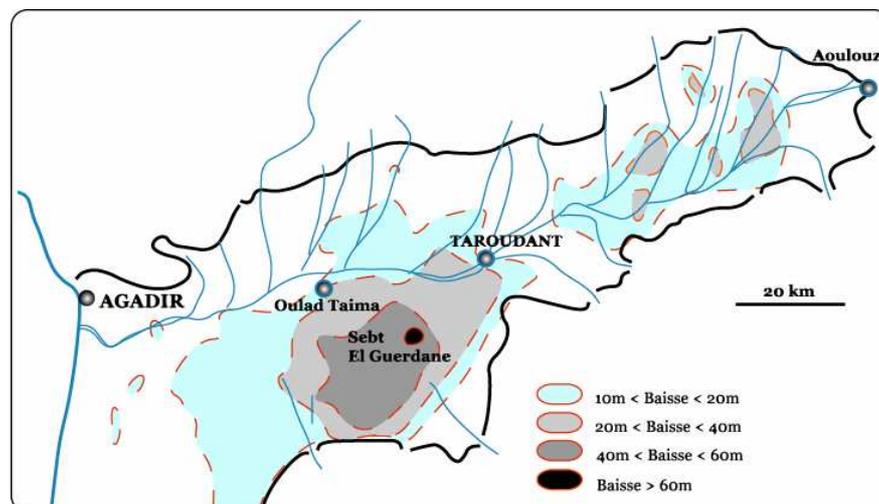


Fig. 5 : Baisse de la nappe du Souss entre 1968 et 2003

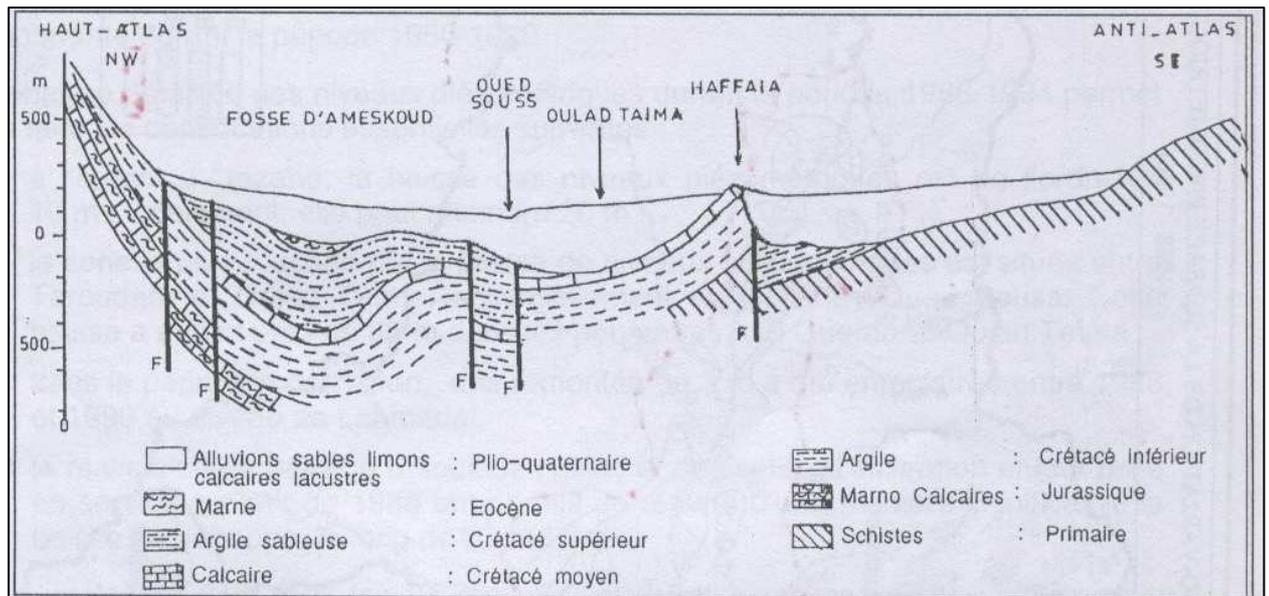


Fig. 6 : Coupe géologique à travers la plaine du Souss (in Conseil Sup. Eau, 2001)

Les exutoires naturels de la nappe libre du Souss sont de plusieurs types :

- Les émergences dans le lit de l'oued Souss qui sont utilisées toute l'année pour l'irrigation grâce à des seguias de prise.
- Les Khetaras, drains traditionnels souterrains creusés dans la nappe, au nombre de 55 ;
- Les prélèvements artificiels (puits et forages) sont considérablement accrus en quarante ans.

III.2- Systèmes de production de l'eau potable du grand d'Agadir

L'Alimentation en Eau potable (AEP) du grand Agadir est assurée par trois systèmes de production :

- 1) **Un système de production P1** alimenté à partir de la station de traitement des eaux de barrage Dkhila (Station Sidi Boushab) (Fig. 7) et de plusieurs ressources souterraines :
 - La dotation allouée à l'AEP à partir du barrage Dkhila est 9,5 millions de m³ par an soit un débit moyen de 300 l/s. Les ouvrages de prise, de traitement et d'adduction sont équipés pour un débit de 600 l/s afin de permettre la modulation des prélèvements pour couvrir les périodes de pointe, sans toutefois dépasser la dotation annuelle allouée à l'AEP.
 - Le champ captant Ahmar Boudhar est constitué de 12 forages initialement équipés pour un débit global de 300 l/s. Actuellement, uniquement deux forage sur les 12 sont en service actuellement et fournissent un débit total de 48 l/s.

- Deux forages d'Iguidar équipés pour les débits de 45 l/s et 42 l/s. Toutefois, le forage équipé pour 45 l/s est hors service depuis début 2007. Il est en cours de rééquipement.

Le débit global équipé pour le système de production P1 est de 735 l/s, y compris le débit du forage d'Iguidar en cours de rééquipement.

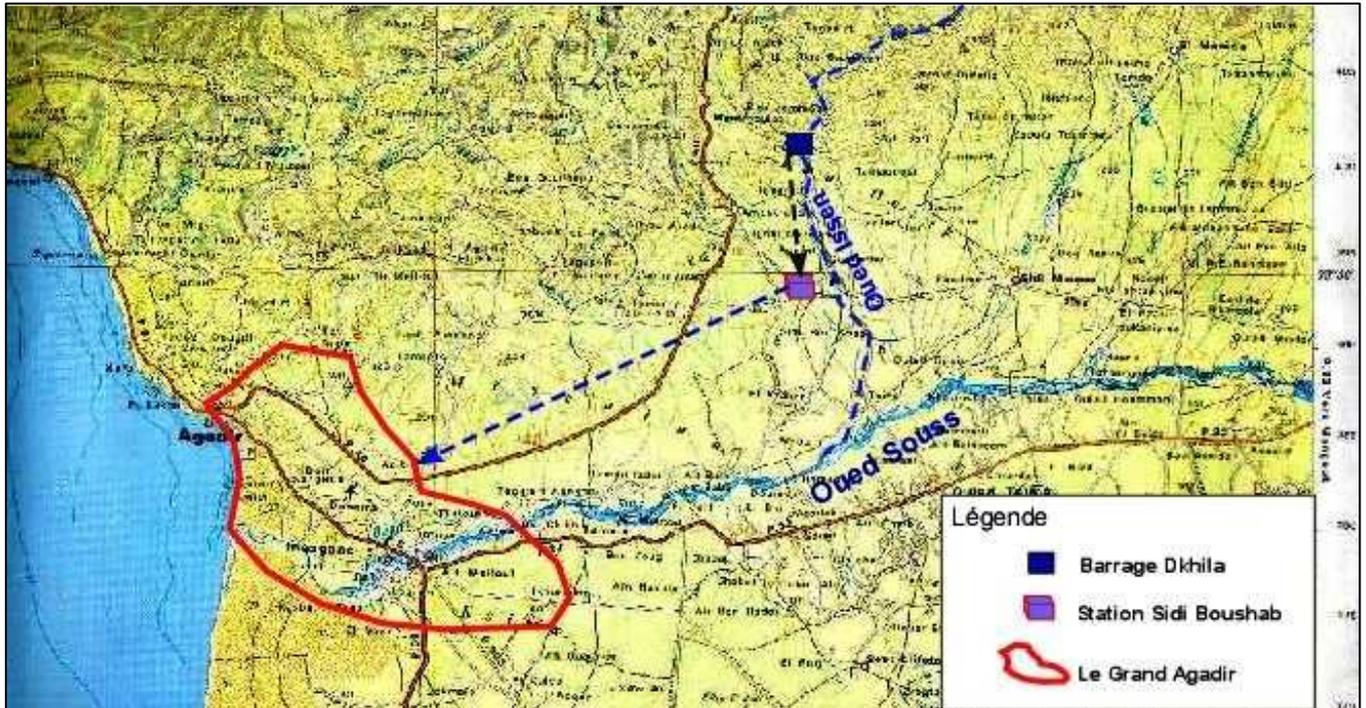


Fig. 7 : Situation du système de production P1 (Station de Sidi Boushab) — Extrait de la carte 1/250000 d'Agadir

2) **Un second système de production P2** alimenté à partir de ressources souterraines réparties sur plusieurs champs captant:

- Champs captant sud constitué de 12 points de captage: 8 puits et 4 forages. le débit global équipé est de 210 l/s.
- Champs captant Admine comportant 8 forages. le débit global équipé est de 150 l/s.
- Champs captant Est comportant 4 forages équipés pour un débit global de 75 l/s.
- un puits de Golf équipé pour un débit de 100 l/s.
- -un puits d'Ait Melloul équipés pour un débit de 17 l/s.
- -un forage d'Inezgane équipé pour un débit de 18 l/s.

Le débit global équipé pour le système P2 est de 569 l/s.

3) **Un troisième système de production P3** alimenté à partir du barrage Moulay Abdellah. La première tranche, mise en service début 2007 est équipé pour 700 l/s et pouvant être porté à 900 l/s. Le projet global est prévu pour 1400 l/s.

Ce système comprend les ouvrages suivants :

- une prise d'eau brute à partir d'un seuil réalisé à l'aval du barrage My Abdellah équipés de deux vis d'Archimède et d'un dessableur.
- une adduction d'eau brute comporte une station de pompage, une conduite de refoulement DN 1200 un ouvrage de mise en charge et une conduite gravitaire DN 1200 débouchant sur la station de traitement.
- une station de traitement.
- une adduction d'eau traitée constituée d'une conduite gravitaire DN 1000, une station de reprise et une conduite de refoulement DN 1000 débouchant sur le réservoir 130 de la RAMSA (Régie Autonome Multi Services d'Agadir)

Récapitulation :

Le débit global équipé par l'ONEP pour l'AEP du grand Agadir est de :

- système de production P1 : 735 l/s.
- système de production P2 : 569 l/s.
- système de production P3 : 700 l/s, extensible à 900 l/s.

TOTAL : 2004 l/s, extensible à 2204 l/s

Notre travail entre dans le cadre du système de production P1 et essentiellement la station Sidi Boushab. Ce système alimente une partie de la ville d'Agadir, à travers les réservoirs de Tassila et de Bouargane, gérés par la Régie Autonome Multiservices d'Agadir (RAMSA). Ces réservoirs sont alimentés à partir de la station Sidi Boushab. Les eaux des forages du champ captant Ahmar Boudhar sont refoulées vers les réservoirs 1500 m³ et 10000 m³, situés dans l'enceinte de la station de traitement de Sidi Boushab ou elles sont mélangées avec l'eau traitée du barrage Dkhila.

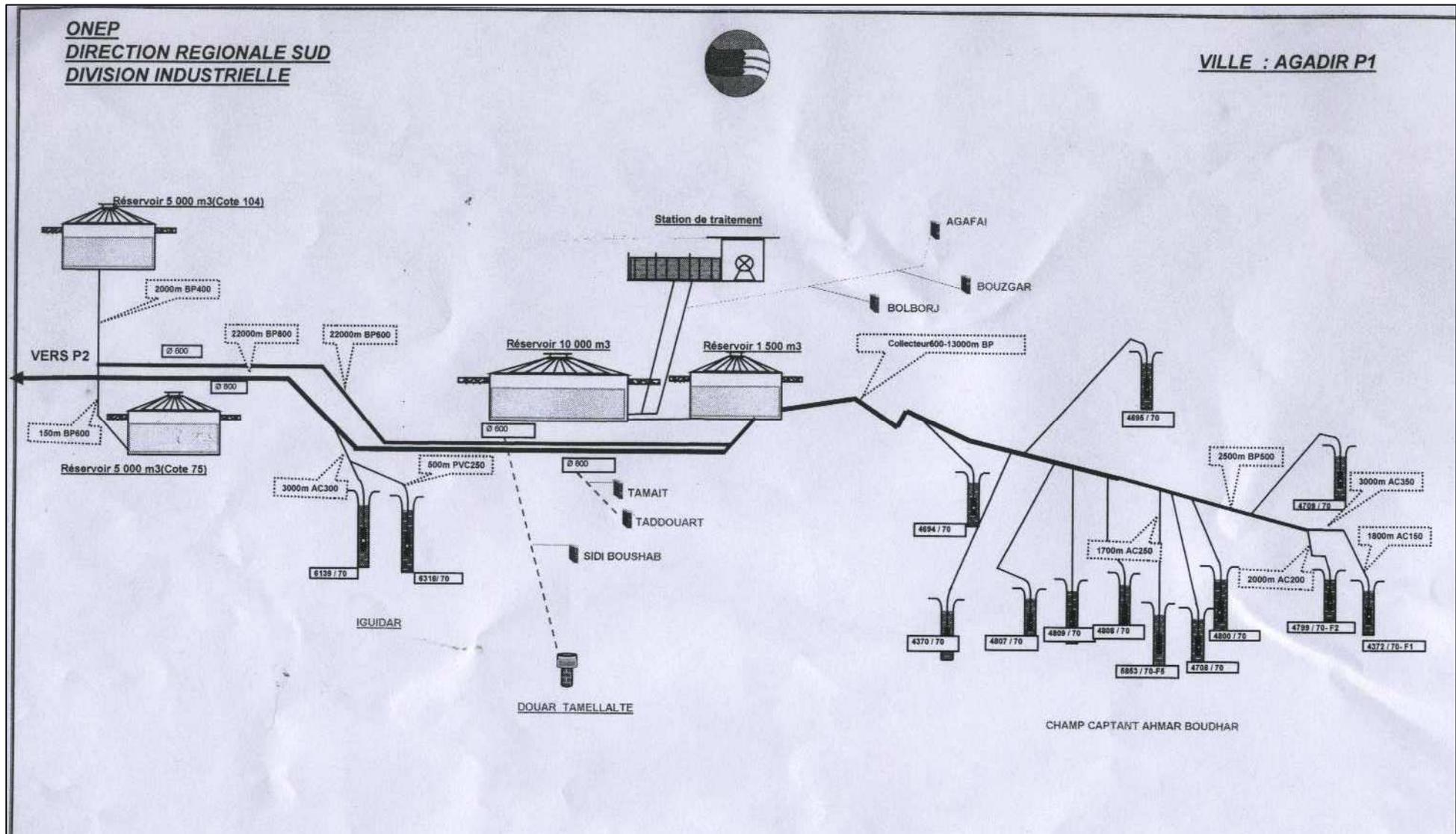


Fig. 8: Schéma du Système de production P1 du Grand Agadir (Source : ONEP)

Le système de production P1 est constitué des 4 composantes suivantes (Fig 8) :

- prise et adduction d'eau brute.
- Station de traitement.
- Adduction du champ captant Ahmar Boudhar.
- Adduction d'eau traitée

Ressources en eau:

Les caractéristiques techniques des différents captages ont subies des variations importantes dans le temps, engendrées par la baisse du niveau et de la productivité de la nappe, due aux phénomènes de sécheresse et de la surexploitation de la nappe.

Sur les 12 forages du champ captant Ahmar Boudhar, uniquement 2 captages sont actuellement exploités. Ces deux forages en service constituent des forages de remplacement des anciens abandonnés. Les 10 autres forages n'ont pas pu être remplacés à, cause de l'opposition des riverains.

Prise d'eau et adduction d'eau brute:

La prise d'eau pour l'AEP est effectuée sur la conduite agricole en charge (DN1600), à l'aval du barrage DKHILA, à l'aide d'un piquage (DN400). La conduite DN400 équipée d'une vanne de sectionnement juste à l'aval du piquage, alimente deux conduites DN 600 en parallèle au niveau d'un regard situé à proximité du point de piquage. Ces deux conduites alimentent gravitairement la station de traitement en eau brute.

IV- Présentation de la station Sidi Boushab

IV.1- Introduction

La station Sidi Boushab est située à 38 Km au nord-est d'Agadir (Fig.7,photo 1) , elle assure l'alimentation en eau potable du Grand Agadir et des douars avoisinants.

La mise en service de la première file de traitement (floculation, décantation, filtration, chloration) commence en 1985, tandis que en 1996 une deuxième file similaire assurant l'amélioration du traitement par l'ajout des débourbeurs et le système de recyclage des boues connaît le jour. Par souci de protection e l'environnement, les boues ne sont plus rejetés dans la nature mais traitées et livrées sèches à une cimenterie de la place, le débit équipé de la station est de 600 l/s.



Photo n°1 : Vue aérienne de la station Sidi Boushab

IV.2- Filière de traitement et ouvrages annexes

IV.2.1.-L'eau brute de la station de Sidi Boushab

Cette station participe à hauteur de 1200 m³/h pour l'AEP du Grand Agadir. Son alimentation en eau brute est assurée à partir du barrage DKHILA qui est un barrage de compensation, alimenté à partir du barrage Abdalmoumen et construit sur Oued Issen. Ce dernier s'étend en très grande partie sur les formations gréseuses et argileuses permo-triasiques du couloir d'Argana. Sa vallée ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite, cependant les affluents de la rive gauche sont plus nombreux (Fig.9).

L'eau brute, étant gravitaire depuis le barrage Dkhila, chacune des deux conduites d'arrivée d'eau est munie à l'entrée de la station par une soupape de décharge qui la protège contre les surpressions pouvant résulter d'une fermeture brusque de l'une des vannes. L'eau brute arrive avec une pression moyenne d'environ 4bars.



Photo n° 2 : vue des deux conduites assurant l'entrée de l'eau brute dans la station

Les équipements des conduites

Les conduites sont équipées (photo 2) de :

✓ **deux soupapes:**

Soupape 1 et Soupape 2	
* Marque : Alsthom Atlantique	* NEYRTEC Pression d'étanchéité : 7 bars;
* Type : 200/36	* Pression max de fonctionnement: 8,5 bars
* Diamètre : DN200	* Pression de tarage : 30 mce
* N° 459015.1	* Débit maxi. sous pression maxi. : 770 l/s
* P de réglage : 67 mce	* Perçage : PN10
* PN : 10 bars	

✓ **Vannes papillon avec un diamètre de 400** (fonctionnant actuellement en manuel):

Le débit entrant à la station est choisi par action manuelle sur une vanne MONOVAR. Pour la mise en route et l'arrêt de la station.

Caractéristiques de la vanne:

Marque : KSB

- Type : H122.3T6K3GYA.108
- DN : 400
- PN 10 bars

- Date : 09/96
 - Moto réductrice :
 - Moteur : marque B. Bernard
 - Type : SRA
 - 0.14kw ; 230/400v ; 1.2/0.7A ; 51tr/mn ; 50Hz
 - Actionneur : 60Nm/°degré ; N° 72032/01 002
 - ✓ **2 compteurs** (débitmètres électromagnétiques) :
- Caractéristiques :

Compteur 1 et Compteur 2
Marque : KROHNE DN : 400 PN : 15 bars Type : optiflux 2000 f Revêtement ébonite Electrolyte : normal IP 66/67

- ✓ **Vannes de réglage** (réglage manuel)

Afin de pouvoir régler le débit entrant, il est installé deux vannes de régulation type MONOVAR à réglage manuel. L'exploitant effectue ce réglage sur une ou deux vannes, afin d'obtenir le débit désiré. Il règle en conséquence les différents organes des réactifs.

Qualité de l'eau brute à Sidi Boushab

L'eau brute de la station est très fortement minéralisée et de faciès très nettement chloruré sodique (Fig : 10). Bien que son sous-faciès soit de nature sulfaté, la réserve alcaline demeure toujours suffisante pour permettre une hydrolyse convenable des réactifs floculant. Les pH sont toujours élevés et l'étude des équilibres calco-carboniques révèle un caractère presque constamment inconstant. Ce caractère s'accroît nettement en périodes d'étiages alors que la minéralisation atteint des valeurs considérablement élevées (analyse du 13/06/77). Au contraire en période de crue l'eau peut passer momentanément en zone agressive.

Comme il est habituel pour une eau de barrage, le fer est toujours présent tandis que le manganèse apparaît périodiquement.

Les indices chimiques de pollution sont très discrets, et l'azote presque toujours absent. Cependant, il est noté parfois une oxydabilité au permanganate importante.

Sur le plan organoleptique, la turbidité écrêtée par l'effet tampon du barrage n'est jamais très élevée.

Il résulte de ce qui précède que le traitement de potabilisation à faire subir à cette eau devra viser à :

- La clarification.
- La désinfection bactérienne.
- La remise à l'équilibre calco-carboniques.
- Eventuellement la correction du goût.

La présence fréquente de manganèse a poussé à mettre en œuvre le permanganate de potassium. Ce traitement est en effet indispensable.

De même la nécessité à proposer un traitement complémentaire au charbon actif en poudre.

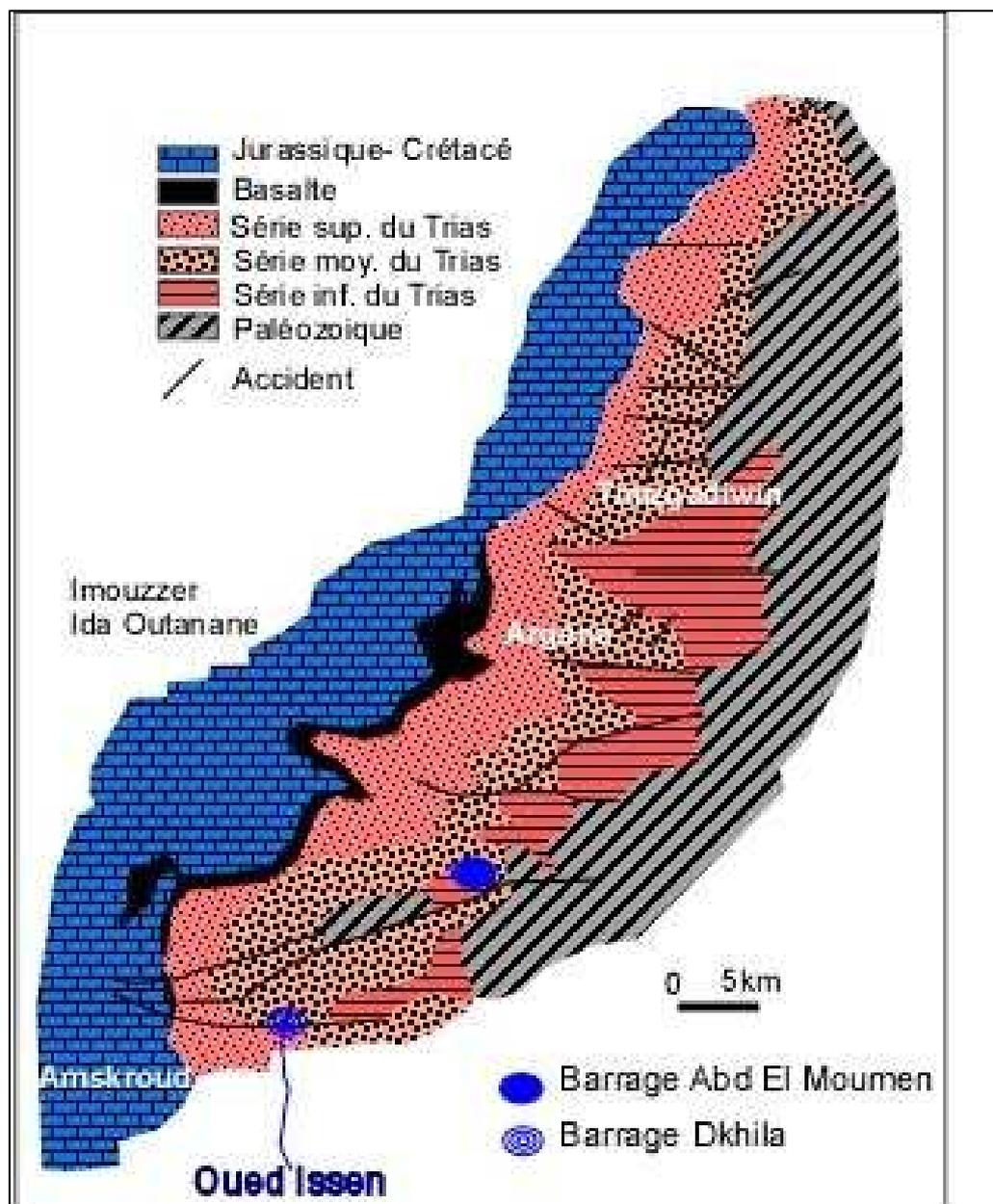


Fig. 9: Cadre géologique du bassin versant des barrages Abd El Moumen et Dkhila
(Source Boutaleb S. ,2000)

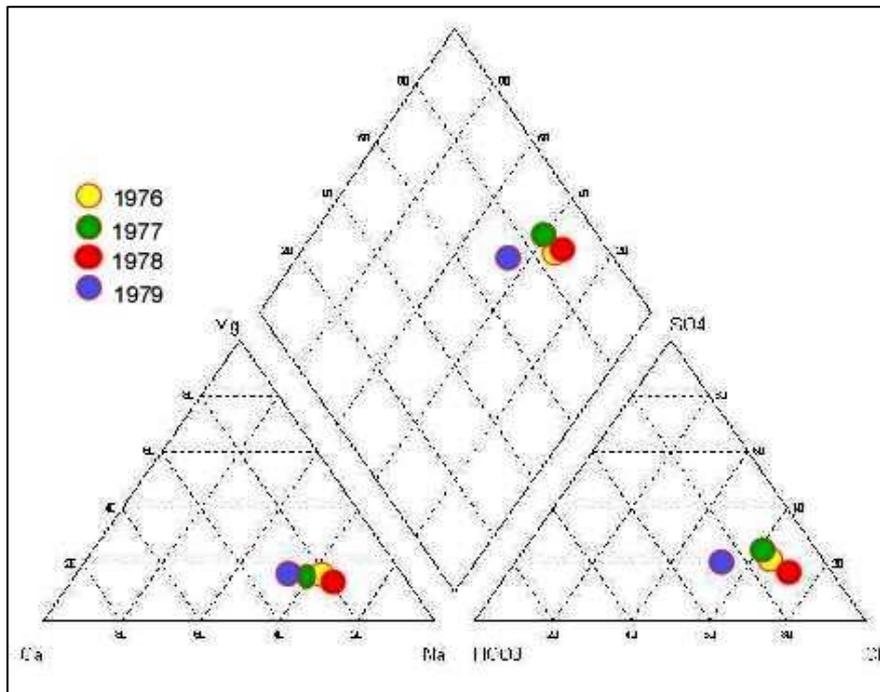


Fig 10 : Diagramme de Piper – Evolution des faciès chimiques des eaux brutes

Les analyses effectuées à l'entrée de l'eau brute :



Photo 3 : Le prélèvement de l'eau brute

IV.2-1-1. Analyses physico-chimiques :

pH

On mesure le pH d'une eau à l'aide d'un pH-mètre. le pH nous donne une idée sur le coagulant a utilisé, puisque chaque coagulant a un intervalle de Ph. Pour le cas de la station, ils utilisent les sulfate d'alumine il faut donc que l'eau ait un pH compris entre 6 et 7,4 .Dans le cas où le pH de l'eau est en dehors de cet intervalle, on utilise soit des réactifs régulateurs de pH comme les carbonates de sodium (augmente le pH) ou l'acide sulfurique (diminue le pH), ou nous choisissons un coagulant qui conviendra au pH de cette eau. En générale, dans la station le pH de l'ordre de 8.

Température

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle ci joue un rôle important puisqu' elle a une influence sur la solubilité des sels et surtout des gaz, la dissociation des sels dissous et par conséquent sur la conductivité électrique et sur la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Nous pouvons donc conclure que la température joue un rôle primordial dans les analyses.

Conductivité

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, à savoir sa capacité à transporter le courant électrique, se fait soit sur le terrain, soit au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés sur le terrain.

La conductivité électrique d'une eau dépend des substances dissoutes qu'elle contient, sa mesure permet d'évaluer la quantité totale de solides dissous dans l'eau. Celle-ci correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm , l'unité est en micro siemens par centimètre (microS/cm).

- 50 à 400 : Qualité excellente.
- 400 à 750 : Bonne qualité.
- 750 à 1500 : Qualité médiocre mais eau utilisable.
- > 1500 : minéralisation excessive.

Oxygène dissous

On utilise la méthode idométrique de dosage de l'oxygène dissous selon Winkler dans les eaux. Cette méthode n'est applicable que pour des eaux ne contenant pas de substances oxydantes ou réductrices conduisant à des résultats erronés respectivement par excès et par défaut. De même la méthode n'est pas applicable en présence de certaines substances organiques, qui fixent l'iode par des réactions d'addition ou de substitution.

La prise d'échantillon d'eau se fait à l'aide d'un entonnoir pour éviter l'infiltration de l'oxygène de l'atmosphère, on utilise des flacons fermés de 250 ml, dans la première étape on fixe l'oxygène qui existe dans l'eau à l'aide de 1 ml $MnSO_4$ et 1 ml de KI (Iodure Potassique), cette étape se fait lors de prélèvement sur le terrain, au laboratoire on ajoute l'acide sulfurique pour libérer l'oxygène déjà fixé, on ajoute trois gouttes d'amidon et on fait le titrage avec Thiosulfate de Na(1/10) jusqu'à ce que l'échantillon devient incolore. L'oxygène dissous calculé comme suit :

$$\text{Oxygène dissous (mg/l)} = T_b * 1,6$$

Avec **T_b** : la tombée de burette.

Jar-test ou essai de coagulation et floculation

L'essai a pour objet de déterminer la nature et les doses probables des réactifs permettant de clarifier l'eau dans la station de traitement.

Il faut réaliser l'essai le plus tôt possible après le prélèvement à une température voisine de celle que possédera effectivement l'eau au cours de son traitement industriel.

Matériel

- 1 floculateur de laboratoire avec 6 moteurs électriques à vitesse variable continue agitateur à hélices
- Becher pouvant contenir 1l d'eau à traiter
- Verrerie de laboratoire
- Papier –filtre bande blanche

Titre hydrométrique (TH)

Le titre hydrométrique est fonction de la concentration en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . il est exprimé en °F et en méq/l

Calcium:

Toutes les eaux de sources, souterraines et superficielles, contiennent selon la roche avec laquelle elles ont été en contact, des sels de calcium en solution. Ils représentent généralement une part considérable du titre hydrométrique.

Titration de l'ion Ca^{2+} par complexométrie

Magnésium

La plus part des eaux naturelles contiennent généralement en petites quantités, du magnésium provenant le plus souvent des roches dolomitiques.

La concentration en ions Mg^{2+} se détermine par calcul.

On connaît la concentration de Ca^{2+} et le TH qui est la somme de Ca^{2+} et Mg^{2+}

Chlorures

Les chlorures sont dosés, en milieu acide, par du nitrate mercurique en présence d'un indicateur de pH à base de diphénylcarbazone et de bleu de bromophénol.

Manganèse

L'oxydation du manganèse par oxydant (ion persulfate catalysé par l'argent), donne une coloration due à l'ion permanganate, facilement dosable par colorimétrie.

Demande de chlore

Lorsqu'on introduit dans un échantillon d'eau des doses croissantes de chlore et que l'on recherche au bout d'une demi-heure la dose de chlore résiduel total, on constate parfois que cette dose résiduelle a lieu d'augmenter régulièrement. Ceci est dû au fait que le chlore en contact avec les matières organiques de l'eau produit des composés d'addition qui sont détruits à leur tour par une dose de chlore plus forte. Le point optimal (break-point) est la dose de chlore actif introduit pour laquelle il ne subsiste plus de composés d'addition chlorés dans l'eau. Comme ce sont surtout ces composés qui dégagent de mauvaises odeurs, le point optimal (break-point) est la dose de chlore pour laquelle les goûts sont minimums et la décoloration la plus complète. Les eaux pauvres en matières organiques n'ont pas de break-point.

Dureté total de l'eau

Teneur en calcium et magnésium, s'opposant à la formation de mousse avec le savon et permettant le dépôt de sels insolubles et incrustants (tartres ou incrustations).

Pour le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide EDTA à pH=10. L'indicateur coloré est le NET (Noir d'EriochromeT), qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium.

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$C_1 (\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}) = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} \times 1000 \text{ (mmol/l)}$$

C_2 : Concentration de l'EDTA (mol/l) V_1 : Volume de la prise d'essai (50 ml)

$$\text{Dureté Totale} = C_1 = V_2 \text{ EDTA} \times 0,2 \times 2 \text{ még/l}$$

Alcalinité (détermination de TA et TAC)

La technique est basée sur le dosage des bases qui se trouvent dans une eau telle que CO_3^{2-} , HCO_3^- et OH^- . Elle se mesure par la neutralisation d'un certain volume d'eau par une solution diluée d'un acide minérale, le point d'équivalence étant déterminé par des indicateurs colorés.

Ces bases ne sont pas nocives pour la santé des consommateur, mais leur limitation dans l'eau est très intéressante, par exemple, l'élévation de la température conduit à la précipitation des ions CO_3^{2-} et HCO_3^- , ce qui gêne la conduction thermique qui peut être à l'origine d'incendie.

TA : titre alcalimétrique permet la mesure de la teneur en Hydroxyde et en Carbonates.

TAC : titre alcalimétrique complet mesure la somme des alcalins libres (OH^-), Carbonates et Bicarbonates.

Nitrates

Les nitrates sont des composés chimiques faits d'azote et d'oxygène. On les trouve à l'état naturel dans certains légumes, dans les viandes en conserve et dans le sol. Il y en a aussi les engrais commerciaux et les déjections animales. Les nitrates sont nécessaires à la croissance des végétaux mais leur présence excessive dans le sol peut contaminer les sources d'alimentation en eau et soulever des préoccupations pour la santé.

Oxydabilité au KMnO_4 :

Oxydation par excès de KMnO_4 en milieu acide et à l'ébullition des matières organiques contenues dans l'échantillon, réduction du KMnO_4 par l'oxalate de sodium et titrage en retour de l'excès de l'oxalate de sodium par le permanganate.

L'indice de permanganate de l'eau correspond à la quantité d'oxygène exprimée en mg/l cédée par KMnO_4 consommée par les matières oxydables contenues dans un litre d'eau.

$$\text{Oxy} = ((10 + t_{\text{bech}} - t_{\text{bed}}) / t_{\text{bed}}) * 8$$

T_{bech} : tombé de burette d'échantillon

T_{bed} : tombé de burette de l'eau distillé

Matières en suspension (MES)

La détermination des matières en suspension dans l'eau est réalisée par filtration ou centrifugation d'un volume aliquote, séchage à 105°C et pesée. Le choix de l'une ou l'autre des alternatives est guidé par la charge en matières en suspension de l'eau à analyser: la centrifugation est préférable pour des eaux chargées (colmatage du filtre).

Un volume d'échantillon d'eau brute est filtré sur filtre de 0,45µm. La masse de matière filtrée est déterminé par pesée après séchage à 105°C. Le résultat est exprimé en mg de matière en suspension par litre d'échantillon.

***Ammonium* :**

L'azote ammoniacal dans les eaux naturelles peut provenir du lessivage des terres agricoles et des minéraux argileux ainsi que des eaux d'égouts municipaux et industriels. Sa concentration est généralement faible dans l'eau souterraine puisqu'il s'adsorbe sur les particules du sol et sur l'argile. Dans certaines usines de traitement d'eau potable, de l'ammoniaque est ajouté afin de réagir avec le chlore et former un résidu.

La présence d'ammonium indique généralement une pollution d'origine organique. Ne pas oublier qu'une eau souterraine de type réduit peut présenter des teneurs assez élevés en ammonium et en nitrites. Lors de la chloration de l'eau, des teneurs supérieures à 0.2 mg/l provoquent déjà une altération des qualités sensorielles de l'eau (formation de chloramines).

IV.2.1.2-Les analyses organoleptiques :

Odeur et saveur : par dilutions successives, mesure faites à 25°C.

Couleur : méthode comparative aux étalons à base de sels de platine et de cobalte.

Turbidité : méthode néphélométrie.

IV.2.1.3-Les analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries, pathogènes, responsables d'infections humaines redoutables.

Dans ce type d'analyse on cherche les coliformes fécaux (CF) et totaux (CT), et les streptocoques, par la méthode Nombre le Plus Probable (NPP). Pour cela on réalise deux tests : Test presomptif et Test confirmatif.

Les milieux utilisés dans le test presomptif :

*Lauryl sulfate de tryptose double et simple concentration ; nous aide dans la recherche de CF et CT

*Glucosé à l'azide de sodium double et simple concentration ; nous aide dans la recherche des streptocoques.

Ensuite on met les tubes (le milieu +l'échantillon) dans l'étuve de 37°C pendant 48 h , on passe ensuite à l'étape de dénombrer les tubes positif,on repique les tubes positifs sur les milieu confirmatif :

- Litsky pour le glucosé à l'azide de sodium

- Vert brillant (37°C/48H), et le EC medium (44°C/24H) pour lauryl simple et double concentration

Enfin, on dénombre les tubes positifs, et on fait la lecture sur la table Mac craddy, on obtient donc le nombre le plus probable (NPP/100ml).

IV.2-2La préchloration

C'est un procédé de prétraitement utilise dans le cas ou l'eau est chargée en matière organique .elle s'effectue avant le debourbage, pour permettre au chlore d'agir a temps et de décomposer les matières organiques afin de faciliter leur décomposition dans les décanteurs. La Préchloration permet aussi d'oxyder des corps existants dans l'eau tels que les ions ferreux manganeux, les nitrites ou nitrates, les matières organiques et les micro-organismes (algues, plancton et bactéries) qui sont susceptible de se développer dans les différents ouvrages de traitement.

En effet, l'oxydation de ces matières organiques et micro-organismes facilite une bonne floculation et décantation car leur décomposition permettent la formation de gros floccs qui descendent sous l'effet de leur poids au fond de décanteur.

Cette préchloration(Photo :4) n'est active que lorsqu'on s'assure de la présence d'une petite quantité de chlore résiduel dans l'eau décantée. On utilise,de préférence une dose de chlore légèrement supérieure au break point car les décanteurs sont soumis à l'air libre ce qui diminue l'efficacité de chlore.

Le débit de chlore à injecter dans les deux conduites ce calcul comme suit :

$$Q \text{ (kg/h)} = (DC * Q_{eb}) / 1000$$

Avec: **Q** : débit de la pompe
DC : demande en chlore mesuré au laboratoire
Q_{eb} : débit de l'eau brute (m³/h)



Photo 4 : L'injection du chlore

IV-2-3 Débourbage

Si l'eau brute est chargée en MES, le débouillage est nécessaire pour se débarrasser des boues, surtout en période des crues.

Le débouillage est une opération qui précède la clarification des eaux de surface particulièrement chargées. Il constitue une pré-décantation dont le but est d'éliminer la majorité des matières en suspension de l'eau brute et d'en assurer l'évacuation sous forme de boues concentrées.

Le seuil de concentration de matières en suspension dans l'eau brute, à partir duquel le débouillage devient nécessaire, est fonction du type du décanteur-clarificateur principal. Mais en pratique (pour la station d'Agadir) les débouilleurs fonctionnent en continu. Ce qui permet, outre l'amélioration de la qualité d'eau brute, le maintien en bon état des équipements hydromécaniques et du génie civil. Cela évite aussi la constitution des algues sur les parois des débouilleurs.

L'injection du polymère à l'entrée du débouilleur permet d'améliorer la qualité de l'eau pré-décantée et d'accroître les performances hydrauliques du débouilleur.

N.B.: Si l'eau brute dépasse 30 g/l on arrête la station (la station est conçue pour des MES < 10 g/l, le fonctionnement au delà de 10 g/l se fait à débit réduit).

Le débouilleur (photo 5) est de forme circulaire. Il est essentiellement constitué d'une passerelle sous forme de pont racleur dont la section a la forme d'un U dont la base est recouverte de caillebotis. Les 2 poutres servent de plinthes et sont

rehaussées de garde-corps. Le pont racleur repose au centre sur un pivot essentiellement constitué d'une couronne d'orientation. Au dessus de ce pivot, un collecteur protégé par un capotage permet d'alimenter électriquement, à partir d'un point fixe, la partie tournante.

Les boues sont évacuées par raclage, à partir d'une fosse, par extraction gravitaire. Les vannes d'extraction de boues sont ouvertes périodiquement. La fréquence dépend des volumes des boues produits selon les saisons.

MES de l'eau brute	% de purge/débit d'entrée
0 - 5 g/l	6,3 % (perte)
5 - 10	13,8

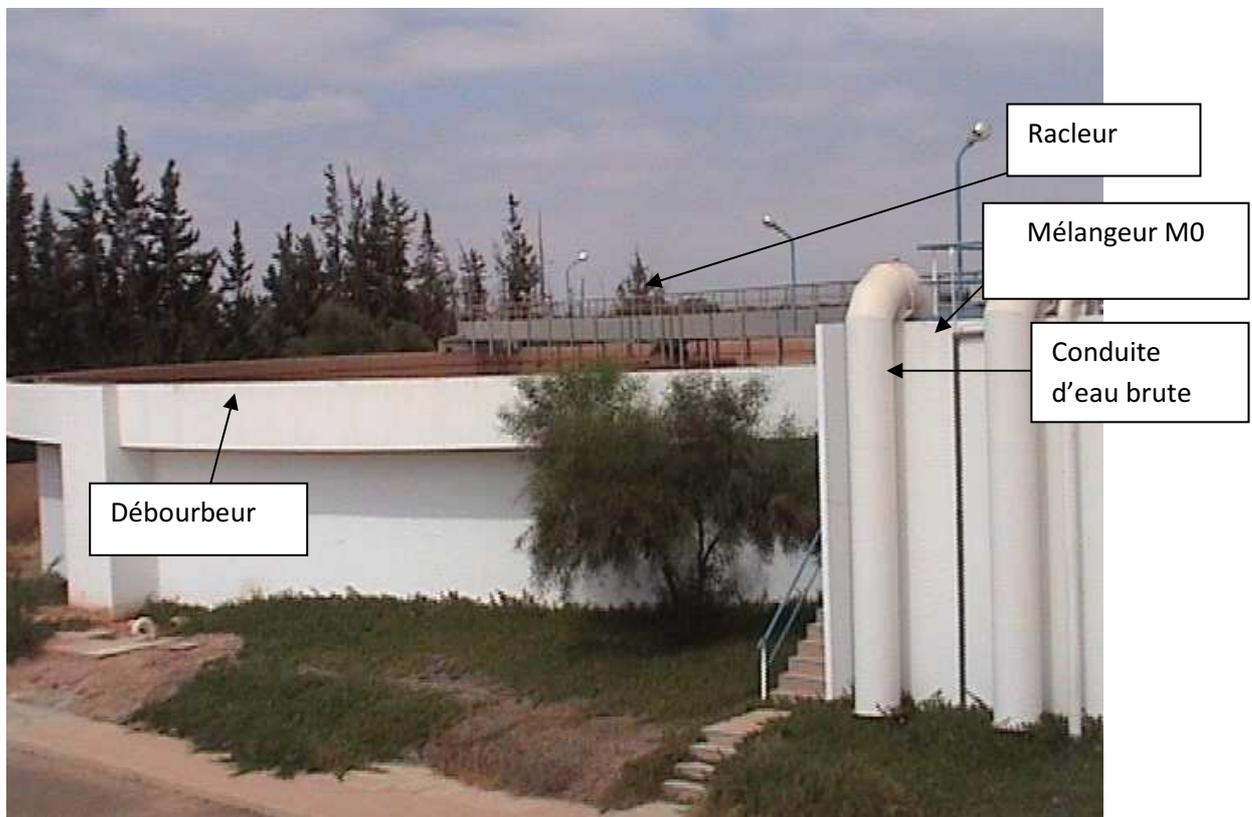


Photo n 5: Débourbeur (3000m³)

Les débourbeurs étant situés à un niveau supérieur à celui des décanteurs, l'eau brute a tendance à couler librement vers ces derniers sans jamais arriver aux débourbeurs. Mais un jeu de vannes (by-pass) permet d'alimenter les chaînes de traitement sans débouillage.

IV.2.4- Flocculation/Coagulation- Décantation

L'élimination des colloïdes (qui traversent presque totalement les filtres conventionnels) ne peut se faire qu'après les avoir rassemblés sous forme de flocons.

La **coagulation** réside dans la formation de particules aisément séparables de l'eau au moyen de la sédimentation et de la filtration. Elle vise les particules colloïdales et les suspensions fines, mais également des substances dissoutes ou de grosses molécules hydrophiles en dispersion stable. Elle consiste à introduire dans l'eau un produit capable de donner naissance à un précipité volumineux (flocons) très adsorbant.

La **décantation** est l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle de l'eau jusqu'à une surface ou une zone de stockage.

La **floculation - décantation** se fait dans 4 décanteurs de type lamellaires à circulation à contre-courant MULTIFLO d'un débit unitaire de 150 l/s et capable de traiter une teneur de MES maximum de 2 à 10 g/l.

Il s'agit d'un appareil combiné qui réunit dans une même enceinte, une zone de coagulation-floculation et une zone de décantation lamellaire. Le transfert de l'eau floculée entre ces deux zones est assuré par des canaux placés de part et d'autres de la zone de décantation lamellaire, qui répartissent le débit d'eau à décanter dans les chambres de tranquillisation localisées sous les canaux. Le liquide pénètre ensuite transversalement sous les modules lamellaires. La majeure partie décantée sur le fond de l'appareil, alors que la séparation du floc résiduel s'effectue dans les modules lamellaires. L'eau clarifiée, récupérée en surface dans des goulottes, est évacuée par le canal.

L'angle d'inclinaison des modules lamellaires, est une option fondamentale lors de la conception du procédé de décantation lamellaire. Pour une sédimentation optimale, cet angle se situe entre 45° et 60°. Le choix d'une inclinaison doit tenir compte de plusieurs facteurs pour que s'opère l'auto-nettoyage. Ceux-ci sont : la rugosité du matériau utilisé, la présence de gaz, la température de l'eau, l'existence d'une croissance bactérienne sur les parois, la nature et la composition des boues et les caractéristiques de sédimentation inhérentes aux boues. L'angle choisi de façon empirique pour avoir l'efficacité maximale de sédimentation. Pour le cas de la station de Sidi Boushab cet angle est égal à 60°.

Les lamelles sont généralement constituées de PVC en plaques plates, ondulées ou profilées. Des combinaisons de celles-ci créent des arrangements tubulaires de type

carré, rectangulaire, hexagonale ou ogival. Les modules ainsi construits sont placés dans la zone de décantation. La forme hexagonale présente les avantages suivants :

- Une ouverture maximale pour une performance hydraulique et une longueur de module donnée
- Une absence de flexion sous le poids des boues, à la différence des modules lamellaires à plaques

N.B.: L'eau décantée est collectée grâce à 7 conduits de diamètre 250 mm perforés de part et d'autre, mesurant chacun 10 m de longueur.

Ouvrages et réactifs de coagulation

- **Mélangeur rapide (M1 et M2):**

Le mélangeur rapide (Photo 6) fonctionne d'une manière continue lors de la coagulation c'est-à-dire lors de l'injection de tous les réactifs, il a comme rôle accéléré le contact des réactifs avec les particules en suspension.

Volume : 34.10 m³

Vitesse du flux engendrée par l'hélice : 1m/s



Photo 6: Mélangeur rapide

Les réactifs

A/ polymère : (remplacé actuellement par le polyélectrolyte)

- Utilité : adjuvant de floculation
- concentration de la solution : 1 g/l
- taux de traitement : 0,1 à 0,5 mg/l
- bac : de 3m³
- Injection : au niveau de mélangeurs M0, mélangeur M1 et mélangeur M2.

B/ Sulfate d'alumine

- Utilité : coagulant
- Taux de traitement : 25 à 140 mg/l (dans la station on trouve souvent 30mg/l à l'aide de Jar-test)
- Bacs : au nombre de 02 de 10 m³ chacun
- Concentration de la solution : 250 g/l
(On mélange 2500 kg de sulfate dans 10 m³ d'eau)

Chaque bac de préparation de sulfate d'alumine est muni d'un agitateur. La préparation de la solution dure 3 à 4 h. Un programme de marche permet un équilibre du temps de fonctionnement entre les 2 pompes doseuses à 2 têtes chacune. L'injection du sulfate d'alumine se fait au niveau de mélangeur M0, M1 et M2 par 2 pompes doseuses. La solution est refoulée vers chacune des 2 ouvrages d'arrivée aux décanteurs par 2 pompes doseuses (une par file).

Le débit de sulfate d'alumine injecté par la pompe est déterminé par la relation suivante:

$$\mathbf{Qpd : (Qeb * D)/C}$$

Qpd : débit de la pompe doseuse (Photo 7)(l/h)

D : la dose des sulfates d'alumine déterminé au laboratoire à l'aide du Jar-Test (mg/l)

C : concentration du bac (g/l)

Qeb : débit de l'eau brute (m³/h)

Photo 7: Pompe de sulfate d'alumine



C/ Carbonate

- Utilité : correction du pH
- concentration de la solution : 100 g/l
- taux de traitement : 5 à 30 g/l
- 02 bacs : de 9 m³ chacun
- pompe à membrane : 390 l/h
- Caractéristiques des pompes

D/ charbon actif

- Utilité : élimination du goût et de l'odeur
- concentration de la solution : 150 g/l
- taux de traitement : 5 à 50 g/l
- 01 bacs : de 10 m³
- pompe à membrane : 520 l/h
- Injection : au niveau de l'ouvrage M1 et M2

E/ **permanganate de potassium** : Utilisé pour la correction du pH

Ouvrages de floculations

Dans la station de Sidi Boushab on possède deux bassins rectangulaire pour la floculation, avec un volume de 362 m³.

- Mélangeurs lents (Photo 8)
 - **Vitesse périphérique de brassage** : réglable entre 0.20 et 0.75 m/s.
 - **Vitesse du flux engendré par l'hélice** : 0.10 à 0.40 m/s

Dans le flocculateur se forment les floes volumineux facilement décantables. Le mélangeur lent nous aide dans la formation des floes, mais il faut pas dépasser la vitesse de 0,75m/s sinon les floes former vont se casser et donc on aura pas une bonne décantation.

Photo 8: Mélangeur lent



Les ouvrages de Décantations

- Décanteurs (Photo 9)
 - Nombre : 2 par chaîne de traitement
 - Forme: rectangulaire
 - Volume : 250 m³
 - Nombre de lamelles : 900 unités
 - Vitesse < 0.025 m/s
 - Types de lamelles : à nervures trapézoïdales
 - Angle d'inclinaison : 60° par à l'horizontale
 - Volume de la zone de coalescence : 42 m³
 - Type des décanteurs : ACCELATOR
 - Dimensions des décanteurs: 27m x 27 m
 - Vitesse de Hazen : 2.77m/h, à débit nominal.

- Purge de boues

Actuellement, la purge de boues est effectuée chaque 2 heures pendant 1 mn. On procède aussi, à l'ouverture de la vanne de fond (pour vidanger le décanteur) pendant 80 secondes chaque 5 heures. Ces fréquences dépendent des saisons et de la qualité de l'eau brute.

La régulation de sortie permet de travailler sous charge constante, quelque soit l'état de colmatage des décanteurs.

La périodicité de purge de boues est de 2 à 4 heures par décanteur et dépend de la qualité d'eau. L'automatisme étant momentanément hors service, actuellement, on

procède manuellement à la purge de boues. La boue purgée au niveau des 7 goulottes est collectée grâce à une conduite 400 avec une vanne à commande pneumatique:

- Pour les décanteurs de la 2^{ème} tranche (T2), chacune des 7 conduites D200 est dotée d'une vanne de purge de boue à membrane
- Sur les 2 tranches T1 et T2, chacune des conduites D200 d'évacuation des boues est dotée d'une vanne d'isolement à commande manuelle



Photo 9 : Décanteurs

IV.2.5- Filtration

La filtration est un procédé physique destinée à la clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux.

Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente.

La filtration, habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs.

Caractéristiques des filtres

- ✓ Type : ouverts à sable
- ✓ Nombre : 8
- ✓ Plancher constitué de dalles béton assemblées, muni de tuyères.
- ✓ Surface : 28m² par filtre
- ✓ Granulométrie du sable : 0.95mm
- ✓ Hauteur du sable : 90 à 95 cm
- ✓ Hauteur d'eau au dessus du sable : 60 cm

- ✓ Vitesse de filtration à débit nominal : 5.95m/h
- ✓ Type répartition amont : caniveau
- ✓ Type régulation avale : par siphon
- ✓ Débit eau filtrée : 75 à 85 l/s/filtre
- ✓ Perte de charge max par encrassement : 1.5 mce

Chaque filtre est équipé à son entrée de clapet d'admission à flotteur. Leur couverture est liée à la mise en marche du filtre.

Filtre à sable rapide

Le filtre à sable rapide (Photo 10) est le type de filtre le plus utilisé dans le traitement des eaux de consommation. Le matériau filtrant est maintenu en place par gravité est l'écoulement de l'eau a lieu de haut en bas. Lorsque le milieu filtrant est encrassé, on lave le filtre en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ;le milieu filtrant est on lave le filtre est alors en expansion, et les particules d'impuretés, beaucoup moins denses que les grains de sable, sont décollées et évacuées vers l'égout à l'aide des goulottes de lavage. Les principaux éléments d'un filtre rapide sont : le fond de filtre, le gravier de support le milieu filtrant.

Le fond de filtre est structure qui sépare le milieu filtrant de l'eau filtrée. Il doit donc être suffisamment solide pour supporter le milieu filtrant (1m de sable et de gravier) et l'eau située au-dessus du milieu filtrant (2m) d'eau. Il permet en outre :

- * De collecter et d'évacuer les eaux filtrées ;
- * De distribuer uniformément l'eau de lavage

Le gravier de support, situé immédiatement au-dessus du fond de filtre, permet de :

- * retenir le sable du milieu filtrant ;
- * améliorer la répartition de l'eau de lavage dans le filtre

Régulation des filtres :

Le niveau de l'eau sur chaque filtre est fixe ou varie peu. Dans la phase du fonctionnement normal du filtre, le débit entrant est presque égal à celui sortant, grâce à un régulateur (siphon), placé à la sortie du filtre. Le matelas d'eau d'environ 80 cm au dessus du sable permet d'éviter une forte évaporation et empêche son déshabillage.

Le maintien du débit constant, quel que soit le degré d'encrassement des filtres, est assuré par un siphon, qui crée une perte de charge auxiliaire importante

lorsque le filtre est propre et s'annule quand le filtre est totalement colmaté. Le régulateur compense le colmatage du lit filtrant.

Le siphon concentrique et sa boîte de partialisation permettent de réaliser une régulation de niveau, dont la boîte de partialisation est l'organe de détection et de commande et le siphon l'organe de régulation.

Caractéristiques du siphon partialisé

* nombre : 8

* construction : acier galvanisé à chaud.

Appareils de contrôle

- Le vacuomètre sert d'indicateur de colmatage. Il est équipé d'un transmetteur à distance qui permet, d'une part de transmettre l'information « colmatage » au pupitre, et d'autre part de déclencher-en position automatique- le lavage du filtre en question.
- Des contacts « fin de course » placés sur les vannes des filtres ; permettent d'indiquer leurs positions.
- La mesure de la turbidité à la sortie de chaque filtre est effectuée directement par le laborantin. Cette mesure permet de corriger éventuellement le traitement ou la consigne générale de lavage, suivant l'évolution des caractéristiques de l'eau brute.

Lavages des filtres

Les indicateurs de colmatage (turbidité dépasse 0,5 NTU) renseignent l'opérateur, tout au long du fonctionnement sur l'état de colmatage de chaque filtre. Le lavage s'effectue par retour d'air et d'eau, il est manuel. A partir du pupitre de commande, l'opérateur enclenche manuellement le lavage à la lecture de l'indicateur de colmatage. La suite des opérations se déroule automatiquement selon les séquences suivantes :

- le surpresseur de lavage démarre : détassage, 3 à 5 mn
- la pompe de lavage démarre avec surpresseur 3 mn à 5 mn puis 2 pompes 8 à 10 mn
- arrêt du surpresseur et ouverture totale de la vanne d'arrivée d'eau de lavage.
 - Nature lavage : Air et l'eau sous pression
 - Débit eau de lavage : 1 200 m³/h
 - Pression de surpression d'air :1,2 mce
 - Débit air insufflé : 2000 m³/h

N.B.: Un clapet anti-retour empêche le retour d'eau sur le surpresseur de lavage après son arrêt.

Lavage à l'eau et l'air : (Photo 10)

On injecte simultanément, par le fond du filtre, de l'air et de l'eau. L'eau entraîne les impuretés vers les goulottes de lavage alors que l'air assure un brassage suffisant pour décoller ces impuretés. La charge superficielle (air) doit être supérieure à 5m/h. Signalons qu'il n'est pas nécessaire que le milieu filtrant soit en expansion pour que le lavage soit efficace. Après, l'arrêt de soufflantes, il faut toutefois continuer le lavage à l'eau afin d'entraîner toutes les impuretés vers les goulottes de lavage.

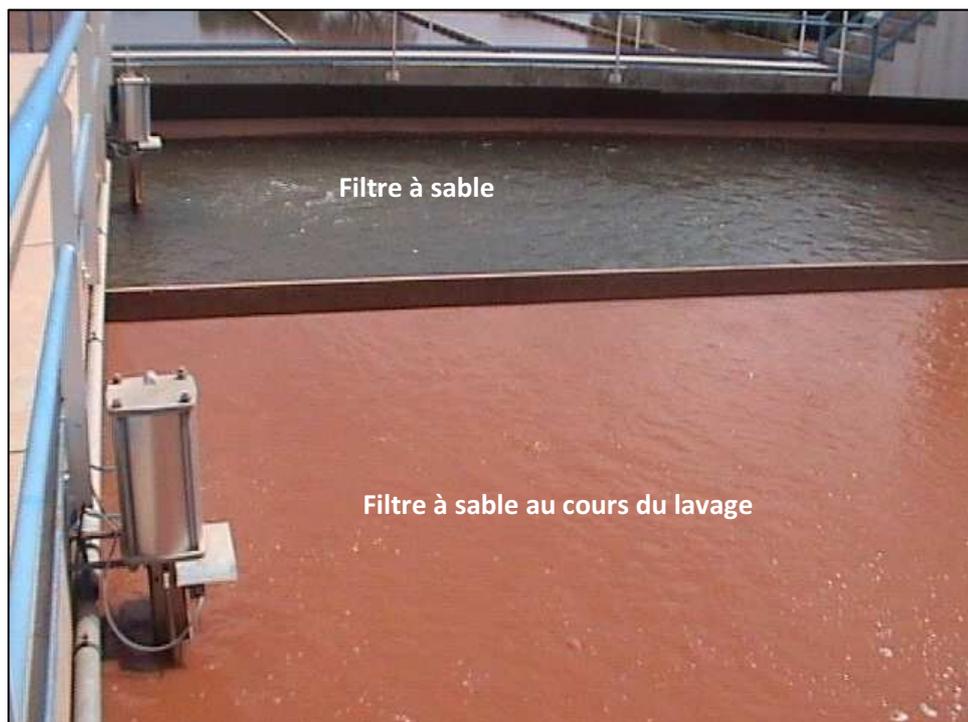


Photo n° 10 :
Filtres à sable

IV.2.6- Désinfection

La désinfection est un traitement de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies ; ce traitement n'inclut pas nécessairement la stérilisation, qui est la destruction de tous les organismes vivants dans un milieu donné.

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. les produits chimiques les plus utilisés sont :le chlore,le dioxyde de chlore , l'ozone,le brome,l'iode t le permanganate de Potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques : ébullition, ultraviolets ou rayons gamma.

Critères permettant de choisir le désinfectant :

Tous les procédés et les produits de désinfection n'étant pas équivalents, il faut choisir le procédé le plus approprié, compte tenu de certaines conditions particulières (caractéristiques et usages de l'eau, types de microorganismes à éliminer, qualité du réseau de distribution, etc.) et sachant qu'un désinfectant ou un procédé de désinfection doit :

- Ne pas être toxique pour les humains ou les animaux
- Être toxique, à de faibles concentrations, pour les microorganismes ;
- Être soluble dans l'eau ;
- Former avec l'eau une solution homogène ;
- Être efficace aux températures normales de l'eau de consommation (de 0 à 25°C)
- Être stable, afin de favoriser le maintien d'une certaine concentration résiduelle pendant de longues périodes de temps.
- Ne pas réagir avec la matière organique autre que celle des micro-organismes
- Ne pas détériorer les métaux ni endommager les vêtements lors de la lessive
- Éliminer les odeurs.
- Exister en grande quantité et être vendu à un prix abordable.
- Être facile à manipuler et ne faire courir aucun danger aux opérateurs.
- Permettre une mesure aisée de sa concentration et, partant, un bon contrôle de celle-ci ;

On effectue le plus souvent la désinfection à l'aide de chlore (80% de la désinfection dans le monde), car ce désinfectant présente plusieurs avantages. Cependant

l'addition de ce produit peut entraîner des effets secondaires indésirables qui dans certains cas obligent à utiliser d'autres désinfectants. Ainsi, le chlore réagit avec la matière organique de l'eau, ce qui peut parfois entraîner la formation de substances cancérigènes (trihalométhanes) ou d'odeurs désagréables (chlorophénols).

Par ailleurs, le chlore n'est pas suffisamment puissant pour éliminer complètement certains micro-organismes très résistants comme les virus. Afin de pallier ces carences, on utilise le dioxyde de chlore ou l'ozone. Ces désinfectants beaucoup plus puissants que le chlore. Ont toutefois l'inconvénient d'être instable (par exemple l'ozone réagissant très vite dans l'eau. on ne peut pas maintenir une concentration résiduelle pendant longtemps) c'est pourquoi on doit les produire à l'usine de traitement des eaux.

Détermination de la dose de chlore à injecter dans l'eau : P'

Soit :

P' : la dose de chlore à ajouter au chlore résiduel déjà existant dans l'eau (g/m³)

P_o : dose de chlore résiduel (g/m³) après filtration

P_f : dose de chlore total qu'on doit avoir au départ de la station de traitement (g/m³)

$$P' = P_f - P_o$$

Chloration

La préchloration (l'entrée de l'eau brute) et la désinfection (sortie de la station) sont assurées à partir de la salle de chlore qui abrite deux types d'installations de dimensions différentes (Photo11) :

- préchloration : 10 kg/h
- stérilisation : 4 kg/h

Six chloromètres (3 de 10 kg et 03 de 4 kg) permettent de régler le débit de chlore gazeux à injecter dans chacun des points d'injection de la station de traitement.

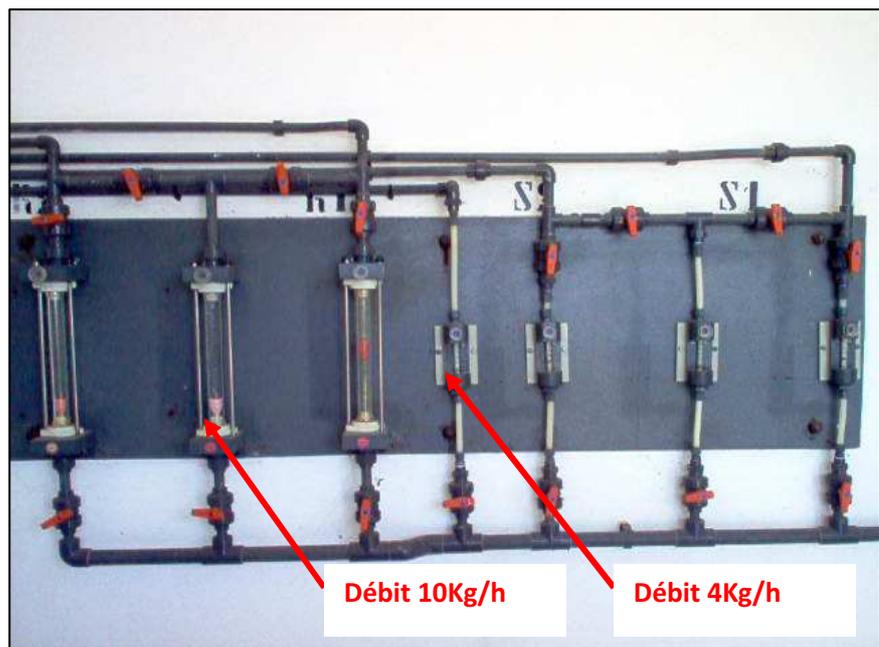


Photo 11: Chloromètres

Les chloromètres sous vide fonctionnent selon le principe de la dépression, fondé sur une variation de débit de chlore par modulation d'une dépression créée par un hydro-éjecteur où s'effectue la dissolution du chlore gazeux dans l'eau motrice. Un bouton de réglage et un flotteur visible sur le chloromètre permettent de régler et de visualiser le débit de chlore gazeux distribué. A l'arrêt, un clapet anti-retour incorporé à l'hydro-éjecteur empêche toute remontée d'eau dans l'appareil.

Préchloration /désinfection

Les chloromètres sont au nombre de 02 (dont 1 de secours). Le débit de chlore utilisé, permet d'exploiter directement la phase gazeuse du tank(Photo 12). On se passe alors de l'évaporateur qui sert en général en cas d'utilisation de grands débits de chlore.

Le débit du chlore utilisé dépend du débit et de la qualité d'eau brute entrant. Le débit du chlore est visualisé à un tube flotteur.

La salle de stockage des tanks à chlore est dotée d'un palan de manutention de 2T et de 2 ventilateurs d'aération (extraction d'air) en marche continue. Ledit ventilateur arrête en cas de fuites de chlore, permettant à l'aspirateur de refouler l'air chloré vers la tour de neutralisation.

Deux rangées (7 tanks de 800 et 400 kg par rangée) sont branchées en parallèle. L'une des rangées sert de secours. Un inverseur automatique, pouvant être manœuvré manuellement, permet de basculer sur l'une ou l'autre des 02 rangées. Le stock en chlore est constitué de 14 tanks de 800 ou 400 kg.

Photo 12 : Les tanks de chlore en gaz



Détection et neutralisation des fuites de chlore

Le chlore est un gaz jaune verdâtre à odeur irritante. Plus lourd que l'air, il stagne au sol en cas de fuite.

Toute fuite de chlore dans la salle de stockage des tanks à chlore ou dans la salle des chloromètres, dépassant un seuil pré-réglé, est détectée par une sonde liée à un détecteur de fuites de chlore qui déclenche une alarme et met automatiquement en route le ventilateur aspirant l'air chloré et la pompe de solution neutralisante (soude, hyposulfite de sodium). L'air chloré est refoulé à la base du compartiment des anneaux de contact de la tour de neutralisation et cheminé à travers le massif des anneaux jusqu'à la partie supérieure vers l'atmosphère. La pompe aspire la solution neutralisante dans le compartiment inférieur de la tour et la refoule au sommet où un distributeur la déverse en pluie sur le massif des anneaux, à contre courant du cheminement de l'air chloré. Le chlore réagit immédiatement avec la soude. La solution neutralisante doit être changée après saturation.

IV.2.7- Neutralisation

La neutralisation peut être assurée à l'aide de la chaux. Mais étant donné que le pH de l'eau potable à la sortie de la station de l'ordre de 7.5, on ne recourt presque jamais à la neutralisation.

IV 2.8- Distribution

A partir de la citerne (2x1000 m³) de l'eau traitée sous les filtres, deux conduites de diamètres 800 et 500 mm assurent l'alimentation gravitaire des 2 réservoirs 10 000 et 1 500 m³ de l'ONEP(photo 13&14) puis 2 conduites de 600 et 800 mm desservent gravitairement les réservoirs de la RAMSA.

Photo 13: Réservoir 1500m³



Photo 14: Réservoir 10000m³



IV.2.9- Les lits de séchage

Les lits de séchage (Photo 15) de la station de Sidi Boushab sont de nombre de 18 lits, qui reçoivent de l'eau et de la boue des décanteurs et des débourbeurs, le fond des lits est équipé de sable et de gravier qui vont aider à l'infiltration d'une partie des eaux et l'autre partie vont être évaporée avec le temps, la boue qui reste dans les lits est riche en aluminium et les sulfates, ce qui peut provoquer des problèmes dans le sol, bref cette boue a un effet indésirable sur l'environnement. L'ONEP donc envoie cette boue à l'usine de cimenterie de la région, pour qu'elle soit brûlée.



Photo n°15: Les lits de séchage

IV.3- Eau traitée

Après la désinfection l'eau traitée est dirigée vers deux réservoirs un de 10000m³ et l'autre de 1500m³.

Les normes de l'eau potable sont mentionnées dans le tableau n° 2

La station produit un débit de 1100m³/h avec un rendement de 98%.

L'eau traitée subit plusieurs analyses journalières pour contrôler sa qualité et aussi pour contrôler le traitement de la station.

Les analyses subissent par l'eau traitée dans la station de Sidi Boushab sont la Conductivité, Turbidité, pH, TAC, Oxydabilité, Oxygène dissous, Dureté, Mn, Fe, Chlore résiduel, Chlorure, Odeur, saveur, couleur, et la Bactériologie (milieux solides)

On effectue aussi des analyses journalières dans les étapes suivantes :

Floculateurs : On mesure le pH de l'eau de floculateur et il ne faut pas dépasser 7,40

Décanteurs : En plus de pH on mesure la turbidité il ne faut pas qu'elle dépasse 5 NTU et chlore résiduel libre $\leq 0,5$.

Sous filtre : L'eau de sous filtre au point de vue turbidité il ne faut pas qu'elle dépasse 0,5 (sinon un lavage pour le filtre est nécessaire) ; chlore résiduel libre $\leq 0,5$ et pour le pH il faut qu'il soit dans la norme des eaux potable.

paramètre	unité	réglementation concernant la qualité de l'eau destinée à la consommation.			
		CMA	OMS	FRANCE	MAROC
pH	-	-	6.5-9	6.5-8.5	6.5-9.5
Conductivité	$\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°	-	-	400	<2700
Oxydabilité	mg d'O ₂ /l	5	5	5	<2
Dureté total	°F	-	50	60	10-30
Calcium	mg/l	-	-	100	<100
Magnésium	mg/l	50	-	50	<100
Alcalinité	°F	-	50	>2.5	<50
Chlorures	mg/l	-	250	250	<750
Sulfates	mg/l	250	400	250	<250
Nitrates	mg/l	50	40	50	<50
Nitrites	mg/l	0.1	3	0.1	<0.1
Fer	mg/l	0.2	0.3	0.2	<0.3
Ammonium	mg/l	0.5	1.5	0.5	<0.5

Tableau 2 : les normes de potabilité de l'eau (Source : Diam, 2008)

De 2003 à 2009, l'eau traitée à la station sidi Boushab représente les caractéristiques suivantes (Tableau 3):

	Min	Max
Turbidité (NTU)	0,1	0,18
pH	7,13	7,81
Conductivité (microS/cm)	660	2100
SO ₄ ²⁻	102,44	153
Cl ⁻	142	261
NO ₃ ⁻	0,28	7,98
Ca ²⁺	64	76,8
Mg ²⁺	21,4	30,15

Tableau 3 : qualité de l'eau traité à la station Sidi Boushab (2003 à 2009)(source : ONEP)

Les eaux traitées de la station de Sidi Boushab respectent les normes de potabilité (Tableau 2).

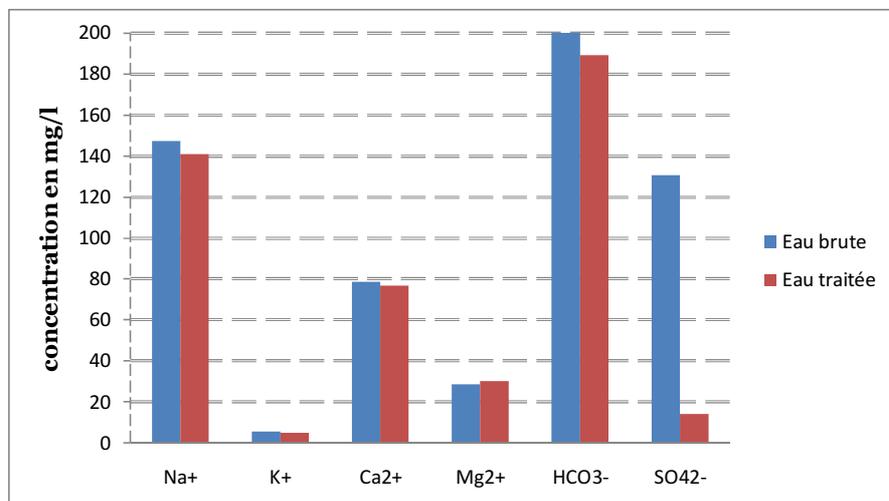


Fig 11 : Qualité de l'eau traitée et de l'eau brute en 2008

IV.4- Evolution de la Qualité de l'eau brute

IV.4.1- Conductivité

On remarque que les valeurs de conductivité les moins élevées ont été enregistrées pendant 2006 (1184 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en janvier),(Fig 12) par contre en avril 2008 cette minéralisation a dépassée 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En 2007, la conductivité augmente d'une façon moyenne le long de l'année pour atteindre sa valeur maximale (2146 $\mu\text{s}/\text{cm}$) en Décembre.

En 2008, les eaux brutes de la station sont fortement minéralisées (2548 microS/cm) à cause de l'effet de la géologie des formations rencontrée dans le bassin versant de l'oued Issen. En effet, la majorité des affleurements de ce bassin contiennent des dépôts évaporitiques (gypses...) du Trias et du Permo-Trias (Fig9). Le facteur climatique (pluviométrie) est aussi à mettre en relation avec l'augmentation de la minéralisation de ces eaux par le biais du phénomène de lessivage, qui provoque la libération des éléments.

Selon les normes utilisées dans ce type de stations de traitement ($750 < \text{CE} < 1500\mu\text{s}/\text{cm}$) on constate (Fig. 13) que donc la minéralisation est médiocre mais c'est une eau utilisable est c'est le cas des eaux de 2006 et 2007. Si la conductivité est supérieur à 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ donc la minéralisation est excessive est c'est le cas de 2008.

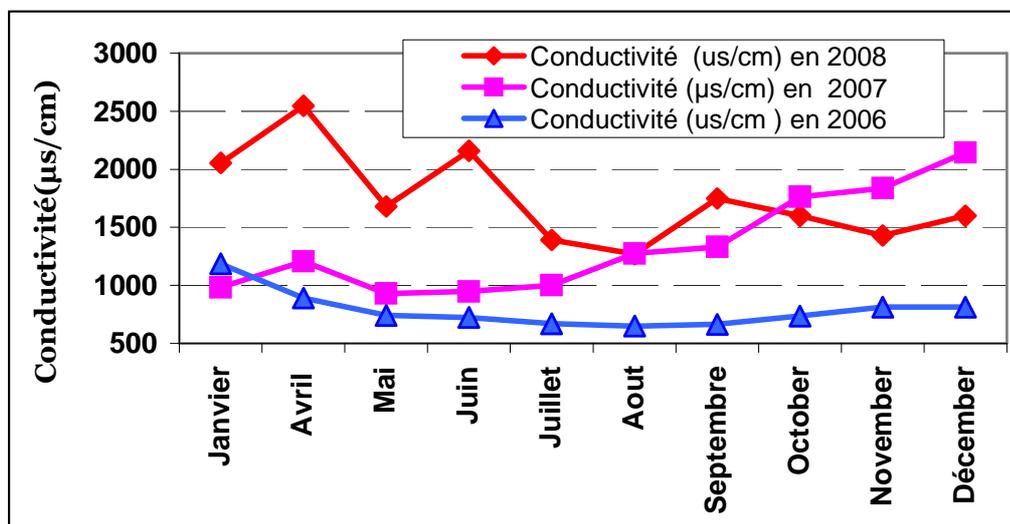


Fig. 12 : La conductivité de l'eau brute de la station

La figure 13 ci-dessous, représente les conductivités moyennes annuelles des eaux brutes traitées par la station.

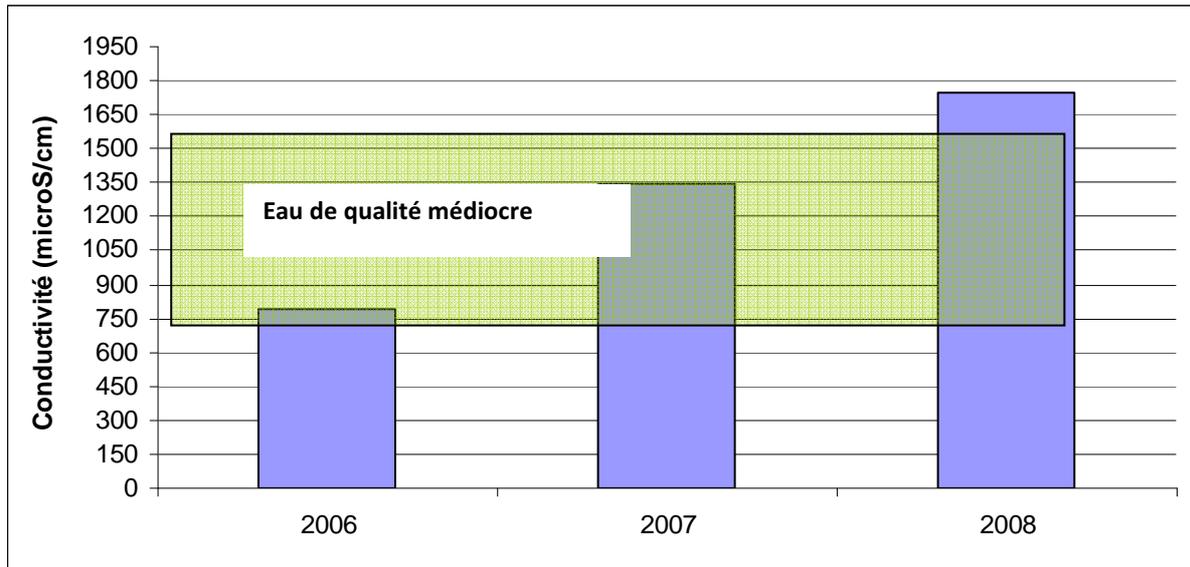


Fig.13: Conductivités moyennes des eaux brutes et normes qualité

Les normes marocaines de potabilité des eaux sont des eaux ayant une conductivité inférieure à 2700 microS/cm .

Donc il faut bien distingué entre la qualité des eaux et la potabilité des eaux , car on peut avoir une eau médiocre ou de mauvaise qualité mais utilisable pour l'AEP(cas de 2008). Autrement dit, une eau potable destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir des éléments nocifs pour la santé

Et la qualité de l'eau définit la vulnérabilité d'une eau pour à être traitée, il existe 3 catégories :

- A1 : Eau de très bonne qualité
- A2 Eau de moyen qualité
- A 3 : Eau médiocre mais peut être utilisé (cas de 2008)

IV.4.2- pH

Le pH de l'eau brute de la station varie entre 7,7 et 8,2. Des chutes de pH peuvent apparaître pendant certains mois de la même année (Fig. 14). D'une manière générale, les eaux brute de la station sont neutre à légèrement acide (Cas général des eaux de surface).

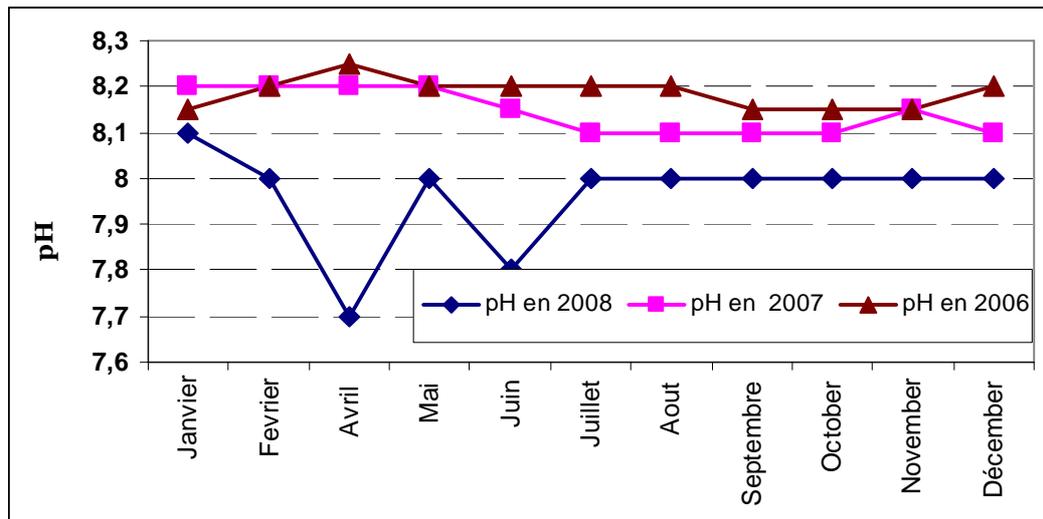


Fig. 14 : Variation du pH à la station Sidi Boushab (Source : ONEP Agadir)

IV.4.3- Turbidité

La turbidité la plus élevée est enregistré en 2006 (plus de 250 NTU) au mois février (Fig. 15). A partir du mois de Mai, ce paramètre varie entre 50 et 1000 NTU.

En 2007, la valeur la moins élevée de la turbidité a été enregistrée en Octobre (33,1.NTU), ensuite ce paramètre varie entre 33,1 et 76 NTU.

La turbidité un des paramètres qui nous donne des informations sur la matière en suspension, donc pour les eau brute de Février de 2006 sont chargées en matière en suspension. La turbidité des eaux est fonction de la pluviométrie sur le bassin versant, ces deux paramètres sont proportionnels. La station est arrêtée lorsque la turbidité dépasse 30 g /l.

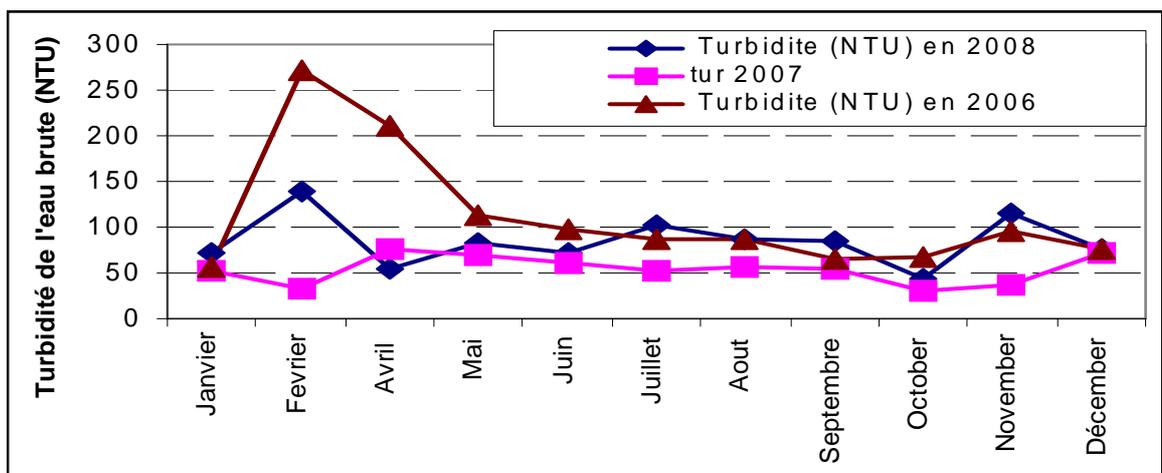


Fig. 15: Variation de la turbidité à la station Sidi Boushab (Source : ONEP Agadir)

La turbidité des eaux est proportionnelle aux apports d'eau dans le barrage.

IV.4.4- Coagulant

La dose du coagulant utilisé dans la station varie entre 30 à 40 mg/l. en 2006, cette dose est très élevée en Février et Avril puis il reste constant à 30 g/l en 2007, la dose du coagulant la plus élevée a été enregistrée en Mars et Décembre en 2008, la dose du coagulant la plus élevée en Février (Fig 16).

La dose du coagulant à injecter est déterminée à l'aide du jar-test effectué sur l'eau brute au laboratoire, son choix à une relation avec la turbidité et le pH (turbidité la plus faible et le pH le plus proche de 7,4). Plus l'eau est turbide plus on utilise la dose de coagulant la plus élevée (Cas du mois de Février 2006),

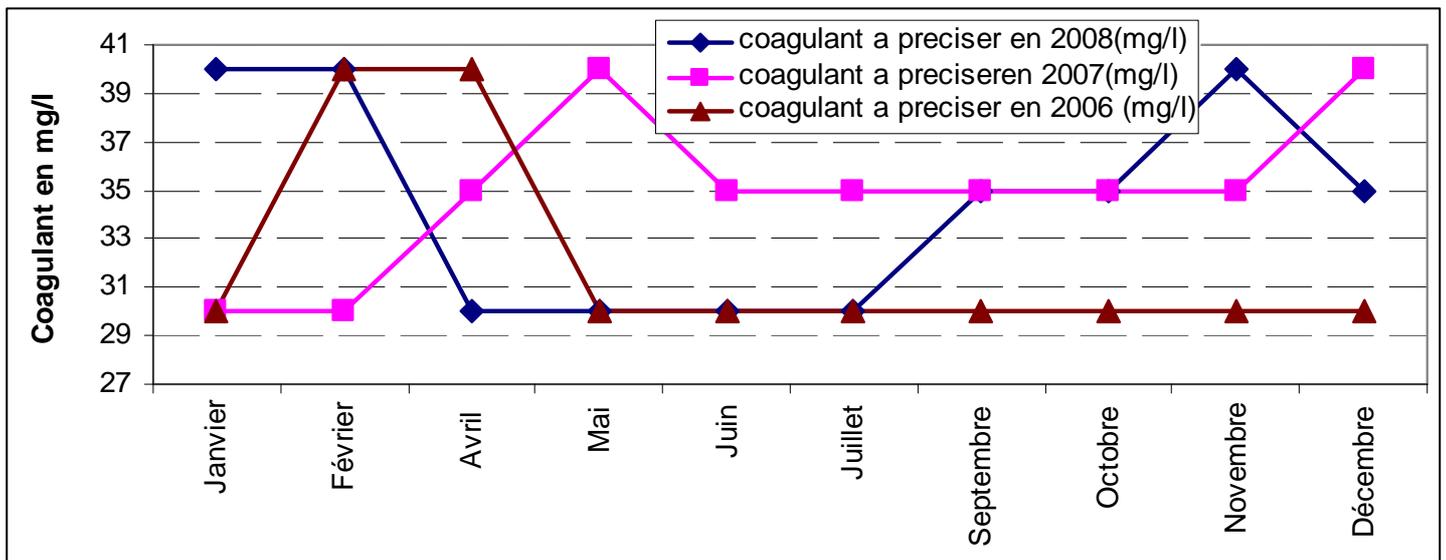


Fig16. : Dose du coagulant injecté (en mg/l) à la station sidi Boushab

IV.5- Evolution des volumes d'eau brute et d'eau produite

Les volumes produits les plus élevés ont été enregistrés en 2006, par contre les plus faibles volumes d'eau ont été produits en 2007.

Cette variation des volumes produits pourrait s'expliquer par :

- L'évolution démographique de la population du grand Agadir (à partir de 2004), qui a entraîné l'augmentation de la consommation d'eau,
- La station alimente aussi les douars avoisinants, dans le cadre de l'AEP rurale.

La diminution de volume d'eau produit et brute entre 2006 et 2007 est due à la mise en service (2007) de la station de TAMRI (alimentée par le barrage Moulay Abdellah sur l'oued Aougar) faisant partie du système de production P3.

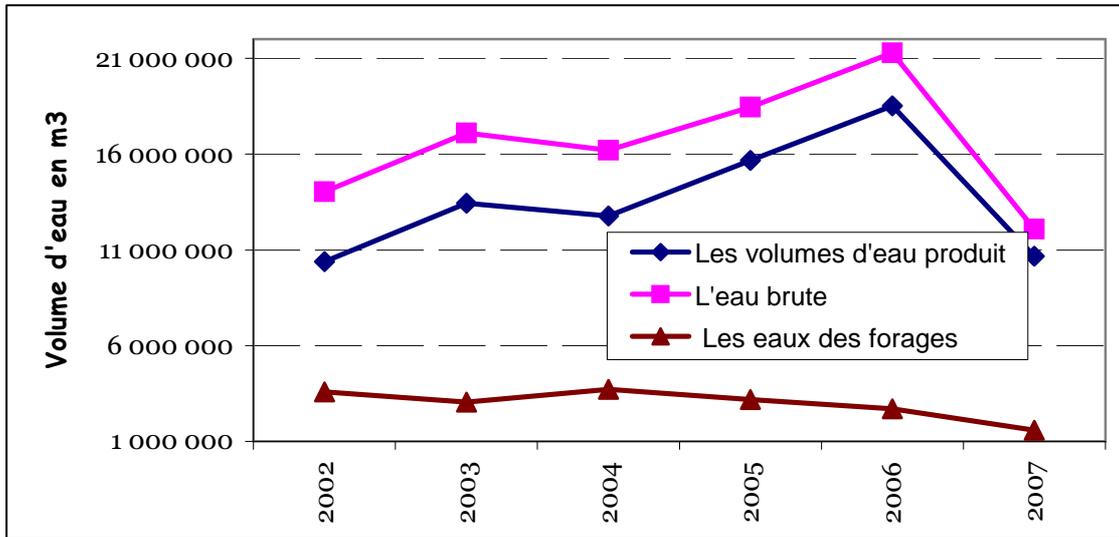


Fig. 17 : Evolution de la production de l'eau brute à la station sidi Boushab

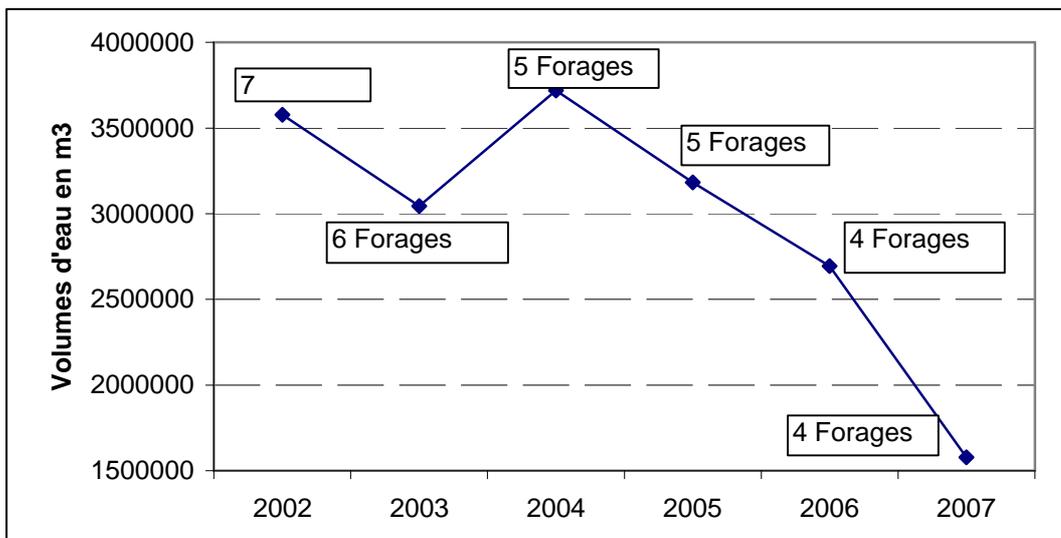


Fig. 18: Production et effectif des forages du champ captant Hmar Boudhar

Les volumes produits les plus élevés ont été enregistrés en 2006, et les plus faibles volumes ont été enregistrés en 2007.

VI- Conclusion

La station de traitement Sidi Boushab (mise en service 1985), objet de ce travail, assure l'AEP d'une partie du Grand Agadir et aussi celle des douars avoisinants.

L'eau brute de la station provient du barrage Dkhila construit sur l'oued Issen (barrage de compensation du barrage Abd El Moumen). L'oued Issen présente un bassin versant qui draine les terrains triasiques riches en évaporites. Ces formations influent la qualité des eaux brute par lessivage. Pendant les périodes de crues on assiste à:

- une forte augmentation de la conductivité électrique ($CE > 2000\mu\text{s}/\text{cm}$) ;
- une forte augmentation de la turbidité des eaux.

Ces deux phénomènes constituent la problématique de la station Sidi Boushab.

L'addition des eaux souterraines du champ captant Hmar Boudhar aux eaux produites par la station permet de diminuer cette forte conductivité par dilution.

Si la turbidité dépasse 30 g/l l'arrêt de la station est obligatoire car :

- les filtres se colmatent très vite
- Nécessité de purges de la boue des décanteurs et des debourbours ;
- Nécessité de coagulant (sulfates d'alumine) en grande quantité etc....

La station de Sidi Boushab produit un débit de $1100\text{m}^3/\text{h}$ extensible à $2400\text{m}^3/\text{h}$. Cette production est additionnée aux eaux souterraines produites par le champ captant Hmar Boudhar ($140\text{m}^3/\text{h}$) pour satisfaire le système de Production P1 du Grand Agadir.

L'AEP du grand Agadir, gérée par la RAMSA, est formé du :

- Systèmes de production P1 cité ci-dessus,
- Système de production P2 constitué des champs captants sud (12 forages et 210 l/s), du champ captant Admine (8 forages et 150 l/s), champ captant est (4 forages et 75 l/s), puits du Golf (100 l/s), puits d'Ait Melloul (17 l/s) et un forage d'Inzegane (18 l/s)
- Et du Système P3 , constitué par la station de traitement de Tamri à partir des eaux du barrage My Abdellah (700 l/s extensible à 900 l/s).

Liste des photos

- Photo n° 1 : Vue générale de la station Sidi Boushab
- Photo n° 2 : vue des deux conduites assurant l'entrée de l'eau brute dans la station
- Photo 3 : Le prélèvement de l'eau brute
- Photo 4 : L'injection du chlore
- Photo n 5: Débourbeur (3000m³)
- Photo 6: Mélangeur rapide
- Photo 7: Pompe de sulfate d'alumine
- Photo 8: Mélangeur lent
- Photo 9 : Décanteurs
- Photo n° 10 : Filtres à sable
- Photo 11: Chloromètres
- Photo 12 : Les tanks de chlore en gaz
- Photo 13: Réservoir 1500m³
- Photo 14: Réservoir 10000m³
- Photo n°15: Les lits de séchage

Liste des figures

- Fig. 1 : Situation géographique du bassin versant de l'oued Souss .
- Fig. 2 : Plaine du Souss et réseau hydrographique du bassin versant
- Fig. 3 : Variation des pluies annuelles (mm) à Taroudant
- Fig. 4 : Barrages du bassin du Souss Massa
- Fig. 5: Baisse de la nappe du Souss entre 1968 et 2003
- Fig. 6 : Coupe géologique à travers la plaine du Souss (in Conseil Sup. Eau, 1992)
- Fig. 7 : Situation du système de production P1 (Station de Sidi Boushab)
- Fig. 8 : Schéma du systèmes de production P1 du Grand Agadir
- Fig. 9: Cadre géologique du bassin versant des barrages Abd El Moumen et Dkila
- Fig. 10 : Diagramme de Piper – Evolution des faciès chimiques des eaux brutes
- Fig. 11 : Qualité de l'eau traitée et de l'eau brute en 2008
- Fig. 12 : La conductivité de l'eau brute de la station
- Fig. 13: Conductivités moyennes des eaux brutes et normes qualité
- Fig. 14: Variation du pH à la station Sidi Boushab (Source : ONEP Agadir)
- Fig. 15: Variation de la turbidité à la station Sidi Boushab (Source : ONEP Agadir)
- Fig. 16. : Dose du coagulant injecté (en mg/l) à la station sidi Boushab
- Fig. 17 : Evolution de la production de l'eau brute à la station sidi Boushab
- Fig. 18: Production et effectif des forages du champ captant Hmar Boudhar

Liste des tableaux

- Tableau n° 1 : Caractéristiques des barrages de Souss Massa
- Tableau 2 : les normes de potabilité de l'eau
- Tableau 3 : qualité de l'eau traité à la station Sidi Boushab (2003 à 2009)

Références bibliographiques

- Raymond Desjardins (1988): Le traitement des eaux, Deuxième édition revue, édition de l'école polytechnique de Montréal 1988 p(3à6,2 ,111,93,108)
- Groupe Office Chérifien des Phosphates Année.....: Rapport interne, formation continue du Personnel de « Phosboucraa ».
- WWW. Onep. Org .ma
- ONEP (2007): Stratégie de l'ONEP en matière de contrôle de la qualité des eaux. Rapport interne.
- ONEP (2006): Procédure d'exploitation du système d'adduction et de la station de traitement d'Agadir (2006)
- Diam Adil (2008) : Rapport de fin d'études- Contrôle de la qualité des eaux par analyses physico-chimique, Institut Pasteur- Casablanca.
- Said Boutaleb (2000) : titre Thèse de Doctorat/Impact de la géologie et du climat des bassins versants sur la qualité des eaux d'une grande nappe alluviale en climat semi-aride .application aux relations hydrologiques entre le Haut Atlas – occidental et la plaine du Souss
- WWW. Abhsm.ma
- Conseil supérieure de l'eau et du climat (2001): Plan directeur pour le développement des ressources en eau des bassins du Souss-Massa
- Karima AKASSAY (2006) : Rapport : Gestion des ressources en eau dans le bassin versant du Souss : De l'analyse vers la modélisation d'un systèmes fragile et complexe, pages (2 , 3).