



Année Universitaire : 2009-2010



Master Sciences et Techniques : Hydrologie de Surface et Qualité des Eaux

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

**Contrôle de la qualité de l'eau à la station de
traitement EL Kansera, Khemisset**

Présentée par:

El GHOMRI Fouzia

Encadré par:

- Mr. EL Mahir Hassan. ONEP Khemisset.
- Mr. Benaabidate Lahcen. FST Fes.

Soutenu Le 23 Juin 2010 devant le jury composé de:

- Mr. Khalid Derraz
- Mr. Benaabidate Lahcen
- Mr. Taoufiq Saffaj
- Mr. Fatima Fadel

Stage effectué à : l'ONEP de Khemisset



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master Science et Techniques

Nom et prénom : EL GHOMRI Fouzia

Année Universitaire : 2009/2010

Titre: Contrôle de la qualité de l'eau à la station de traitement EL kansera Khemisset

Résumé

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial. Les sources d'eaux peuvent être de mauvaise qualité en raison de problèmes d'origine naturelle et/ou anthropique.

Le traitement de l'eau consiste à appliquer des procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques, ces trois types de procédés étant nécessaires pour produire une eau de haute qualité et sans danger à partir de certaines sources (eau de surface ou souterrain).

Nos activités principales durant notre séjour au sein de la station du traitement d'Elkansera ont touché tout ce qui concerne le traitement de l'eau depuis l'apport de l'eau brute du barrage jusqu'au refoulement de l'eau traitée vers leurs destination ; dont les tâches principales sont :

- La découverte du système de fonctionnement de la station.
- Le contrôle de la qualité de l'eau brute et traitée.

Mots clés : Traitement des eaux, contrôle de la qualité, barrage EL Kansera



Tables des matières

Listes des abréviations.....	
Listes des tableaux.....	
Listes des figures.....	
Listes des photos.....	
Objectif du stage	4
Chapitre I : présentation du lieu de stage.....	5
I) Présentation de l'office national d'eau potable (ONEP).....	6
I-1) Principales activités de l'ONEP.....	6
I-2) Organigramme de l'ONEP de Khémisset.....	8
I-3) Description et fonctionnement de la station de traitement d'el kansera.....	9
I-4) Organigramme de la station du traitement EL Kansera.....	10
I-5) Prise d'eau.....	11
Introduction	12
Chapitre II : Etude Bibliographique.....	13
<u>Partie I</u> : Généralité sur l'eau.....	14
I) Le cycle hydrologique de l'eau.....	14
I-1) Dynamique du cycle de l'eau.....	15
I-2) Les différents types d'eau.....	15
II) Les différents types de pollution des eaux.....	16
II-1) La pollution domestique.....	16
II-2) La pollution industrielle.....	17
II-3) La pollution agricole.....	17
II-4) La pollution thermique.....	18
II-5) La pollution métallique.....	18
II-6) La pollution microbiologique.....	18
II-7) La pollution par les phosphates.....	18
II-8) La pollution par les nitrates.....	19
II-9) La pollution accidentelle.....	19
III- Assainissement des eaux de rivières.....	19
III-1) Le traitement physique.....	20
a) Dégrillage.....	20
b) Tamisage.....	20
c) Débourage/Déssablge.....	20
d) Décantation.....	21
e) Filtration.....	21
f) Flottation.....	21
III-2) Le traitement physico-chimique.....	21
III-3) Le traitement chimique.....	22
III-4) Le traitement biologique.....	22
III-5) Le traitement final.....	22
<u>Partie II</u> : Les étapes du traitement de l'eau dans la station de traitement EL Kansera.....	24



I - Les étapes du traitement de l'eau dans la station de traitement EL Kansera	24
I-1) Arrivée de l'eau brute.....	24
I-2) Pré-chloration :.....	24
I-3) Aération :.....	25
I-4) Floculation / Coagulation :.....	25
I-5) Décantation :.....	26
I-6) Filtration :.....	27
I-6-1) Lavage des filtres.....	27
I-6-2) Les étapes de lavage des filtres :.....	29
I-6-3) Recyclage de l'eau de lavage :.....	29
I-7) Régulation.....	29
I-8) Chloration.....	30
I-8-1) Installation.....	30
I-8-2) Injection de l'eau chlorée.....	31
I-9) Refoulement de l'eau traitée.....	31
II- Les principaux réactifs utilisés dans la station de traitement EL Kansera.....	31
III- La qualité microbiologique des eaux de boissons.....	32
III-1) Micro-organismes pathogènes.....	32
III-2) Les germes pathogènes.....	32
a) Coliformes fécaux	32
b) Coliformes totaux.....	32
c) Streptocoques fécaux.....	33
d) Germes totaux.....	33
Chapitre III : Matériel et méthodes.....	34
I- Analyses physico-chimiques	35
I-1) Mesure de la température.....	35
I-2) Mesure du pH.....	35
I-3) Mesure de la turbidité.....	36
I-4) Mesure de la conductivité électrique.....	36
I-5) Coagulation-floculation (Jar test).....	37
I-6) Détermination des titres alcalimétriques TA et TAC.....	42
I-7) Dureté calcique.....	43
I-8) Détermination de dureté totale TH.....	44
I-9) Dosage des ions magnésium.....	44
I-10) Dosage volumétrique des chlorures par la méthode au Nitrate Mercurique	45
I-11) Oxygène dissous par la méthode de Winckler.....	46
I-12) Dosage des silicates.....	47
I-13) Dosage des sulfates.....	47
I-14) Dosage de l'ammonium.....	48
I-15) Oxydabilité par KMnO_4	50
I-16) Dosage de CO_2 libre.....	51
I-17) Dosage du chlore.....	52
I-18) Dosage des nitrites.....	53
I-19) Dosage des nitrates.....	54
I-20) Mesure d'agressivité.....	57
I-21) Détermination des substances minérales	57



II- Les caractères organoleptiques.....	58
II-1) L'odeur.....	58
II-2) La saveur.....	59
II-3) La couleur.....	60
III- Analyse bactériologique.....	60
III-1) Généralités.....	60
III-2) Méthodes d'analyse bactériologique	61
a) Lecture et interprétation des résultats	62
b) Mode opératoire	62
c) Analyse bactériologique l'eau brute	63
d) Analyse bactériologique de l'eau traitée	64
e) Normes	65
Chapitre IV : Résultats et discussions.....	66
I- Résultats et interprétations.....	67
I-1) Analyse de l'eau brute.....	67
a) Turbidité.....	68
b) pH.....	69
I-2) Analyse de l'eau traitée	70
a) Turbidité.....	71
b) pH.....	72
I-3) Analyse de l'eau dans les différentes phases de traitements.....	73
a) Turbidité.....	73
b) pH.....	74
Conclusion.....	75
Liste bibliographique.....	76
Annexes.....	77



OBJECTIFS DU STAGE

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître, et l'approvisionnement en eau douce devient ainsi de plus en plus difficile, tant en raison de l'accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes.

Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappe, à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface. Parallèlement se sont développées les recherches des eaux souterraines, les méthodes de recyclage, et maintenant on se préoccupe de plus en plus du dessalement de l'eau de mer.

Pour cela le traitement de l'eau est indispensable, pour assurer l'eau de boisson à une population qui ne cesse de croître.

Nos activités principales durant notre séjour au sein de la station du traitement d'Elkansera ont touché tout ce qui concerne le traitement de l'eau depuis l'apport de l'eau brute du barrage jusqu'au refoulement de l'eau traitée vers leurs destinations ; dont les tâches principales sont :

- La découverte du système de fonctionnement de la station.
- Le contrôle de la qualité de l'eau brute et traitée.



INTRODUCTION

La qualité de l'eau constitue un enjeu environnemental primordial. Les sources d'eaux peuvent être de mauvaise qualité en raison de problèmes d'origine naturelle et/ou anthropique.

Le traitement de l'eau consiste à appliquer des procédés de traitement physiques, chimiques et biologiques, ces trois types de procédés étant nécessaires pour produire une eau de haute qualité et sans danger à partir de certaines sources (eau de surface ou souterrain).

Dans notre étude on s'intéresse aux différentes étapes de traitement.

-Aération : c'est la réoxygénation de l'eau par l'intermédiaire de 4 cascades étagées en parallèle.

-Floculation / Coagulation : 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.

Décantation : C'est l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle du liquide jusqu'à une surface ou une zone de stockage.

Filtration : C'est le procédé de séparation solide liquide de finition. L'eau clarifiée, provenant des décanteurs, est ensuite filtrée sur des filtres à sables rapides. Ainsi les floccs n'ayant pas été sédimentés, sont éliminés de l'eau.

Contrôle physico-chimique : Le contrôle physico-chimique consiste à mesurer, dans le réseau de distribution, les substances inorganiques et les substances organiques. Ces substances ne peuvent dépasser les normes indiquées dans ces tableaux.



Contrôle bactériologique : Le contrôle bactériologique consiste à contrôler les bactéries coliformes totales et les bactéries coliformes fécales. Ce contrôle sert à vérifier la qualité bactériologique de l'eau distribuée.

Donc les résultats obtenus à partir des différentes étapes de traitement seront jugés pour la confirmation de la qualité de l'eau traitée.



Chapitre I :

Etudes bibliographiques

Partie I : Généralité sur l'eau

I) Le cycle hydrologique de l'eau :

Entre les quatre grands réservoirs d'eau de l'hydrosphère que sont les mers et océans, les eaux continentales (superficielles et souterraines), l'atmosphère, et la biosphère, l'échange d'eau est permanent et forme ce que l'on appelle le cycle externe de l'eau.

Le moteur de ce cycle en est le soleil: grâce à l'énergie thermique qu'il rayonne, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement. (Agences de l'eau 1996).

Le cycle hydrologique de l'eau se divise en deux parties intimement liées :

- une partie atmosphérique qui concerne la circulation de l'eau dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau essentiellement,
- une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain.

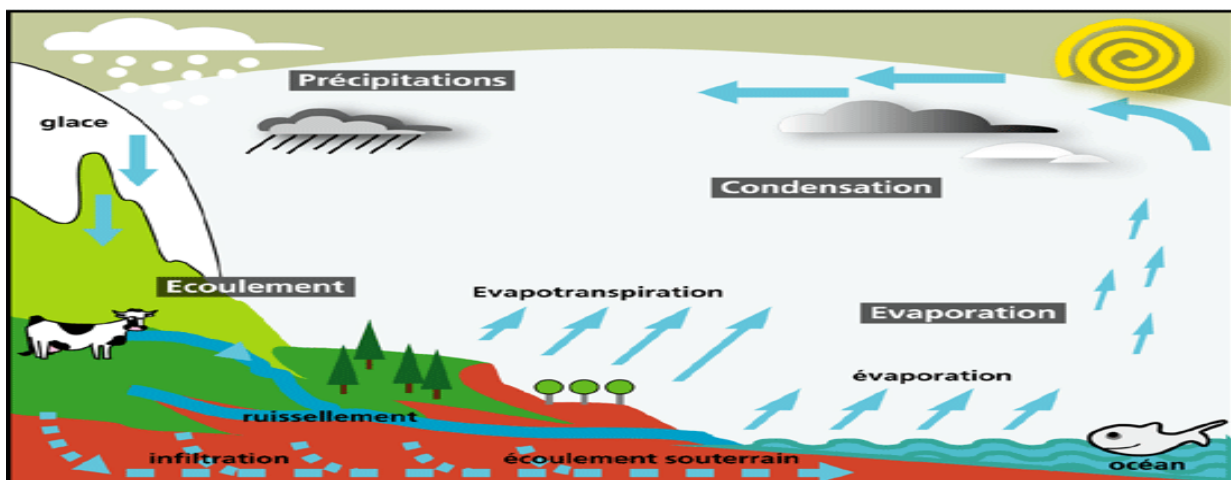


Figure n°1 : Cycle de l'eau (Le guide de l'eau 2007).

I- 1) Dynamique du cycle de l'eau :

En moyenne sur l'année et sur l'ensemble du globe terrestre, 65% des précipitations qui arrivent sur la terre s'évaporent, 24% ruissellent et 11% s'infiltrent.

Le cycle de l'eau est stationnaire c'est à dire que toute perte d'eau par l'une ou l'autre de ses parties, atmosphérique ou terrestre, est compensée par un gain d'eau par l'autre partie (Office des publications officielles des communautés européennes 2001).



I- 2) Différents types d'eau :

- **Eaux souterraines** : elles proviennent de l'infiltration des eaux de pluie dans le sol. Jusqu'à rencontrer une couche imperméable. Là, elles s'accumulent, remplissant le moindre vide, formant ainsi un réservoir d'eau souterraine appelé aquifère.

La nappe chemine en sous-sol sur la couche imperméable, en suivant les pentes, parfois pendant des dizaines voire des centaines de kilomètres, avant de ressortir à l'air libre, alimentant une source ou un cours d'eau.

Les nappes souterraines fournissent ainsi presque le tiers du débit total de tous les cours d'eau de la planète. Les eaux souterraines cheminent à des vitesses très différentes qui dépendent de la nature des sols : plus la taille des porosités du sol est grande, plus la vitesse est rapide (Agence de l'Eau Seine Normandie (1999)).

-**Eaux de surface** : Toute eau naturellement en contact libre avec l'atmosphère (cours d'eau, lac, réservoir, bassin de retenue, mer, estuaire, etc.); désigne également les sources, puits et autres collecteurs directement influencés par l'eau de surface. (Bienfaits des barrages et développement économique et social au Maroc 2002).

-**Eau potable** : C'est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée. (Politique et stratégies de gestion des ressources en eau au Maroc 2000).

A l'inverse, la présence de certaines substances peut-être jugée nécessaire comme les oligo-éléments (éléments minéraux) indispensables à l'organisme. Une eau potable doit être aussi une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût (ONEP, 1991)



-Eau de source : Les eaux de source sont issues d'une source ou d'un puits foré, protégés contre la pollution. Elles ne peuvent subir aucun traitement, sauf certaines eaux gazeuses auxquelles on a ajouté du gaz carbonique.

L'eau de source se distingue de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit être conforme aux normes de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation d'avoir une composition minérale constante et caractéristique et qu'elle ne peut prétendre avoir des effets bénéfiques pour la santé (Agence de l'Eau Seine Normandie 1999).

-Eau minérale naturelle : Une eau minérale est une eau de source souterraine, naturellement pure, de composition physico-chimique constante et qui contient des minéraux, sels, gaz et boues, susceptibles d'agir efficacement sur la santé.

(: Document le Management des compétences et des qualifications dans un environnement en mutation (sagasciences, 2008).

II- Les différents types de pollution des eaux :

La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique ou biologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'homme et par ses activités. Elle perturbe les conditions de vie et l'équilibre du milieu aquatique et compromet les utilisations de l'eau (SDAGE RMC, 1996).

On distingue plusieurs sources de pollution :

II-1) La pollution domestique :

Proviennent des utilisations quotidiennes de l'eau à la maison, elles sont essentiellement chargées de pollution organique. Elles se divisent en :

- Eaux ménagères qui ont pour origine : les salles de bains et les cuisines, généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques,...
- Eaux de vannes, ils s'agit des rejets des toilettes, chargées de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.



Aux eaux domestiques traditionnelles s'ajoutent les eaux de pluie et les eaux collectives de lavage des rues, des marchés, des commerces, des bâtiments scolaires, des hôpitaux,... Les eaux usées domestiques et collectives représentent 400L/J/h. Elles peuvent être responsables de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau, ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières. (Menace de pollution Mai 1999).

II-2) La pollution industrielle :

Ses caractéristiques varient selon l'industrie. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir :

- Des graisses (industries agroalimentaires).
- Des hydrocarbures (raffineries).
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie, hydrométallurgie,...)
- Des acides, des bases et des produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries,...). (La directive du conseil n°91/271, 1991).

II-3) La pollution agricole :

L'agriculture est une source de pollution des eaux, elle apporte les engrais et les pesticides.

- La concentration des élevages donne un excédent de déjections animales ; celles-ci s'évacuent dans les cours d'eau et les nappes souterraines ; elles constituent une source de pollution bactériologique.
- Les engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent la qualité des nappes souterraines qu'ils atteignent par infiltration des eaux.
- Les herbicides, insecticides et autres produits phytosanitaires s'accumulent dans les sols et les nappes phréatiques. (Rico, 2000).

II-4) La pollution thermique :

Ce type de pollution, lié à l'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement par les industriels, apparaît souvent mineur. Mais il s'accroît, du fait de l'augmentation des besoins de l'industrie. L'eau est notamment utilisée comme refroidisseur dans les centrales thermiques et nucléaires. Elle est pompée dans les cours d'eau ou le milieu marin côtier, auquel elle est



ensuite restituée à la sortie de la centrale à une température plus élevée de 4 à 5°C, elle réchauffe à leur tour les eaux dans lesquelles elle est déversée, ce qui peut perturber la vie aquatique, animale ou végétale, notamment en modifiant les rythmes physiologiques des espèces. (Programme d'intervention de l'ONEP en assainissement 2004).

II-5) La pollution métallique :

La pollution métallique peut être due à différents métaux comme l'aluminium, l'arsenic, le chrome, le cobalt, le cuivre, le manganèse, le molybdène, le nickel, le zinc... ou encore à des métaux lourds comme le cadmium, le mercure ou le plomb, plus toxiques que les précédents. De multiples activités humaines en sont responsables. La pollution métallique pose un problème particulier, car les métaux ne sont pas biodégradables. En outre, tout au long de la chaîne alimentaire, certains se concentrent dans les organismes vivants. Ils peuvent ainsi atteindre des taux très élevés dans certaines espèces consommées par l'homme, comme les poissons. Cette " bioaccumulation " explique leur très forte toxicité(Callon et al 2000).

II-6) La pollution microbiologique :

Introduit dans l'eau des micro-organismes, dont certains sont des germes pathogènes (virus, bactéries). (E. Dupray and A. Derrien , 1995), (D.D.A.S.S. – D.R.A.S.S., 2000).

II-7) La pollution par les phosphates :

Les phosphates rejetés dans l'environnement proviennent, de sources agricoles (engrais) et industrielles, de déjections humaines et de détergents ou lessives phosphatées. En effet, non toxiques en eux-mêmes pour la vie animale et végétale, ils portent atteinte à l'environnement dès lors qu'ils sont en fortes concentrations : ils deviennent alors de véritables engrais pour les milieux aquatiques qu'ils contribuent à enrichir exagérément en matière organique (Programme d'intervention de l'ONEP en assainissement 13/05/2001).

II-8) La pollution par les nitrates :

Très solubles dans l'eau, les nitrates constituent aujourd'hui la cause majeure de pollution des grands réservoirs d'eau souterraine du globe qui par ailleurs présentent en général une qualité chimique et bactériologique satisfaisante pour l'alimentation. (Benoit et al., 1997)



II-9) La pollution accidentelle :

Les origines sont multiples :

- Déversement de produits polluants lors d'accidents de la circulation.
- Dispersion dans la nature de gaz ou liquides toxiques par les usines.
- Panne dans le fonctionnement de stations d'épuration des eaux usées.
- Mauvais entreposage de produits chimiques solubles.
- Incendies...

(Gestion de la rareté 1995).

III- Assainissement des eaux de rivière :

L'assainissement est un enjeu majeur pour la préservation de la santé humaine et de l'environnement. Les eaux croupissantes sont à l'origine de nombreuses épidémies, dans les quartiers urbains défavorisés notamment les maladies liées à l'eau (diarrhées, choléra, typhus) sont la principale cause de mortalité des enfants de moins de 5 ans. Et rejeter des eaux usées dans le milieu naturel sans traitement préalable peut avoir des conséquences désastreuses pour l'environnement comme pour la santé humaine.

Lorsque l'eau provient d'une rivière, le traitement est plus ou moins poussé selon le degré de pollution et de risques. La station de traitement de l'eau potable a pour objet de désinfecter l'eau et d'éliminer :

- les matières en suspension.
- les matières organiques.
- les micropolluants (pesticides, hydrocarbures, organochlorés, phénols...).

(Eau potable 1996).



III-1) Le traitement physique :

a) Dégrillage :

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets (branches d'arbres, bouteilles,...). Pour ce faire, on met en place un système de grilles, dont l'espacement est d'environ 50 mm. Dès que les grilles sont encombrées par les déchets, un racleur (râteau) monte le long des grilles et fait tomber ces déchets dans une benne (pleine > décharge). (LAOUINA 2008)

b) Tamisage :

Après une éventuelle étape de dégrillage, l'eau traverse un tamis constitué de mailles fines, qui permettent d'arrêter les petits déchets.

Lorsque celui-ci est bouché, il est nettoyé à l'eau sous pression (manuellement ou automatiquement). Puis les déchets (refus) sont envoyés en décharge.

(État de l'environnement du Maroc 2001).

c) Débourbage et Dessablage :

Lorsque la ressource est très fortement chargée en M.E.S (matières en suspensions) et/ou matières décantables, tels que boues et/ou sables par exemple, il doit être procédé à un prétraitements pour éliminer (avant la phase de clarification) ces charges importantes.

Les débourbeurs, comme leur nom l'indique, permettent d'enlever les boues, en laissant dans les eaux traitées une charge en M.E.S de l'ordre de 100 à 1000 g/l selon les cas.

Les dessableurs, dont la fonction est de retenir les sables entraînés avec l'eau, permettent d'éliminer spécifiquement ceux-ci. Il est possible également de procéder à un lavage et une classification de ces sables.



A noter que ce type de traitement est surtout utilisé lorsque les eaux brutes dépassent 1 g/l en M.E.S. (La directive du conseil n°91/271 1991)

d) La décantation :

Elle consiste à laisser déposer les déchets plus lourds que l'eau (ou à provoquer leur dépôt) sous l'effet de la gravité (Benamar et al 2003).

e) La filtration :

Elle est réalisée sur matériaux classiques (sable) ou adsorbants (charbons actifs en grains), ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nano-filtration).

La filtration la plus répandue est la filtration sur lit de sable, d'autant plus efficace que les grains de sable sont plus fins et la vitesse de l'eau plus faible.(Sagascience 2008).

f) La flottation :

Dans certains cas, en fonction de la nature des matières en suspension dans l'eau à traiter, on peut recourir à la flottation plutôt qu'à la décantation. Le procédé consiste à faire remonter le "floc" à la surface en utilisant de l'air sous pression. L'eau est soutirée au fond du bassin.

(Le guide de l'eau 2007).

III-2) Le traitement physico-chimique :

La coagulation floculation :

En amont des procédés de décantation et de filtration, l'eau reçoit un réactif destiné à provoquer l'agglomération des particules en suspension en gros flocons de boue, dont l'ensemble forme une masse qu'on appelle le "floc".

Les réactifs utilisés sont généralement des sels de fer ou d'aluminium. Chaque réactif coagulant n'étant actif que dans une certaine zone de pH, un ajustement du pH peut s'avérer



nécessaire.

Sous l'effet de son propre poids, le floc se dépose lentement. Il existe des procédés pour accélérer le processus, notamment en introduisant dans l'eau brute une charge de microsable, qui libère les matières coagulées.

(AGOUMI et al 2006)

III-3) Le traitement chimique :

L'oxydation, par des agents tels que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux (fer, manganèse), sur les matières organiques et détruit ou inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries.

Les procédés de substitution d'ions par échange d'ions sur des résines spécifiques (la résine restituant, par exemple, un nombre d'ions chlorure égal au nombre d'ions nitrates qu'elle a fixés) sont utilisés pour la dénitrification et l'adoucissement de l'eau.

Les procédés de neutralisation ou d'acidification agissent sur le pH de l'eau. (Water Research 1995).

III-4) Le traitement biologique :

Des cultures bactériennes appropriées mises en contact avec l'eau à traiter éliminent certains éléments indésirables.

Par exemple, l'élimination biologique de l'ammoniaque sur des filtres à sables ou des charbons actifs en grains, la déferrisation biologique sur filtre à sable, l'élimination des nitrates par des bactéries fixées. (D.D.A.S.S. – D.R.A.S.S 2000).

III-5) Le traitement final :

Une fois traitée, l'eau doit encore voyager dans des canalisations pour atteindre les robinets. Si on ne prenait pas les précautions nécessaires, la qualité de l'eau pourrait se dégrader au cours de son transport dans le réseau, ou présenter des caractéristiques chimiques susceptibles d'entraîner la corrosion des canalisations du réseau public et des tuyauteries des immeubles



privés.

Même après avoir été désinfectée, l'eau reste un milieu favorable au développement de la vie. Des micro-organismes, qui ne présentent aucun inconvénient d'ordre sanitaire, peuvent encore s'y développer. Le traitement vise à empêcher leur prolifération.

L'ajout d'une infime quantité de chlore (équivalant à une goutte dans cinq baignoires de 200 litres...) détruit les dernières bactéries et préserve la qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations.

Le traitement prend également en compte la protection des réseaux et des tuyauteries. En modifiant l'équilibre de certains paramètres (tels le pH et l'alcalinité de l'eau), il vise à éviter les dépôts dans les conduites (entartrage) ou, à l'inverse, la corrosion par une eau trop "agressive", c'est-à-dire trop "douce", et insuffisamment minéralisée. (La directive du conseil 1991).

Partie II : Les étapes du traitement de l'eau dans la station de traitement EL Kansera

I - Les étapes du traitement de l'eau dans la station de traitement EL Kansera :

(Procédure d'exploitation d'une station de traitement, cas de la station d'El kansera 1990).

I-1) Arrivée de l'eau brute du barrage EL Kansera vers la station de traitement:

Les 2 conduites d'amenée d'eau brute sont reliées à la station de traitement au niveau de l'ouvrage d'arrivée. Cet ouvrage est équipé de :

- 1 vanne à commande manuelle $\varnothing = 600$ mm (pour la sécurité)
- 1 vanne motorisée (= 500 mm (vanne annulaire)
- Un débitmètre électromagnétique.
- Un pH-mètre.
- 1 turbidimètre.
- 1 transmetteur de pression.

I-2) Pré chloration :

La pré chloration est un procédé de traitement au chlore qui s'effectue en tête de la phase de traitement est dont le but d'oxyder des corps existants dans l'eau y compris les bactéries et les zooplanctons et les phytoplanctons. Le chlore injecté dans l'eau brute est sous forme de l'eau chlorée. Selon la réaction chimique suivante :



HClO : Acide hypochloreux

HCl : Acide chlorhydrique

D'après la réaction chimique les deux produits ce sont des acides qui font baisser le pH de l'eau.

I- 3) Aération :

Il s'agit d'un simple transfert gaz-liquide qui permet la ré-oxygénation de l'eau par l'intermédiaire de 4 cascades étagées en parallèle.



Photo n° 1 : Cascades d'aération.

I- 4) Flocculation / Coagulation :

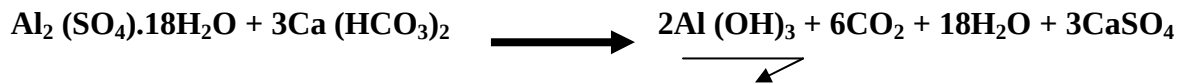
La coagulation est la déstabilisation des particules colloïdales, afin de former des particules aisément séparables de l'eau au moyen de la sédimentation et de la filtration.

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 chimique capable de donner naissance à un précipité



volumineux (flocons) très adsorbant, parmi ces produits on cite : Chlorure ferrique (FeCl_3), Sulfate ferreux (FeSO_4), Sulfate d'alumine ($\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$).

Dans la station d'El Kansera on utilise le Sulfate d'alumine : $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3, 18\text{H}_2\text{O}$ sa dissociation dans l'eau est comme suit :



L'ouvrage de coagulation est doté de deux agitateurs rapides de l'ordre de 120 tr/min dans le but d'homogénéiser l'eau et dans le but de rendre les flocons formés lourds et plus volumineux afin de sédimenter et retenir ces flocs à la phase de décantation on injecte un adjuvant (Poly électrolyte / Alginate).

La floculation est assurée par une agitation très lente de l'ordre de 40 tr/min dans le but de faire coller les flocons formés lors de la coagulation.

I-5) Décantation :

C'est l'utilisation des forces de gravité pour séparer une particule de densité supérieure à celle du liquide.

Les décanteurs au nombre de 4, sont de types rectangulaires étagés, dotés de système de raclage mécanique entraîné par une chaîne ces racleurs raclent le sédiment vers une fosse dotée d'une vanne d'évacuation. Ces décanteurs sont caractérisés par un Débit de 380 l/s, une Vitesse de 1,22 m/h et deux étages dont le supérieur est de 7 x 20,5 m² et l'inférieur est de 7 x 22,5 m².

Afin de ne pas briser les flocs dans leur transfert entre le flocculateur et le décanteur, aucun obstacle ne s'oppose à cet écoulement.

Une chicane à la sortie du décanteur permet de ralentir l'écoulement de l'eau avant d'atteindre les filtres.

Le système d'extraction de boue est constitué de deux électrovannes qui permettent la purge de boue de chaque décanteur. Cette opération est effectuée chaque 4h.

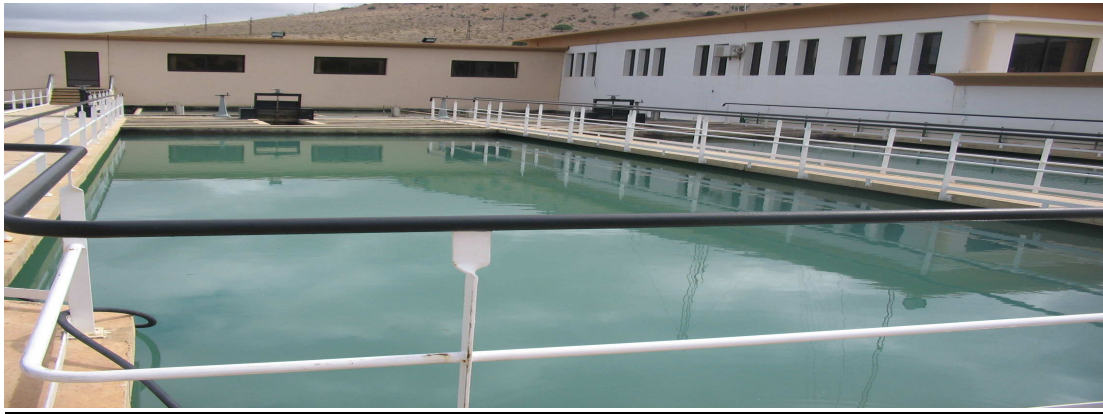


Photo n°2 : Décanteur.

I-6) Filtration :

C'est le procédé de séparation solide liquide de finition .L'eau clarifiée, provenant des décanteurs, est ensuite filtrée sur des filtres à sables fin de granulométrie de 1 mm. Ainsi les floccs n'ayant pas été sédimentés, sont retenus à la surface des filtres.

Il existe 6 filtres qui ont un débit d'eau filtrée égale à $228 \text{ m}^3/\text{h}/\text{filtre}$ et de capacité d'eau filtrée de 380 l/s.





Photo n°3 : filtre à sable.

I-6-1) Lavage des filtres :

Les indicateurs (pertes de charge) de colmatage renseignent l'opérateur, tout au long du fonctionnement sur l'état de colmatage du filtre. Lorsque les pertes de charge atteignent la limite tolérable 1,2 à 1,5 mce, l'opérateur déclenche l'opération de lavage des filtres. Actuellement cette système est en panne l'automatisation de système est en cours d'étude.



Photo n°4: Filtre en cours de lavage.



Photo n° 5 : Fin de lavage.

I-6- 2) Les étapes de lavage des filtres :

Lors du lavage du filtre on suit les étapes suivantes :

- Fermeture des vannes d'entrée (sortie des décanteurs vers les filtres).
- Laisser vidanger le filtre à un niveau de 20 cm au dessus du sable.
- Démarrage du suppresseur (air à grand débit du bas vers le haut) pour barboter les grains du sable.
- Après 5 min, démarrage de pompe d'eau du lavage (eau traitée du bas vers le haut) : entraîner les impuretés à se déverser des cotés des filtres.
- Arrêt du suppresseur lorsque l'eau du lavage atteint le seuil de débordement.
- Arrêt de la pompe de lavage après avoir une eau nette dans le filtre.

I-6-3) Recyclage de l'eau de lavage :

L'eau de lavage des filtres, étant de qualité meilleure que l'eau brute, est récupérée dans une bache de 417m³ et réinjectée à l'amont grâce à deux pompes immergées.

I- 7) Régulation :

Le débit de refoulement de l'eau traitée, c'est-à-dire le nombre de GEP (groupe électropompe) en service à la station SP1, dépend d'une part du niveau d'eau aux réservoirs 2 x 910 m3, et d'autre part de l'appel en eau de la SP2, sans toutefois dépasser la puissance souscrite.



Quand le niveau des réservoirs 2x910m³ baisse, les vannes de sortie des filtres s'ouvrent progressivement, entraînant une chute du niveau des filtres, puis celle des décanteurs, ...etc. La vanne d'arrivée d'eau brute s'ouvre automatiquement, de façon à maintenir un niveau stable pour tous les ouvrages de la station de traitement. Les dosages des réactifs sont ajustés automatiquement.

Un réglage par télégestion est aussi prévu à partir du PC de la salle de contrôle. Actuellement le débit de la station de traitement est réglé par le chef de quart à l'aide de la vanne manuelle à l'ouvrage d'arrivée.

I-8)- Chloration :

I- 8-1) Installation :

Le débit de chlore utilisé, permet d'exploiter directement la phase gazeuse du réservoir. On se passe alors de l'évaporateur qui sert en général en cas de nécessité d'utilisation de quantités importantes de chlore (grands débits).

Deux réservoirs de 900 kg chacun sont branchés en parallèle. L'un d'eux sert de secours. Un inverseur automatique, pouvant être manœuvré manuellement, permet de basculer sur l'une ou l'autre des 2 rangées.

La salle de stockage des réservoirs à chlore est dotée d'un palan de manipulation de 1,6 t et d'un ventilateur d'aération (extraction d'air) en marche continue. Le dit ventilateur arrête en cas de fuites de chlore, permettant à l'aspirateur de refouler l'air chloré vers la tour de neutralisation.

Six chloromètres permettent de régler le débit de chlore gazeux à injecter dans chacun des points d'injection de la station de traitement.

I-8-2) Injection de l'eau Chlorée :

- La préchloration de l'eau brute est assurée au niveau des cascades d'aération.
- Une deuxième injection du chlore est effectuée à la sortie des décanteurs.
- La post chloration de l'eau traitée est effectuée au niveau des réservoirs 2*910 m³ de la SP1.
- Une correction du chlore de l'eau traitée est assurée à la station de reprise SP3 pour améliorer le taux du chlore résiduel de l'eau avant distribution.



I-9) Refoulement de l'eau traitée :

Le refoulement de l'eau traitée produite par la station de traitement est assuré à partir de la station de pompage SP1.

La SP1, de débit nominal 380 l/s, est située dans le même site que la ST et comprend 5 GEP (groupe électropompe).

II- Les principaux réactifs utilisés dans la station de traitement EL Kansera :

Un réactif est une substance ajoutée à l'eau potable ou à l'eau brute lorsqu'elle est en cours de traitement, de désinfection ou de stabilisation.

Rôle de première importance : désinfectants, coagulants, stabilisants.

Les réactifs qui sont utilisés sont :

- WAC/PAC et Sulfate d'alumine sont utilisés pour la coagulation.
 - Alginate/polyélectrolyte utilisé pour la floculation.
 - Charbon actif pour élimination des odeurs et de la couleur.
 - KMnO_4 utilisé pour la déferisation et la démanganisation.
 - L'hydroxyde de calcium, utilisé comme désinfectant sous une forme solide.
-
- Hypochlorite de sodium NaClO utilisé comme désinfectant, sous une forme liquide, sa teneur est de $1^\circ \rightarrow 3,17\text{g}$ de chlore actif. Il se décompose sous l'action de la chaleur et de la lumière.

III- La qualité microbiologique des eaux de boissons :

III-1) Micro-organismes pathogènes :

L'eau contient une multitude de micro-organismes issus de l'activité biologique naturelle, dont certains ont la caractéristique d'être pathogènes, c'est-à-dire qu'ils peuvent provoquer des maladies.

Le réservoir principal des micro-organismes responsables des maladies hydriques (transmise par l'eau) est l'appareil digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. Ainsi les matières



fécales contiennent une grande diversité d'organismes pathogènes : bactéries, virus et parasites, qui peuvent entraîner des maladies et contaminer des porteurs sains.

Les germes pathogènes peuvent être responsables d'infections sans gravité (Diarrhées,...) ou d'infections graves, voire fatales (choléra, typhoïde). Certaines bactéries dites opportunistes, normalement présentes chez l'homme, peuvent infecter des personnes dont les défenses immunitaires sont amoindries. (Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain 1990).

III-2) Les germes pathogènes :

(Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain 1990).

a) Coliformes fécaux :

Ce sont les bactéries coliformes ayant les mêmes propriétés à 44°C que les bactéries coliformes totaux, pour mettre évidence la présence des coliformes fécaux, on dépose la membrane dans le tergitol à une température de 44°C.

b) Coliformes totaux :

Ce sont des bactéries en bâtonnet, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négative, aérobie ou anaérobies facultative capables de croître en présence des sels biliaires ou autre agents de surface ayant des propriétés inhibitrices de croissance analogues et capables de fermenter le lactose avec production d'acide (ou d'aldéhyde) et de gaz en 48h à 37°C.

Pour mettre en évidence la présence de coliformes totaux on fait passer les échantillons d'eau (100ml) à travers une membrane de porosité inférieure à 45µm, on dépose la membrane dans le milieu nutritif de tergitol pendant 24h à 37°C.

c) Streptocoques fécaux :

Ce sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud.

Ce groupe n'est généralement pas considéré comme pathogène.

Les streptocoques fécaux appartiennent à un groupe de streptocoques qui ne sont pas tous d'origine fécale. Toutefois, leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un indice de contamination fécale.



Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne tandis que les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente.

Pour cela, on dépose la membrane dans le milieu nutritif, et on le met à l'étuve pendant 24h à 37°C .

d) Germes totaux :

Ce sont tous les micro-organismes qui sont capables de croître dans la matière nutritive, bactéries aérobies, anaérobies, champignons saprophytes...etc.

Pour isoler les germes totaux, on verse 1ml d'eau à analyser dans une boîte de Pétri stérile, puis on ajoute la gélose à l'état liquide, on ferme la boîte de Pétri et on la déplace selon une ligne traçant le chiffre 8. On laisse la gélose se solidifier et on incube soit à la température de 37°C pour les coliformes. Soit à 44°C pour les coliformes fécaux.

Les méthodes utilisées dépendent du type d'échantillon d'eau. Dans le cas des eaux brutes on utilise la méthode du nombre le plus probable, alors que pour les eaux traitées d'alimentation humaine, la méthode de filtre sur membrane.

La méthode du nombre le plus probable, est une méthode statistique qui consiste à ensemençer des séries de tubes avec un volume donné de l'échantillon ou de ses dilutions. La méthode de membrane filtrante elle consiste à filtrer un volume donné de l'échantillon sur une membrane qui est déposée sur un milieu sélectif avant incubation.

Ces deux méthodes sont utilisées pour rechercher les coliformes totaux et les coliformes fécaux dans les échantillons d'eau.

(Norme marocaine relative aux d'alimentation humaines 1990).



Chapitre II :

Présentation de l'office nationale de l'eau potable ONEP de KHEMISSET

I – Présentation de l'office nationale de l'eau potable ONEP :

L'Office National de l'Eau Potable ONEP crée en 1972 est un établissement semi-public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

Ses activités principales vont de la planification et de l'approvisionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par les phases : étude, conception, gestion et exploitation des unités de production et de distribution.



De même, l'Office s'occupe du contrôle de la qualité des eaux, du réseau de distribution jusqu'à la source tout en s'intéressant à sa protection.

I –1) Principales activités de l'ONEP :

- **Planifier** l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la programmation des projets.
- **Etudier** l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production et de distribution.
- **Gérer** la production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- **Contrôler** La qualité des eaux produites et distribuées et la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- **Assister** En matière de surveillance de la qualité de l'eau.
- **Participer** Aux études, en liaison avec les ministères intéressés, des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

Province de Khémisset :



31

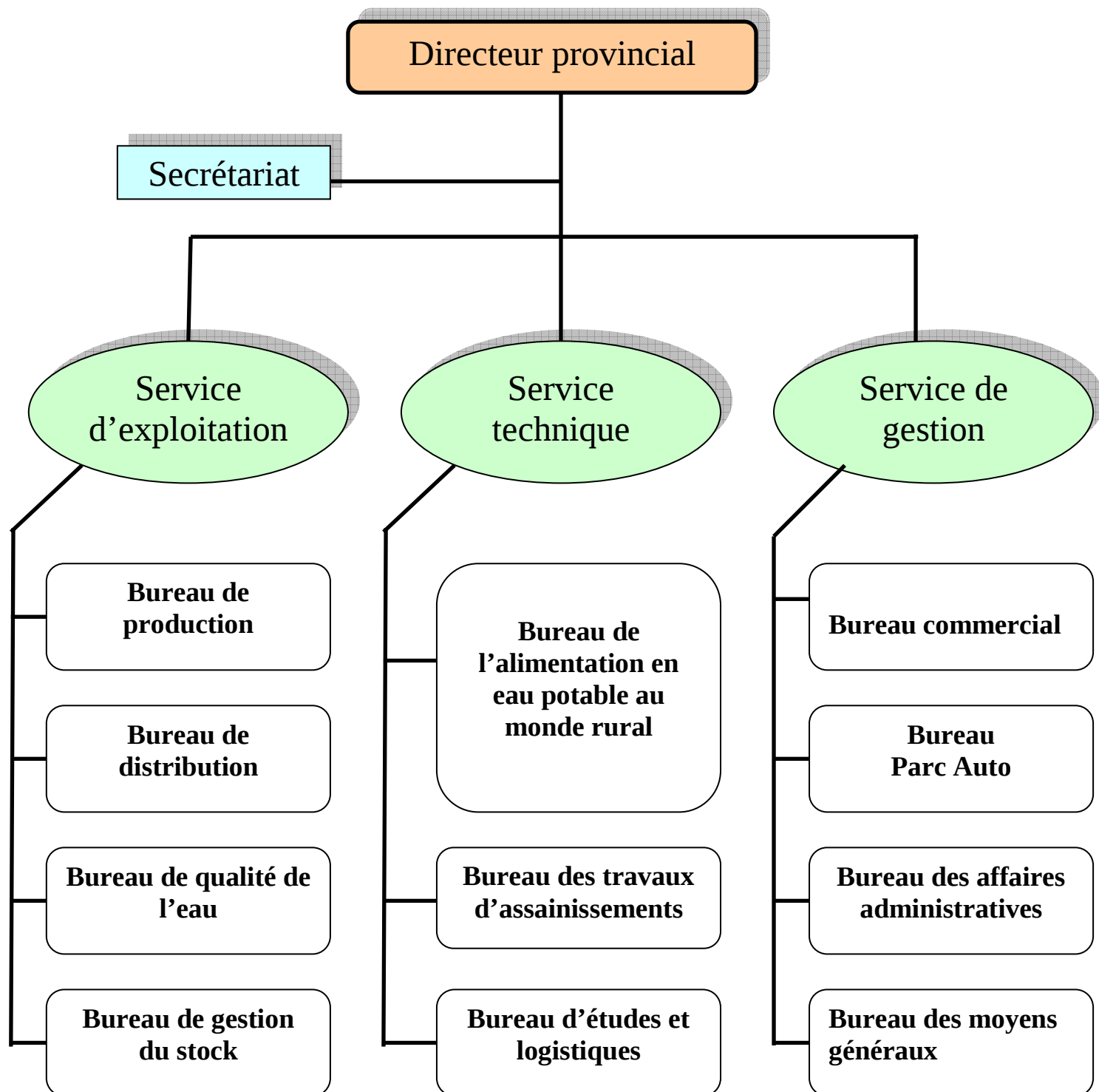


Figure n° 3 : Organigramme de l'ONEP de Khémisset.



I-3) Description et fonctionnement de la station de traitement d'EL KANSRA :

Historique :

Avant 1974, Khémisset était alimentée par des eaux souterraines, les quantités étant devenues bien insuffisantes pour desservir les besoins des villes de Zemmour.

A partir de cette date, il fallait décider d'alimenter les villes par les eaux de surface qui sont prélevées au barrage d'EL KANSRA de l'OUED BAHT qui est à 40 de Khémisset.

Cette eau est transportée par des stations de pompes de volume transitait de 12000 m³/j, l'adduction d'EL KANSERA a une capacité insuffisante pour satisfaire les besoins nouveaux liés à l'extension des villes (Ait Yadine, Khémisset, Tiflet, S. Abderrazzak et différents villages et douars environnant) a amené l'ONEP à concevoir l'extension de la station du traitement dont la capacité de production doit atteindre 32000m³/j.

Description :

Le Barrage El KANSERA de capacité 250 millions m³, est situé sur l'Oued Baht et régi par la Direction de l'hydraulique (Ministère de l'équipement). Il a été mis en service en 1936 et sert à la production de l'eau potable, à l'irrigation et à la production de l'énergie électrique.



Photo n°6 : Barrage EL Kansera.

I -4) Organigramme de la station du traitement EL Kansera:

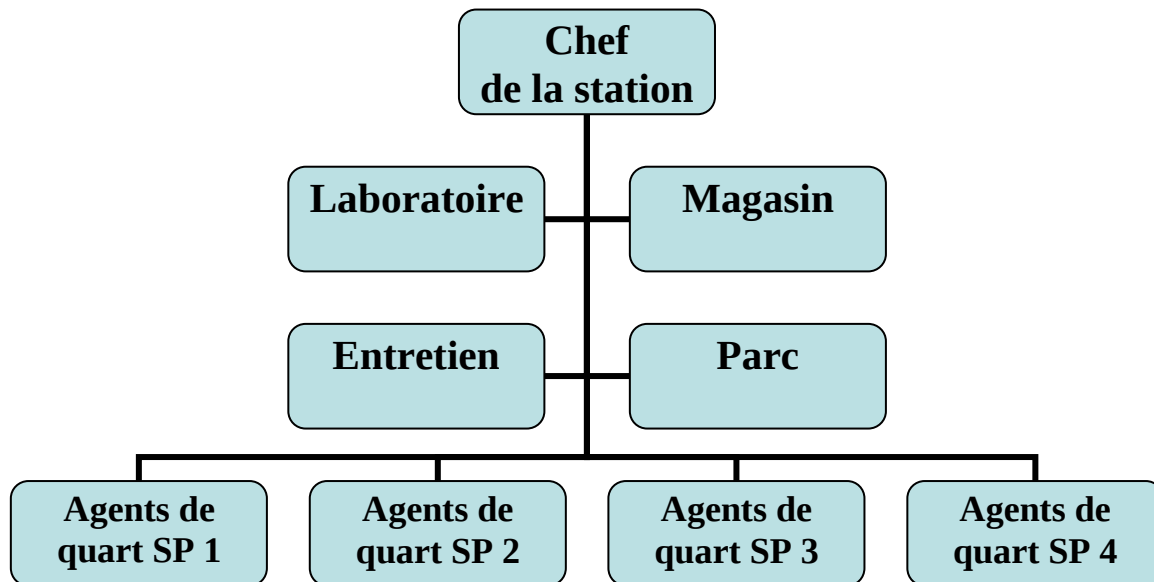


Figure n° 4: Organigramme de la station de traitement EL Kansera.

I -5) Prise d'eau :

L'ancienne tour de prise flottante construite en 1974 est actuellement abandonnée.

La nouvelle tour de prise, mise en service en Août 2002, est munie de 4 pertuis dotés de 4 vannes (figure n°4) situées aux niveaux :

- ° V1: 97.50 m NGM
- ° V2:103.00 m NGM
- ° V3:109.00 m NGM
- ° V4:115.00 m NGM

Une crépine installée à l'entrée de chaque pertuis, empêche l'introduction dans la conduite, des objets flottants et volumineux : (arbres, canettes, chiffons...etc).

Le choix de l'un des 4 pertuis, est déterminé par le laboratoire central (service de limnologie) en fonction de la qualité physico-chimique de l'eau brute.

Les 4 vannes sont commandées localement par un système pneumatique à partir de l'armoire de commande.

L'arrivée d'eau brute est assurée gravitairement par une conduite (en fonte) de diamètre 500mm d'une vanne mécanique $\varnothing = 600\text{mm}$.

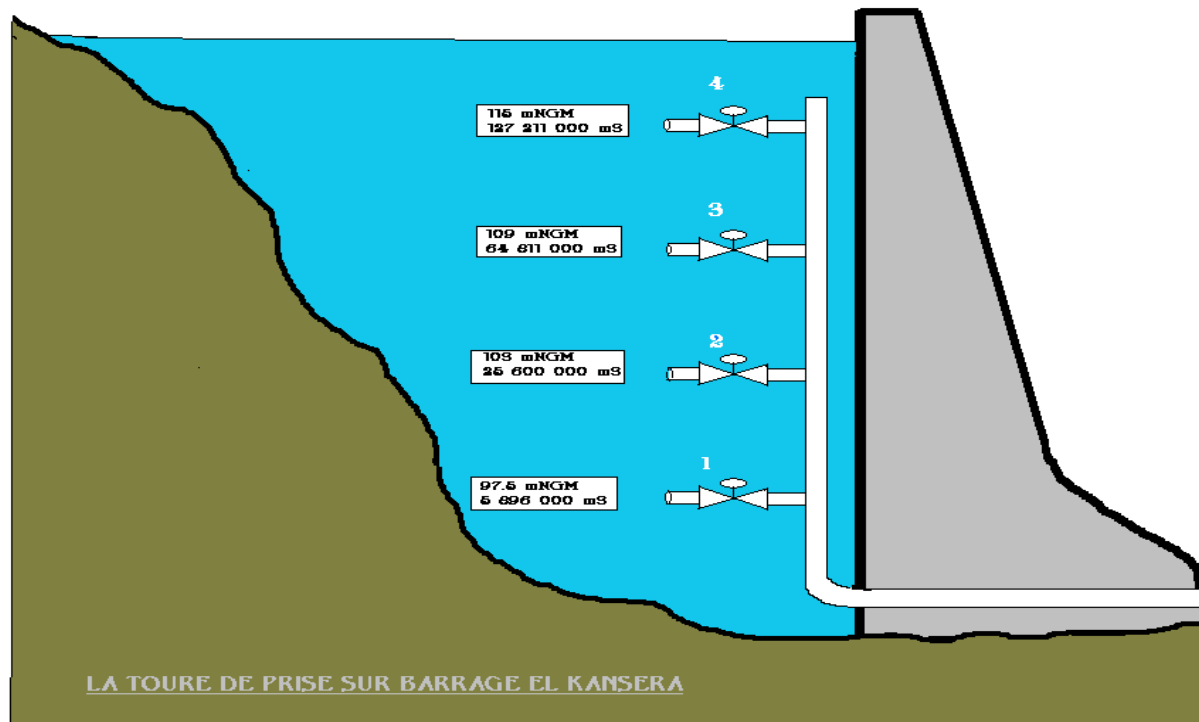


Figure n°5 : La tour de prise sur barrage EL Kansera.



Chapitre III :

Matériel et méthodes



Le mode opératoire pour tous les paramètres ont pour référence la normes « marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain » méthodes d'essai Janvier 1990.

I- Les caractères organoleptiques:

Les caractères organoleptiques d'une eau sont : L'odeur, saveur et la couleur.

I-1) L'odeur:

a) Principe : L'eau examinée est diluée avec de l'eau traitée jusqu'à ce qu'elle ne présente plus d'odeur perceptible.

b) Précautions générales :

- La détermination doit se faire dans un local climatisé dépourvu de toute odeur et de toute cause de distraction : bruit,...
- Bien nettoyer la verrerie et la rincer à l'eau distillée, elle doit être réservée uniquement à la détermination de l'odeur.

c) Expression des résultats :

Le résultat est donné en nombre exprimant la valeur du seuil de perception de l'odeur cette valeur correspond à la plus grande dilution donnant une odeur perceptible.

$$\text{Seuil de perception (à 25°C)} = \frac{\text{Volume final}}{\text{Volume de l'échantillon}}$$

Volume ramener 240ml	240	160	120	80	60	48	40	30	24	16	12	10	8	6	4	3	2	1
Seuil d'odeur	1	1.5	2	3	4	5	6	8	10	15	20	24	30	40	60	80	120	240



Tableau n°1 : Seuil de perception de l'odeur en fonction de la dilution.

d) Normes :

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 0 (NM).
- Valeur maximale admissible (VMA) : 3 (NM).

I-2) La saveur (goût) :

a) Mesure :

L'eau à examiner est diluée par une eau sans goût dite « eau de érences » jusqu'à ce q'elle ne présente plus de goût perceptible.

La dégustation est effectuée en commençant par les dilutions les plus grandes jusqu'à l'apparition du goût.

Le seuil de perception est le nombre de dilution de l'échantillon nécessaire pour que le goût du mélange soit à peine dissoluble.

b) Normes :

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 0 mg/l (NM).
- Valeur maximale admissible (VMA) : 3 mg/l (NM).

I-3) La couleur :

a) Mesure :

Il s'agit d'une comparaison visuelle d'un échantillon à celle du solution de érence (échelle platine Cobalt ou échelle Hazen).

Cette méthode est applicable aux eaux dont la couleur est proche de celle de l'échelle en platine Cobalt.

L'expression des résultats en unité de coloration Hazen.

b) Normes :

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 5 mg/l (NM).



- Valeur maximale admissible (VMA) : 20 mg/l (NM).

II- Analyses physico-chimiques :

Tous les prélèvements d'eau destinés pour les analyses physico-chimiques ont été effectués chaque jour le matin. Environ 30 à 40 échantillons ont été analysés.

II-1) Mesure de la température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz.

La mesure se fait surplace, au moment du prélèvement, en utilisant un simple thermomètre gradué de 0 à 25°C.

Remarque :

- Il ne faut jamais sortir le thermomètre au moment de la lecture (risque de chute rapide de la température).
- Ne jamais placer un thermomètre directement sous un écoulement (risque de formation des poches d'air).

II-2) Mesure du pH :

- Mesure:

La mesure du pH se fait selon 2 méthodes :

- Soit par colorimétrie à l'aide d'indicateurs colorés. Cette méthode est valable pour la mesure des eaux naturelles dont le pH est compris entre 6 et 9.
- Soit par potentiométrie à l'aide d'électrode de verre. Cette méthode est valable pour la mesure du pH de tous les types d'eaux, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.



La mesure doit être effectuée sur place au moment du prélèvement de l'échantillon de façon à ne pas modifier les équilibres ioniques par suites d'un transport ou d'une conservation prolongée.

La mesure du pH au sein du laboratoire s'effectue par la méthode potentiométrique avec électrode de verre (type IONCHEK 10).

D'un point de vue législatif, les eaux doivent avoir un pH compris entre 6,5 et 8,5 (Norme Marocaine 03.07.001/2006).

II-3) Mesure de la turbidité :

- Mesure :

La mesure de la turbidité se fait à l'aide d'un turbidimètre optique (type WTW TURBO550)

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 1NTU (Norme Marocaine 03.07.001/2006)
- Valeur maximale admissible (VMA) : 5NTU (Norme Marocaine 03.07.001/2006).

II-4) La conductivité électrique :

- Mesure :

La mesure de la conductivité est basée sur le principe du pont de Wheatstone qui mesure la résistance R (en ohm) d'une colonne d'eau de section S et de longueur L entre deux électrodes en platine disposé parallèlement. L'unité de conductivité est **le simens par mètre** (S/m). La relation entre la résistivité et la conductivité à une température donnée est la suivante :

$$\text{Résistivité } (\Omega.\text{cm}) = 10^6 / \text{conductivité } (\mu\text{S/cm})$$

$$1 \text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ ms/m}$$

Au laboratoire la mesure de la conductivité a été effectuée par un Conductimètre (type CONSORT-K912).

Pour mesurer la conductivité électrique, il faut rincer la cellule de mesure plusieurs fois à l'eau distillée puis avec l'échantillon d'eau à examiner.



Placer la cellule de mesure dans un récipient contenant l'échantillon de l'eau à examiner de façon à ce que les électrodes de platines soient complètement immergées.

- Valeur maximale recommandée (VMR) à 20°C : 1300 $\mu\text{s/cm}$ (NM).
- Valeur maximale admissible (VMA) à 20°C : 2700 $\mu\text{s/cm}$ (NM).
- Valeur minimale requise (VmR) à 20°C: 110 $\mu\text{s/cm}$ (NM)

II- 5) Coagulation-floculation (JAR TEST):

Coagulation : Destabiliser des particules colloïdales par l'introduction appropriée de réactifs chimiques (coagulants).

Floculation : Collision de particules, formation et grossissement des précipités.

L'essai a pour but de destabiliser et rassembler en un précipité volumineux et relativement lourd les particules colloïdales très fines contenues dans l'eau.

Rôles des réactifs :

- Supprimer les charges négatives de matières colloïdes en apportant des charges positives par les ions métalliques Fe^{3+} et Al^{3+} , c'est la phase de coagulation.
- Former un précipité volumineux appelé « Floc » comprenant l'hydrate métallique correspondant et les matières coagulées, c'est la phase de floculation.

Cet essai a pour objectif de déterminer la nature et les doses probables du ou 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 possèderas effectivement l'eau au cours de son traitement industriel.

Il est nécessaire de prélever un échantillon abondant de l'eau brute à traiter. Chaque fois que cela est possible.

a) Matériel :



- Un flocculateur de laboratoire avec 6 agitateurs à hélice entraînés par un moteur électrique à vitesse variable en continu (type VELP JTL6).
- Bécher pouvant contenir 1 litre d'eau brute.
- Verrerie de laboratoire.
- Papier-filtre bande blanche.

b) Réactifs :

- Solution mères de réactifs coagulants : on prépare de solutions de concentration 100 g/l.
- Solution de sulfate d'alumine $\text{Al}_2 (\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$: peser 100 g et le dissoudre dans 1 litre d'eau distillée.
- Solution de chlorure ferrique FeCl_3 : peser 100 g de chlorure ferrique et le dissoudre dans 1 litre d'eau distillée.
- Solution de chlorosulfate de fer ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$): peser 100 g de sulfate ferreux. La dose de chlore nécessaire de l'oxydation du sulfate ferreux est de 12% (12 g de Cl_2 pour 100 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Après oxydation, la solution de chlorosulfate de fer est ajustée à 1 litre avec de l'eau distillée.

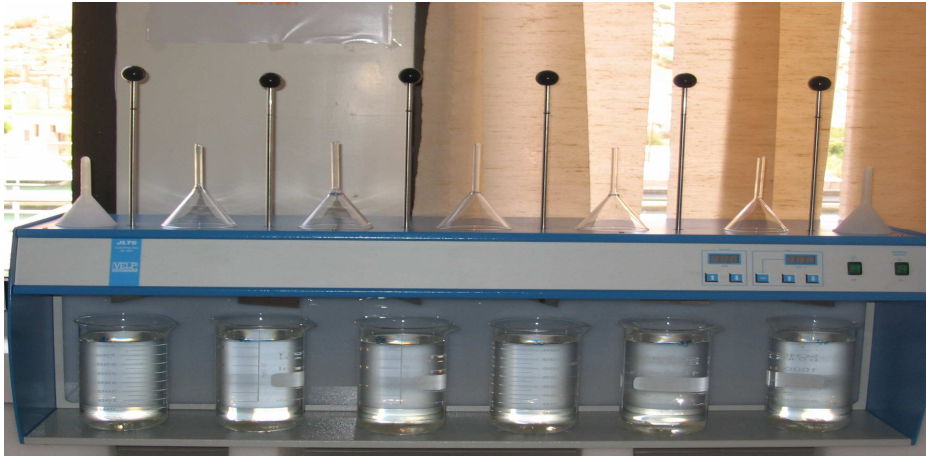


Photo N°7 : JAR TEST.

c) Mode opératoire :

On prépare l'eau chlorée : avec 1ml d'eau chlorée + 10ml de Ki 10% + 10ml d'acide acétique concentré. Ensuite en dose le mélange avec du sulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,1 N), jusqu'à incoloration. (ONEP « le guide des analyses » 1990).

La zone de virage et $V = 8,6\text{ml}$.

Pour 1 g /l, il nous faut un volume $V = ?$

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$C_2 = 0.1 \cdot \text{tb} / V_2$$

Alors pour $V_2 = 1\text{ml}$

$$C_2 = 0.1 \cdot 35.5 \cdot \text{tb} / 1$$

$$C_2 = 30.53\text{g/l}$$

Donc pour 1g/l :

$$V = 1.100 / 30.53 = 3.27\text{ml}.$$

Le volume de l'eau chlorée à prélever est $V = 3.27\text{ml}$ et on complète dans une fiole de 100ml avec de l'eau distillée.

On ajoute dans chaque bécher un volume de 5ml de la solution chlorée, aussi un volume de 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3ml de sulfate d'aluminium 10 g/l.

On agite à une vitesse de 120Tpm pendant 2min, puis on diminue la vitesse à 40Tpm pendant 20 minutes.

Ensuite on laisse décanter pendant 30min.

Après décantation on mesure le pH de chaque bécher et sa turbidité.

On prend 6 flacons de 250 ml et on filtre le mélange, et on titre l'Alcalimétrie (TAC), (TA) et la turbidité colloïdale pour chaque flacon.



Pour le TA puisque le $\text{PH} \leq 8.3$ donc $\text{TA} = 0$.

d) Expression des résultats (JAR-TEST) :

1) Observation pendant le déroulement du processus :

Nombre des béchers	I	II	III	IV
Délai d'apparition du floc pendant agitation lente.	4min	3 min	3 min	3 min
Aspect du floc en fin d'agitation lente.	04	06	06	06
1 ^{ère} estimation de la vitesse de sédimentation.	L	M	M	M

Tableau n°2 : Observation pendant le déroulement du processus coagulation/floculation.

Aspect du floc en fin d'agitation lente :

- 00 : pas de floc.
- 02 : légère opalescence.
- 04 : petits points.
- 06 : flocons de dimension moyenne.
- 08 : bon floc.
- 10 : excellent.

Première estimation de la vitesse :

- R : rapide.
- L : lente.
- M : moyenne.

<< Le guide des analyses >> 1990.

2) Observation après décantation (30 min) :

	I	II	III	IV
PH	7.77	7.62	7.57	7.52



Turbidité en NTU.	1.95	1.37	1.14	1.13
Chlore résiduel en mg/l	0.1	0.3	0.2	0.4

Tableau N°3 : Observation après décantation (30 min).

3) observation après filtration :

	I	II	III	IV
Turbidité (NTU).	0.58	0.39	0.31	0.27
TAC en (méq/l)	1.9	1.2	1.84	1.76

Tableau n°4 : observation après filtration.

Le choix de la concentration du coagulant adéquat pour le traitement est basé sur les valeurs du (pH, turbidité, TAC.)

II-6) Détermination des titres alcalimétrique TA et TAC :

a- Définition :

TA : Titre Alcalimétrique correspondant à la neutralisation des ions hydroxydes (OH^-) et à la transformation des ions carbonates (CO_3^{2-}) en ions hydrogenocarbonates (HCO_3^-).

La réaction du dosage est : $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{HCO}_3^-$



NB : La titration est effectuée à l'aide d'un acide fort.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet correspondant à la neutralisation des ions OH^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} .

La réaction du dosage est : $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \longrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

b- Mode opératoire :

TA : A 100 ml d'échantillon on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine :

- Si la coloration est rose (TA $\neq$ 0) on dose alors à l'aide du HCL (N /10) jusqu'à décoloration.
- Si on n'a pas de coloration rose (TA=0) on passe directement à TAC.

TAC : A 100 ml de l'échantillon on ajoute trois gouttes de méthyle-orange (Hélianthine) il se développe une coloration jaune qui sera dosé par HCL (N /10) jusqu'au virage jaune orange.

c- Expression des résultats :

N_A : Normalité de HCl ($N_A = 0,1N$)

V_A : Tombé de burette (TB).

N_B : Normalité des alcalins (N_B ?) valeur a calculé.

V_B : Volume de l'échantillon ($V_B = 100\text{ml}$).

TB : tomber de burette.

Au point équivalent :

$$N_A \cdot V_A = N_B \cdot V_B$$

$$N_B = N_A \cdot V_A / V_B$$

$$N_B = 0.1 \times \text{TB} / 100$$

$$N_B = 10^{-3} \cdot \text{TB} \text{ éq/l} \quad \Longrightarrow$$

$$N_B = \text{TB m} \text{éq/l}$$

II-7) La dureté calcique :

La dureté calcique d'une eau est la concentration en ion calcium dans cette eau.

La réaction du dosage est : $\text{Y}^{4-} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow \text{CaY}_2^{2-}$

a) Mode opératoire :



A 100ml de l'échantillon on ajoute : 10ml de NaOH (2N) ou 5ml de NaOH (4N), plus une pincée d'indicateur (calcons). Il se développe une couleur rose; le titrage est effectué par l'EDTA 0.02M jusqu'au virage du rose au bleu.

N.B : l'addition du NaOH a pour but de précipiter le Mg^{2+} sous forme $Mg(OH)_2$.



b) Expression des résultats :

Au point équivalent :

$$Na.Va = Nb.Vb$$

$$Nb = Na.Va/Vb = 2 \times 0,02 . Tb . 10^{-2} = 4 . 10^{-4} . Tb \text{ eq/l} = 4 . 10^{-1} . Tb \text{ meq/l}$$

$$Cb = Nb/2 = 2 . 10^{-1} Tb \text{ mmol/l}$$

$$TCa^{2+} = M.ca . Cb$$

$$Tca^{2+} = 40 . 2 . 10^{-1} . Tb \text{ mg/l}$$

$$Tca^{2+} = 8 . Tb \text{ mg/l}$$

II-8) Détermination de la durezza totale TH :

Le titre hydrotimétrique correspond à la teneur globale en sels de calcium et de magnésium, dans la plupart des eaux naturelles, le calcium contribue au TH dans la proportion de 70 à



90%. Le TH total correspond à la totalité des sels de calcium et de magnésium. Cette valeur est utilisée lorsqu'on parle couramment du TH de dureté de l'eau.

Le titrage se fait par l'EDTA, d'où la réaction : $Y_4^- + M^{2+} \rightleftharpoons MY_2^-$

a) Principe de la méthode :

Le calcium et le magnésium présents dans l'eau sont complexés par l'éthylènediamine tétracétate disodique (l'EDTA). Le noir ériochrome qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur pour la détermination de la dureté totale.

L'acide calcone carboxylique est utilisé comme indicateur pour le dosage du calcium.

Le magnésium est précipité lors du dosage sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas.

b) Mode opératoire :

A 100ml d'eau à analyser, on ajoute 5ml de solution tampon, une petite spatule d'indicateur de noir Eriochrome et on titre avec EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu.

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 6 mg/l (NM)

- Valeur minimale requise (VmR) : 2 méq/l (NM).

II-9) Dosage des Ions magnésium:

On pose toujours $TH = TCa^{2+} + TMg^{2+}$ donc $TMg^{2+} = TH - TCa^{2+}$

Cependant, on doit noter que ce mode de calcul introduit une erreur, car la détermination de la dureté totale comprend le dosage de la somme $Ca + Mg + Sr + Ba \dots$ etc.

II-10) Dosage volumétrique des chlorures par la méthode au Nitrate Mercurique :

a- Principe :



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

b- Mode opératoire :

A 100 ml de l'échantillon on ajoute 0.5 ml de l'indicateur du pH plus des gouttes d'Acide Nitrique HNO_3 (N/3) jusqu'à apparition d'une coloration jaune, puis on titre avec les nitrates mercuriques $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ (N/10) jusqu'à l'apparition d'une coloration violette.

c- Expression des résultats :

La réaction des dosages est :



N_a : Normalité des Cl^-

V_b : T.B

N_b : Normalité de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

V_a : prise d'échantillon

$$N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b$$

$$N_a = N_b \cdot V_b / V_a$$

$$N_a = 0.1 \times \text{T.B} / 100 = 10^{-3} \text{ T.B eq/l}$$

$$N_a = \text{T.B Meq/l}$$

$$N_a = 35,5 \cdot \text{T.B mg/l de Cl}^-$$

- Valeur maximale recommandé (VMR): 300mg/l (NM 03.07.001/2006).
- Valeur maximale admissible (VMA): 751mg/l (NM 03.07.001/2006).

II-11) Oxygène dissous par la méthode de winckler :

a)Principe :



La méthode utilisée pour le dosage de l'oxygène dissous dans les eaux d'alimentation humaine est la méthode iodométrique. 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 ou par défaut.

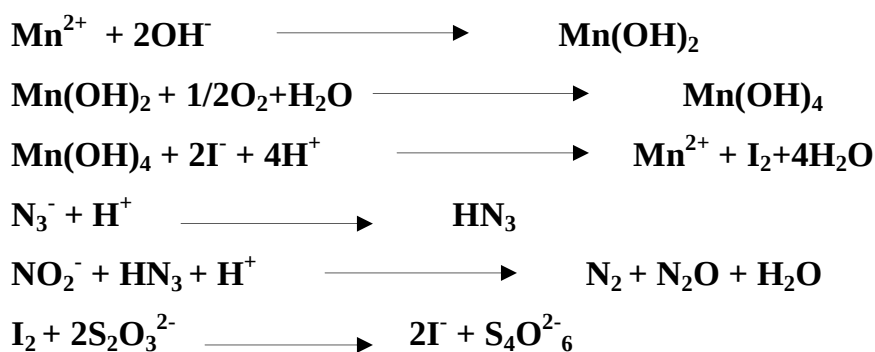
L'oxygène dissous réagit avec l'hydroxyde de manganèse formé par l'addition de chlorure de manganèse et l'hydroxyde de sodium.

b) Mode opératoire :

On remplit un flacon de 250ml de l'eau à analyser sans introduire des bulles d'air on ajoute 2ml de sulfate manganoux puis 2ml de réactif d'iodure alcalin et on ferme le flacon en tournant la bouteille plusieurs fois puis on laisse décanter un moment et on ajoute 2ml de H_2SO_4 concentré, on rebouche et on mélange.

L'iode doit être uniformément répartie dans toute la bouteille avant le titrage. On titre une prise d'essai de 100ml avec le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) jusqu'au passage de la couleur jaune au incolore.

Les réactions mises en jeu sont les suivantes :



c) Expression des résultats:



$N_{thi} \cdot Tb = N_{I_2} \cdot V$ avec N_{thi} : normalité de thiosulfate.

$$N_{I_2} = N_{thi} \cdot Tb / V = 0,02 \cdot Tb / 100 \text{ eq/l} = 0,2 \cdot Tb \text{ Méq/l} = 2NO_2$$

N = Normalité d' O_2

$$No_2 = 0,1 \times Tb \text{ Meq/l}$$

$$N'_{O_2} = 0,1 \times Tb / 2 \text{ Mmol/l}$$

$$= 32 \times 0,1 \times Tb / 2 \text{ Mg/l}$$

$$N'_{O_2} = 1,6 \times Tb \text{ mg/l} = 1/2 O_2$$

Avec: - No_2 : Normalité.

- N'_{O_2} : concentration.

II-12) Dosage des silicates :

L'acide de molybdique, en présence d'ion silicates à un pH=1.2 produit une coloration jaune due au complexe silico-molybdique susceptible d'un dosage colorimétrique à la longueur d'onde de 410nm.

a) Mode opératoire :

On introduit 100ml de l'échantillon dans une fiole de 200ml, ajouter successivement : 4ml de solution de molybdate d'ammonium 10%, 2ml d'acide chlorhydrique HCL 3.85 mol/l, Agiter, laisser reposer 5 min, ajouter 3ml d'acide oxalique 10%, Agiter, laisser reposer une minute, Effectuer immédiatement les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 410nm. Spectrophotomètre (type GBC UV/VIS 911).

II-13) Dosage du sulfate :

L'ion sulfate est précipité dans l'acide chlorhydrique contenant du chlorure de baryum d'une manière telle qu'il se forme des cristaux de sulfate de baryum de taille uniforme. L'absorbance de la suspension de sulfate de baryum est mesurée par spectrophotomètre.



a) Mode opératoire :

Mettre 100ml d'eau à analyser dans erlenmeyer de 250ml, ajouter 5ml de réactif à l'acide chlorhydrique, mettre l'agitation tout en maintenant l'agitation, ajouter 5g de cristaux de chlorure de baryum. Agiter pendant exactement 1 min à vitesse constante, remplir immédiatement la cellule du spectrophotomètre et mesure après 30 secondes, à la longueur d'onde 546 nm. Spectrophotomètre (type GBC UV/VIS 911).

II-14) Dosage de l'ammonium :

a) Principe :

En milieu alcalin l'ammoniaque réagit quantitativement avec l'hypochlorite et donne du monochloramine. Ce dernier forme avec du phénol en présence de nitroprussiate et en sur plan d'hypochlorite, du bleu d'indéphenol, susceptible d'un dosage colorimétrique à une longueur d'onde de 630 nm, en suivant une gamme d'étalon.

b) Mode opératoire :

Introduire 25 ml des échantillons dans des flacons de verre puis ajouter les solution suivant et mélanger après chaque ajout :

- 1ml de réactif A.
- 1ml de réactif B.
- 1ml citrate de sodium 1.2 mol/l.

Fermer et vérifier si la couleur se développe dans 5 min. si le cas, il faut diluer l'échantillon.

Après 4h faire la lecture des échantillons à la longueur d'onde $\lambda = 630$ nm.

c) Préparation de la gamme d'étalon :

On prépare une solution mère 100mg/l de NH_4^+ à partir d'une masse m de NH_4Cl et une solution fille à 2mg/l à partir de laquelle on prépare la gamme suivante : on prépare 100ml de chaque étalon.



N°des fioles	1	2	3	4	5	6	7
V(Eau distillé) ml	100	90	80	70	60	50	40
[NH ₄ ⁺] en mg/l	0	10	20	30	40	50	60
Absorption	0	0.089	0.175	0.261	0.347	0.433	0.513

Tableau n°5 : Préparation de la gamme d'étalonnage d'ammonium.

A 25 ml de chaque étalon on ajoute 1 ml de citrate de sodium, 1 ml du phénol et 1 ml de dichlorocyanure (acide) puis on laisse développer la couleur au moins 4h à l'obscurité et on passe au spectrophotomètre à $\lambda = 630$ nm. On trace la courbe d'étalonnage.

Les échantillons sont traités de façon que les étalons leur concentration extrapolée à partir de la courbe suivante :

II-15) Oxydabilité par KMnO₄ :

C'est la quantité d'O₂ nécessaire pour oxyder la matière organique contenue dans l'échantillon à analyser. La présence de matières organiques dans l'eau provoque l'existence et la prolifération des micro-organismes qui peuvent être pathogènes, donc la détermination de ces matières organiques est indispensable dans la surveillance de la qualité des eaux. L'oxydabilité en milieu acide permet d'évaluer la teneur de ces matières organiques dans l'eau.

Mode opératoire :

Dans un ballon on met 100ml d'eau à analyser + 2ml de H₂SO₄ concentré + 10 ml de KMnO₄ N/100 puis le ballon est mis au bain marie à 100°C pendant 13 min, après on ajoute 1ml du solution d'acide oxalique H₂C₂O₄ N/10 et on titre par le KMnO₄ N/100 jusqu'à l'apparition d'une faible teinte rose .en suite on ajoute 10 ml de l'acide oxalique pour confirmé les résultats en dose aussi par KMnO₄.



b) Expression des résultats :

N_k : Normalité du permanganate, T_b : volume versé de $KMnO_4$, V_a : excès de $H_2C_2O_4$

N_h : normalité de $H_2C_2O_4$, V_b : volume de $H_2C_2O_4$ réagissant avec excès de $KMnO_4$.

V_k : volume en excès de $KMnO_4$, V'_k : volume qui a oxydé la matière organique

N : normalité de sa matière oxydable.

$$N_k \times T_b = N_h \times V_a$$

$$V_a = N_k \times T_b / N_h = 10^{-2} \times T_b / 10^{-1} = 10^{-1} T_b$$

$$N_h \cdot V_b = N_k \cdot V_k$$

$$N_h(1 - V_a) = N_k \cdot V_k$$

$$V_k = 10^{-1} \cdot (1 - 10^{-1} T_b) / 10^{-2} = 10 - T_b$$

$$N_k \cdot V_{4k} = N \cdot 100 \quad (100\text{ml} = \text{prise d'essai})$$

$$N = 10^{-2} \cdot 10^{-2} \cdot [10 - (10 - T_b)]$$

$$V_k + V'_k = 10$$

$$N = 10^{-4} \cdot T_b \text{ mmol/l consommé} = 10^{-1} / 2 \cdot T_b \text{ mg/l} = 16 \cdot 10^{-1} \cdot T_b / 2 \text{ mg/l}.$$

$$N = 0.8 \times T_b \text{ mg/l d'O}_2 \text{ consommé.}$$

- Valeur maximale recommandée (VMR) : 2mg/l (NM 03.07.001 /2006).

II-16) Dosage du CO_2 libre :

a) Principe :

Le CO_2 libre de l'eau est neutralisé par un excès de $NaOH$, cet excès est ensuite déterminé à l'aide de HCl .

b) Mode opératoire :

Dans une fiole de 200ml on met 10 ml de $NaOH$ (N/40) et on complète avec l'eau à analyser jusqu'au trait de jauge. On ajoute 6 à 8 gouttes de phénophtaléine.

On homogène bien la solution puis on la transpose dans un érlenmeyer de 500 ml. La titration est effectuée par HCl (N/10) jusqu'à décoloration.



Réaction mise en jeu :



c) Expression des résultats :

$$N_{\text{CO}_2} \times V = N_i V_i - N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}$$

$$N_{\text{CO}_2} = (N_i V_i - N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}) \times 1 / V \text{ eq/l}$$

$$[\text{CO}_2] = (N_i V_i - N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}) \times 1 / V \text{ mol/l}$$

$$C'_{\text{CO}_2} = (N_i V_i - N_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}) \times 44 \times 10^3 / V \text{ mg/l}$$

Avec:

V: Volume de l'échantillon

N_i: Normalité de NaOH total

V_i: Volume initial de NaOH

N_{HCl}: Normalité de HCl

II-17) Dosage du chlore :

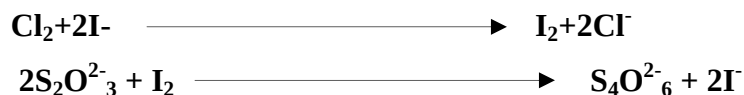
En milieu acide les hypochlorites (ClO^-) sont décomposés avec dégagement du Cl_2 qui oxyde les iodures (I^-). L'iode libéré est dosé par une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$).

a) Mode opératoire :

A 1 ml d'échantillon on ajout 10ml d'acide acétique CH_3COOH (9N) plus 10ml de KI (10%) (10g/100ml) il se développe une couleur rouge , la titration est effectué par $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N/10) jusqu'à décoloration en ajoutant quelques gouttes d'emploi d'amidon juste avant la fin de titrage.

b) Réaction mise en jeu :





c) Expression des résultats:

$$N_1 V_1 = N_2 V_2$$

N_1 : Normalité du Cl_2

$$N_1 = N_2 V_2 / V_1$$

V_1 : volume d'échantillon

$$N_1 = 0.1 \times \text{Tb} / V_1 \text{ eq/l}$$

V_2 : Tb

$$[\text{Cl}_2] = 0.1 \times \text{Tb} / 2 \text{ mol/l}$$

N_2 : Normalité de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

$$M_{\text{Cl}_2} = 71 \times 0.1 / 2 \times \text{Tb} \text{ g/l}$$

M : concentration massique

$$M_{\text{Cl}_2} = 3.55 \times \text{Tb} \text{ g/l}$$

II-18) Dosage des nitrites :

a) Principe :

Il s'agit de la description de la méthode de dosage des nitrites dans les eaux d'alimentation humaine, par mesure spectrophotométrique à la sulfanilamide.

Elle est applicable pour des concentrations en nitrites NO_2^- supérieure à 1 $\mu\text{g/l}$.

Les échantillons contenant, plus de 1000 $\mu\text{g/l}$ en NO_2^- doivent être dilués avant l'analyse.

b) Mode opératoire :

On prend 8 fioles :

A chacune des fioles on ajoute : à partir d'une solution mère de NO_2^- 100 mg/l diluée à 10% un volume de cette solution est on complète avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml.

-1 ml d'acide sulfanilique.

-Après 10min on ajoute 1 ml de NED.

Et ceci en agitant pour homogénéiser les solution puis on laisse reposer 60 min la coloration qui se développe est stable pendant 4h.

On soustrait la valeur du témoin pour chaque lecture des étalons puis on trace la courbe d'étalonnage.

Pour le dosage des échantillons on prend un témoin (blanc) et l'échantillon à analyser (50ml) si l'échantillon est concentré on effectue une dilution, puis on extrapole la concentration en nitrite à partir de la courbe d'étalonnage.



N°des fioles	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Prise d'une solution de NO_2^- à 1mg/l (ml)	0	1	2	5	10	20	30	40	50
Quantité de H_2O distillé à ajouter	50	49	48	45	40	30	20	10	0
[] en mg/l des nitrites	0	0.02	0.04	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Absorption	0	0.08	0.156	0.364	0.717	1.319	1.877	2.124	3.046

Tableau n°6 : Gamme d'étalonnage du nitrite ($\lambda=540\text{nm}$).

II-19) Dosage des nitrates :

a) Principe :

Les nitrates sont presque quantitativement réduits en milieu nitrites sur une colonne contenant du cadmium (Cd-Cu) les nitrates réduits forment avec l'acide sulfanilique un composé diazoïque lequel couplé avec le NED donne un composé coloré dont l'intensité est proportionnelle à la quantité de Nitrite.

b) Mode opératoire :

b-1) Présentation de la colonne :

On pèse 60 g du cd (cadmium) de granulométrie comprise entre 0.5 et 1.5 mm on lave au HCl (2N) puis à l'eau distillée plusieurs fois, puis on introduit sur le cd 200 ml de CuSO_4 à 10 g/l et on laisse au contact 10 à 15 min après on verse cette solution puis on réintroduit 200ml de CuSO_4 et on laisse aussi 10 à 15 min jusqu'au développement d'une suspension brune sur les grains du cd on rince à l'eau distillée au moins 10 fois.



En bas de la colonne on introduit un morceau de laine de verre et on introduit le Cd à l'aide de l'eau distillée d'une façon qu'il n'y ait pas de bulles d'air. On fait passer à travers la colonne 400 ml de la solution tampon diluée au 1/40 et on règle le débit de 7 à 10 ml/min il faut tenir compte que le Cadmium soit toujours recouvert de la solution tampon.

b-2) Présentation de la gamme d'étalonnage :

Pour contrôler le facteur de l'efficacité de la colonne il est nécessaire de préparer deux gammes d'étalon la 1^{ère} de nitrates, la 2^{ème} des nitrites ayant les mêmes concentrations

On prépare 50 ml de chaque étalon de Nitrates et de Nitrites de concentration voir tableau ci-dessous :

N°des fioles	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1 ^{ère} gamme NO ₃ ⁻ en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Quantité de H ₂ O distillé à ajouter	50	49	48	45	40	30	20	10	0
ABS	0	0.033	0.085	0.214	0.396	0.909	1.333	1.892	2.21

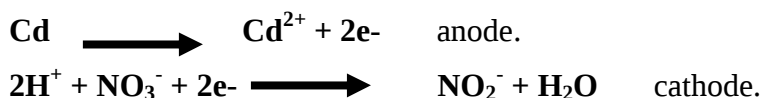
Tableau n°7 : Gamme d'étalonnage du nitrate ($\lambda=540\text{nm}$).

b-3) La 1^{ère} gamme est traitée comme suite:

On règle le débit de la colonne de 7 à 10ml de l'étalon les 1^{er} 25 ml sont rejetés on récupère les derniers 25 ml auxquelles on ajoute 1ml d'acide sulfanilique et 1ml de NED et on laisse développer la couleur 30 min, la lecture est effectuée à $\lambda=540\text{nm}$ puis on trace la courbe d'étalonnage de la réduction des nitrates la réaction mise en jeu :



Dont les deux dernières réactions:



NB: à 50 ml de l'échantillon on ajoute 1,25 ml de la solution tampon concentré et on suite on verse le contenu dans la colonne.

Les analyses de silicate, nitrate, nitrite, ammonium et sulfate sont donc faites par un dosage spectrométrique basé sur le principe de Beer-Lamber.

Il s'agit préalablement de déterminer la courbe d'étalonnage en mesurant l'absorbance des étalons par l'utilisation des longueurs d'onde qui correspondent à l'absorbance maximale de la substance mesurée, après on trace la courbe d'étalonnage, et par l'intermédiaire de cette dernière on détermine la concentration en chaque substance dans l'échantillon.

II-20) Mesure d'agressivité :

a) Mode opératoire :

On mesure premièrement le pH d'eau à analyser. On remplit un flacon de 250ml fermé, d'échantillon qu'on veut analyser et on ajoute une pincée de CaCO_3 et on laisse en agitation pendant 3h. Après on mesure le pHs.

Donc l'indice de saturation est exprimé par la relation suivante :

$$\text{Is} = \text{pH} - \text{pHs}$$

$$\text{Avec} \quad -0.3 < \text{Is} < 0.3$$

II- 21) Détermination des substances minérales :

Les analyses de Fer, Manganèse et d'Aluminium sont faites par Kit, (c'est un dosage colorimétrique), il s'agit d'orienter le coffret ouvert de telle manière que les tubes se trouvent placés du côté gauche. Remplir les deux tubes avec de l'eau à analyser. N'ajouter le réactif que dans le tube intérieur tourné vers l'opérateur. Amener la plaque des couleurs dans la fente de l'arête inférieure droite du socle et pousser jusqu'à ce qu'elle sorte sur le côté gauche (portant l'étiquette) et jusqu'à ce que l'échantillon additionné de réactif corresponde à la coloration obtenue au cours de



l'essai à blanc. Lire la valeur mesurée sur l'échelle colorée à la sortie de la fente droite du fonds de la boîte.

- Les graduations pour le Manganèse sont :
0 – 0.03 – 0.06 – 0.1 – 0.15 – 0.2 – 0.25 – 0.3 – 0.4 – 0.5 mg/l.
- Les graduations pour l'Aluminium sont :
0 – 0.07 – 0.12 – 0.2 – 0.35 – 0.5 – 0.65 – 0.8 mg/l.

III) Analyses bactériologiques :

III-1) Généralités :

Une eau destinée à l'alimentation humaine ne doit contenir aucun germe microbien pathogène. L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. Elle doit être utilisée comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire.

La présence de germes tests de contamination fécale conduit à considérer l'eau comme bactériologiquement impure et menacée de pollution. Il en est ainsi, en particulier si la présence d'E. Coli et de Streptocoques fécaux est confirmée, à quelque taux que ce soit par les analyses.

Ces germes sont dénommés germes indicateurs de pollution fécale et leur présence témoigne de l'existence d'une contamination fécale au moment du prélèvement. Leur mise en évidence dans l'eau n'est pas la preuve de la présence de pathogènes, mais elle permet de la suspecter fortement.

« Normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain » méthodes d'essai Janvier 1990.

Les Escherichia Coli sont des bactéries bacilles coliformes d'origine fécale. Leur variabilité est fonction du rayonnement solaire, du pH, de la présence de matière en suspension (MES) de la matière organique dissoute. Ils peuvent se développer à des températures élevées, mais



sont incapables de se multiplier à 4°C. Leur présence en grande quantité constitue un facteur limitant pour la production d'eau potable et pour la baignade.

Les coliformes totaux ne sont pas tous d'origine fécale. Ils ne sont donc pas indicateurs d'une pollution fécale. Leur recherche est cependant utile pour contrôler la qualité d'une eau après traitement.

Les streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Cependant, certaines bactéries classées dans ce groupe peuvent être trouvées également dans les excréments animales, ou se rencontrent sur les végétaux. Ils sont néanmoins considérés comme indicateurs d'une pollution fécale, et leur principal intérêt réside dans le fait qu'ils sont résistants à la dessiccation.

III-2) Méthodes d'analyse bactériologique :

Les analyses microbiologiques qu'on a effectuées au sein du laboratoire de la station se basent essentiellement sur ces quatre étapes :

- Le passage par la membrane filtrante : L'eau à analyser passe à travers une membrane de 0.45 µm de porosité. La membrane, ayant retenu les bactéries éventuellement présentes dans l'eau, est déposée sur un milieu de culture gélosé approprié dans une boîte de Pétrie.
- La fermentation dans les tubes multiples : Après homogénéisation de l'échantillon, prise d'une quantité de l'eau à analyser. On dépose cette prise d'essai dans un milieu liquide approprié.
- Incubation selon la température spécifiée : Les échantillons sont incubés à différentes températures selon les germes recherchés (22°C, 37°C, 44°C).
Incubateur (type SELECTA).

a) Lecture et interprétation des résultats :

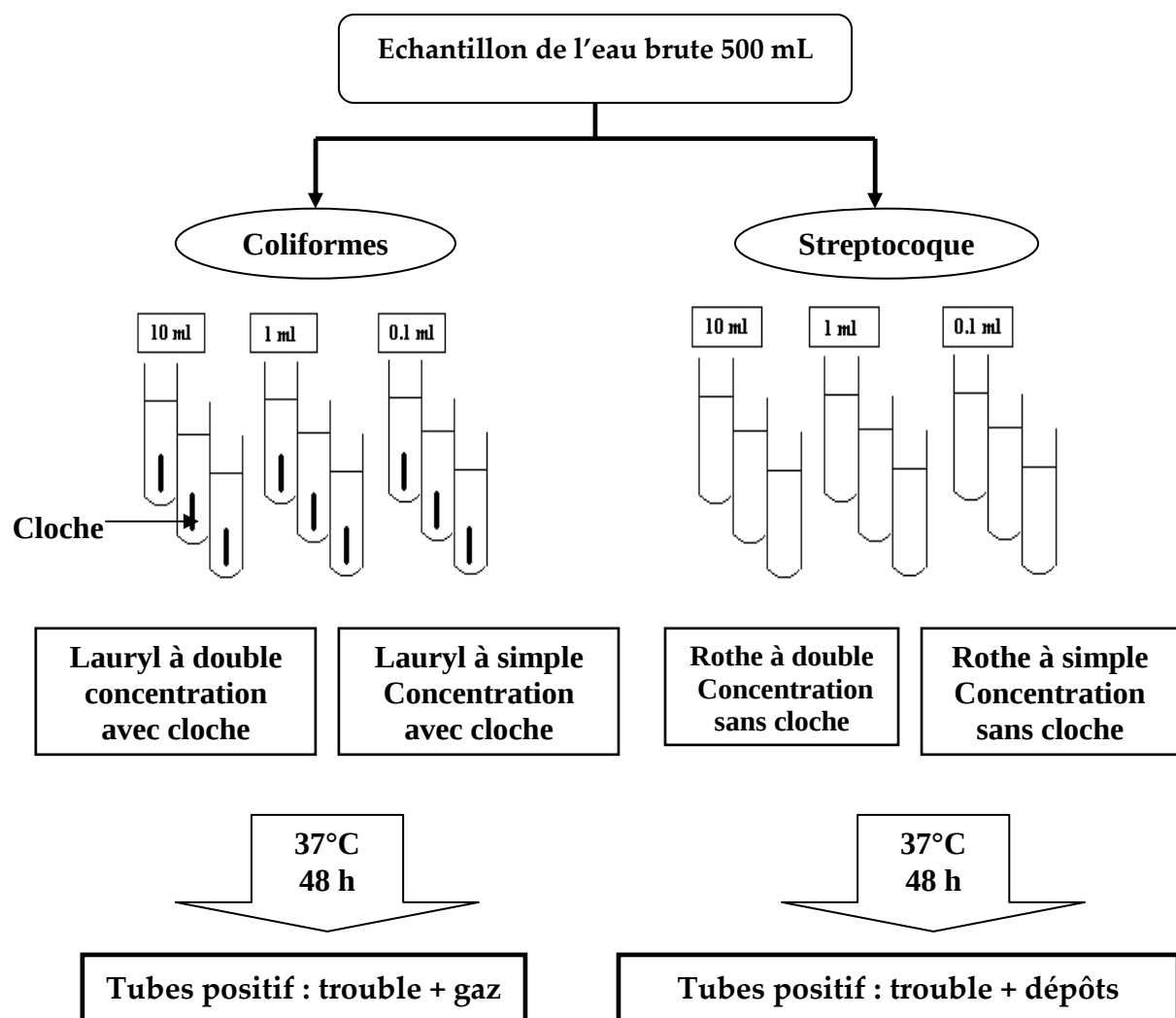
La dernière phase consiste à la lecture des tubes positifs et l'enregistrement des résultats après incubation de 24h à 48h pour l'eau brute, et pour l'eau traitée il faut compter les colonies et

noter les résultats tout en vérifiant. Après lecture il faut noter si les valeurs répondent aux exigences des normes marocaines.

b) Mode opératoire :

Les analyses qu'on effectue quotidiennement dans le laboratoire de la station sont présentées sur les deux schémas suivants :

c) Analyse bactériologique l'eau brute :



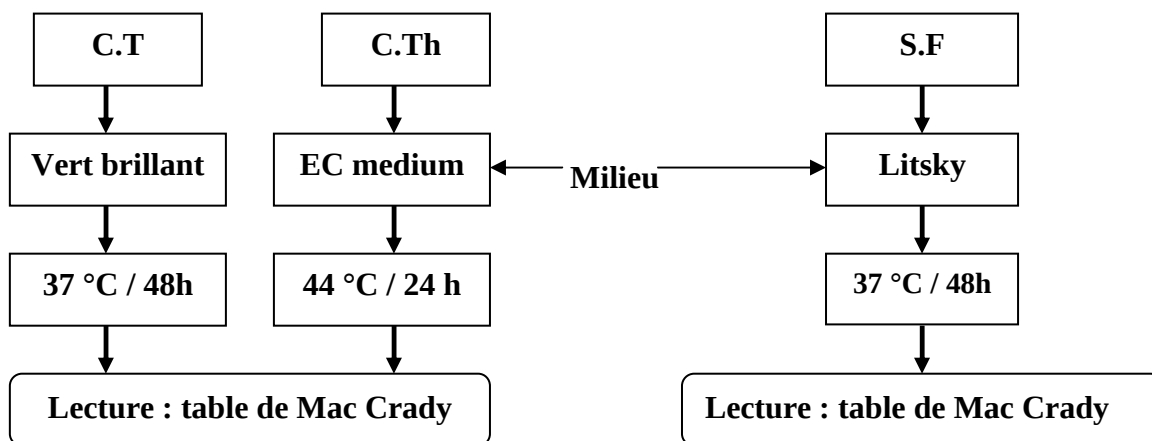
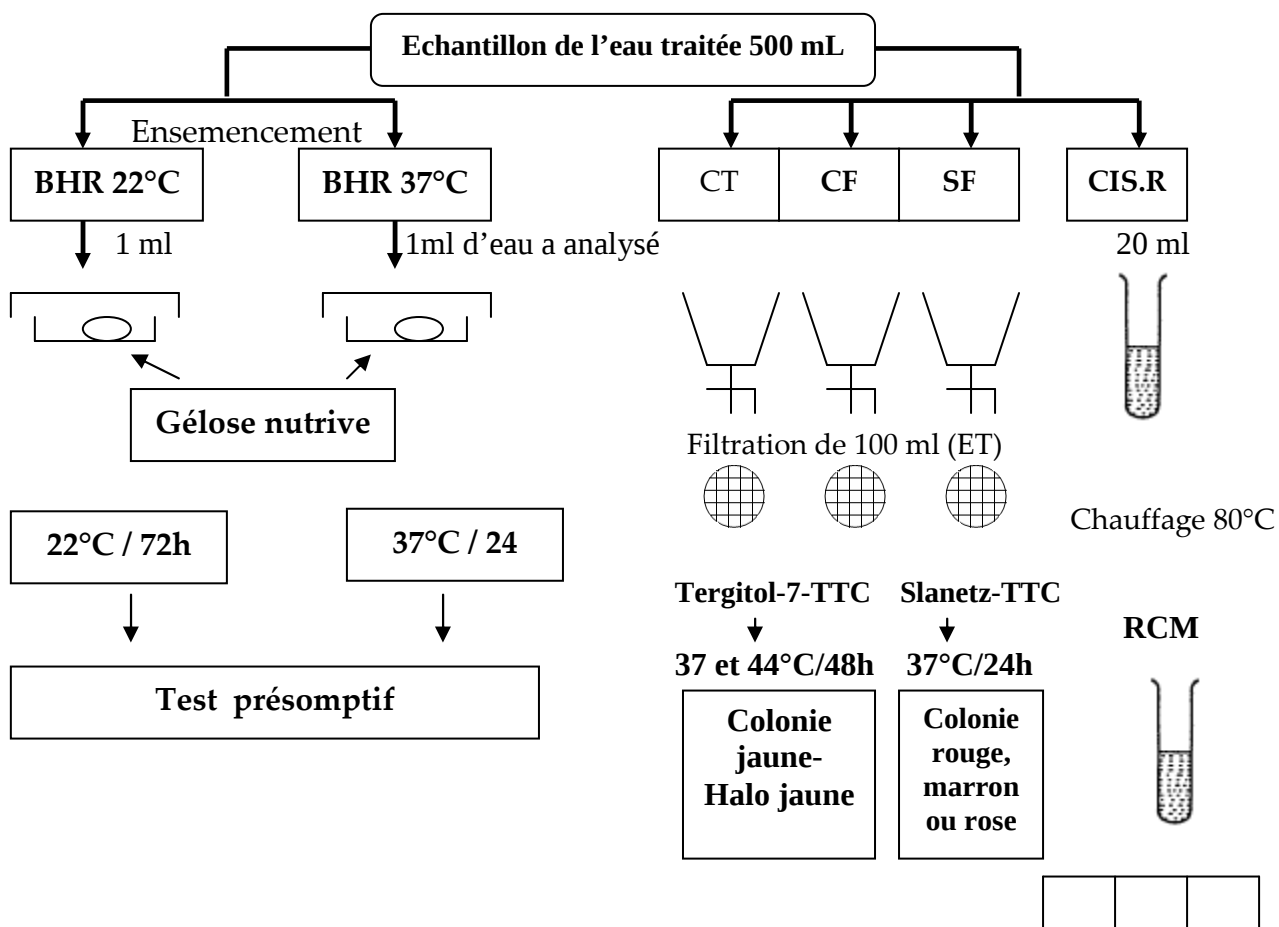


Figure n°6 : Analyse microbiologique de l'eau brute.

d) Analyse bactériologique de l'eau traitée :



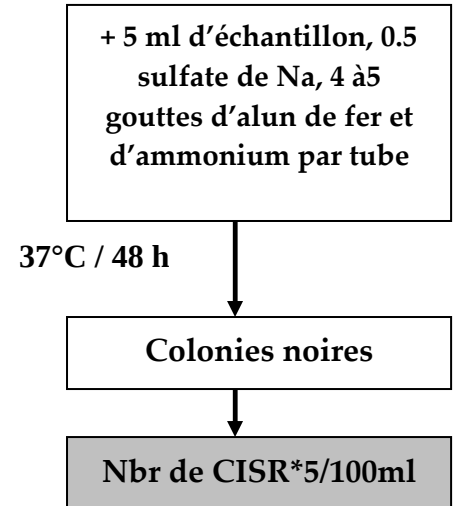
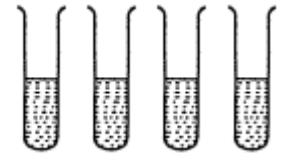


Figure n°7 : Analyses microbiologiques de l'eau traitée.

Chapitre IV :

Résultats et discussions



A- Eau du Barrage :

a) Paramètres organoleptiques :

1- L'odeur et la saveur de l'eau du barrage ne change pas, elles ont une valeur de 3 (Seuil de perception à 25°C), cette valeur respecte exactement la norme qui est de 3 (seuil de perception à 25°C), donc il n'est pas nécessaire d'ajouter le charbon actif.

2- La couleur a des valeurs qui varient entre 5 et 10 (unité Pt mg/l), ces valeurs ne dépassent pas la norme qui est de 20 (unité Pt mg/l), donc il n'est pas nécessaire de traiter cette eau.

b) Analyses physico-chimiques :

Les analyses physicochimiques de l'eau de barrage d'El kansra ont été réalisées sur plus de trente échantillons.

1- La température de l'eau du barrage varie entre 17 et 19°C. La valeur moyenne de la température est de l'ordre de 18°C. On peut dire que cette valeur est acceptable du fait qu'elle ne dépasse pas 20°C, et correspond bien aux normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humaine (méthodes d'essai Janvier 1990).



2- Le pH de l'eau brute varie dans les environs de la norme 8.5, la valeur moyenne du pH est de 8.17, elle peut dépasser légèrement la norme, donc il n'est pas nécessaire de l'ajuster, il sera ajusté aux normes demandées par l'ajout de sulfate d'alumine et l'injection du chlore.

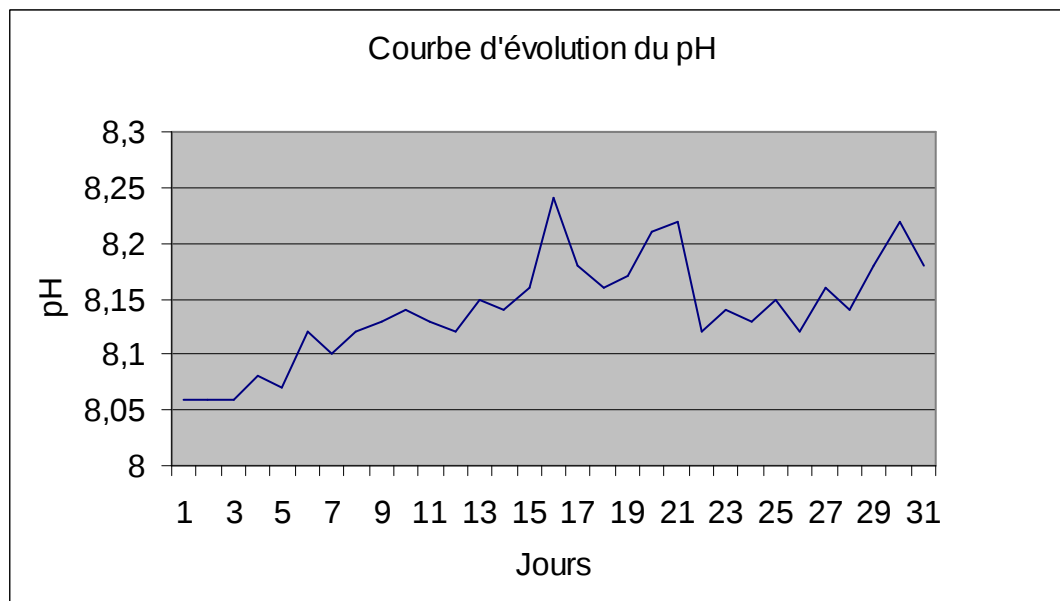


Figure N°8 : Evolution du pH de l'eau brute en fonction du temps (mois de Mai).

3- La turbidité varie de 4.46 à 23 NTU, la moyenne de la turbidité de l'eau est de 13.73 NTU. On peut dire donc que cette eau est turbide puisque elle dépasse la norme de 1NTU, il faut donc la traiter par l'ajout de certains coagulants.

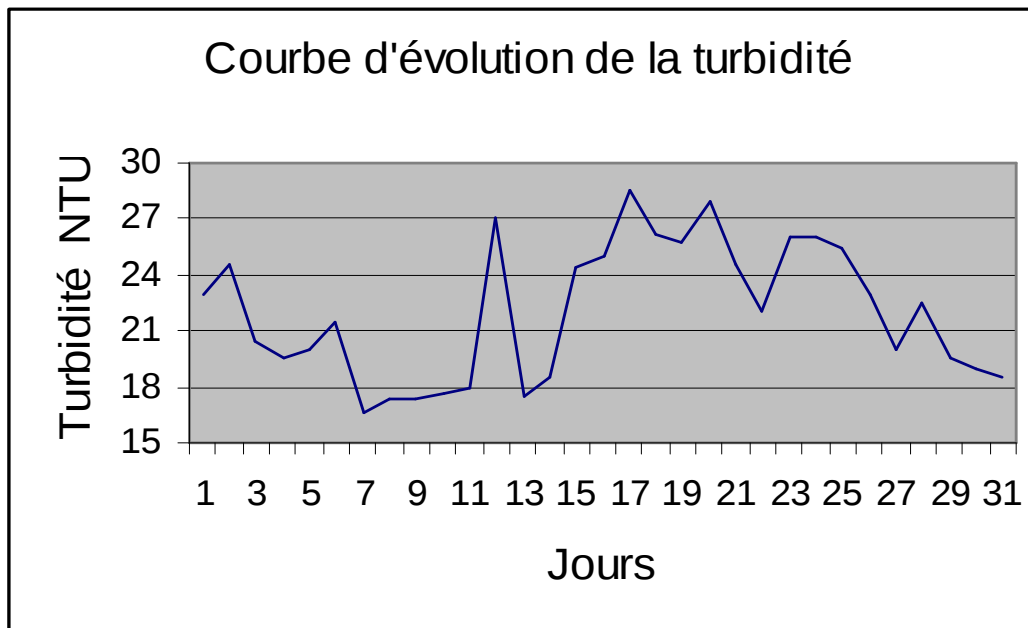


Figure N°9 : Evolution de la turbidité de l'eau brute en fonction du temps (mois de Mai).

La turbidité diminue à mesure que le temps augmente, cela est expliqué par la décantation des matières en suspension.

4- La conductivité respecte la norme puisqu'elle ne dépasse pas 2700($\mu\text{S}/\text{cm}$), la valeur moyenne est de l'ordre 936($\mu\text{S}/\text{cm}$).

5- La demande en chlore doit être dans les environs de la norme ni trop supérieur ni trop inférieur de 5mg/l, et l'eau du barrage a une valeur moyenne de 4 mg/l, donc c'est une valeur acceptable.

6- L'oxydabilité a une valeur moyenne de 3,26mg/l, et cette valeur ne dépasse pas la norme qui est de 5mg/l.

7- L'absence du Fer, Aluminium et Ammonium, la quasi-absence du **manganèse** et du **Nitrite**, nous permet d'économiser l'ajout du KMnO_4 et des autres réactifs qui sont trop chères, le chlorure ferrique (FeCl_3) et le sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), puisque les valeurs de ces paramètres restent dans les normes, pour **les nitrites, le manganèse, et**



l'Ammonium elles ne dépassent pas 0,5mg/l, pour **l'Aluminium** les valeurs ne dépassent pas 0,2mg/l et pour **le Fer** les valeurs ne dépassent pas 0,3 mg/l.

8- L'oxygène dissous ne doit pas dépasser la norme $5 \leq O_2 \leq 8$, la valeur moyenne est de l'ordre 5.36, donc on peut dire que la valeur est acceptable.

c) Analyses bactériologiques :

1- Les coliformes fécaux CF/100ml varient de 0 à 23, la valeur moyenne est de 7/100ml, donc il faut faire une désinfection, puisque l'eau potable ne doit pas contenir des bactéries.

2- Les coliformes totaux CT/100ml varient de 5 à 28, la valeur moyenne est de 10/100ml une désinfection est nécessaire pour éliminer ces CT.

3- Les streptocoques fécaux Sf/100ml varient de 2 à 7, la valeur moyenne est de l'ordre 4/100ml, l'eau doit être désinfecter.

Les résultats obtenus lors du prélèvement montrent un nombre assez restreint des coliformes fécaux, totaux, et des streptocoques fécaux. Ces bactéries seront bientôt éliminées par la désinfection (l'injection du chlore).

Norme :

Facteurs bactériologiques Valeurs maximales admissibles			
Unités	Coliformes fécaux	Coliformes totaux	Observations
N/100 ml	0	0	Eau transportée sous canalisation a.1- Eau désinfection à l'entrée du système de distribution 0,1mg/l < Ch Rés < 1 mg/l



	0	0 Dans 98% des échantillons analysés au cours de l'année 3(Occasionnellement mais pas dans 2 échantillons consécutifs)	a.2- Eau non désinfectée à l'entrée du système de distribution
	0	Dans 95% des échantillons consécutifs)	a.3- Eau dans le réseau de distribution : eau nécessairement désinfectée. 0,1 mg/l<cl Res<1mg/l
	0	10	Eau non transportée sous canalisation
	0	0	Eau embouteillée
	0	0	Eau approvisionnée en cas de catastrophe
N/100 ml	Ne doit pas excéder 20 fois le taux obtenu entre le début et la fin du réseau dans 90% des analyses au cours de l'année.		

Tableau n°8 : Normes des facteurs bactériologiques.

d) Résultats récapitulatifs des analyses pour l'eau du barrage :

Les résultats des analyses effectuées pour les différents paramètres, sont résumés et présentés dans les tableaux suivants :

Eau brute	Aspect quantitatif			Aspect qualitatif			Norme Marocaine
	Nombre d'analyses prévues	Nombre d'analyses réalisées	Taux de réalisation %	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale	Valeur Acceptable
Température (°C)	62	51	82	17	17.75	18.50	Acceptable
Odeur	4	4	100	3	3	3	3
Couleur utp	4	4	100	5	9	10	20
pH	62	51	82	8.06	8.17	8.28	6.5 < pH < 8.5
Turbidité (NTU)	124	78	63	16.6	14.82	28.5	1 NTU
Conductivité (µs/cm)	4	4	100	922	936	950	2700



Demande de chlore (mg/l)	4	4	100	4	4	4	5
Saveur	4	4	100	3	3	3	3
Oxydabilité (mg/l)	31	25	81	2.64	3.26	3.88	5
TAC (meq/l)	31	31	100	3.20	3.26	3.32	-
Oxygène dissous (mg/l)	4	8	200	3.84	5.36	6.88	$5 \leq O_2 \leq 8$
Ammonium (mg/l)	4	4	100	0	0	0	0.5
Nitrite (mg/l)	4	4	100	0	0	0	0.5
Fer (mg/l)	8	8	100	0	0	0	0.3
Manganèse (mg/l)	8	8	100	0.00	0.03	0.06	0.5
Aluminium (mg/l)	8	8	100	0	0	0	0.2
Analyse bactériologique (CF/100 ml)	4	4	100	0	7	23	-
Analyse bactériologique (CT/100 ml)	4	4	100	5	10	28	-
Analyse bactériologique (Sf/ 100 ml)	4	4	100	2	4	7	-

Tableau n° 9: Résultats des analyses effectuées pour l'eau brute du moi de Mai.

B- Analyse de l'eau traitée :

b) Analyses physicochimiques :

a) Paramètres organoleptiques :

1- L'odeur et la saveur de l'eau traitée ne change pas, elles ont une valeur de 1 (Seuil de perception à 25°C), cette valeur respecte la norme puisqu'elle ne dépasse pas 3 (seuil de perception à 25°C).

2 - La couleur a une valeur de 0 (unité Pt mg/l), cette valeur est dans la norme puisqu'elle n'est pas supérieure de 20 (unité Pt mg/l).



3- La température de l'eau traitée varie entre 18 et 19°C, la valeur moyenne est de 18.5, on peut dire que cette valeur est acceptable du fait qu'elle ne dépasse pas 20°C, selon « la normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain » méthodes d'essai Janvier 1990.

4- Le pH de l'eau traitée varie entre 6 et 7, la valeur moyenne est de l'ordre de 7.83, cette valeur respecte la norme qui doit être comprise entre 6,5 et 8,5.

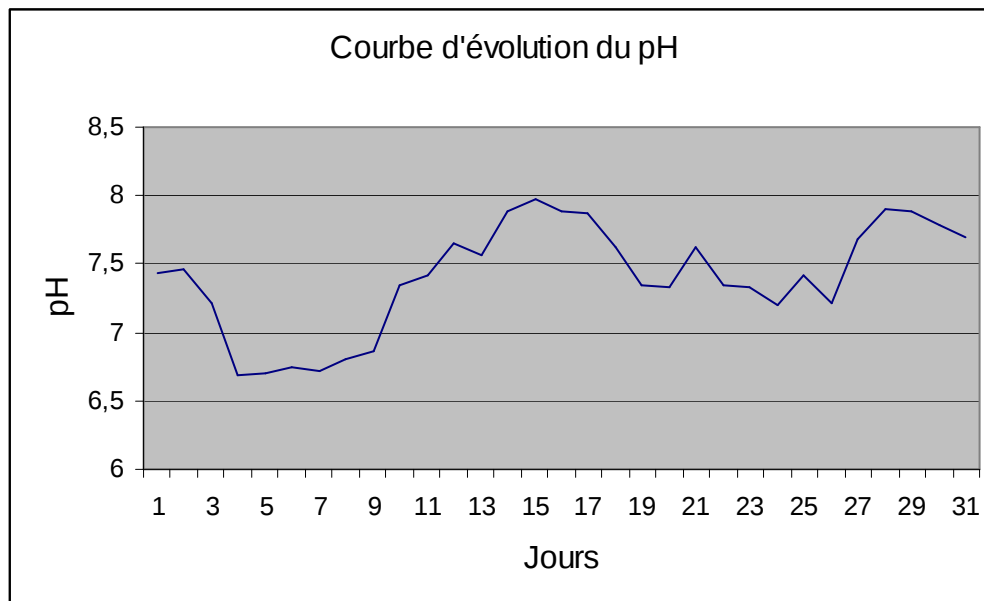


Figure n°10 : Evolution du pH de l'eau traitée en fonction du temps (mois de Mai)

5- La turbidité varie de 0,32 à 0,82 NTU, la valeur moyenne est de 0.52NTU, la valeur est dans la norme de 1NTU.

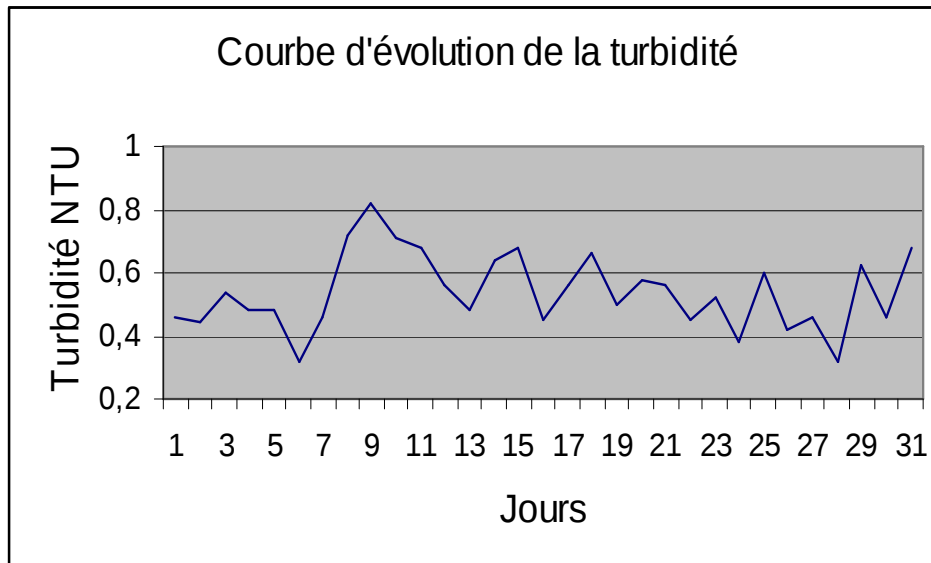


Figure n°11 : Evolution de la turbidité de l'eau traitée en fonction du temps (mois de Mai)

6- La conductivité respecte la norme puisqu'elle ne dépasse pas 2700($\mu\text{s}/\text{cm}$), la valeur moyenne de l'eau traitée est de 856($\mu\text{s}/\text{cm}$).

7- L'oxydabilité varie de 1,2 à 2mg/l, la valeur moyenne est de 1.6mg/l, cette valeur ne dépasse pas la norme qui est de 5mg/l.

8- L'absence total du Fer, manganèse et Ammonium, la quasi-absence du **Aluminium** et du **Nitrite**, nous permet d'économiser l'ajout du KMnO_4 et des autres réactifs qui sont trop chères, le chlorure ferrique (FeCl_3) et le sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), puisque les valeurs de ces paramètres restent dans les normes, pour **les nitrites, le manganèse, et l'Ammonium** elles ne dépassent pas 0,5mg/l, pour **l'Aluminium** les valeur ne dépassent pas 0,2mg/l et pour **le Fer** les valeurs ne dépassent pas 0, 3 mg/l.

9- L'oxygène dissous varie de 6,5 à 7,77mg/l, la valeur moyenne est de l'ordre 7.25mg/let la norme est de $5 \leq \text{O}_2 \leq 8$, donc la valeur est acceptable.

c) Analyses bactériologiques :



Les résultats obtenus montrent l'absence totale des coliformes fécaux, totaux, et des streptocoques fécaux. Ces bactéries ont été éliminées par la désinfection (l'injection du chlore).

d) Résultats récapitulatifs des analyses pour l'eau traitée :

Les résultats des analyses effectuées pour les différents paramètres, sont résumés et présentés dans les tableaux suivants :

	ASPECT QUANTITATIF	ASPECT QUALITATIF	(NM)
--	--------------------	-------------------	------



Eau Traitée	Nombre d'analyses prévues	Nombre d'analyses réalisées	Taux de réalisation %	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale	VMA
Température °C	31	51	165	18	18.5	19	Acceptable
Odeur	4	4	100	1	1	1	3
Couleur utp	4	4	100	0	0	0	20
pH	62	51	82	6.69	7.83	7.98	6.5 < pH < 8.5
Turbidité (NTU)	124	78	82	0.32	0.52	0.82	1 NTU
Conductivité (µs/cm)	4	4	100	798	856	1212	2700
Saveur	4	4	100	1	1	1	3
Oxydabilité (mg/l)	31	25	81	1.2	1.6	2	5
TAC (meq/l)	31	31	100	2	2.4	3.2	-
Oxygène dissous (mg/l)	4	8	200	6.5	7.25	7.77	5 ≤ O ₂ ≤ 8
Manganèse (mg/l)	8	8	100	0	0	0	0.5
Nitrite (mg/l)	4	4	100	0.1	0.2	0.41	0.5
Fer (mg/l)	8	8	100	0	0	0	0.3
Ammonium (mg/l)	4	4	100	0	0	0	0.5
Dureté (meq/l)	1	1	100	4.96	4.96	4.96	-
Aluminium (mg/l)	8	8	100	0.07	0.1	0.12	0.2
Analyse bactériologique (CF/100 ml)	31	31	100	0	0	0	0/100
Analyse bactériologique (CT ; SF)	31	31	100	0	0	0	0/100

Tableau n° 10: Résultats des analyses effectuées pour l'eau brute du moi de Mai.



Résumé des résultats :

Les résultats montrent que la turbidité diminue d'une manière remarquable par rapport à celle de l'eau brute et cela grâce à l'ajout de sulfate d'alumine et l'injection du chlore pendant la phase de floculation et de décantation. Le pH de l'eau traité est toujours neutre dans les environs de 7,8. Absence du Fer et du Manganèse avec apparition de l'Aluminium, certainement due à l'utilisation du sulfate d'aluminium comme coagulant, mais sa valeur reste toujours inférieure à 0,2 mg/l.

Alors que pour la recherche des coliformes totaux, coliformes fécaux et des streptocoques, l'absence est totale, ces bactéries ont été totalement éliminées par l'injection du chlore.



C- Effet du traitement :

Analyses physico chimique	Eau du barrage	Eau traitée	Effet du traitement
Odeur	3	1	Positif, diminution de l'odeur.
Couleur	9	0	Positif, élimination de la couleur.
pH	8.17	7.83	Positif, diminution du pH
Turbidité	14.82	0.52	Positif, diminution de la turbidité
Conductivité	936	856	Acceptable
Saveur	3	1	Positif, diminution de la saveur
Oxydabilité	3,26	1.6	Positif, diminution de l'oxydabilité
Oxygène dissous	5,36	7.25	Acceptable
Manganèse	0,03	0	Positif
Nitrites	0	0,2	Acceptable
Fer	0	0.	Positif
Ammonium	0	0	Acceptable
Aluminium	0	0,1	Acceptable
Analyses bactériologiques	-	-	-
CF/100ml	7	0	Positif, élimination des CF.
CT/100ml	10	0	Positif, élimination des CT.



Sf/100ml	4	0	Positif, élimination des Sf.
----------	---	---	------------------------------

Tableau n°11 : Comparaison entre l'eau brute et l'eau traitée.

D- Analyse de l'eau des différentes phases du traitement :

différentes phases du traitement	Aspect quantitatif			Aspect qualitatif		
	Nombre d'analyses prévues	Nombre d'analyses réalisées	Taux de réalisation %	Valeur minimale	Valeur moyenne	Valeur maximale
Eau décantée						
Turbidité (NTU)	124	55	44	1.6	2.4	3.2
pH	62	50	81	7	7.26	7.52
Eau filtrée						
Turbidité (NTU)	124	55	44	0.18	0.53	0.88
pH	62	50	81	7.18	7.39	7.6

Tableau n°12: Analyse de l'eau des différentes phases de traitement en mois de Mai.

a) La turbidité :

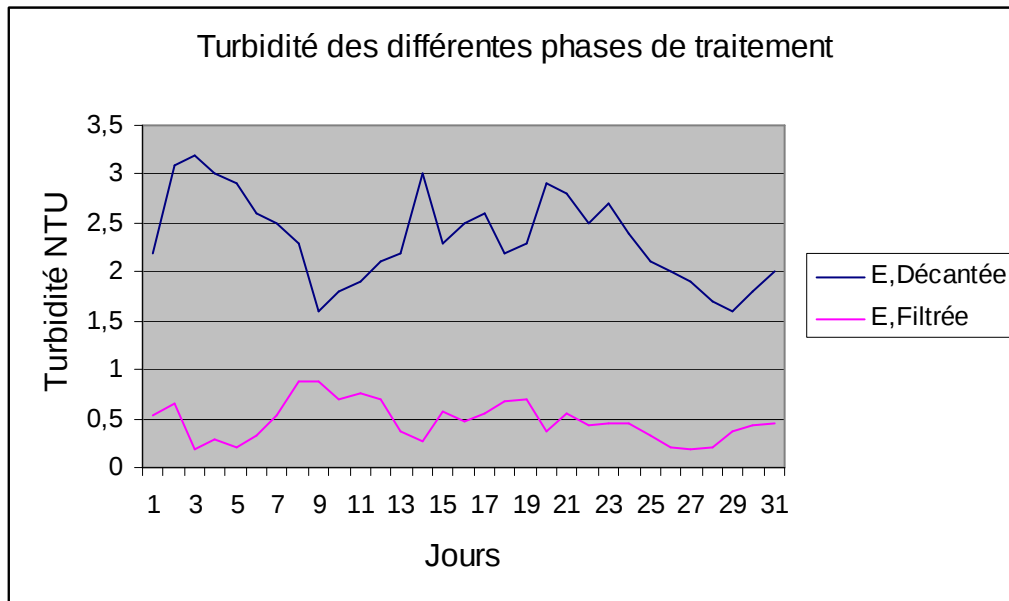


Figure N°12 : Courbe d'évolution de la turbidité pour les différentes phases de traitement.

b) Le pH :

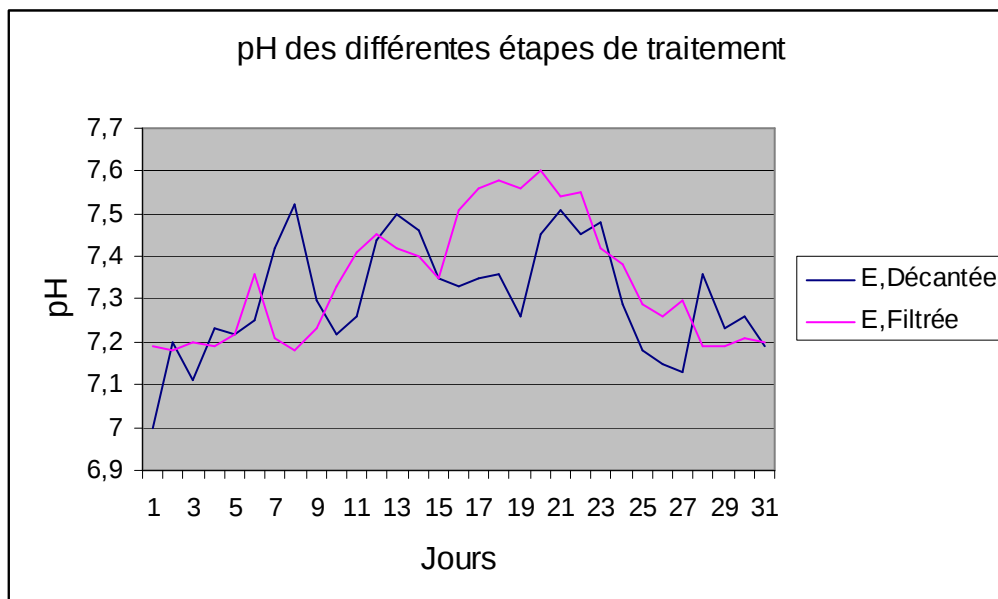


Figure N°13 : Courbe d'évolution du pH pour les différentes phases de traitement.

Résumé des résultats :



Les résultats des analyses effectuées confirment la bonne qualité de cette eau à partir de l'excès de présence des substances minérales ou organiques. Alors que du point de vue bactériologique l'absence des germes pathogènes certifie et assure la consommation de cette eau qui répond aux normes réglementaires (NM).

Donc le traitement des eaux a pour objectif de la rendre potable du point de vue physico-chimique et bactériologique, il n'a pas pour but de détruire tous les organismes vivants, mais plutôt de garantir l'absence de tous les germes pathogènes et de mettre hors risque de contamination les points d'eau ou les systèmes de distribution ayant subi une pollution.

Conclusion

Puisque du côté physique et chimique l'eau de consommation est agréable au goût, car elle ne présente ni couleur, ni aspect, ni trouble particuliers. Elle est également débarrassée des substances minérales et organiques dont la présence ou l'excès présenterait un risque pour la santé des consommateurs.

- Cette eau ne présente pas un excès de turbidité.
- L'eau distribuée est douce donc l'installation d'un adoucisseur est déconseillée en raison du risque accru de dissolution des métaux des conduites (augmentation de l'agressivité de l'eau).
- La teneur en nitrates de l'eau distribuée est inférieure à 50 mg/l. Ce résultat montre que la ressource en eau est bien protégée des apports en nitrates.



- La qualité bactériologique de l'eau est satisfaisante, ce résultat est confirmé par l'injection du chlore avant le refoulement de l'eau traitée.

Les résultats obtenus confirment que l'aptitude de l'eau traitée à la station de traitement EL kansera est de bonne qualité et respecte les normes marocaine (NM), et les normes recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), donc l'eau peut être consommée par tous sans restriction d'usage.

Liste bibliographique

- ONEP, « le guide des analyses » 1990.
- ONEP, « normes marocaines relatives aux eaux d'alimentation humain » méthodes d'essai Janvier 1990.
- ONEP, Pôle Industriel-Direction Patrimoine « Procédure d'exploitation d'une station de traitement, cas de la station d'El kansera 1990 ».
- ONEP « Résumé de methodologie d'Analyse d'eau ».
- ONEP « Analyse d'une eau traitée, type : Réservoir et Réseau de distribution ».
- Programme d'intervention de l'ONEP en assainissement 13/05/2004.
- Sites internet.
- <http://drass75.sante.gouv.fr/>
- <http://www.nddep.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/index.htm>.
- [http://www.cartелеau.org-rubrique guide des services.](http://www.cartелеau.org-rubrique%20guide%20des%20services)
- <http://www.oieau.org>.
- Benamar Dahmani, Fatiha Hadji and Farouk Allal 2003,Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafna (N-W Algeria). Desalination Volume 152, Issues 1-3.
- Virginie Waechter 2004. Gérer la qualité de l'eau : singularisation, évaluation et régime de gouvernement, Sociologie du Travail.Volume 46, Issue 4.
- Marc Benoît, Jean-Pierre Deffontaines, Francis Gras, Elisabeth Bienaimé and Régine Riela-Cosserat (1997), Agriculture et qualité de l'eau. Une approche interdisciplinaire de la pollution par les nitrates d'un bassin d'alimentation. Nature science.Volume 5, Issue 3.
- André Rico . Pollutions et pratiques agricoles. Deux concepts : dose journalière admissible et chimiodéfense Pollution and agricultural practices. Two concepts: acceptable daily intake and chemio-defence. (2000). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Series III - Sciences de la Vie Volume 323, Issue 5.

- Influence du passage de *Salmonella* spp. et *E. coli* en eaux usées sur leur survie ultérieure en eau de mer Influence of the previous stay of *Escherichia coli* and *Salmonella* spp. in waste waters on their survival in seawater, 1995. Water Research Volume 29, Issue 4.
- D.D.A.S.S. – D.R.A.S.S. d'Ile de France - Service Santé Environnement septembre 2000 article 1 et 2. (Bactériologie).
- La directive du conseil n°91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.
- Luxembourg : Office des publications officielles des communautés européennes 2001.
- Alimentation en eau potable : Menace de pollution Mai 1999.
- Découvrir l'eau 2008 Sagascience, revue électronique du CNRS France.
- Eau potable 1996, sdage RMC, Volume n°2.
- Circuit eau de mer et traitement des eaux, édition technip 1993.
- LAOUINA ABDELLAH 2008, l'eau au Maroc, Redmed 2008.
- ALI AGOUMI, ABDELLAH DEBAGH 2006, Ressources en eau et bassin versant du Maroc, 50 ans de développement (1955-2005).
- Le guide de l'eau 2007, 36^{ème} édition.
- « État de l'environnement du Maroc »; Ministère de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme, de l'habitat et de l'environnement, 2001
- « Eau : Gestion de la rareté » organisé par l'Amicale des Ingénieurs Marocains des Ponts et Chaussées, les 19 et 20 Octobre 1995.
- « Politique et stratégies de gestion des ressources en eau au Maroc » BZIOUI M – Académie du Royaume du Maroc – session de novembre 2000.
- « Bienfaits des barrages et développement économique et social au Maroc » – ZITOUNI. B – Académie.
- Callon, M. MEADEL, C. RABEHARISOA, V, 2000.
- (Office des publications officielles des communautés européennes 2001).

ANNEXE I - SPECIFICATIONS DES EAUX D'ALIMENTATION HUMAINE (normative)

PARAMETRES A EFFET SANITAIRE

A - Paramètres bactériologiques

PARAMETRES	VMA	COMMENTAIRES
Escherichia coli	0/100 mL	Les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0,1 et 1 mg/l à la distribution 0,5 à 1,0 mg/l à la production
Entérocoques intestinaux	0/100 mL	

B - Substances minérales

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Nitrites	NO ₂ : mg/l	0,5	Somme des rapports : (NO ₃)/50 + (NO ₂)/3 ne doit pas dépasser 1. 0,1mg/l de NO ₂ doit être respectée au départ des installations de traitement
Nitrates	NO ₃ : mg/l	50	
Arsenic	As : µg/l	10	
Baryum	Ba : mg/l	0,7	
Cadmium	Cd : µg/l	3	

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Cyanures	CN : µg/l	70	
Chrome	Cr : µg/l	50	
Manganèse	Mn : mg/l	0,5	Plaintes du consommateur à partir de 0.1 mg/l
Cuivre	Cu : mg/l	2	Plaintes du consommateur à partir de 1 mg/l
Fluorures	F : mg/l	1,5	
Mercure	Hg : µg/l	1	
Plomb	Pb : µg /l	10	La VMA de 50 µgPb/l sera appliquée jusqu'à 2010, à partir de cette date, la VMA de 25 µgPb/l est imposable jusqu'à 2015. Au delà de 2015 c'est la VMA de 10 µgPb/l qui sera respectée.
Sélénium	Se : µg/l	10	
Bore	B : mg/l	0,3	
Nickel	Ni : µg/l	20	

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Pesticides 1-par substance individualisée	µg/l	0.1	Par «pesticides» on entend: - les insecticides organiques - les herbicides organiques - les fongicides organiques - les nématocides organiques - les acaricides organiques - les algicides organiques - les rodenticides organiques - les produits antimoississures organiques - les produits apparentés (notamment les régulateurs de croissances) et leurs métabolites, produits de dégradations et de réaction pertinents.
A l'exception des substances suivantes : - Aldrine, dieldrine, l'heptachlore et l'heptachlorépoxyde	µg/l	0.03	
2- et pour le total des substances mesurées	µg/l	0.5	

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Hydrocarbures polycycliques Aromatiques (HPA) total des substances suivantes: 1. Benzo(b)fluoranthène, 2. Benzo(k)fluoranthène, 3. Benzo(ghi)pérylène 4. Indénol(1.2.3-cd)pyrène	µg/l	0.1	
Benzo(a) pyrène	µg/l	0.01	
Benzène	µg/l	1	
Trihalométhanes THM) Chloroforme Bromoforme Dibromochlorométhane Bromodichlorométhane	µg/l µg/l µg/l µg/l	200 100 100 60	Il est recommandé de plus que la somme des rapports de la concentration de chacune de ces substances à sa VMA respective ne dépasse pas 1.

D - Constituants radioactifs de l'eau

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Activité alpha globale	Bq/l	0,1	Si la VMA est dépassée il faut procéder à une analyse plus détaillée des radionucléides. Des valeurs plus élevées ne signifient pas nécessairement que l'eau est impropre à la consommation.
Activité bêta globale	Bq/l	1	

PARAMETRES BACTERIOLOGIQUES INDICATEURS DU FONCTIONNEMENT DES INSTALLATIONS ET DE L'EFFICACITE DE TRAITEMENT

E – Paramètres bactériologiques

Coliformes	0/100 mL	- Pas de coliformes dans 95 % des échantillons prélevés sur une période de 12 mois - Pas de résultats positifs dans deux échantillons consécutifs
Spores de micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (clostridia)	0/100 mL	Ce paramètre doit être mesuré lorsque l'eau est d'origine superficielle ou influencée par une eau d'origine superficielle.
Micro-organismes revivifiables à 22 °C et 37 °C	20/1 mL à 37 °C 100/1 mL à 22 °C	Variation dans un rapport de 10 par rapport à la valeur habituelle

SUBSTANCES INDESIRABLES ET/OU POUVANT DONNER LIEU A DES PLAINTES

F : Paramètres physico-chimiques

PARAMETRES	EXPRESSION DES RESULTATS	VMA	COMMENTAIRES
Odeur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Saveur	Seuil de perception à 25 °C	3	
Couleur réelle	Unité Pt mg/l	20	
Turbidité	Unité de turbidité néphélométrique (NTU)	5	Turbidité médiane ≤ 1 NTU et Turbidité de l'échantillon ≤ 5 NTU.
Température	°C	Acceptable	
Potentiel hydrogène	Unités pH	$6,5 < \text{pH} < 8,5$	Pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence < 8
Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20 °C	2700	
Chlorures	Cl : mg/l	750	
Sulfates	SO ₄ : mg/l	400	
Oxygène dissous	O ₂ : mg O ₂ /l	$5 \leq \text{O}_2 \leq 8$	
Aluminium	Al : mg/l	0,2	
Ammonium	NH ₄ : mg/l	0,5	
Oxydabilité au KMnO ₄	O ₂ : mg O ₂ /l	5	La valeur de 2 mg O ₂ /l doit être respectée au départ des installations de traitement
Hydrogène sulfuré		Non détectable organoleptiquement	
Fer	Fe : mg/l	0,3	
Zinc	Zn : mg/l	3	

ANNEXE II (informative)

METHODES ANALYTIQUES DE REFERENCE

Paramètres bactériologiques :

Quelques définitions :

Bactéries coliformes :

Bactéries lactose-positives pouvant former des colonies en aérobiose à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ sur un milieu de culture lactosé sélectif et différentiel avec production d'acide dans les (21 ± 3) h et qui sont oxydase-négatives.

Escherichia coli : ISO 9308-1: 2000 (Essai standard)

Bactéries coliformes et qui produisent également l'indole à partir du tryptophane dans les (21 ± 3) h à $(44 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

Escherichia coli : ISO 9308-1 : 2000 (Essai rapide)

Bactéries résistant à la bile et pouvant produire de l'indole à partir du tryptophane dans les (21 ± 3) h à $(44 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$.

Entérocoques intestinaux :

Bactéries capables de réduire le chlorure de triphényl le 2,3,5 tétrazolium (TTC) en formazine.

Micro-organismes revivifiables à $+ 22 ^\circ\text{C}$ et $+ 37 ^\circ\text{C}$:

Toute bactérie aérobie, levure et moisissure, capable de former des colonies dans un milieu de culture nutritif gélosé.

Micro-organismes anaérobies sulfito-réducteurs (Clostridia) :

Micro-organismes anaérobies formant des spores et sulfito-réducteurs, appartenant à la famille des Bacillacés et au genre Clostridium.

Paramètres	Méthodes
Escherichia coli	ISO 9308-1 Test standard : Filtration sur membrane Incubation à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(21 \pm 3) \text{ h}$; Gélose lactosé au TTc et à l'heptadécylsulfate de sodium Test « production indole » : incubation des colonies typiques dans un bouillon au tryptophane à $(44 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ pendant $(21 \pm 3) \text{ h}$. Test « oxydase » : incubation des colonies typiques sur une gélose tryptonée au soja-TSA $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(21 \pm 3) \text{ h}$. Comptage colonies (oxydase – et indole +) Test rapide : Filtration sur membrane Incubation à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant 4h à 5h ; gélose tryptonée au soja (TSA), puis à $(44 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ pendant 19h à 20h sur une gélose tryptonée contenant des sels biliaires. Test indole et irradiation sous une lampe UV à 254 nm pendant 10 à 30 min comptage des colonies typiques.
Entérocoques intestinaux	ISO 7899-2 Filtration sur membrane Incubation à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(44 \pm 4) \text{ h}$; milieu slantet et Bartley Incubation à $(44 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ pendant 2h ; milieu bile esculine azide Enumération des colonies typiques.
Coliformes	ISO 9308-1 Test standard : Filtration sur membrane Incubation à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(21 \pm 3) \text{ h}$; Gélose lactosé au TTc et à l'heptadécylsulfate de sodium Test « oxydase » : incubation des colonies typiques sur une gélose tryptonée au soja-TSA $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(21 \pm 2) \text{ h}$. Enumération des colonies typiques
Spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia)	ISO 6461-2 (1993) Recherche et dénombrement des spores de micro-organismes anaérobies sulfite-réducteurs (clostridia) Filtration sur membrane incubation à $(37 \pm 1) ^\circ\text{C}$ pendant $(20 \pm 4) \text{ h}$ et $(44 \pm 4) \text{ h}$, milieu sulfite-fer-gélose ou tryptose-sulfite-gélose Enumération des spores.
Micro-organismes revivifiables à $22 ^\circ\text{C}$ et $37 ^\circ\text{C}$	ISO 6222 (1999) Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture gélosé Incubation en aérobiose à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(44 \pm 4) \text{ h}$ et à $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant $(68 \pm 4) \text{ h}$ énumération des colonies.

Facteurs physico-chimiques

Paramètres	Méthodes
Odeur	Dilution, avec une eau sans goût
Saveur	Dilution, avec une eau sans saveur
Couleur réelle	Comparaison visuelle à des témoins de coloration
Turbidité	Néphélométrie
Température	Thermomètre à mercure ou alcool
Conductivité	Mesure électrométrique
Chlorures	

!! EMBED PBrush

|| EMBED PBrush ¶ ⊥ • • || EMBED PBrush ¶ ⊥ • ||

!! EMBED PBrush

!! EMBED PBrush ¶ ⊥ • • !! EMBED PBrush ¶ ⊥ • • !!

!! EMBED PBrush

!! EMBED PBrush ¶ ⊥ • • !!

!!

[illegible][illegible]

□ □

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

[illegible]

□ □ □ □ □ □ □ □ 십 數 晡

稭嗟・・・煥・殢^ㄸ・黻駟鵠^ㄸ・뵐𪗇𪗇・뵐동・鎔塤癰・篲

동·錄垺癘·笕訃李黏談

◎ 積・惻愍・潸潸¹・醜懼¹³⁶烈・¹ 崑涇芴飄琮・¹ 猛獸

飄琮・♀ 猛獁輔・・・簪_⚔

[illegible]

□ 發爛 · 裊岫뽐뽐뽐込畝

[illegible]

 12

□ □