

وزارة التعليم العالي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

26x

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie de l'Environnement

**PROJET DE FIN D'ETUDES**  
D'INGENIEUR D'ETAT

**SUJET**

Contribution au suivi de la  
qualité microbiologique  
des eaux d'alimentation  
de l'oued Abarar (Blida)

Proposé par :  
Service d'hygiène  
de Blida

Etudié par :  
N. ASSEGBEDE  
H. HOUNKPATIN

Dirigé par :  
Dr. F. BOUSSAID

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

## ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT.

# PROJET DE FIN D'ETUDES

### SUJET

CONTRIBUTION AU SUIVI DE  
LA QUALITE MICROBIOLOGI-  
QUE DES EAUX D'ALIMENTATI-  
ON DE L'OUED ABARAR (BLIDA)

Proposé par :

SERVICE D'HYGIENE  
DE BLIDA.

Etudié par :

N. ASSEGBEDE.  
H.B. HOUNKPATIN.

Dirigé par :

Dr. F. BOUSSAID.

PROMOTION : JUIN 90.

PROJET DE FIN D'ETUDES

\*\*\*\*\*  
\* CONTRIBUTION AU SUIVI DE \*  
\* \* \* \* \*  
\* LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES \*  
\* \* \* \* \*  
\* EAUX D'ALIMENTATION DE \*  
\* \* \* \* \*  
\* L'OUED ABARAR (BLIDA) \*  
\*\*\*\*\*

N. ASSEGBEDE

H. HOUNKPATIN

PROMOTION JUIN 1990

DEDICACES:

"Le Seigneur est ma forteresse et mon bouclier; mon coeur a compté sur lui et j'ai été secouru"

Psaume 28, 7

Je dédie ce travail à:

- La mémoire de mon père défunt,
- Ma mère, ma soeur et mon beau frère,
- Ma présente,
- Tous ceux qui me sont chers.

NICOLAS.

- Ma mère pour sa disponibilité,
- Mon père,
- Mes frères et soeurs,
- Tous mes chers ami(es).

HONORAT.

"Remercier Dieu en tout temps pour tout"

Ephésiens 5,20

## REMERCIEMENTS:

Nous présentons notre gratitude à:

- Notre promotrice madame F. BOUSSAID, Docteur d'Université de RENNES I pour sa chaleur humaine, sa disponibilité et ses conseils.

- Madame et monsieur MAMERI, Docteurs d'Université de RENNES I pour nous avoir aidés au moment opportun.

- Monsieur GUERMI, pharmacien biologiste, Responsable du laboratoire d'hygiène de la wilaya de BLIDA et ses collègues pour nous avoir encadrés.

- Tout le personnel du service communal d'hygiène en particulier YUCEF, Chauffeur pour avoir tout mis à notre disposition pour les campagnes.

- Tout le personnel du service commercial et de livraison des milieux de culture.

- Messieurs MAHFOUD et KECILI L. pour leurs judicieux conseils concernant les réactifs.

- Tous nos enseignants et aux intervenants Ing. R. DESJARDINS, professeur à l'Ecole Polytechnique de MONTREAL, Dr. PAUSS, professeur à l'Université Catholique de LOUVAIN,

- Tous nos enseignants pour la formation donnée,

- Ing. G. GIORDANO Responsable technique de la SITA. spa (ROMA) et ses amis pour leurs soutiens,

- Notre amie Nadia HADID, Secrétaire de profession, pour avoir contribué à mettre au point ce polycopié.

## SOMMAIRE

	page
<u>INTRODUCTION</u> -----	1
<u>A- PARTIE THEORIQUE:</u>	
1. GENERALITES SUR LA REGION D'ETUDE-----	3
2. LE RISQUE SANITAIRE LIE A L'EAU: - - - - -	9
2.1 LES MALADIES HYDRIQUES-----	10
2.2 LES NIVEAUX DE RISQUES-----	12
3. PROGRAMMES D'ECHANTILLONNAGE: - - - - -	13
3.1 PRECAUTIONS A PRENDRE POUR L'ECHANTILLONNAGE-----	14
3.2 L'ETABLISSEMENT DES PROGRAMMES D'ECHANTILLONNAGE-----	14
3.2.1 LES CHOIX DES SITES DE PRELEVEMENT---	14
3.2.2 LE MOMENT ET LA FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE-----	15
4. L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE - - - - -	16
4.1 BUT ET PRINCIPE DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE-----	17
4.2 LES CRITERES D'UN BON INDICE DE CONTAMINATION FECALE-----	17
4.3 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES	17
4.4 TECHNIQUES D'ANALYSE-----	18
4.5 PRECISION ET SENSIBILITE DES METHODES-----	18

5. TRAITEMENT -----	20
5.1 GENERALITES-----	21
5.2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES DESINFECTIONS-----	21
5.3 ASPECTS CHIMIQUES DE LA CHLORATION -----	22
5.4 TRAITEMENT APPROPRIE A L'OUED ABARAR-----	24
CONCLUSION DE LA PARTIE THEORIQUE.-----	26
 <b>B/ <u>PARTIE EXPERIMENTALE:</u></b>	
INTRODUCTION-----	28
1 - RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE LA SOURCE DE BOURREBOU-----	30
2 -RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE LA SOURCE DE YAMA IMRA-----	34
3 -RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE L'OUED ABARAR-----	38
4 -RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE L'OUED DJELALTA-----	42
5 -RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DU CAPTAGE DE LA CITE BEN-ACHOUR.	46
6 -RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DU ROBINET DU BATIMENT N° 110 DE LA CITE BEN-ACHOUR--	50
CONCLUSION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE-----	54
 <b>C/ <u>AMELIORATION DU TRAITEMENT:</u></b>	
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS-----	58
BIBLIOGRAPHIE-----	61
ANNEXES-----	63

<u>LISTE DES TABLEAUX:</u>	PAGE
TABLEAU 1: Maladies hydriques les plus fréquentes-----	11
TABLEAU 2: Variation de la constante de dissociation de l'acide hypochloreux avec la température -----	23
TABLEAU 3: Coefficient de mortalité des différents désinfectants vis à vis des différents microorganismes-----	24
TABLEAU 4: Pourcentage de dissociation de l'acide hypochloreux en fonction du pH et de la température de l'eau -----	25
TABLEAU 5: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques de la source de BOURREBOU-----	32
TABLEAU 6: Résultats des analyses bactériologiques de la source de BOURREBOU-----	33
TABLEAU 7: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques de la source de YAMA IMRA-----	36
TABLEAU 8: Résultats des analyses bactériologiques de la source de YAMA IMRA-----	37
TABLEAU 9: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques de la source de ABARAR-----	40
TABLEAU 10: Résultats des analyses bactériologiques de l'oued ABARAR-----	41
TABLEAU 11: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques de l'oued DJELALTA -----	44

TABLEAU 12: Résultats des analyses bactériologiques de l'oued DJELALTA -----	45
TABLEAU 13: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques du captage de BEN-ACHOUR-----	48
TABLEAU 14: Résultats des analyses bactériologiques du captage de la cité BEN-ACHOUR-----	49
TABLEAU 15: Résultats des analyses physico-chimiques et chimiques du robinet du bâtiment n° 110 de la cité BEN -ACHOUR-----	52
TABLEAU 16: Résultats des analyses bactériologiques du robinet du bâtiment n° 110 de la cité BEN -ACHOUR-----	53
TABLEAU 17: Variation et moyenne des paramètres physico-chimiques et chimiques en fonction des points de prélèvements et des normes-----	56
TABLEAU 18: Variation du nombre de germes en fonction des points de prélèvements et des normes-----	57
TABLEAU 19: Efficacité du traitement-----	58
TABLEAU 20: Table du NPP-----	70
TABLEAU 21: Interprétation des résultats d'analyses bactériologiques-----	71
TABLEAU 22: Critères des germes témoins de contamination fécale-----	72

INTRODUCTION

## "L'eau est le problème de tous"

L'organisation mondiale de la santé (O. M. S) estime que 80% des maladies qui affectent la population mondiale sont liées à l'eau.

En effet, suite aux épidémies de :

- typhoïde en novembre 1974,
- choléra en septembre 1980,
- choléra en octobre 1987.

qui ont fait beaucoup de victimes dans la wilaya de BLIDA, la commune de BLIDA a sollicité le département de Génie de l'Environnement de l'École Nationale Polytechnique à porter, une étude sur la qualité microbiologique des eaux des oueds en général et l'oued ABARAR en particulier qui alimente une partie de la ville et ainsi garantir la santé de ses 15000 habitants.

Notre présent travail porte en un premier temps sur une analyse complète de l'eau qui comporte l'étude :

- des caractères organoleptiques,
- des caractères chimiques, et physico-chimiques
- des caractères microbiologiques

qui permettront d'apprécier la qualité de l'eau et en un deuxième temps sur la manière d'améliorer le traitement de l'eau.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE 1

GENERALITES SUR LA REGION D'ETUDE

Le secteur d'étude (OUED ABARAR) est localisé sur le flanc nord massif montagneux de chréa , distant d'une dizaine de kilomètres de la ville de BILDA (c<sub>1</sub> , carte 1).

### 1.1 CLIMAT ET VEGETATION:

La région de chréa est caractérisée par un climat méditerranéen:

L'hiver est très froid et humide caractérisé par des chutes de neiges; l'été est chaud et sec .

Le mois de Décembre étant le plus pluvieux , le mois de Juillet le plus chaud.

La pluviosité annuelle est très importante dans cette région , avec des précipitations atteignant 2000 mm/an (c<sub>1</sub> , carte 2).

La végétation y est très dense et on y trouve des cèdres , des pins, des chênaies et des arbres fruitiers; en plus de cette grande variété d'arbres, le sol est recouvert de broussaille.

### 1.2 GEOMORPHOLOGIE-HYDROGRAPHIE:

Le massif de chréa culminé à une altitude de 1550 m , le piedmont se trouve à 300 m.

Le terrain est très accidenté et nous remarquons qu'au niveau des oueds, l'érosion est très importante.

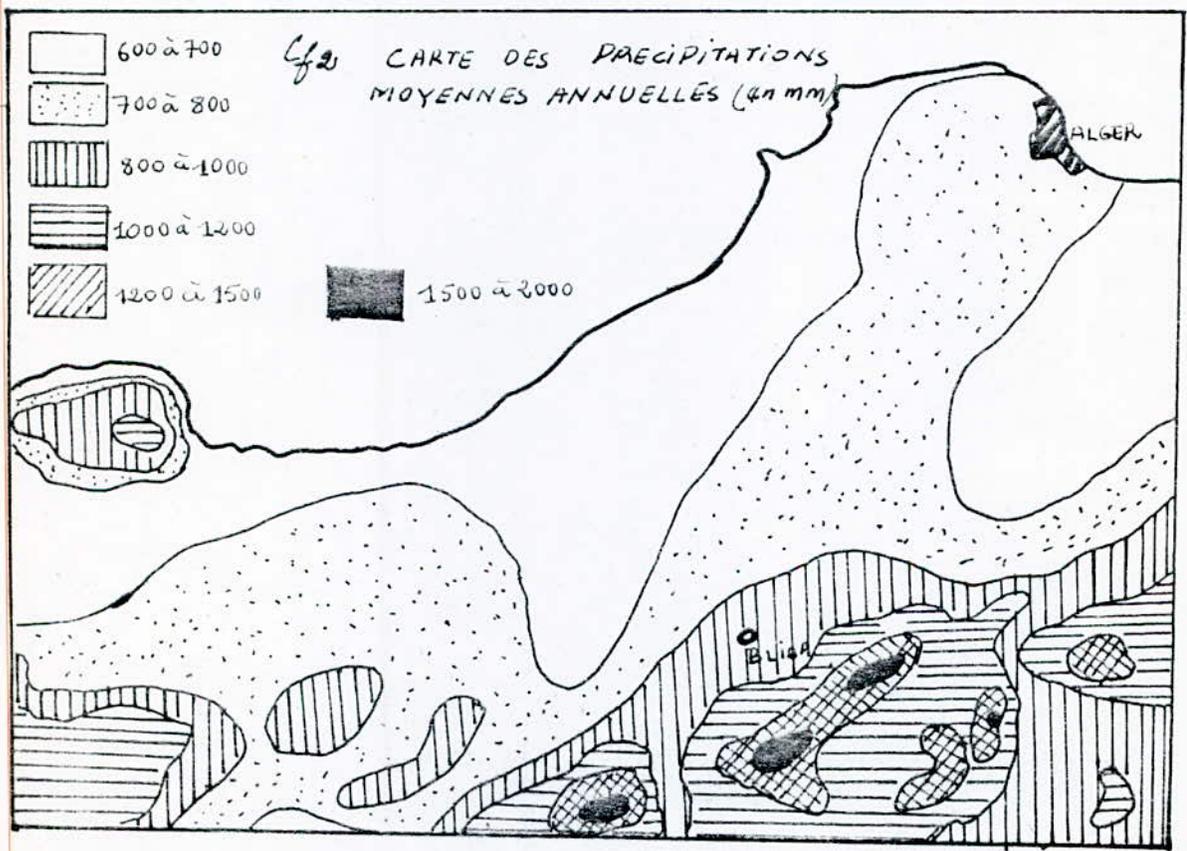
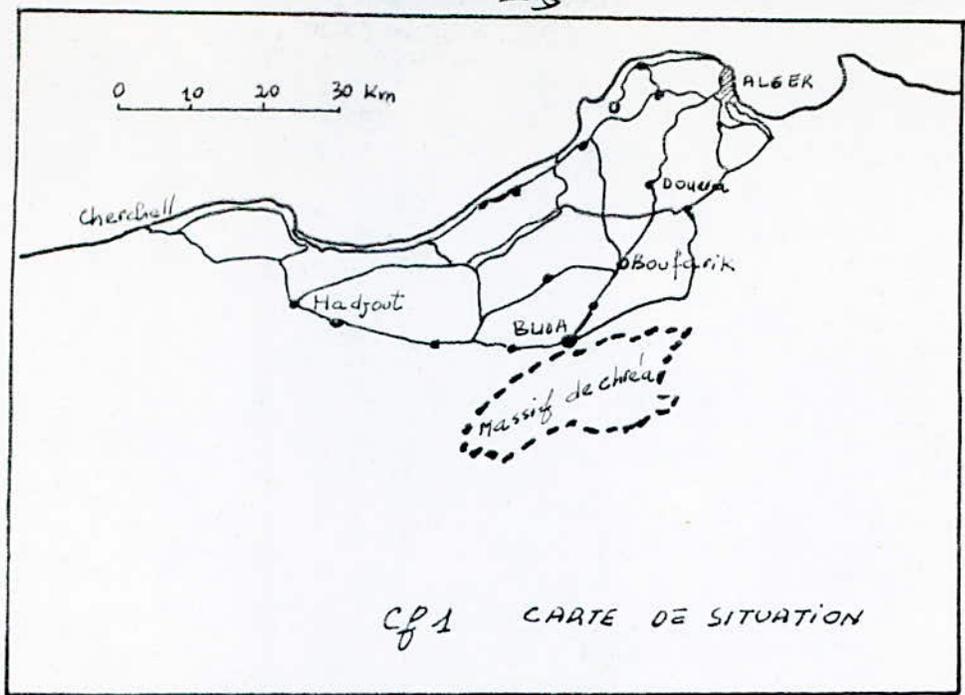
Le réseau hydrographique est représenté par un chevelu assez dense avec des oueds à écoulement pérenne (c<sub>1</sub> , carte 3).

L'oued ABARAR prend naissance au lieu appelé "BOURREBOU", sa longueur est de 7 km environ , et converge vers l'oued BENI-AZZA au niveau de SIDI EL ACHOUR.

### 1.3 APERÇU GEOLOGIQUE:

Le secteur de l'oued ABARAR est formé essentiellement de terrains d'âge mésozoïque (jurassique et crétacé) , et une couverture quaternaire d'épaisseur très faible.

Les terrains jurassiques sont représentés par des calcaires et des dolomies très durs et fissurés , on les observe à l'ouest des glaciers ou nous avons deux sources à débit moyen supérieur à 10 l/s. Les formations jurassiques sont surmontées par des terrains très schistosés et très altérés, ce



(Extrait du document 1)

sont les calcaires schisteux du crétacé intérieur. Ces formations se présentent sous la forme d'un vaste synclinorium (c<sub>1</sub>, carte 4).

#### 1. 4 NOTE SUR L'HYDROGEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE:

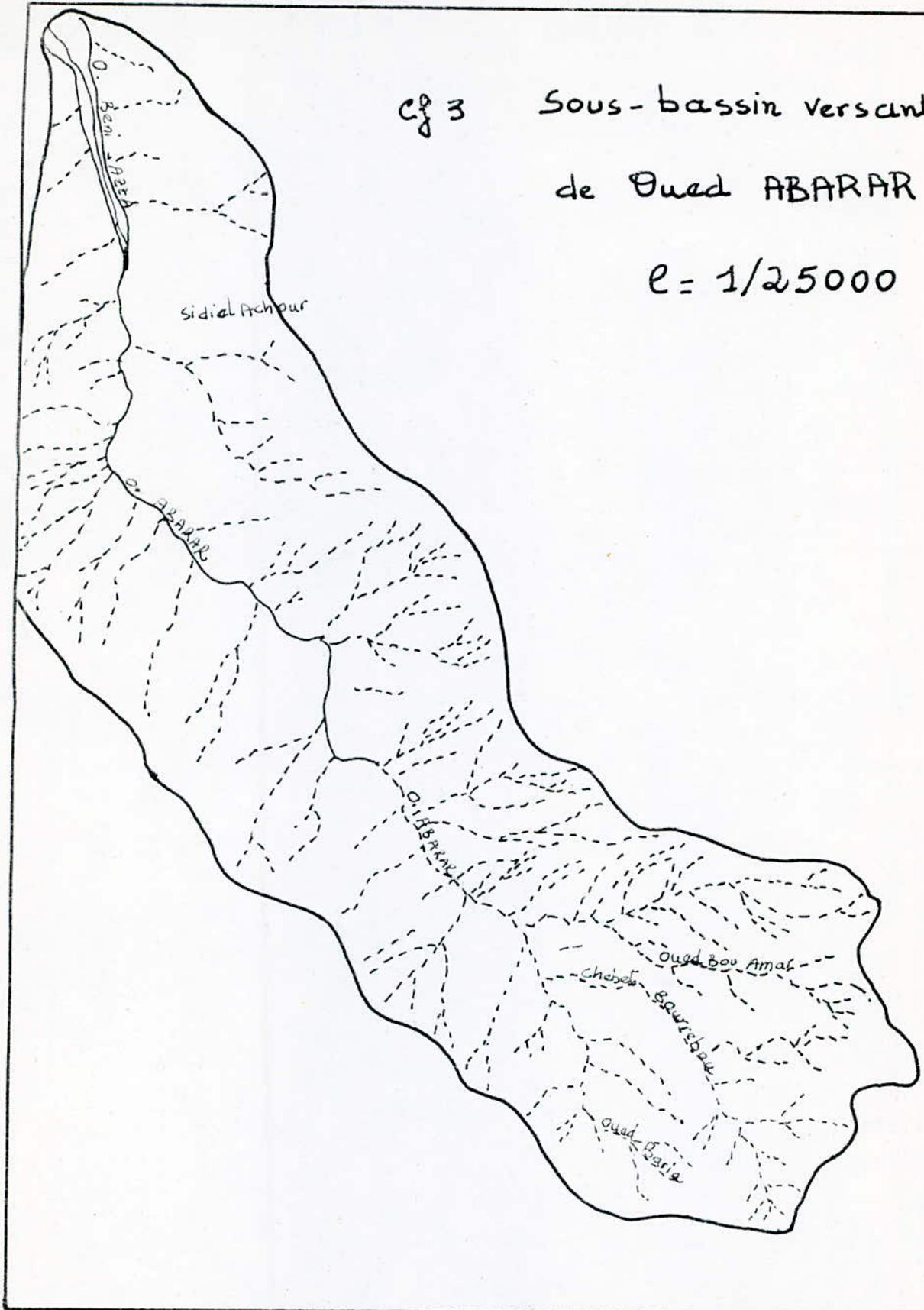
Les formations essentiellement schisteuses et très altérées permettent l'infiltration des eaux de précipitations qui sourdent plus loin en un grand nombre de sources. Le débit de ces sources est relativement important de 5 à 15 l/s; Ces différentes sources avec les précipitations jouent un rôle primordial dans l'alimentation de l'oued ABARAR.

La formation d'une nappe aquifère dans une telle région est à exclure car la disposition des formations géologiques et leur nature ne le permettent pas. Néanmoins, nous pouvons supposer qu'il existe des poches aquifères dans le massif qui permettent ainsi d'alimenter l'oued ABARAR. (1)

cf 3

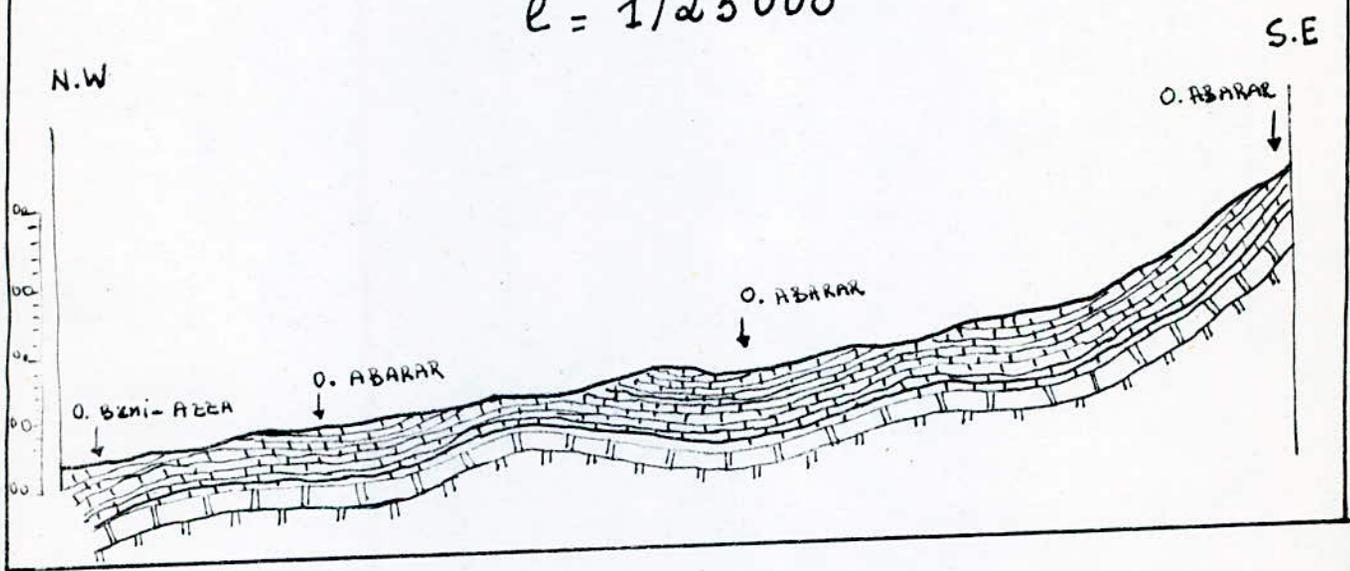
Sous-bassin versant  
de Oued ABARAR

e = 1/25000



(Extrait du document 1)

Oued ABARAR cf. 4  
e = 1/25000



■ Quaternaire (Alluvions)      [Brick Pattern] Schistes Calcaires du crétacé'      [Horizontal Line Pattern] Jurassique (Calcaire)

(Extrait du document 1)

CHAPITRE 2

LE RISQUE SANITAIRE LIE A L'EAU

Une eau pure de montagne ou d'une région à l'abri des diverses pollutions causées par l'homme, véhicule un grand nombre de microorganismes dont certains peuvent être vecteurs de maladies. La contamination provient alors d'exoréments d'oiseaux, d'animaux ou d'insectes.

Cette pollution microbienne s'est accrue par suite du rejet des eaux usées par une population urbaine concentrée.

Heureusement, le développement des techniques d'assainissement et de traitement des eaux avant leur utilisation a permis de supprimer les épidémies dévastatrices qui ont jalonné notre histoire.

Cependant, des risques subsistent encore comme la fièvre typhoïde, l'hépatite A, la poliomyélite et autres maladies pour lesquelles la vaccination n'existe pas. (4)

## 2.1 LES MALADIES HYDRIQUES:

Les maladies d'origine microbiologique sont les plus graves et constituent un risque à court terme.

D'autres maladies sont liées à la carence ou à la surcharge en éléments ou l'accumulation de micropolluants et constituent un risque à moyen terme.

RAPINAT M. rapporte que les maladies hydriques les plus rencontrées sous nos climats ont pour agent causal des bactéries, des virus ou des protozoaires (tableau 1). (15)

Les maladies en relation avec des parasites comme les vers sont les plus courantes dans le tiers-monde.

Pour ces dernières, la contamination n'est pas directe; elle nécessite un vecteur de transmission (hôte-animal abritant les organismes pathogènes ou sol).

D'après l'importance de la contamination nécessaire pour déclencher des troubles chez le consommateur (notion de "dose infectante") on peut distinguer :

Les microorganismes responsables de nuisance même en très faible quantité. Sont dans ce cas les bactéries du groupe des salmonelles, agent des fièvres typhoïdes, certaines Shigella, les vibrions, agent du choléra, et certains entérovirus: classiquement celui de la poliomyélite, et surtout actuellement celui de l'hépatite infectieuse;

Tableau 1. MALADIES HYDRIQUES LES PLUS FREQUENTES(19)

*****	
* AGENTS RESPONSABLES	* MALADIE OU SYMPTOME *
*****	
! <u>Bactéries:</u>	* !
! Vibrio cholerae	! Choléra !
! Bacille d' Elberth	! Typhoïde !
! Salmonella paratyphi	! Paratyphoïde !
! Autres salmonelles	! Gastro-entérite !
! Bacille de Shiga...	! Dysenterie bacillaire !
! Leptospiroses	! Fièvre, Jaunisse !
! Colibacilles	! Colibaciloses !
!	! !
! <u>Protozoaires:</u>	! !
! Amibes	! Dysenterie amibienne !
!	! complication hépatite !
! Flagelles ou ciliés	! Diarrhée, lamblase !
! Botantidium coli	! Diarrhée !
!	! !
! <u>Virus :</u>	! !
! De la polio	! Poliomyélite !
! De l'hépatite A	! Hépatite épidémique !
! Echo	! Fièvre, diarrhée !
! Virus cocksackie	! Vomissement !
! Rota virus	! Gastro-entérite chez l'enfant !
*****	

(extrait du document 14)

-Les microorganismes ne provoquant des nuisances que lorsqu'ils sont en concentration élevée dans les aliments, ce sont les agents des intoxications alimentaires classiques, syndromes aigus survenant au plus tard dans les tous premiers jours succédant au repas infectant.

Les bactéries les plus souvent en cause sont les Salmonelles, les Clostridium perfringens et Escherichia coli, mais aussi les Yersinia, Campylobacter. . .

Ces deux premières catégories renferment tous les germes dits "pathogènes" mais il semble qu'à des doses encore supérieures tous les germes sont susceptibles de provoquer des troubles, en général légers et de courte durée (cas des Bacillus).

Les risques liés aux eaux alimentaires (eaux de boisson ou matériel de fabrication) restent les plus immédiats et les plus aigus.

## 2.2 LES NIVEAUX DE RISQUES

Le risque de contamination microbiologique se situe à trois niveaux :

-à l'approvisionnement au niveau des ressources naturelles (eaux superficielles, eaux souterraines) où l'eau brute contient des germes susceptibles d'être dangereux pour la santé humaine;

- à la préparation au niveau de l'exploitation où la mauvaise qualité des opérations nécessaires pour mettre l'eau à la disposition du public est aussi source de pollution par des microorganismes;

-au lieu d'utilisation au niveau de la mise à disposition du public (taux de désinfectant insuffisant, faille dans l'étanchéité d'une canalisation, présence d'éléments nutritifs favorables à la multiplication des germes etc. . .).

En somme, les difficultés d'approvisionnement, comme d'assainissement et de traitement, les quelques manquements à l'hygiène de la population elle-même, sont à l'origine d'un danger sanitaire qu'il convient de contrôler à tous les niveaux (analyses, entretien. . .).

CHAPITRE 3

PROGRAMES D'ECHANTILLONNAGE

### 3. 1 PRECAUTIONS A PRENDRE POUR L'ECHANTILLONNAGE

L'échantillon doit être représentatif du milieu étudié. Les conditions et le mode de prélèvement d'un échantillon sont prédominants pour assurer son intégrité.

Tout examen bactériologique ne peut être valablement interprété que s'il est effectué sur un échantillon:

-correctement prélevé dans un récipient adapté, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination accidentelle (flacons en verre borosilicaté à bouchage émeri ou quelquefois en matière plastique résistante aux hautes températures de stérilisation :

\* soit par chaleur humide dans un autoclave (120°C) durant 15 à 20 mn.

\* soit par chaleur sèche dans un four pasteur (170°C) durant 1 à 2 heures. (9)

-correctement transporté au laboratoire (dans des glacières dont la température doit être de 4°C à l'abri de la lumière équipées de pochettes de glace).

-analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (maximum 8 heures).

De même, toute opération menée en vue de préparer l'échantillon à l'analyse (pendant et après l'échantillonnage ; exécution des dilutions décimales ou concentration de l'échantillon) exige des conditions précises pour éviter de modifier sa qualité.

Enfin, toutes ces précautions sont inutiles si, au préalable, un programme d'échantillonnage n'a pas été correctement établi.

### 3. 2 L'ETABLISSEMENT DES PROGRAMES D'ECHANTILLONNAGE

(9)

Tout programme d'échantillonnage est mis en place en fonction des objectifs à atteindre. Trois objectifs principaux peuvent être distingués:

-contrôle de la qualité, à usage interne, en vue de décider des processus de correction nécessaires à court terme (usines de traitements);

-caractérisation de la qualité comme élément d'un programme de recherche, pour un contrôle ou la mise en évidence de variations de qualité à long terme (rivières, lacs);

-identification des sources de pollution (suivi d'un type de polluant).

#### 3. 2. 1 LES CHOIX DES SITES DE PRELEVEMENT

Les rivières et les cours d'eaux:

s'il existe un courant ou une stratification importante, une série d'échantillons doit être prélevée transversalement et en profondeur (30 à 50 cm). Privilégier les sites où il y a un usage important de l'eau :

confluences, rejets ou prélèvements. . . et où on peut relever le débit.

-Les réservoirs de stockage et les lacs:

choisir les points de vidange. La stratification thermique impose souvent des relevés en profondeur.

-Les eaux souterraines:

prélever un point de captage ou de pompage,

pratiquer des forages distincts pour chaque profondeur ou, à partir d'un même forage, noter cette profondeur à partir du niveau du sol.

### 3. 2. 2 LE MOMENT ET LA FREQUENCE D'ECHANTILLONNAGE

Des normes réglementaires fournissent quelques informations à ce sujet, mais conduisent souvent à des fréquences d'échantillonnage insuffisantes. Cette fréquence dépend bien sûr du type de programme réalisé:

-pour un programme de contrôle de la qualité, elle est choisie de façon à ce qu'il y ait, entre des mesures successives, plus que de fortes chances d'écarts importants des valeurs mesurées par rapport aux limites fixées.

Elle dépend donc de la durée des écarts et de probabilité d'apparition de ces écarts;

-pour un programme de caractérisation de la qualité, elle dépend des variations du paramètre mesuré au cours de la période de mesure. La moyenne et la médiane indiquent la tendance générale des mesures, l'écart-type indique la dispersion;

-pour un programme de recherche des causes d'une pollution, elle doit être plus élevée que la fréquence d'apparition de cette pollution (établissement des diagrammes de fréquences).

Le moment et la fréquence d'échantillonnage sont généralement fixés après un travail préliminaire dans lequel une grande fréquence d'échantillonnage est nécessaire à l'obtention d'informations pouvant être traitées par des méthodes statistiques (estimations des paramètres réels par des paramètres statistiques comme la moyenne, le maximum, l'écart-type. . .).

Les différences entre ces estimations et les valeurs réelles diminuent avec l'augmentation du nombre d'échantillonnage.

CHAPITRE 4

L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU

#### 4.1 BUT ET PRINCIPE DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui limitent son aptitude à certains types d'utilisation, notamment d'ordre hygiénique: baignades et eau de consommation. Elles sont donc susceptibles de permettre le contrôle des traitements appliqués à l'eau pour ces utilisations.

Le principe général de recherche des bactéries est le suivant:

- culture directe (avec ou sans dilution) ou indirecte (filtration sur membrane) sur milieu approprié (milieux présomptifs ou sélectifs);
- comptage des colonies obtenues;
- éventuellement, confirmation pour des tests biochimiques et /ou sérologiques;

Sur le plan de la méthodologie de recherche, on dispose de nombreux procédés d'identification et d'isolement.

A cause de leur rôle déterminant pour l'évaluation de la qualité hygiénique d'une eau, les bactéries pathogènes peuvent faire l'objet d'analyses. Cependant lorsqu'elles sont présentes, leur nombre est souvent restreint et leur mise en évidence difficile et onéreuse.

Leur origine étant (pour la plupart) l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud, l'hygiéniste s'attache plutôt à rechercher des "indicateurs bactériens" d'origine digestive révélateurs de leur présence appelés "Germe témoins de contamination fécale". (16)

#### 4.2 LES CRITERES D'UN BON INDICE DE CONTAMINATION FECALE

Pour apprécier la valeur de ces témoins dans l'estimation de la qualité bactériologique d'une eau, il faut faire intervenir pour chacun d'eux trois facteurs:

-La sensibilité:

Elle sera d'autant plus grande que le germe considéré est plus abondant dans les fèces ou dans les eaux résiduaires.

-La résistance:

Elle explique la survie plus ou moins longue du germe témoin dans les milieux extérieurs.

La spécificité

Elle indique l'origine strictement fécale du témoin de contamination.

(2)

#### 4.3 RECHERCHE ET DENOMBREMENT DES GERMES

La prise en considération de ces facteurs conduit à faire les recherches suivantes:

-Le dénombrement total des germes : Ce sont les germes aérobies mésophiles.

-Le dénombrement des coliformes : <<Ce sont des bacilles GRAM négatif, non sporulés, oxydase négative, aérobie ou aéro-facultative capables de se multiplier en présence de sel biliaire ou d'autres agents de surfaces ayant des propriétés équivalentes et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48<sup>h</sup> à une température de 35 à 37°C>> définition ISO.

La classification "sanitaire" de ces coliformes telle qu'elle est habituellement comprise sur la base des tests IMVC :

- . Escherichia coli
- . Klebsiella ( pneumoniae , oxytoca)
- . Enterobacter ( cloacae , aerogenes)
- . Citrobacter (freundii , diversus, amalonaticus). (2)

-La numération des streptocoques fécaux :Ce sont les Streptococci classés dans le groupe sérologique D de Lancelfield : Streptococcus faecalis, S. faecium, S. durans, S. bovis, S. equinus. Ils sont caractérisés par leur aptitude à cultiver dans des conditions hostiles de croissance. (11)

Ils sont un complément de la colimétrie pour dépister les contaminations fécales des eaux destinées à des utilisations nouvelles ou s'avérant de qualité suspecte au cours des contrôles répétés. (2)

-La numération des Clostridium sulfite-réducteurs: bactéries anaérobies strictes, formant des spores de grande résistance sulfato-réductrices. (6)

-Les bactériologiques fécaux usuels sont ceux :

\* pour lesquels on utilise comme germes révélateurs une souche d'E. coli et/ou de Shigella (germe très sensible mais tout à fait exceptionnellement présent dans l'eau),

\* qui sont spécifiques de bactéries pathogènes comme salmonella. (7)

-Les bactéries pathogènes comme Salmonella et les vibrions cholériques sont recherchés en cas d'épidémie. (15)

#### 4. 4 TECHNIQUES D'ANALYSES

Les techniques d'analyses bactériologiques sont décrites dans les annexes. (13)

#### 4. 5 PRECISION ET SENSIBILITE DES METHODES:

Du fait que les eaux de l'oued ABARAR sont limpides et peu minéralisées, nous avons utilisé la méthode des milieux liquides. (8)

Les hypothèses de base pour les comptages bactériens sont :

- aucune variabilité opératoire,
- variabilité biologique nulle ou négligeable ,

-distribution au hasard des germes dans la suspension conduisant à une loi de Poisson pour le nombre de particules présentes dans le volume qui sert à ensemençer les tubes.

Les tables statistiques indiquent un nombre le plus probable (voir annexe) et des valeurs supérieures et inférieures correspondant à un intervalle de confiance à 95%. L'erreur relative du NPP est inversement proportionnelle à la racine carrée du nombre de tubes ensemençés.

Quant à celle des méthodes de comptages de colonies sur milieu solide, elle est inversement proportionnelle à la racine carrée du nombre total de colonies comptées.

La méthode du NPP a une sensibilité excellente puisque dans un système de 5 tubes on peut déceler 5 germes /100 ml.

La méthode d'incorporation à la gélose a un seuil de détection pour une boîte de pétri de 50 à 100 germes /100 ml. (2)

CHAPITRE 5

TRAITEMENT

Le traitement à effectuer a pour but de rendre l'eau bactériologiquement pure compte tenu de sa faible teneur en substances solides en suspension et de ses caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques. (voir résultats expérimentaux)

### 5. 1 GENERALITES (5)

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

On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont le chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce à des moyens physiques: ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma.

### 5. 2 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES DIFFERENTES DESINFECTIIONS (3,5)

Le chlore est le désinfectant le plus souvent utilisé dans le monde (80 %), car il présente beaucoup d'avantages.

Même en concentrations qu'on pourrait considérer comme intimes, le chlore libre supprime en quelques minutes les bactéries coliformes et les autres bactéries d'origine entérique.

La vitesse de désinfection est fonction de la température et de la concentration du désinfectant; elle est accrue aussi par une forte agitation de l'eau. Tout indique que l'action germicide du chlore sur les salmonelles et autres bacilles pathogènes d'origine intestinale est au moins aussi rapide que sur les bactéries coliformes ; de là la valeur du test des coliformes pour le contrôle de la désinfection.

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

Par ailleurs, Le chlore n'est pas suffisamment puissant pour éliminer complètement certains microorganismes très résistants comme les virus.

Afin de pallier ces carences, on utilise le dioxyde de chlore ou l'ozone. Ces désinfectants, beaucoup plus puissants que le chlore ont toutefois l'inconvénient d'être instables (par exemple l'ozone réagissant très vite dans l'eau, on ne peut maintenir une concentration résiduelle pendant une

longue période de temps); c'est pourquoi on doit les produire à l'usine de traitement des eaux.

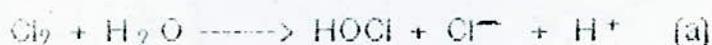
On utilise beaucoup moins les autres désinfectants ou procédés de désinfection comme le brome, l'iode, le permanganate de potassium, l'ébullition, les ultrasons, les ultraviolets et les rayons gamma. Ainsi on utilise l'iode et le brome pour désinfecter les eaux de piscine et on recourt peu au permanganate de potassium pour les eaux potables, car il donne à l'eau une coloration rosée.

On a principalement recours à la désinfection par ébullition dans l'industrie alimentaire mais c'est un procédé trop coûteux pour qu'on l'utilise dans une usine de traitement des eaux et on réserve les ultrasons, les ultraviolets, et les rayons gamma à la désinfection de petites quantités d'eau, puisque l'eau et les particules en suspension absorbent ces rayons, ce qui peut en réduire l'efficacité.

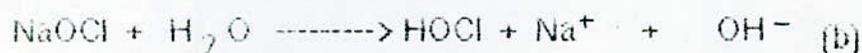
### 5.3 ASPECTS CHIMIQUES DE LA CHLORATION

Le chlore gazeux et les hypochlorites réagissent rapidement dans l'eau pour former de l'acide hypochloreux, HOCl, qui est le produit actif dans la désinfection.

Réaction du chlore gazeux:



Réaction de l'hypochlorite de sodium:



Réaction de l'hypochlorite de calcium:



Les équations (a), (b) et (c) montrent que la différence principale entre les hypochlorites et le chlore gazeux réside dans les produits secondaires. En effet, l'addition de chlore gazeux libère des ions hydrogènes  $\text{H}^+$ , ce qui abaisse le pH de l'eau alors que l'addition d'hypochlorites libère des ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ , ce qui augmente le pH de l'eau.

L'acide hypochloreux, HOCl, est un acide faible qui réagit de la façon suivante:



On le constate, cette réaction est fonction du pH de l'eau.

Ainsi un pH élevé favorise la libération d'ions hypochlorites, OCl<sup>-</sup>.

Par ailleurs, lorsque la concentration de chlore libre est de quelques mg/l et que le pH se situe entre 5 et 9, la réaction (d) est incomplète, dans ces conditions en effet, il y a coexistence de HOCl et de OCl<sup>-</sup>. On peut calculer la proportion de chacun de ces constituants de la façon suivante:

$$K_1 = \frac{\text{H}^+ \cdot \text{OCl}^-}{\text{HOCl}}$$

Soit  $\frac{K_1}{\text{H}^+} = \frac{\text{OCl}^-}{\text{HOCl}} \text{ (d)}$

La valeur de la constante d'équilibre K<sub>1</sub> varie en fonction de la température conformément au tableau suivant :

```

*****
* Température * K1 (mole /l) x 10d *
*****
* 0 * 1.5 *
* 5 * 1.8 *
* 10 * 2.0 *
* 15 * 2.3 *
* 20 * 2.6 *
* 25 * 2.9 *
*****

```

Tableau 2. Variation de la constante de HOCl en fonction de la température:

La distribution du HOCl et des OCl<sup>-</sup> varie considérablement avec le pH. Plus le pH est élevé, plus la proportion des OCl<sup>-</sup> est élevée. Il est important de tenir compte de ce phénomène car l'acide hypochloreux est un désinfectant beaucoup plus efficace que les ions hypochlorites. En effet, en comparant les efficacités des divers désinfectants, on peut mesurer un coefficient dit de mortalité de différents microorganismes imputable à chacun des désinfectants. Ainsi

$$\lambda = \frac{4.6}{C_T \cdot t_{99}}$$

où C<sub>T</sub> = Concentration résiduelle de désinfectant (mg/l)

t<sub>99</sub> = Temps de contact nécessaire pour éliminer 99% des microorganismes.

Dans le tableau suivant nous pouvons constater que le coefficient de mortalité pour HClO est d'environ 100 fois celui imputable aux ions hypochlorites ClO<sup>-</sup>.

*****			
* Désinfectant	* Bactéries	* Virus	* Spores *
*****			
* Ozone O <sub>3</sub>	* 500	* 5	* 2 *
* Acide hypochloreux HOCl	* 20	* 1.0	* 0.05 *
* Ions hypochlorites OCl <sup>-</sup>	* 0.2	* < 0.02	* < 0.0005 *
* Monochloramines NH <sub>2</sub> Cl	* 0.1	* 0.005	* 0.001 *
*****			

Tableau 3. Coefficient de mortalité des différents désinfectants vis à vis des différents microorganismes.

#### 5. 4 TRAITEMENT APPROPRIÉ AUX EAUX DE L'OUED ABARAR

(5)

La méthode au test chlore permet de déterminer la demande en chlore pour la dose de l'eau de Javel à appliquer.

L'hypochlorite de sodium, sous forme d'eau de Javel, à un taux de concentration en chlore actif élevé (48% environ) qui sert à préparer la solution javellisante, est plus coûteux que le chlore élémentaire.

Cependant l'hypochlorite de sodium est utilisé pour les eaux de l'oued ABARAR, car pour une population de 15000 habitants qu'elles alimentent, l'installation est de petite envergure.

Les eaux sont captées et acheminées dans une conduite en acier de 120 mm de diamètre. La désinfection se fait dans une chambre équipée d'un javellisateur de fortune (type jerrican) avec une tubulure de perfusion.

Le principe est que l'eau de Javel est déversé goutte à goutte dans un réservoir.

L'usage du NaOCl ne présente pas les dangers que soulève l'emploi du chlore gazeux et a l'avantage de construction simple et de coût très réduit.

Le tableau suivant 4 donne le pourcentage de dissociation de l'acide hypochloreux, l'élément le plus actif de la désinfection, pour les pH de l'eau de l'oued ABARAR mesuré. Les deux températures 20° C et 25° C ont été choisies volontairement car la température de l'eau, avec le temps, restera dans cette gamme.

```

*****
* T = 20°C                ** T = 25°C                *
* K1 = 2.6 x 10-8 mole/l    ** K2 = 2.9 x 10-8 mole/l *
*****
* pH      * 7      * 7.5  ** pH      * 7      * 7.5  *
* % HOCL * 79.36 * 54.88 ** HOCL * 77.52 * 52.16 *
*****

```

Tableau 4. Pourcentage de l'acide hypochloreux en fonction du pH et de la température de l'eau:

Ce calcul est fait à partir de la formule (d) permet de prévoir l'efficacité du traitement.

CONCLUSION DE LA PARTIE THEORIQUE

De cette bibliographie , il ressort d'une part qu'une eau de surface ne peut pas être livrée à la consommation humaine sans traitement. Le grand nombre de microorganismes qu'elle véhicule est la cause des maladies hydriques et le danger sanitaire s'observe à tous les niveaux , du captage jusqu'au robinet du consommateur. D'autre part, l'importance de l'échantillonnage dans la représentativité des résultats analytiques nous a conduit à établir des programmes qui permettent les choix corrects des sites de prélèvement que nous respecterons dans la démarche expérimentale.

B / PARTIE EXPERIMENTALE

## I N T R O D U C T I O N

Dans notre démarche expérimentale , nous avons prélevé 11 échantillons à intervalles de deux jours pratiquement du 16/04/90 au 28/05/90 en 6 différents points du site de prélèvement à savoir :

- Source de BOURREBOU,
- Source de YAMA IMRA,
- Oued ABARAR,
- Oued DJELALTA ,
- Captage des eaux à la cité BEN-ACHOUR,
- Robinet du bâtiment n° 110 de la cité BEN -ACHOUR.

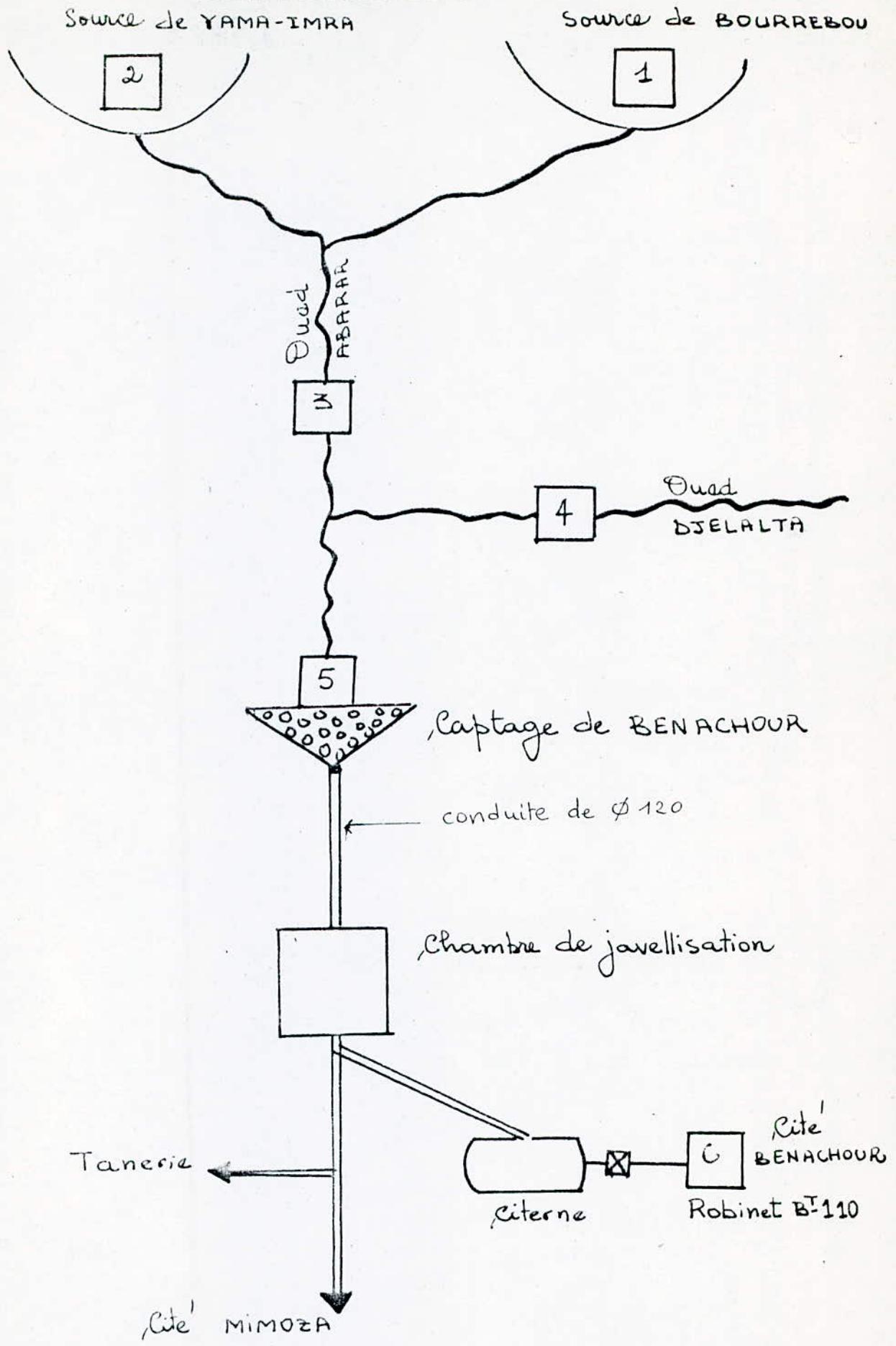
représentés sur le schéma suivant.

L'oued ABARAR que nous avons étudié est alimenté par les deux sources et l'oued DJELALTA.

Conformément à nos programmes d'échantillonnages , nous pourrions identifier ainsi les origines de pollution.

Ces eaux étant claires , limpides , sans odeur et de goût agréable, nous avons recherché leurs caractères physico-chimiques , chimiques et bactériologiques que nous interprétons.

-29-  
SCHEMA DU SITE



CHAPITRE 1

RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES

RESULTATS DE LA SOURCE DE BOURREBOU

La source de BOURREBOU située à l'entrée de chréa se trouve sous le lieu appelé "les glaciers" où sont construites des bâtiments de colonies de vacances.

Les éventuels déversements d'eaux usées dans cette source nous ont conduit à la choisir comme premier point de prélèvement.

Les résultats analytiques obtenus sont consignés dans les tableaux 5 et 6 suivants.

Nous remarquons que la température de l'eau décroît de 8°C à -5°C et revient à 8°C durant les trois premières campagnes des 16, 22 et 28/04/90.

Ce qui semble se répercuter sur les résultats des bactéries tests qui ont une variation analogue. Les basses températures du 22/04/90 correspondent aux faibles concentrations de germes en particulier E.coli où on n'en dénombre qu'un seul dans 100ml et Clostridium sulfito-réducteur qui est absent.

Ceci peut être expliqué par le fait que E.coli est mésophile et que Clostridium est thermophile. Au dessous de l'intervalle efficace pour la croissance bactérienne, les basses températures constituent un inhibiteur pour la majorité des bactéries et de ce fait ont une action bactéricide ou bactériostatique.

A partir du 05/05 jusqu'au 28/05, les températures croissent de 6°C à 15°C mais restent inférieures à celles de l'air avec un pH convenable entre 7 et 7.5. Nous remarquons que ce sont les dernières campagnes des 26 et 28/05 qui montrent une concentration élevée de tous les germes. Ceci attire l'attention sur une surveillance ultérieure de l'eau à cause de l'augmentation de la température.

Les valeurs de conductimétrie sont comprises entre 166 et 333 µS/cm et donnent une minéralisation moyenne. L'O.M.S fixe la norme à 1000 mg/l et les mesures faites durant la campagne sont loin de l'atteindre.

Quant aux paramètres chimiques tels que chlorures et oxydabilité, nous avons obtenu des résultats qui sont conformes aux normes pour les premiers (250 mg de Cl<sup>-</sup> / l maximum); Et pour l'autre en-dessous du niveau guide de la C.E.E. (à savoir 2 mg d'O<sub>2</sub> / l).

Cependant la variation de l'oxydabilité de 0.4 à 0.6 mg/l du 21/05 au 28/05 suspecte une pollution fécale qui se confirme par celle des germes tests:

E.coli passe de 04 à 14, Streptocoques fécaux de 54 à 161 et Clostridium de 00 à 20 dans 100 ml.

En somme, nous constatons une pollution fécale d'origine animale ou humaine dès la source.

La concentration en Streptocoques fécaux étant plus grande que celle des E.coli, la contamination est vraisemblablement d'origine animale.

Tableau n° 5

Point de prélèvement : Source de BOURREBOU

Ech	Date	Température		pH	Conductimétrie 20°C (µS/CM)	Minéralisation globale (mg/l)	chlorures (mg de Cl <sup>-</sup> /l)	Oxydabilité mg d'O <sub>2</sub> /l
		eau	air					
1	16.4.90	8	10	7	---	---	---	---
2	22.4.90	-5	6	7	---	---	---	---
3	28.4.90	8	12	7	323	248	110	0,3
4	05.5.90	6	14	7	309	238	115	0,4
5	07.5.90	8	12	7	---	---	---	---
6	12.5.90	8	14	7,5	---	---	---	---
7	14.5.90	10	14	7	300	215	85	0,4
8	19.5.90	10	14	7	---	---	---	---
9	21.5.00	12	15	7,5	300	215	90	0,4
0	26.5.90	14	16	7	---	---	---	---
1	28.05.90	15	19	7,5	302	216	90	0,6

Tableau n° 6

Point de prélèvement 1 : Source de BOURREBOU

Date	Germes totaux /ml	coliformes totaux /100 ml	coliformes fécaux (F.Soli)	streptocoques fécaux 100/ml	clostridium sulfite réducteurs/100 ml
16.4.90	2250	54	14	92	05
22.4.90	500	14	01	14	00
28.4.90	2500	43	07	92	00
05.5.90	2400	161	02	161	20
07.5.90	400	54	04	43	05
12.05.90	400	43	03	14	00
14.05.90	450	54	03	43	00
19.05.90	540	92	05	54	05
21.05.90	550	92	04	54	00
26.05.90	1540	161	14	92	10
28.05.90	1000	161	14	161	20

CHAPITRE 2

RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS

DE LA SOURCE DE YAMA IMRA

Cette deuxième source qui alimente également l'oued ABARAR est située sur la route de YAMA IMRA à environ 2km de la première. Du fait de sa relative proximité de la ville de chréa , et de sa position géographique par rapport à la première source , nous l'avons choisie comme deuxième point de prélèvement.

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux 7 et 8 et les interprétations faites pour la première source sont valables pour la deuxième. Nous remarquons particulièrement une élévation de température le 22/04 de  $-5^{\circ}\text{C}$  à  $1^{\circ}\text{C}$  avec cependant l'absence de E.coli et de Clostridium sulfito-réducteur.

TABLEAU N° 7

ECH	DATE	TEMPERATURE EAU	TEMPERATURE AIR	PH	CONDUCTIMETRIE 20°C (µS/CM)	MINERALISATION GLOBALE (mg/l)	CHLORURE (mg de ct/l)	OXYDABILITE (mg d'O <sub>2</sub> /l)
1	16.04.90	9	10	7	-	-	-	-
2	22.04.90	1	6	7	-	-	-	-
3	28.04.90	10	12	7	323	248	120	0,3
4	05.05.90	8	12	7	309	238	100	0,3
5	07.05.90	10	12	7	-	-	-	-
6	12.05.90	10	14	7,5	-	-	-	-
7	14.05.90	12	14	7	302	216	90	0,3
8	19.05.90	12	15	7,5	-	-	-	-
9	21.05.90	14	16	7	300	215	90	0,5
10	26.05.90	14	16	7	-	-	-	-
11	28.05.90	15	19	7,5	300	215	88	0,6

POINT DE PRELEVEMENT 2 : SOURCE DE YAMA - IMRA

TABLEAU N° 8

ECH	DATE	GERMES TOTAUX /ml	COLIFORMES TOTAUX/100ml	COLIFORMES FÉCAUX(E.COLI /100 ml	STREPTOCOQUES FÉCAUX/100ml	CLOSTRIDIUM SULFITO - REDUCTEUR/100 ml
1	16.04.90	250	92	12	14	00
2	22.04.90	300	14	00	161	00
3	28.04.90	250	54	14	12	00
4	05.05.90	2000	161	14	54	10
5	07.05.90	145	43	06	43	00
6	12.05.90	250	54	04	43	00
7	14.05.90	400	54	06	56	10
8	19.05.90	450	92	10	54	10
9	21.10.90	500	54	03	43	00
10	26.05.90	500	92	10	54	10
11	28.05.90	2450	161	14	92	20

POINT DE PRELEVEMENT 2 : SOURCE DE YAMA - IMRA

CHAPITRE 3

RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS DE

L'OUED ABARAR

Les eaux des deux sources se mélangent et se déversent dans l'oued ABARAF. A environ 3 Km de ce point où une profondeur d'au -moins 30 cm est observée , nous avons fait une série d'échantillonnages afin d'évaluer la pollution de l'oued lui-même.

Les résultats obtenus représentés sur les tableaux 9 et 10 suivants montrent:

-qu'en date du 22/04 , une basse température de 3°C a été observée. Celle-ci est plus élevée que celles mesurées au niveau des deux sources et correspond à une augmentation de tous les germes spécifiquement fécaux et non spécifiquement fécaux. Leur nombre reste cependant le plus bas des campagnes des 16 , 22 et 28/04;

-des mesures conductimétriques à 20°C variant entre 333 et 833  $\mu$ S /cm, ce qui donne une minéralisation moyenne accentuée.

TABEAU N° 9

ECH	DATE	TEMPERATURE (°C)		PH	CONDUCTOMETRIE 20°C (µS/cm)	MINERALISATION GLOBALE(mg/l)	CHLORURES (mg de Cl/l)	OXYDABILITE (mgd'02 l)
		EAU	AIR					
1	16.04.90	10	14	7,5	-	-	-	-
2	22.04.90	3	4	7	-	-	-	-
3	28.04.90	11	16	7	338	242	80	0,3
4	05.05.90	9	11	7,5	399	285	85	0,4
5	07.05.90	9	11	7,5	-	-	-	-
6	12.05.90	12	19	7	-	-	-	-
7	14.05.90	10	16	7	402	288	115	0,8
8	19.05.90	8	16	7	-	-	-	-
9	21.05.90	14	16	7,5	400	286	100	0,6
10	26.05.90	16	19	7,5	-	-	-	-
11	28.05.90	19	21	7,5	400	286	95	0,8

POINT DE PRELEVEMENTS 3 : OUED ABARAB

TABLEAU N° 10

ECH	DATE	GERMES TOTAUX /ml	COLIFORMES TOTAUX /100 ml	COLIFORMES FECALUX (E. COLI / 100ml)	STREPTOCOQUES FECALUX/100ml	CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEUR /100 ml
1	16.04.90	1500	161	14	35	10
2	22.04.90	450	43	07	14	05
3	28.04.90	1350	161	14	14	10
4	05.05.90	1400	161	03	28	20
5	07.05.90	205	43	04	21	00
6	12.05.90	300	54	10	43	10
7	14.05.90	475	92	10	43	10
8	19.05.90	200	54	04	21	00
9	21.05.90	450	54	07	43	00
10	26.05.90	450	92	10	54	05
11	28.05.90	996	161	28	54	10

POINT DE PRELEVEMENT 3 / OUED ABARAR

CHAPITRE 4

RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS  
DE L'OUED DJELALTA

L'oued DJELALTA est une troisième source d'alimentation de l'oued ABARAR. Conformément à nos programmes d'échantillonnage, c'est un site où il y a un usage important de l'eau par le cheptel et des habitants situés à proximité. Son choix comme quatrième point de prélèvement peut identifier l'origine de la pollution de l'oued ABARAR.

Les tableaux 11 et 12 suivants présentent respectivement ses résultats d'analyse physico-chimique et bactériologique.

A part les remarques faites sur le point de prélèvement 3 et certaines des points 1 et 2, nous remarquons un taux de matières organiques atteignant 1.0 mg d'O<sub>2</sub> /l pour la dernière campagne du 28/05. Les germes correspondants dénombrés sont les plus élevés du tableau 12. L'écart entre les dénombrements des E. coli (43/100ml) Streptocoques fécaux (54/100 ml) montre une pollution fécale d'origine animale et humaine.

TABEAU N° 11

ECH	DATE	TEMPERATURE		PH	CONDUCTOMETRIE 20°C (µS )Cm	MINERALISATION GLOBALE (mg/l)	CHLORURES (mg deCl/l)	OXYDABILITE (mg d'O2/l)
		EMER	AIR					
1	16.04.90	12	14	7,5	-	-	-	-
2	22.04.90	4	3	7	-	-	-	-
3	28.04.90	11	15	7	402	288	82	0,4
4	05.05.90	12	14	7,5	452	323	90	0,5
5	07.05.90	11	12	7	-	-	-	-
6	12.05.90	13	20	7	-	-	-	-
7	14.05.90	8	16	7	399	285	85	1,0
8	19.05.90	13	20	7	-	-	-	-
9	21.05.90	15	19	7,5	400	286	85	0,9
10	26.05.90	19	21	7,5	-	-	-	-
11	28.05.90	19	21	7,5	402	288	90	1,0

POINT DE PRELEVEMENT 4 : OUED DJELALTA;

ech	Date	GermeS totaux	coliformes totaux	coliformes fecaux	streptocoques	clorotridium sulfito- réducteurs /100 ml
1	16.4.90	200	14	02	11	20
2	22.4.90	250	17	00	24	05
3	28.4.90	4709.	161	22	17	00
4	5 .5.90	300	35	03	163	10
5	7.05.90	250	43	04	21	00
6	12.5.90	250	35	03	12	00
7	14.5.90	250	43	04	21	00
8	19.5.90	350	54	10	21	05
9	21.5.90	400	54	12	43	05
10	26.5.90	1500	92	10	43	10
11	28.5.90	2450	161	43	54	10

CHAPITRE 5

RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS  
DU CAPTAGE DE LA CITE BEN-ACHOUR

A la cité Ben Achour en aval , est installé un système de captage des eaux provenant de la confluence des deux oueds DJELALTA et ABARAR. Un échantillonnage effectué sur ce point permet d'évaluer les témoins de pollution fécale à l'entrée du réseau.

En effet des exigences réglementaires très sévères portant sur eux constituent des signaux d'alarme extrêmement précoces.

Les résultats indiqués sur les tableaux 13 et 14 montrent en particulier des températures de 19 à 20°C pour les quatres dernières campagnes des 19, 21, 26 et 28/05/90. Ces valeurs dépassant la norme de portabilité fixée par l' O.M.S à 15°C peuvent favoriser le développement des microorganismes dans les canalisations en même temps qu'elles peuvent intensifier les odeurs et les saveurs et provoquer des maladies.

Les dénombrements des germes des campagnes des 19 et 28/05 sont particulièrement les plus élevés et révèlent une contamination fécale animale et humaine.

Tableau n° 13

Point de prélèvement n° 5 : Captage de Ben-Achour:

Ech	Date	Temperature (°C)		pH	Conductimétrie 20°C (µS/C:m)	Minéralisation globale (mg/l)	Chlorures (mg de Cl <sup>-</sup> /l)	oxydabilité (mg d'O <sub>2</sub> /l)
		Eau	Air					
1	16.4.90	17	19	7	---	---	---	---
2	22.4.90	9	12	7	---	---	---	---
3	28.4.90	19	26	7,5	431	308	84	0,4
4	05.5.90	14	19	6,5	483	346	85	0,5
5	07.5.90	12	18	7	---	---	---	---
6	12.5.90	15	21	7,5	---	---	---	---
7	14.5.90	15	21	7	482	345	89	0,4
8	19.5.90	19	23	7	---	---	---	---
9	21.5.90	21,9	25	7,5	450	322	85	0,4
10	26.5.90	20	25	7,5	---	---	---	---
11	28.5.90	19	26	7,5	478	342	90	0,8

TABLEAU 14

ECH	DATE	GERMES TOTAUX / ml	COLIFORMES TOTAUX / 100 ml	COLIFORMES FECALUX (E.COL1) / 100ml	STREPTOCOQUES FECALUX 100ml	CLOSTRIDIUM SULFITO- REDUC TEURS/100ml
1	16.04.90	250	43	04	43	00
2	22.04.90	450	54	07	43	05
3	28.04.90	350	43	04	35	05
4	05.05.90	1450	161	03	161	20
5	07.05.90	350	54	04	21	00
6	12.05.90	300	43	07	21	05
7	14.05.90	400	54	04	09	00
8	19.05.90	1545	161	161	161	20
9	21.05.90	405	54	43	21	05
10	26.05.90	450	54	21	43	00
11	28.05.90	2500	161	54	43	05

POINT DE PRELEVEMENT 5 / CAPTAGE DE BEN ACHOUR.

CHAPITRE 6  
RESULTATS ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS  
DU ROBINET DU BATIMENT N° 110 (Cité Ben Achour)

Lorsque l'eau corrective après son captage ou son traitement , n'est plus conforme au stade de la mise à disposition du consommateur , il faut rechercher la cause de cette situation .

C'est pourquoi nous avons choisi le dernier prélèvement au niveau du robinet du bâtiment N°110 de la cité Ben Achour , principale destination des eaux de l'oued ABARAR. Des tableaux 15 et 16 , La première remarque à faire est au niveau des campagnes consécutives des 22 et 28/04 où nous voyons l'absence des germes tests de contamination fécale (E. coli et Streptocoques fécaux) , La présence de(un)clostridium sulfito-réducteur par 20 ml d'eau le 22/04 et l'absence de coliformes totaux.

Ces résultats s'expliquent par un traitement de javellisation faite dans une chambre (voir schéma du site) avec des taux de chlore résiduel respectifs de 0.2 et 0.4 mg/l. L'absence des coliformes totaux prouvent l'efficacité du traitement et la présence d'un clostridium sulfito-réducteur est toléré.

La deuxième remarque à faire est que tous les paramètres physico-chimiques et chimiques sont conformes aux règlements et recommandations.

Enfin les germes dénombrés lors des autres campagnes sont dûs à l'absence de chlore résiduel et la pollution maximale est observée le 19/05 avec une température de l'eau de 22.5 °C. Il convient donc de redoubler de vigilance pour le suivi des eaux.

Ech	Date	Température		pH	Conductimétrie 20°C ( $\mu$ S/cm)	Minéralisation global (mg/l)	chlorures mg de Cl <sup>-</sup> /l	oxydabilité mg d'O <sub>2</sub> /l
		Eau	Air					
1	16.4.90	14	19	7	-----	-----	-----	-----
2	22.4.90	10	12	7	-----	-----	-----	-----
3	28.4.90	21	26	7.5	450	322	85	0.2
4	05.4.90	12	19	7	516	369	90	0.4
5	07.5.90	18	21	7	-----	-----	-----	-----
6	12.05.90	15	21	7,5	-----	-----	-----	-----
7	14.5.90	15	21	7	450	322	78	0,6
8	19.5.90	22,5	25	7	-----	-----	-----	-----
9	21.5.90	22	25	7	450	322	88	0.6
10	26.5.90	22	26	7,5	-----	-----	-----	-----
11	28.5.90	22,5	26	7,5	460	329	90	0.8

Tableau N° 16

Point de prélèvement 6 : Robinet B110 Cité Ben Achour

\* \* Eau traitée

ech	Date	Germes totaux / ml	Coliformes totaux / 100 ml	Coliformes fécaux (E.coli)/100ml)	Streptocoques Fécaux /100 ml	clostridium sulfito-réducteurs/100 ml
1	16.04.90	150	18	02	18	00
2 *	22.04.90 *	2	00	00	00	05
3 *	28.04.90 *	1	00	00	00	00
4	05.05.90	1450	161	03	161	20
5	07.05.90	250	43	07	43	00
6	12.05.90	350	54	09	43	05
7	14.05.90	450	92	21	43	00
8	19.05.90	1500	161	161	161	10
9	21.05.90	500	54	07	21	00
10	26.05.90	770	92	09	35	05
11	28.05.90	996	92	09	35	05

CONCLUSION DE LA PARTIE EXPERIMENTALE

Les tableaux 17 et 18 suivants sont des récapitulatifs des variations des germes et des moyennes des paramètres physico-chimiques et chimiques en fonction des points de prélèvement et de leurs normes de portabilité.

Les valeurs de pH de l'eau mesurées sur tous les points de prélèvement varient entre 7 et 7.5. Bien qu'elles soient conformes aux normes de portabilité, elles constituent la gamme de pH dans laquelle la majorité des bactéries se multiplient.

La minéralisation globale calculée présume une teneur normale en sodium, en calcium, en magnésium, en sulfates et en hydrogencarbonates.

La concentration des chlorures dépassant 50 mg de  $Cl^-$  /l, des risques de corrosion dans les canalisations et les réservoirs en particulier pour les éléments en acier inoxydable (cas de ceux de BLIDA), peuvent s'accroître.

La diminution du taux de chlorures observée durant la période des campagnes peut être le fait d'infiltrations superficielles tout aussi dangereuses.

Quant aux matières organiques, leur taux absolu est au-dessous du niveau guide de la C.E.E. (2mg/l). Son test est sensible et d'une mise en oeuvre commode, mais son intérêt est limité car il serait plus intéressant de connaître la nature des substances en cause plutôt que d'approcher une teneur globale de ces matières organiques.

VARIATION ET MOYENNE DES PARAMETRES

Points Paramètres	Source : Oued bour bou	Source route Yamaima	Oued Abarar 3	Oued Djelalta 4	Captage : cité 5	Citerne Robinet Ben Achour	Normes (OMS)
°C Eau	6 : 15	8 : 15	8 : 19	8 : 19	12 : 20	14 : 23	9 : 15
Temperature	6 : 19	10 : 19	11 : 21	12 : 21	19 : 26	19 : 26	
PH	7	7	7,3	7,2	7,2	7,2	6,5 : 8,5
Conductimétrie (US/cm) 20 °C	307	307	388	411	465	465	1500
Minéralisation globale (mg/l)	226	226	277	270	333	333	1000
Chlorures mg/Cl-/l	98	98	95	86	87	85	250
Oxydabilité mg d'O <sub>2</sub> /l	0,4	0,4	0,5	0,8	0,5	0,5	2 : 5

\* Conductivité entre 166 et 333 µS/cm, Minéralisation globale = 0,769574 x Conductimétrie (US/cm) à 20°C

\* Conductivité entre 333 et 833 US/cm. Minéralisation globale = 0,715920 x Conductimétrie (US/cm) à 20°C

Tableau N° 18

Variation du nombre de germes (Eau non traitée)

points de prélèvement	Source	Source route	Oued	Oued Djelalta	Caplage : Ben Achour	Citerne et robinet : Cité Ben Achour	Normes (D.M.S.)
Germe	DE 300	DE 145	150	DE 200	DE 250	DE 150	
Germe	à 2500	à 2450	à 3450	à 4709	à 2500	à 1505	
Coliformes totaux	De 14	De 14	DE 18	DE 434	DE 43	0 18	0
Coliformes totaux /100 ml	à 161	à 161	à 161	161	à 161	à 161	dans 100 ml
Escherichia coli	de 1	De 0	De 3	DE 0	De 3	De 2	0
Streptocoques fécaux /100 ml	Be 14	DE 14	0 161	à 43	à 161	à 161	Dans 100 ml
Clostridium Sulfite - réducteurs /100 ML	De 0	De 0	DE 5	DE 11	DE 21	DE 18	0
	à 10	à 20	à 54	à 161	à 161	à 161	Dans 50 ml
			DE 0	DE 0	DE 0	DE 0	0 dans 20 ml (eau non traitée)
			à 20	à 20	à 20	à 20	1 dans 20 ml toléré pour eau traitée.

C/ AMELIORATION DU TRAITEMENT

Nous n'avons pas fait des essais particuliers de traitement car une désinfection à l'eau de javel à différentes concentrations suffit à rendre l'eau potable surtout que les qualités organoleptiques, physico-chimiques et chimiques sont bonnes.

Le tableau 19 suivant tiré du tableau 16 montre l'efficacité du traitement.

* Chlor	* Ech-	* Date	* Germes	* Coliformes	* E.col	* streptocoq	* clostri
* résiduel	* anti-		* totaux/ml	* Totaux	* /100	* ues fécaux	* dium /
* mg / l	* lon			* /100ml	* ml	* /100 ml	* 100ml
* 0.2	* 2	* 22.04.90	* 2	* 0	* 0	* 0	* 5
* 0.4	* 3	* 28.04.90	* 1	* 0	* 0	* 0	* 0

Toutefois les résultats des deux campagnes consécutives doivent être complétés par d'autres résultats analogues.

La numération des germes que nous avons faite durant la période des campagnes reste dans les normes d'application d'un traitement de désinfection.

L'installation d'une pompe, doseuse conviendrait mieux au traitement. Cependant elle reste irréalisable à cause de la non-alimentation de la région en électricité. Avec l'hypochlorite de sodium comme désinfectant un javellisateur de fortune est suffisant (5). Sa tubulure doit être sans déviation afin de permettre l'injection de la dose d'eau de javel correspondant au débit de l'eau. Notons en fait que ce débit est faible et l'eau est transportée dans une conduite de diamètre 120 mm. Dans le but d'améliorer le traitement, une filtration lente sur sable pourrait être instituée préalablement à la désinfection si des oeufs et des kystes de parasites se décelaient (16). La surveillance régulière des eaux peut quand même résoudre ce problème.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a été menée en printemps 1990 au laboratoire d'hygiène de la wilaya de BLIDA. Elle complète celle qui avait été faite en automne 1987(1).

Les résultats d'analyses microbiologiques montrent une contamination fécale répétée quantitativement plus élevée à cause de la période et pourraient suspecter des germes pathogènes.

Cette pollution est due aux déjections animales (sauvages et domestiques). De plus la présence de Clostridium sulfito-réducteur nous amène à formuler l'hypothèse suivante:

La commune de chréa compte environ 5000 personnes sédentaires et 25000 personnes en été. Cette commune n'est malheureusement pas dotée de réseau d'assainissement des eaux usées et les rejettent dans des fosses septiques non étanches et ce malgré l'étude qui a été faite à cette fin par un élève Ingénieur de l'E. N. P. en 1984.

Nous pensons que l'infiltration de ces eaux à travers le sol, formé de calcaire enrobé de schistes fissurés est à l'origine de la contamination des sources et donc de l'oued.

Cette hypothèse se trouve justifiée si l'on se réfère aux résultats de recherches effectuées dans ce sens par l'épidémiologue ABAIEV à la suite de l'épidémie de typhoïde de 1974.

En effet monsieur ABAIEV a utilisé trois traceurs (des colorants: Blanc, Rouge, Bleu) pour suivre le cheminement des eaux usées à partir des fosses septiques de certaines collectivités. Il a introduit les trois traceurs dans les fosses des hôtels, colonies de vacances et de la caserne militaire.

Au bout de deux mois, ils ont été détectés au niveau de toutes les sources.

Nous recommandons donc l'installation d'un réseau d'assainissement et d'une station d'épuration à Chréa étant donné qu'il y a dans cette ville un parc national.

Nous recommandons également de retirer le périmètre de protection autour du captage des eaux et d'éviter la pénétration d'animaux ou d'insectes.

Vidanger et désinfecter au moins une fois par an la citerne et autres réservoirs.

Installer un opérateur qualifié au poste de javellisation et effectuer régulièrement les contrôles bactériologiques. Il faudrait surtout accélérer la réalisation du projet de remplacement des eaux de surfaces par les eaux de forage; Nous lançons cet appel à l'Entreprise Publique de gestion des Eaux de MEDEA (E. P. E. M.).

La mise en oeuvre de ces recommandations pourront supprimer les maladies hydriques et surtout les épidémies. Ainsi pourrions-nous réaliser l'objectif que s'est fixé l'Organisation des Nations Unies(O. N. U.) en déclarant les années 1981 à 1990 la «*Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement*».

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE:

- (1) -ABDELLAOUI Y. , BOURAS S. "Etude microbiologique des eaux de l'oued ABARAR (BLIDA) en vue d'établir un plan d'assainissement "Projet de fin d'études, Génie-sanitaire E.N.P, ALGER, Janvier 1988 61 pages".
- (2) -BARON D. "Contrôle microbiologique des eaux destinées à l'alimentation humaine " , IUT RENNES-Chimie.
- (3) -BEADRY J. P. "Traitement des eaux " , Les éditions Le Griffon D'argile inc. , QUEBEC 1984.
- (4) -COIN L. "Revue générale des maladies amenées par l'eau " 11<sup>eme</sup> congrès A. I. D. E . AMSTERDAM , Septembre 1976 , 21 pages.
- (5) -DESJARDINS R. "Traitement des eaux " Ed. de l'Ecole Polytechnique de MONTREAL , 1988.
- (6) -DUPONT A. "Hydraulique urbaine" Tome 1 Eyrolles 5<sup>eme</sup> édition Paris 1981.
- (7) -GEOFFRAY C. , VIAL J. , DELAGRAVE M. "Dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs , T. S. M-l'eau , Mars 1979.
- (8) -HUGUES B. , BALEUX B. , TROUSSELIER "Méthodes de contrôles bactériologiques et virologiques des eaux usées épurées et désinfectées , J. S. M. l'eau , Juillet 1983.
- (9) -ISBISTER J. D. "Increasing areal test sensitivity for examination of potable waters , E. P. A -600/2-82-025 , Janvier 1982 88 pages.
- (10) -ISO "Qualité de l'eau -échantillonnage"  
Partie 1:Guide général pour l'établissement des programmes d'échantillonnages.  
Partie 2:Guide général sur les techniques d'échantillonnages , Norme internationale ISO 5667/1 , 1980 , 25 pages.

(11) -LACOMBRE O. " La qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine", rev. Epidém, Méd. soc et santé publique, n° 7, 1971 p. 627-640.

(12) -LECLERC H. , BUTTIAUX R. , GUILLAUM J. , WATTER P.  
" Microbiologie appliquée" ed. doin 1977

(13) -LECLERC H. , GAVINI F. , OGER C. ,  
" Les indicateurs bactériens dans le contrôle bactériologique de l'eau : exigences et limites"  
J. franç. hydrologie, n° 35, 1981, p. 213-228

(14) -MOUFFOK F. , MAKHLOUF B. , LEBRES E. , GUECHI Z. ,  
"Méthode d'analyse bactériologique des eaux de consommation " Institut Pasteur d'Algérie, Juin 1987

(15) -RAPPINAT M. , "l'eau " , presses universitaires de france ,  
"que sais-je ?" , 1982 , 128 pages.

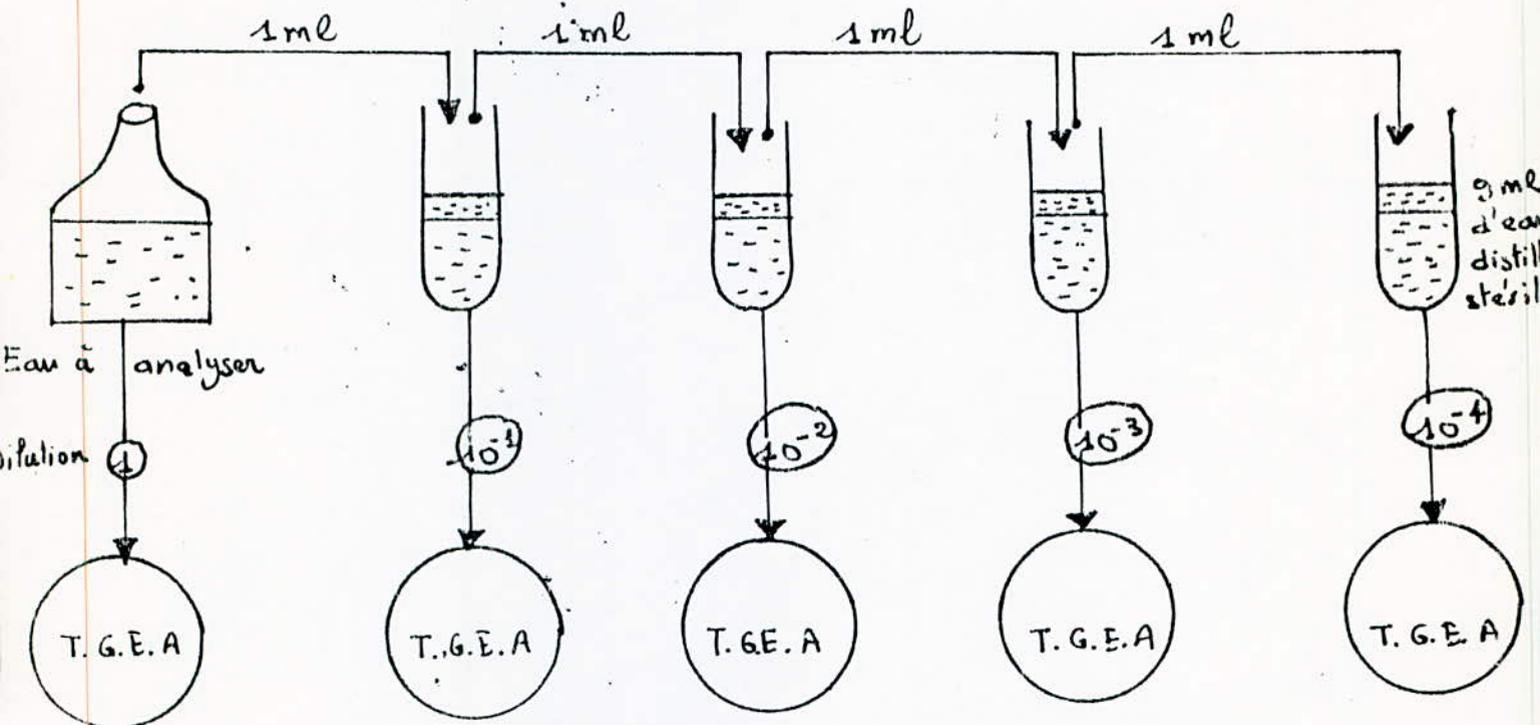
(16) -RODIER J. "L'analyse de l'eau " Dunod 7ème édition , 1978 , 1136 pages

(17) -SUESS M. J. "examination of water for pollution control"  
Pergamon press" , 1982 , 531 pages.

<u>ANNEXES</u>	PAGE
<u>Annexe 1</u> : Germes aérobies mésophiles totaux.	64
<u>Annexe 2</u> : Colimétrie.	65
<u>Annexe 3</u> : Streptocoques fécaux.	66
<u>Annexe 4</u> : Clostridium sulfito-réducteurs.	67
<u>Annexe 5</u> : Germes pathogènes.	68 - 69
<u>Annexe 6</u> : Table du NPP	70
<u>Annexe 7</u> : Interprétation de la recherche des germes fécaux:Qualités bactériologiques de l'eau. 71	
<u>Annexe 8</u> : Critères des témoins de contamination 72 fécale.	

# RECHERCHE DE GERMES AEROBIES MESOPHILES TOTAUX

- 64 -



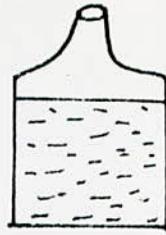
Incubation à  $30^{\circ}\text{C}$  pendant 24 heures avec lecture à 24 h et à 48 h.

Lecture. Dénumbrer toute colonie centriculaire ayant poussé en masse plus des levures ayant poussé en surface.

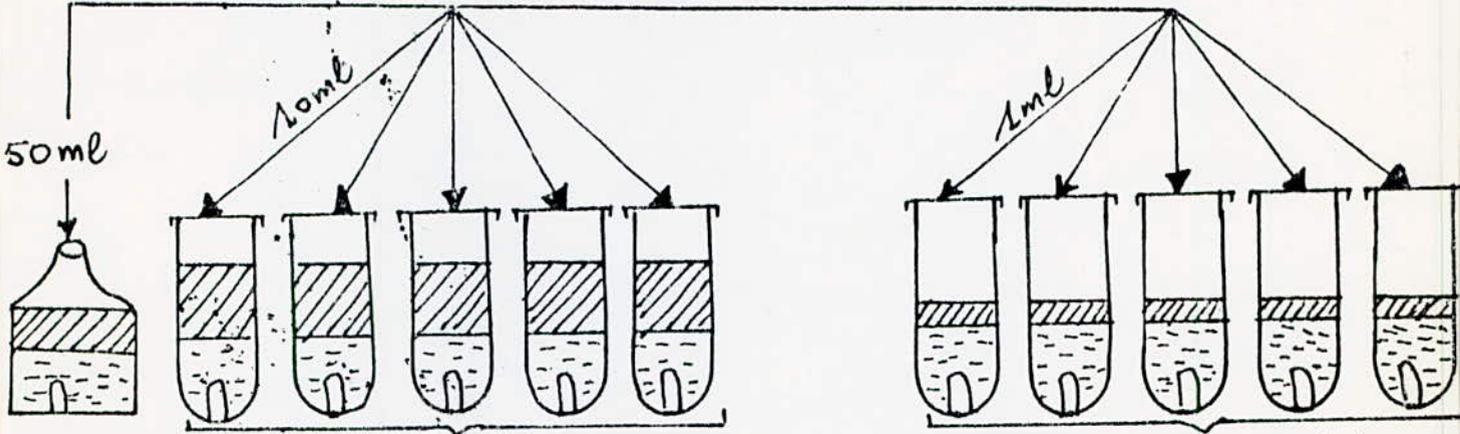
Remarque : Ne dénumbrer que les boîtes contenant 30 à 300 colonies.

T.G.E.A → Gélose Tryptone - Glucose Extrait de Levure Agar.

① Epreuve présumptive :  
Recherche des coliformes totaux.



Eau à analyser.



50ml de B.C.P.L. (D/c) + cloche. 10ml de B.C.P.L. (D/c) + cloche.

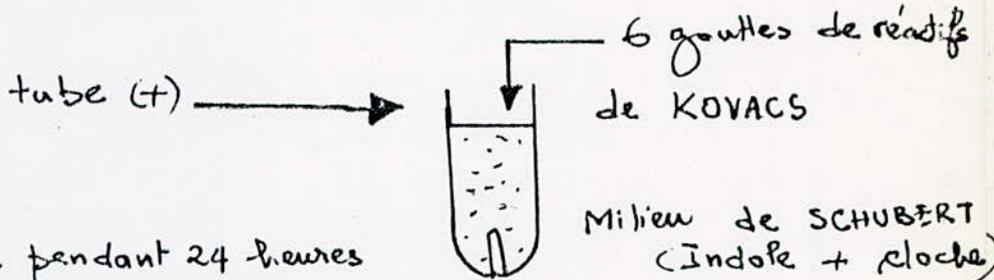
10ml de B.C.P.L. (S/c) + cloche.

Incubation : 48 heures à 37°C.

Interpretation : Trouble microbien (virage au jaune) + gaz dans la cloche } tube (+) donc présence de coliformes.

Conclusion : le nombre de germes est donné par la table de MAC GRADY.

② Epreuve confirmative : Recherche des coliformes fécaux : E. coli



Incubation : Etuve à 44°C pendant 24 heures

Interpretation : S'il y a culture + gaz + anneau rouge brique → tube (+)

Conclusion : Le nombre de germes est donné par la table de MAC GRADY

B.C.P.L. → Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocresol  
 D/c → Double concentration  
 S/c → simple concentration.

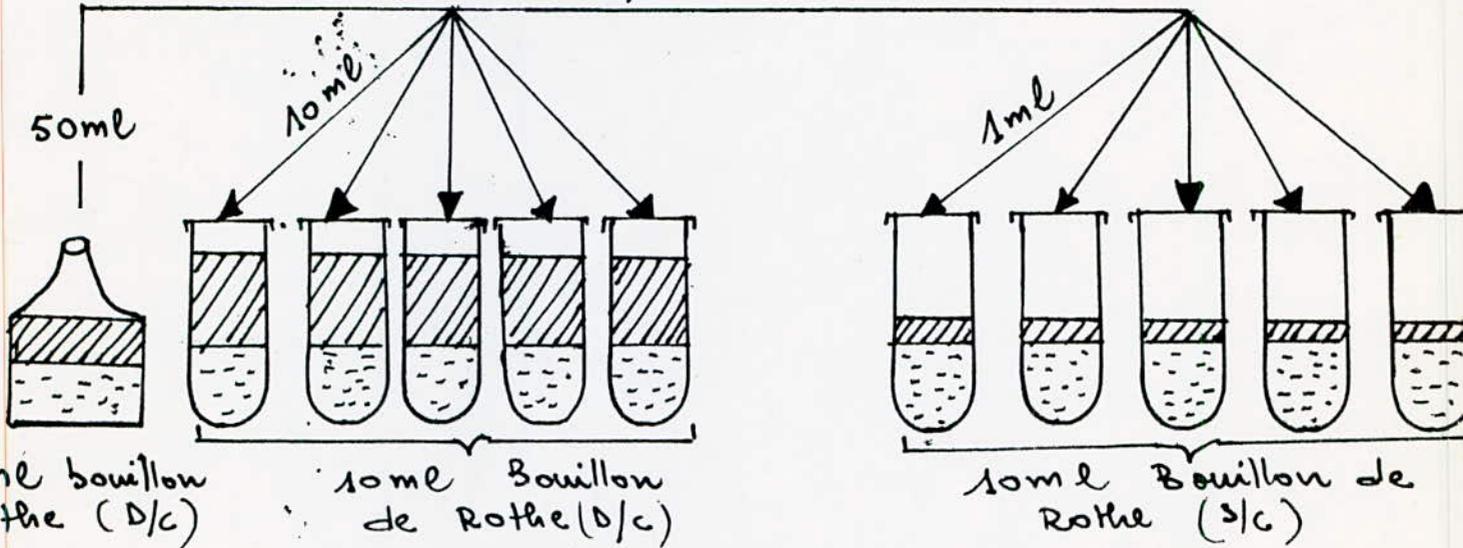
# RECHERCHE DES STREPTOCOQUES FECAUX

-66-

## ① Epreuve présumptive



Eau à analyser



Incubation : 48 heures à 37°C

Conclusion : Présence d'une culture microbienne → tube (+),  
le nombre de germes est donné par la table de MAC GRADY.

## ② Epreuve confirmative

tube positif (+) →

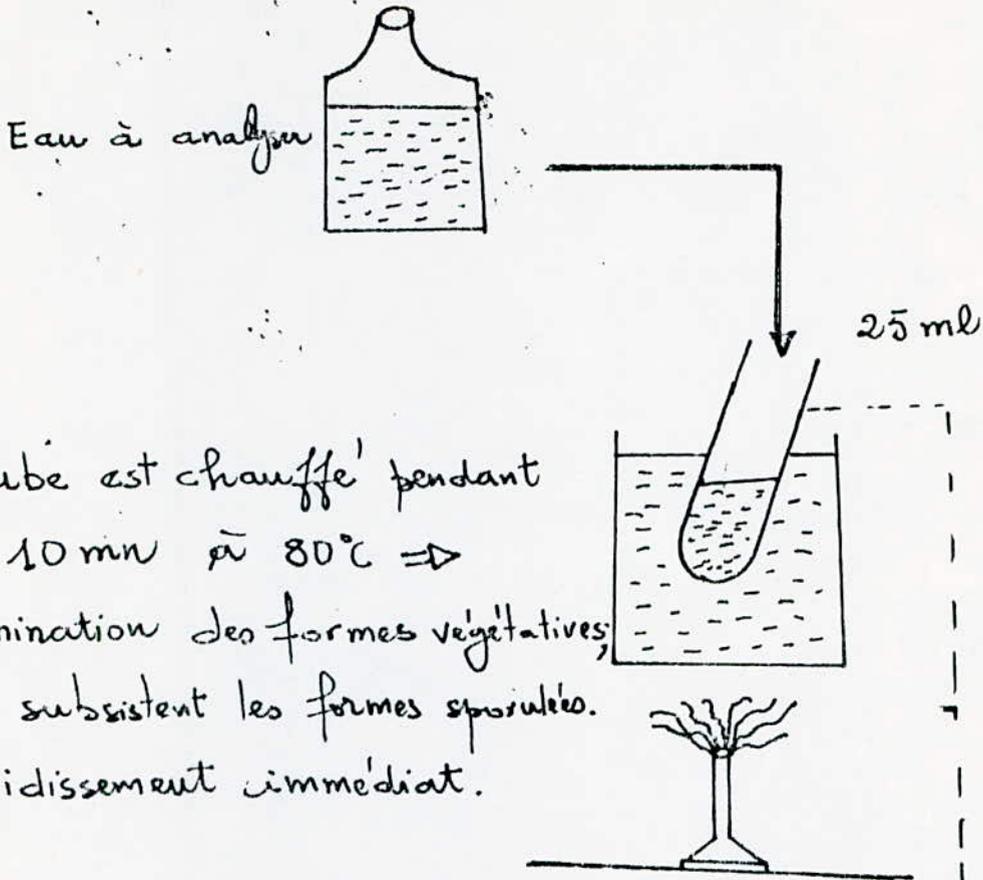


milieu de LITSKY-EVA  
ou violet d'éthyle

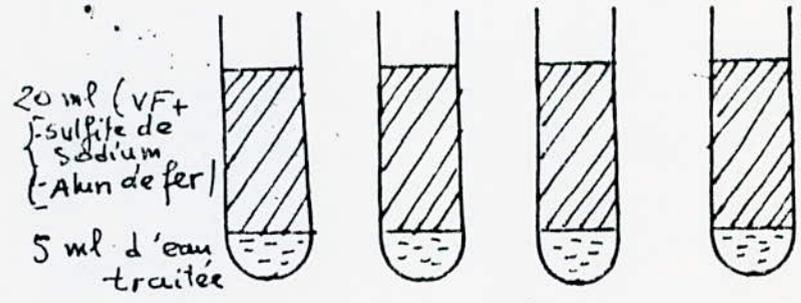
Incubation 24 heures à 37°C

Conclusion : Une pastille violette qui fond au tube correspond à une culture ayant fixé le colorant → tube (+) donc présence des Streptocoques fécaux. Le nombre de germes est donné par la table de MAC GRADY.

# RECHERCHE DES SPORES DE CLOSTRIDIUM SULFITO-REDUCTEURS



- Le tube est chauffé pendant 8 à 10 mn à 80°C ⇒  
Élimination des formes végétatives,  
seules subsistent les formes sporulées.
- Refroidissement immédiat.



Incubation à 37°C pendant 24<sup>h</sup>, 48<sup>h</sup>, 72<sup>h</sup>

Conclusion - Dénombrement des colonies noires dont le diamètre ( $\phi > 0,5$  mm), donc présence de clostridium sulfito-réducteur.

## RECHERCHE DE VIBRION CHOLÉRIQUE.

eau à analyser

↓  
450

50 ml (EPA N° 1)

1<sup>er</sup> Enrichissement:

Incubation 24<sup>h</sup> à 37° c

2<sup>ème</sup> Enrichissement:

Insemencement de 1 ml de EPA N° 1 dans un tube de EPA N° 2.

1<sup>er</sup> Isolement de EPA N° 1 sur G. N. A. B. N° 1

2<sup>ème</sup> isolement à partir des colonies suspectes présentes dans les boîtes de G. N. A. B., on procède à une identification rapide pour communiquer un résultat présomptif puis une identification complète.

Sur G. N. A. B., Les colonies de vibron cholérique auraient ( $1 < \varnothing < 1.5$ ) mm, une couleur transparente d'aspect légèrement bleutés lisses.

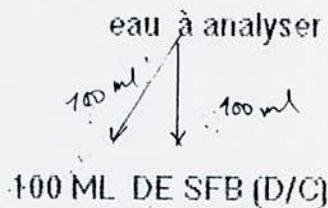
A partir de chaque colonie suspecte, on prélève, on prélève à l'aide d'une anse une partie de la colonie dans un tube de Kligler (K. I. A) et sur l'autre partie on fait une recherche d'oxydase.

Incubation des tubes de KIA pendant 16<sup>h</sup> à 37° c

### Interprétation et conclusion:

Pour des tubes de KIA présentant l'aspect d'un culot jaune, pente rose, dans les premières heures, absence d'H<sub>2</sub>S. Agglutination positive au sérum anticholérique polyvalent et négative en eau physiologique: Souche du vibron cholérique.

## RECHERCHE DES SALMONELLA



1<sup>er</sup> enrichissement:

Incubation 18 h à 37° c

1<sup>er</sup> isolement: sur deux boîtes d'HECTOEN (HK).

2<sup>ème</sup> enrichissement:

Insemencement de 1 ml de SFB (D/C) dans un tube de SFB(S/C).

Incubation 18 h à 37° c .

2<sup>ème</sup> isolement: Sur deux boîtes d'hectoén (HK) à partir du tube SFB (s/c).

Incubation 18<sup>h</sup> à 37° c. Les colonies sont colorées avec un centre noir.

Identification biochimique sur 3 ou 4 colonies suspectes par boîtes des HK.

Repiquage sur TSI (Gellose triple sure fer) => identification des entérobactéries après incubation de 18 à 37° c.

Conclusion:

Les TSI présentant un culot de glucose fermentation ==> absence d'entérobactéries.

Les TSI présentant un culot de glucose fermentation positive ==> présence d'entérobactéries.

Une réaction à l'oxydase est négative pour les entérobactéries .

Sur les TSI , Les salmonella présenteraient l'aspect suivant:

-Salmonella typhi: culot jaune , absence de gaz pente rose , léger anneau noir d'H<sub>2</sub>S.

-Salmonella paratyphi A: culot jaune , présence de gaz ^ pente rose, absences d'H<sub>2</sub>S

-Autres salmonelles: Culot jaune , présence d'h<sub>2</sub>S , pente rose.

Nombre le plus probable (NPP)  
 et intervalle de confiance pour un système de  
 1 fraction de 50 ml, 5 fractions de 10 ml et 5 fractions de 1 ml

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			N.P.P. dans 100 ml	Limites de confiance à 95%	
1 tube de 50 ml	5 tubes de 10 ml	5 tubes de 1 ml		Limite inférieure	Limite supérieure
0	0	1	1	0,5	4
0	0	2	2	0,5	6
0	1	0	1	0,5	4
0	1	1	2	0,5	6
0	1	2	3	0,5	8
0	2	0	2	0,5	6
0	2	1	3	0,5	8
0	2	2	4	0,5	11
0	3	0	3	0,5	8
0	3	1	5	0,5	13
0	4	0	5	0,5	13
1	0	0	1	0,5	4
1	0	1	3	0,5	8
1	0	2	4	0,5	11
1	0	3	6	0,5	15
1	1	0	3	0,5	8
1	1	1	5	0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	69
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	101
1	4	5	43	15	117
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	101
1	5	2	54	18	138
1	5	3	92		
1	5	4	161		

Tableau donnant l'interprétation de la recherche des fermes fécaux

Coliformes totaux	Escherichia Coli	Streptocoques fécaux	Clostridium Sulfito-réducteur	Interprétation	Conclusion
—	—	—	—		Eau de bonne qualité bactériologique : potable
—	—	+	—	Contamination ancienne	Eaux suspectes à surveiller à contrôler
—	—	—	+	Contamination intermittente ou ancienne	
+	+	—	—	Contamination récente	Eaux de mauvaises
—	—	+	+	Contamination ancienne	qualités bactériologiques.
+	—	+	—	Contamination ancienne	
+	—	—	+	Contamination ancienne	
+	+	+	+	Contamination ancienne	

Tableau résumant les 3 facteurs des germes tests de contamination fécale

	Sensibilité	Résistance	Specificité	Conclusions
Escherichia Coli	+++	+ —	+++	témoin <u>indubitable</u> de contamination fécale <u>récente</u> .
-72-				
Citrobacter Klebsiella Aerobacter	+++	++	+ —	Origine fécale possible si présence d'autres germes tests.
Streptocoques fécaux	+	+	+	Origine fécale probable si présence d'autres germes tests.
Clostridium sulfito-réducteurs	+ —	++++	+ —	Meilleur témoin des contaminations fécales <u>anciennes</u> .

