

ECOLE INTER-ETATS D'INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL

DE

OUAGADOUGOU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**THEME** : « EVALUATION DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE  
CONSOMMATION DE LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO »

(CENTRE MURAZ)

Présenté par : LEBARAMO MICHEL-ANGE

Encadreurs : -Mr.GUILLERET, professeur à l'E.I.E.R.

-Dr.OUANGRE, laboratoire du centre Muraz

## SOMMAIRE

TITRE	PAGE
DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
RESUME .....	1
Première partie:	
Introduction générale .....	2
I / Problématique et objectif de l'étude-Méthodologie de travail .....	3
II;/ Données générales sur le site d'étude:Bobo-Dioulasso .....	3
II / Présentation de la structure d'accueil: le centre Muraz .....	5
Deuxième partie: Généralités	
I / Caractères généraux des bactéries .....	6
II / Bactéries aquatiques - infections d'origine hydrique .....	6
Troisième partie: Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau de consommation à Bobo-Dioulasso	
I / Le contrôle bactériologique .....	18
II / Procédés de traitements de l'ONEA de Bobo-Dioulasso, action sur les micro-organisme .....	22
III / Méthodes de prélèvement et d'analyses de l'eau: cas du centre Muraz .....	24
IV / Résultats et commentaires des analyses de 1994, 1995, 1996 .....	27
V / recommandation pour le maintien de la qualité de l'eau dans le réseau .....	37
Conclusion .....	39

## **DEDICACES**

**Je dédie ce travail :**

- **A mon père, Mr LEBARAMO ETIENNE , qui m'a inculqué dès mon enfance le goût des études et s'est beaucoup donné pour ma réussite ainsi que celle de tous mes frères et soeurs,**
- **A ma mère LEBARAMO ANTOINETTE qui a fait de moi ce que je suis par son amour et son affection maternelle qui ont été sans failles,**
- **A ma bien-aimée M<sup>elle</sup> Ngarasso Eunice, pour son soutien et ses conseils**
- **A toute ma famille, mes frères et soeurs en particulier, pour tout ce qui nous unit et que nous continuons de partager.**

## REMERCIEMENTS

*J'adresse tous mes plus vifs remerciements :*

- *A mon Seigneur et Sauveur **JESUS CHRIST** qui a donné un sens à ma vie depuis que je me suis confié à lui,*
- *A Mr GUILLERET J.R. et tout le personnel du laboratoire de génie sanitaire pour l'aide dans la réalisation de ce travail,*
- *A Mr OUANGRE A. et tous ses collaborateurs du centre Muraz pour l'aide qu'ils m'ont apporté lors du travail de terrain,*
- *A tous les enseignants de l'E.I.E.R. pour avoir contribué à ma formation durant trois années,*
- *A toute la famille **BARTHABURU** qui a facilité mon séjour au Burkina Faso,*
- *A tous mes collègues de la 26<sup>ème</sup> promotion pour tous les moments que nous avons partagé ensemble*
- *A tous les amis que je me suis fait au Burkina Faso.*

## RESUME

L'objectif que tout distributeur d'eau doit chercher à atteindre est de livrer aux consommateurs une eau de bonne qualité, qui respecte les normes internationales de potabilité.

Notre étude intitulée "Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau de consommation de la ville de BOBO-DIOULASSO " vise à contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau de cette ville.

Pour cela nous avons vu les méthodes d'analyses employées par le laboratoire du centre MURAZ.

Dans le cadre du contrat de surveillance de la qualité bactériologique de l'eau, qui lie l'ONEA de BOBO et le centre MURAZ, nous avons travaillé sur les résultats des analyses de 1994, 1995, 1996.

Le traitement des informations a conduit aux analyses suivantes:

- ◆ Pour l'eau brute(eau de source): c'est une ressource de bonne qualité, cela est dû à son origine(eaux souterraines).

Près de 40% des 72 prélèvements analysés ne contient ni germes potentiellement pathogènes ni germes témoins d'une contamination fécale(coliformes, streptocoques).

Mais on observe une progression de la pollution bactérienne de la source(nappe alluviale). Des mesures doivent être prises pour la préserver notamment au niveau de l'assainissement de la ville. Cela est du ressort de l'ONEA.

- ◆ Pour l'eau de consommation: nous pouvons dire que pour l'ensemble du réseau l'eau est de bonne qualité(absence de germes dans 50% des échantillons).

Seul 7% des échantillons contiennent des germes témoins d'une contamination fécale ou potentiellement pathogène; dû probablement à des pollutions accidentelles.

La qualité de l'eau ne présente pas de grande variation du point de vue temporelle(mois et années) et spatiale(quartiers, secteurs).

## **Première partie:**

### **INTRODUCTION GENERALE**

L'importance de l'eau n'est plus à démontrer.

Il constitue l'un des éléments fondamentaux entrant dans la constitution des êtres vivants . La terre est recouverte d'eau sur environ les trois quart de sa surface. L'eau saumâtre des mers et des océans représente 97 % du volume total de l'eau existante. Or cette eau est impropre à la consommation et son dessalage reste encore d'un coût très élevé.

L'eau douce ne représente que 3 % du volume total dont seulement 11 % sont accessibles dans des conditions acceptables.

Face à la poussée démographique les différents états sont préoccupés par l'approvisionnement en eau et doivent faire face aux besoins grandissants.

Ainsi l'O.N.U avait décrété la décennie de l'eau pour les année 80.

Au delà du souci de répondre à la demande quantitative en eau encore faut-il qu'elle soit " potable " ou de bonne qualité .

D'après l'OMS 60 % des habitants , soit 1.7 milliards d'êtres humains, des pays en voie de développement n'ont pas accès à une source d'eau potable sûre et 1.2 milliards n'ont pas d'installation sanitaire.

Toujours selon une enquête de l'OMS 80 % des maladies qui affectent la population de la planète sont liées, en partie, à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales et au manque d'approvisionnement en eau propre .D'où l'importance du contrôle de la qualité de l'eau.

Dans le cadre de ce travail intitulé : " Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau de consommation de la ville de BOBO-DIOULASSO " , nous nous intéresserons à la qualité de l'eau du point de vue bactériologique.

Le contenu du rapport est divisé en trois parties:

- La première partie est consacrée à la présentation du site d'étude, la ville de BOBO-DIOULASSO, et de la structure d'accueil, la méthodologie du travail employée.
- La seconde partie a trait aux caractères généraux des bactéries et aux maladies d'origine hydrique.
- La troisième partie concerne les méthodes de prélèvements, l'analyse et le traitement des données recueillies par le centre MURAZ.

## **I / Problématique et objectif de l'étude-méthodologie de travail**

Comme nous l'avons signalé dans l'introduction la majeure partie des maladies frappant l'espèce humaine est d'origine hydrique.

Le contrôle de la qualité de l'eau est du ressort des Etats au travers de structure comme les laboratoires nationales d'analyses médicales et de santé publique. Parfois cette tâche est confiée à des établissements privées. Le centre Muraz est un institut de microbiologie et de santé publique.

Le contrôle bactériologique doit être avant tout un outil de prévention. Il permet de voir l'état actuelle de l'eau et de prévenir les autorités compétentes en cas de danger pour la santé des consommateurs.

Le problème du contrôle bactériologique aujourd'hui est, qu'avec les moyens actuels, lorsqu'une eau impropre à la consommation est constatée, elle est déjà chez le consommateur. Le seul moyen efficace de prévention demeure la mesure du taux de chlore libre dans le réseau de distribution.

Au travers de cette étude intitulée "Evaluation de la qualité bactériologique de l'eau de consommation", nous essayerons de faire un état de la situation actuelle, de voir les variations temporelles et spatiales et de dégager les grandes tendances. Nous ferons par rapport à cela des propositions ; tous ceci dans le but de contribuer à l'amélioration de la qualité de l'eau. La méthodologie de travail s'appuie essentiellement sur la recherche documentaire et le traitement des données à l'aide de logiciel et l'interprétation.

## **II / Données générales sur la ville de Bobo**

### **1) Historique:**

BOBO-DIOULASSO est la seconde ville du Burkina Faso, elle est restée longtemps la capitale économique du pays. Elle doit son existence à sa situation géographique, située au carrefour de deux voies importantes, l'une venant du Sud de la Côte d'Ivoire vers le Niger, l'autre allant du Mali vers le Niger et le Tchad.

Les premiers immigrants étaient originaires du Mandé. Puis l'arrivée progressive des commerçants DIOULAS, venant du MALI et de la COTE D'IVOIRE conduit à l'extension de la ville. L'installation de l'administration coloniale en 1897 a accéléré le développement de l'agglomération. La ville a connu un certain déclin économique et perdue son importance après 1947 quand Ouagadougou devient la capitale du pays.

Avec la création de la zone commerciale en 1952, et de la zone industrielle en 1955, cela va redynamiser les activités économiques. Après l'indépendance, la ville va connaître de nouvelles activités et de nouveaux lotissements.

### **2) Données naturelles du site**

#### **Géographie et topographie**

La ville de BOBO-DIOULASSO est située à la hauteur du 11<sup>ème</sup> parallèle. Elle s'est construite de part et d'autre du marigot HOUET, de direction Sud-Nord. Le Houet très encaissé, raviné, d'un régime torrentiel pendant les pluies offre au niveau de son plafond un ruban de sources. Ces sources, pérennes en saison sèche, ont justifié l'implantation d'un village, puis d'une ville dans un pays caractérisé par des problèmes de ressources en eau.

Au niveau du relief, l'altitude s'élève progressivement du Sud au Nord. Les altitudes varient entre 400 m et 500 m avec des pentes relativement forte de 1% à 2%. La rive droite du Houet d'une topographie plus accentuée est drainée par deux marigots orientés Sud-Est et Nord-Ouest.

### **Géologie**

La structure géologique de la région de Bobo comprend :

- un socle granitique profond (400 m), constitué de granito-gneiss et de roches basiques et neutres ;
- une série de grès : grès de base, grès de SOTUBA, grès de Bobo ; ils présentent de nombreuses fissures, failles et diaclases d'où leur intérêt hydrogéologique ;
- la couverture superficielle provenant d'altérations et d'alluvions (bas-fonds) qui contient une nappe aquifère fluctuante suivant les saisons : sable, argile et latérite.

### **Hydrogéologie**

Jusqu'en 1950 l'alimentation de la ville dépendait des puits creusés dans la couche de latérite. L'eau de la nappe phréatique se trouve à la base des formations latéritiques argileuses, au contact des grès primaires altérés.

La faible capacité de cette nappe locale se traduit par des débits relativement faibles des puits et souvent ces puits sont à sec à la fin de la saison sèche.

## **3) Données socio-économiques**

### **Occupation du sol**

La superficie totale de la ville compte environ 15000 hectares également réparties sur les deux rives, mais très inégalement occupée et densifiée.

Les quartiers sont nettement différenciés :

- sur la rive gauche du Houet, d'amont en aval : la zone militaire, le quartier industriel, l'aérodrome, le centre commercial et administratif, et des quartiers très peuplés (HAMDALLAYE, MEDINA-COURA, DIARABOUGOU). La voie ferrée n'a pas été un obstacle à l'extension de la ville à l'Ouest et un nouveau quartier s'est édifié à ACCART-VILLE.
- sur la rive droite se situent les quartiers KOUNINA, BOLOMAKOTE, la zone des écoles et résidentielle, plus en aval, les quartiers de KOKO, KOMBOUGOU, TOUNOUMA et BINDOUGOUSSOU.

Le nombre de parcelles attribuées aux propriétaires par le domaine public en 1994 s'élève à 36105 parcelles. La population est estimée en 1994 à 331000 habitants.

### **Activités économiques**

La position privilégiée de la ville au carrefour de grands axes de communication en direction de Ouagadougou (Mali, Côte-D'Ivoire) ainsi que les multiples potentialités climatiques, hydriques, agronomiques et naturelles du sous-sol confère à Bobo-Dioulasso et à sa région, son rôle important dans le développement économique du Burkina.

L'activité économique et sociale de la ville est induite par les principaux secteurs suivants :

- agriculture : céréales, produits maraîchers, fruits ;
- élevage : marché et abattoir
- commerce : marchés importants et établissements de commerce ;



- industries : mécaniques, chimiques et dérivées, agro-alimentaires, papier, cycles et pièces détachées ;
- tourisme, artisanat

### **III Présentation du centre Muraz**

Le centre Muraz, institut de microbiologie et de santé publique tropicales, est le centre scientifique le plus ancien de l'Organisation de Coopération et de Coopération pour la lutte contre les Grandes Endémies (O.C.C.G.E.).

Créé en 1939 par Gaston Muraz, il fut rebâti du nom de son fondateur dès l'avènement de l'O.C.C.G.E.) en 1960. L'O.C.C.G.E. compte huit Etats membres, tous en Afrique de l'Ouest.

Depuis sa création, le centre a mis en œuvre des programmes de recherche principalement dans le domaine des maladies parasitaires.

Le centre était constitué de cinq unités, l'unité de bactériologie-virologie, l'unité d'entomologie, l'unité d'épidémiologie et de recherche opérationnelle, l'unité d'immunologie et de biologie moléculaire, l'unité de parasitologie ainsi qu'un laboratoire d'analyses médicales.

En 1994, le comité scientifique du centre a proposé que la politique du centre soit réorientée suivant deux thématiques : la thématique paludisme (parasitologie, entomologie et méthode de lutte) et la thématique SIDA et rétrovirus (immunologie, virologie, épidémiologie).

A cela s'est ajoutée une troisième thématique, vaccinologie et recherche-action en santé publique.

Pour ma part c'est au laboratoire d'analyses médicales que j'ai eu à travailler.

## Deuxième partie:

### GENERALITES

#### **I / Caractères généraux des bactéries**

Les bactéries sont des êtres unicellulaires, certains saprophytes (non pathogènes), d'autres pathogènes pour l'homme et les animaux.

#### **I.1 / La cellule bactérienne**

##### **Morphologie**

La cellule procaryote, dont fait partie la cellule bactérienne, est de petite taille (environ 10 fois plus petite que la cellule eucaryote).

La taille des bactéries est comprise entre 1 à 10  $\mu\text{m}$ . L'aspect morphologique est très variable.

On distingue 3 aspects principaux :

- certaines bactéries ont une forme arrondie, leur diamètre mesurant environ 1  $\mu\text{m}$  : ce sont les cocci-microcoques ;
- d'autres bactéries sont plus allongées : ce sont des bacilles ;
- enfin, certaines bactéries peuvent être incurvées en virgule, ce sont les vibrions, ou étirées et sinueuses, ce sont les spirochètes.

##### **Structure**

La cellule bactérienne possède une structure : elle est obligatoirement composée d'un cytoplasme renfermant des inclusions et entouré d'une membrane cytoplasmique, d'un appareil nucléaire (noyau), le tout maintenu par une paroi rigide.

Le cytoplasme est un gel finement granuleux, composé en grande partie d'acide ribonucléique. Il renferme des inclusions, des enclaves, des pigments. Il est entouré d'une fine membrane cytoplasmique.

Au sein du cytoplasme se trouve un appareil nucléaire. Il est essentiellement composé d'acide désoxyribonucléique.

Enfin, la bactérie est délimitée par une paroi ou mur cellulaire; Elle joue un rôle capital dans la vie de la cellule assurant d'abord par sa rigidité le maintien de la forme propre de la bactérie. Elle permet également les échanges gazeux, liquidiens et nutritifs entre le cytoplasme et l'extérieur. En outre, elle est le point d'impact des colorants utilisés pour mettre en évidence la bactérie, et représente le support de certains constituants antigéniques du microbe.

A côté de ces éléments constants, les bactéries peuvent présenter d'autres formations qui, elles, sont facultatives:

- la capsule vient parfois entourer la paroi, c'est une couche gélatineuse et muqueuse d'épaisseur variable;

- les cils ou flagelles sont de fins filaments, flexueux, souvent beaucoup plus long que la bactérie;
- la spore est également un organite facultatif apparaissant dans des conditions défavorables;
- des bactéries peuvent posséder des appendices répartis à leur pourtour, appelés pili.

### Propriétés tinctoriales

Pour observer les bactéries au microscope et apprécier leur morphologie, le plus simple est de les colorer.

Les premiers bactériologistes le comprirent très vite et constatèrent l'aptitude qu'ont les microbes à fixer les colorants. Les plus utilisés sont des colorants basiques (fuschine, bleu de méthylène,...) et des colorants acides (éosine).

Les colorants peuvent être utilisés isolément (coloration simple) ou plus fréquemment à deux (coloration double) dont les deux principales sont celle de Gram et celle de Ziehl:

- La méthode de Gram consiste à faire agir sur les bactéries, préalablement fixées sur une lame, une solution phéniquée de violet de gentiane dont l'action est renforcée par une liqueur iodo-iodurée, le lugol.

Ainsi traitées, toutes les bactéries se colorent en violet. Dans un second temps, on fait agir pendant quelques secondes de l'alcool éthylique à 95°.

Certaines bactéries gardent la coloration violette (on les dit Gram positif), d'autres se décolorent: pour les observer, on les soumet alors à l'action d'un autre colorant, la fuschine, elles apparaîtront colorées en rouge (on les dit Gram négatif).

Cette réaction repose sur la structure chimique des bactéries. Elle est fondamentale en bactériologie.

- La méthode de Ziehl-Neelsen met en évidence l'acido-alcool-résistance de certains microbes.

Les mycobactéries (bacille tuberculeux et de la lèpre entre autre) peuvent être révélées par la coloration de Ziehl.

Grâce à des procédés spéciaux de coloration, on peut faire apparaître chez les bactéries: leur appareil nucléaire, les spores, la capsule, les cils, les granulations.

### Constitution chimique

Comme toutes les cellules vivantes, les bactéries renferment de l'eau, des éléments minéraux et des substances organiques parmi lesquels les enzymes et les pigments.

L'eau représente 80% du poids des bactéries et 15 à 25% représente le poids sec des autres constituants cellulaires:

composition élémentaire: C(50%); O(20%); N(15%); H(10%); P(3.2%); S(1.1%)  
métaux = Na, Fe, Ca, Cu, Al,...(0.7%)

constituants organiques: protéines(50%); ADN(40%); ARN(10%); sucres(4 à 9%); lipides(10 à 15%); pool métabolique(ATP, ADP, coenzyme ...4%).

Parmi les substances protéiques il faut souligner le rôle particulier et important des enzymes. Il agissent comme catalyseurs à dose très faible des réactions qu'elles président.

### **Pouvoir antigénique**

Les bactéries ont un pouvoir antigénique. Injectées dans un organisme animal ou humain, elles font apparaître dans celui-ci des substances nouvelles, hautement spécifiques et capables de réagir avec elles: les anticorps.

Ce pouvoir antigénique est dû à la présence dans la bactérie de substances chimiques (protéines, glycoprotéines, ...), ce sont les antigènes bactériens. Ceux-ci peuvent se rencontrer au niveau des flagelles(antigène H ou flagellaire), au niveau de la paroi cellulaire(antigène O ou somatique), ou à la périphérie(antigène de surface).

### **I . 2 / Physiologie bactérienne**

Les bactéries sont des êtres vivants, et comme tous les êtres vivants elles se développent, respirent et se reproduisent.

#### **Nutrition**

Pour se développer, la bactérie doit élaborer sa propre matière, c'est-à-dire réaliser la synthèse de ses substances organiques.

Il faut pour cela, qu'elle dispose d'une part d'éléments de base, et d'autre part d'une source d'énergie pour effectuer ses synthèses. Toutes les bactéries ont besoin d'un certain nombre d'éléments simples: carbone, hydrogène, oxygène, azote, en grande quantité, soufre et phosphore à taux moindre, des métaux(Na,K,Mn,Fe,Cu,Zn ...) à des concentrations beaucoup plus faibles.

Encore faut-il une qu'elles disposent d'une source d'énergie.

On établit la classification des types nutritionnels des bactéries:

1°) En fonction de la source d'énergie, on distingue alors:

a) les bactéries phototrophes: l'énergie est fournie par des réactions photochimiques. Il peut s'agir de:

- photolithotrophes(donneur d'hydrogène minérale)
- ou de photoorganotrophe(donneur d'hydrogène organique)

b) les bactéries chimiotrophes: leur énergie est fournie par une réaction chimique.

Ce sont:

- soit des chimiolithotrophes(oxydation de substance minérale)
- soit des chimioorganiques(oxydation de substance organique)

2°) En fonction de leur pouvoir de synthèse des métabolites essentiels.

On peut les classer en:

- a) bactéries autotrophes: elles peuvent utiliser le CO<sub>2</sub> comme source de carbone
- b) bactéries hétérotrophes: elles utilisent des composés organiques comme source de

carbone. Ce sont les plus nombreuses.

#### **Respiration**

De même que chez les autres êtres vivants, chez la bactérie la respiration est génératrice d'énergie, qui servira à effectuer les synthèses et à permettre les mouvements de la cellule.

Cependant il convient de distinguer deux sortes de respiration. Certains germes se développent en présence d'oxygène: ce sont les bactéries aérobies. L'oxygène capté permet de détruire complètement les matières organiques.

A l'opposé, d'autres germes ne peuvent vivre qu'en l'absence d'oxygène, cet élément étant à l'état gazeux toxique pour eux. Ce sont les bactéries anaérobies strictes. Elles vont dégrader les matières organiques par fermentation, réactions de décomposition incomplètes dans lesquelles l'oxygène n'intervient pas.

Enfin, il existe des bactéries dites aéro-anaérobies facultatifs, qui peuvent selon qu'ils sont en présence ou en absence d'oxygène utiliser l'un ou l'autre type de respiration.

### **Reproduction**

comme tous les êtres vivants, les microbes se reproduisent: tous se multiplient par scissiparité, c'est-à-dire par division directe.

Cependant, pour certaines espèces, il existe d'autres modes de reproduction: la sporulation, le cycle L et la reproduction sexuée.

La scissiparité est le mode normale de multiplication des bactéries. A la suite d'un étranglement une cellule mère donne naissance à deux cellules filles.

Certaines bactéries peuvent se reproduire par sporulation. Placés dans des conditions défavorables, ces germes vont produire un spore, organisme plus résistant que la forme végétative dont elle est issue.

Dès que la spore retrouve un milieu favorable à son développement, elle donnera naissance à la bactérie d'origine.

Dans certaines conditions, des microbes peuvent se transformer en un corps globuleux qui renferment des corpuscules élémentaires de taille plus petite à la bactérie d'origine. C'est à ce cycle anormal de reproduction que l'on adonné le nom de cycle L.

Enfin, on a pu démontrer qu'il existe une véritable reproduction sexuée des microbes. Deux cellules se rencontrent, se conjuguent, et donnent des descendants qui possèdent les caractères génétiques des deux parents: c'est la conjugaison.

### **I. 3 / Les méthodes d'identification**

La tâche essentielle du bactériologiste est de reconnaître et d'identifier les microbes qu'il peut rencontrer.

Pour y parvenir, il est nécessaire d'obtenir une culture de ces microbes, à partir de laquelle sera effectué, dans un ordre déterminé, un certain nombre de recherches qui préciseront les caractères morphologiques du germe, ses caractères tinctoriaux, culturels, biochimiques, antigéniques, son pouvoir pathogène éventuel.

Ce n'est qu'après ce long cheminement qu'un nom pourra être donné à ce germe. L'identification d'une bactérie n'est donc pas obtenue par une simple observation microscopique, mais à la suite de ces tests, menés de façon systématique. C'est un principe fondamental.

A partir d'un échantillon quelconque, une culture est effectuée en ensemençant le prélèvement dans un milieu approprié, incubé à une température favorable.

Généralement, après quelques heures ou quelques jours, l'examen de la culture décèle la présence de plusieurs espèces bactériennes. Il est alors indispensable de procéder à une séparation de ces bactéries.

En effet, l'identification bactérienne ne peut avoir lieu qu'à partir d'une souche dûment isolée et purifiée. C'est le second principe sur lequel repose l'identification.

Le plus souvent, on procède à une séparation par épuisement de la semence: une goutte de la culture polymicrobienne est déposée à la surface d'une boîte de Pétri contenant un milieu nutritif solide, une gélose.

La goutte est étalée sur toute la gélose à l'aide d'une tige de verre stérile; avec cette même baguette de verre, une ou deux autres boîtes de Pétri seront également ensemencées. Au fur et à mesure de son contact avec la gélose, la baguette abandonne les bactéries qui seront de plus en plus espacées les unes des autres.

Il sera alors très facile de prélever au fil de platine une seule colonie constituée par des germes issus d'une même cellule bactérienne. De cette façon par repiquage en bouillon ou en gélose des colonies d'aspects différents, on obtiendra des cultures pures des différentes espèces présentes dans le mélange initiale.

Un autre procédé consiste à utiliser des milieux sélectifs. Il s'agit de milieux renfermant une substance nocive pour certaines espèces bactériennes, mais n'entravant pas le développement d'autres bactéries.

Dans certain cas enfin, on peut aussi avoir recours au pouvoir pathogène du germe. Ces deux étapes préliminaires indispensables (mise en culture et séparation) étant faites, il est alors possible d'entreprendre l'identification de la bactérie.

L'étude des caractères morphologiques du germe permet de savoir s'il appartient au groupe des cocci, des bacilles ou des bactéries spiralées, de connaître également s'il possède ou non une spore, une capsule, des granulations des cils, en bref d'établir une fiche signalétique de son aspect extérieur.

La recherche de ses affinités tinctoriales (coloration Gram, Ziehl, ...) complète cette enquête.

Les propriétés culturelles vont renseigner sur le mode de vie de la bactérie:

- la température de développement optimum;
- la croissance en anaérobiose ou aérobie;
- la rapidité plus ou moins grande de reproduction;
- l'aspect de la culture en liquide, ou en milieu solide.

Enfin, l'étude des propriétés biochimiques permet de connaître l'équipement enzymatique du germe.

En général, à la suite de toutes ces épreuves, il est possible d'attribuer à la bactérie un nom d'espèce: une seule variété de germe possède à la fois tous les caractères morphologiques, tinctoriaux, culturels et biochimiques ainsi déterminés.

Cependant, dans certain cas, il existe à l'intérieur d'une même espèce plusieurs variétés différentes, chacune d'entre elles étant distinctes des autres par ses seuls caractères

antigéniques. L'étude de ces antigènes, permettra de porter le diagnostic de type sérologique, c'est-à-dire de sérotype, au sein de l'espèce envisagée.

Enfin, il peut être intéressant, et même indispensable, de rechercher le pouvoir pathogène de la bactérie vis-à-vis de différents animaux de laboratoire.

En conclusion, l'identification d'une bactérie ne peut se faire immédiatement par simple examen au microscope. Elle est au contraire l'aboutissement d'épreuves nombreuses et variées.

#### **I.4 / Classification des bactéries(taxinomie)**

Pour aborder l'étude d'êtres vivants présentant une très grande variété individuelle, pour les reconnaître et les identifier, il est indispensable de disposer d'une classification. C'est ainsi qu'il existe une classification botanique pour les végétaux et zoologique pour les animaux.

Ces classifications ont été établies en obéissant à un certain nombre de critères: des caractères généraux permettent d'abord de délimiter des groupes très importants, puis au fur et à mesure que les critères choisis deviennent de plus en plus précis et de plus en plus nombreux, des sous-groupes, ordres, familles, sont décrits, allant finalement jusqu'à la notion d'espèce, terme ultime de la classification.

De la même façon, l'établissement d'une classification des bactéries est apparue indispensable. Une et même plusieurs classifications ont été proposées. Elles font appel aux caractères morphologiques, tinctoriaux, chimiques des bactéries, à leur physiologie, à leur équipement enzymatique, à leur propriétés antigéniques, leur pouvoir pathogène et aussi à des notions de génétique.

De façon générale, les bactéries ou schizomycètes sont réparties en division, classe, ordre, famille, tribu, genre et espèce.

Au sein d'une même espèce, il peut exister des chimiotypes(en fonction des caractères biochimiques), des sérotypes(en fonction des propriétés antigéniques) et des lysotypes(en fonction de l'action sur ces bactéries des bactériophages, c'est-à-dire des virus actifs sur les bactéries).

## **II / Bactéries aquatiques-Infections d'origine hydrique**

### **II.1 / Bactéries aquatiques**

Les bactéries rencontrées dans l'eau peuvent avoir trois origines différentes:

- \* une origine purement aquatique: germes aquicoles, dont le métabolisme est parfaitement adapté aux conditions de température et aux concentrations en différents nutriments minéraux ou organiques ;

- \* une origine terrestre, avec des propriétés d'adaptation ou de résistance qui leur permettent de survivre , et même de se développer dans l'eau;

- \* une origine animale ou humaine: ce sont des germes de contamination, le plus souvent fécale, parfois rhino-pharyngée(baignades et piscines). On parlera de survie de ces microbes, dans l'eau, et non de multiplication.

Les différents groupes bactériens, décrits ci-dessous, seront hétérogènes dans les regroupements et on pourra constater des mêmes genres dans des groupes différents.

◆ Les bactéries phototrophes anoxygéniques

Ce sont des bactéries ne libérant pas d'oxygène moléculaire au cours de la photosynthèse. Ce sont des bactéries à Gram négatif, asporulées, de formes variables. Ce sont microbes anaérobies strictes ou facultatives.

◆ Les bactéries phototrophes oxygéniques

Elles comprennent deux groupes séparés:

- ⇒ les cyanobactéries, appelées également cyanophycées ou algues bleus
- ⇒ les prochorales

◆ Les bactéries chimiotrophes

Ce groupe est très hétérogène. On y trouve:

- ⇒ les bactéries oxydant l'hydrogène moléculaire(hydrogenobacter)
- ⇒ les bactéries nitrifiantes(nitrobacter)
- ⇒ les bactéries oxydant les composés réduits du soufre(macromonas)
- ⇒ les bactéries oxydant et précipitant le fer et / ou le manganèse(thiobacillus)

◆ Les bactéries appendiculées ou bourgeonnantes

Ce sont des germes à Gram négatif, le plus souvent aérobies, de morphologie très variée. Les pédoncules sont formés de microfibrilles très fines(2 nm chez Gallionella).

◆ Les myxobactéries

Les particularités des myxobactéries sont les suivantes:

- \* formation de corps fructifiants(essaim de cellule végétative)
- \* possibilité de déplacement par glissement
- \* paroi mince et flexible

◆ Les spirochètes

Elles sont représentées par un seul ordre, celui des spirochaetales

◆ Les bactéries à Gram négatif, aérobies ou micro aérophiles

On y trouve:

- ◇ les bactéries spiralées ou incurvées(camphylobacter)
- ◇ les bactéries rectilignes ou sphériques(pseudomonas, legionella)

◆ Les bactéries à Gram négatif, anaérobies facultatives

Elles comportent deux familles de germes aquatiques:

- ◇ Enterobacteriaceae colonise le tube digestif des animaux et de l'homme(klebsiella, coliformes, escherichia, salmonella, shigella, yersinia)



- ◇ vibrionaceae: ce sont des batonnets droits ou incurvés, mobiles par flagelles(vibrio cholerae)
- ◆ Les bactéries réductrices des sulfates(desulfomonas)
- ◆ Cocci à Gram positif
  - ~ micrococcus: habite dans l'épiderme des mammifères
  - ~ staphylococcus: hôte de l'épiderme des mammifères mais aussi des muqueuses et du tube digestif (staphylocoque)
  - ~ streptococcus enterococcus: parasite de l'homme et des animaux
- Les bactéries à Gram positif, endosporulées
  - ~ bacillus(bacillus anthracis, maladie du charbon)
  - ~ clostridium(clostridium perfringens)

## II . 2 / Infections d'origine hydrique

### II .2.1/ Pouvoir pathogène

Le pouvoir pathogène, c'est-à-dire la propriété que possède certains germes de provoquer la maladie, est la résultante de l'action d'un micro organisme sur l'hôte et de la réceptivité de ce dernier.

Il est donc difficile d'opposer bactéries pathogènes et non pathogènes.

Par convention on parlera de bactéries pathogènes ou pathogènes spécifiques pour évoquer le pouvoir, bien connu de certaines espèces bactériennes de provoquer des troubles spécifiques chez l'homme bien portant, et de bactéries pathogènes opportunistes pour celles qui engendrent des troubles non spécifiques chez un sujet immunodéprimé. La bactérie pathogène est celle qui a le pouvoir de s'implanter, de se multiplier chez l'hôte et de produire des troubles.

Les maladies d'origine hydrique sont des infections, qui sont dûes à un agent infectieux, bactérie, virus, ou protozoaire. Les plus anciennes connues sont la fièvre typhoïde, la dysentérie bacillaire, le choléra. Aujourd'hui, les infections les plus courantes sont les diarrhées. Elles sont engendrées par des de très nombreux micro-organismes.

### II .2.2 / Transmission hydrique

La transmission d'une maladie infectieuse fait intervenir un agent infectieux, un sujet réceptif, et une voie d'introduction. Dans le cas des infections d'origine hydrique, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains, ou des animaux.

### Réservoir de germes

L'agent pathogène peut-être porté par l'homme ou l'animal, soit en incubation de maladie, soit au cours de la maladie, soit pendant la convalescence, soit encore plus tardivement(porteur chronique). Il existe surtout des porteurs sains qui éliminent et disséminent autour d'eux ces germes dangereux, sans faire eux-mêmes de troubles.

Dans le cas des maladies hydriques, les agents contaminateurs proviennent habituellement du tube digestif de l'homme ou de l'animal et sont éliminés principalement par les matières fécales, éventuellement par les urines.

### **Les individus réceptifs**

Pour qu'une maladie se propage dans une population, il est nécessaire qu'une fraction des individus soit sensible à l'agent infectieux. L'immunité, c'est-à-dire la protection des individus, résulte des moyens que possède l'organisme, de reconnaître l'agent infectieux(antigène), puis de répondre à l'agression(réponse immunitaire).

### **Mode transmission**

Les agents pathogènes(parasites, bactéries, virus) véhiculés par l'eau d'alimentation se transmettent par la voie digestive. Mais les eaux peuvent provoquer des infections par d'autres voies. Les eaux chaudes sanitaires, favorisant la multiplication des legionella, peuvent les disperser dans l'atmosphère par les robinets.

### **Doses infectieuses**

La présence de bactéries pathogènes dans une eau d'alimentation est toujours indésirable, mais ne signifie pas obligatoirement que les individus qui absorberont cette eau contaminée seront infectés ou seront malades. En effet il faut encore que la dose ingérée soit infectieuse.

## **II .2.3 / Panorama épidémiologique**

Les maladies diarrhéiques demeurent un énorme problème de santé publique dans les pays en voie de développement. Les renseignements fournis par l'O.M.S, dans le cadre des programmes de lutte contre les maladies diarrhéiques, indiquent qu'un tiers environ de tous les décès d'enfants de moins de 5 ans est dû à ces maladies.

Le choléra, qui est la plus grave des maladies diarrhéiques, continue de s'étendre dans certaines régions, particulièrement en Afrique. Une enquête menée par l'O.M.S. en 1980 dans les pays en voie de développement enregistrait un milliard d'épisodes de diarrhées et, selon une estimation, 5 millions de décès d'enfants âgés de moins de 5 ans.

## **II .2.4 / Infections bactériennes**

Pour déclencher une infection intestinale aiguë, la bactérie doit coloniser un étage du tube digestif. Il s'accompagne souvent de la production de substances(toxines). Nous étudierons, par la suite que les principales infections d'origine hydrique.

### **Salmonella**

Les Salmonella forment un genre à l'intérieur duquel on distingue 5 sous genre, eux-mêmes répertoriant plus de 2000 sérotypes ayant des noms d'espèces.

Les Salmonella peuvent être strictement adaptées à un hôte ou être ubiquiste, c'est-à-dire rencontrées dans un grand nombre d'espèces animales ou encore sans signification pathogénique.

Les sérotypes adaptés à l'homme sont S. ser. Typhi, S. ser. Paratyphi, S. ser. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde; elles ne sont pathogène que pour l'homme. Parmi les salmonelloses humaines on distingue:

- les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes dûes à S. ser. Typhi, S. ser. Paratyphi A, B et C, S. ser. Sendai
- les gastro-entérites aiguës, beaucoup plus fréquentes, dues à un très grand nombre de sérotypes
- les septicémies chez les sujets immunodéprimés

### **Shigella**

Le genre Shigella est divisé en 4 espèces, et chaque espèce en sérotypes.

Les Shigella sont pathogènes, uniquement pour l'homme et les primates. Elles sont responsables de la dysentérie bacillaire et de gastro-entérites et diarrhées, engendrées souvent par l'eau et les aliments.

Les Shigella sont caractérisées par leur aptitude à coloniser le gros intestin.

La dysentérie bacillaire est endémique dans de nombreux pays en voie de développement.

### **Escherichia coli**

L'espèce Escherichia coli est subdivisée en sérotypes, sur la base des antigènes O, K et H.

C'est l'hôte commun de l'intestin de l'homme et des animaux. Il est recherché à ce titre comme germe témoin d'une contamination fécale dans l'eau et les aliments.

A l'intérieur de l'espèce, on reconnaît des pathotypes responsables d'infections intestinales (gastro-entérites et diarrhées).

Les infections intestinales dues à Escherichia coli demeurent endémique dans les pays sous développés notamment en Afrique.

### **Yersinia enterocolitica**

Le genre Yersinia comprend plusieurs espèces dont Y. enterocolitica.

Y. enterocolitica a fait l'objet de classifications sub-spécifiques dont une antigénique, indispensable du point de vue épidémiologique.

Les gastro-entérites à Y. enterocolitica se caractérisent par des douleurs abdominales, de la diarrhées, des vomissements et des nausées inconstantes.

Les espèces les plus adaptés à l'espèce humaine sont exceptionnels dans les eaux de surface, les eaux d'alimentation, le sol, les végétaux, les animaux, etc et donc rarement responsables d'épidémies.

### **Vibrio cholerae**

Le genre Vibrio comprend plus de 30 espèces qui toutes sont aquatiques.

L'espèce la plus importante est Vibrio cholerae.

Le choléra est caractérisé par une diarrhée aqueuse qui s'accompagne d'une déshydratation extrême, d'où son caractère de gravité en l'absence de traitement de réhydratation. C'est une maladie des mains sales et des eaux polluées.

Son évolution dans le monde a connu trois grandes périodes, deux d'expansions entrecoupées d'une période de régression du début du XX<sup>e</sup> siècle jusqu'aux années 70. De nos jours il y a une résurgence des cas de choléra, favorisée par la pauvreté et les conflits.

L'Afrique qui avait été épargnée est atteinte au début des années 70, privilégié par le bas niveau d'hygiène et la misère.

### Camphylobacter jejuni

Dans le genre Camphylobacter, deux espèces très voisines, *C. jejuni* et *C. coli*, sont responsables de gastro-entérites chez l'homme. Sa fréquence est plus élevée chez les enfants avant 3 ans, mais le germe peut infecter les adultes de façon sporadique ou épidémique.

Sous sa forme habituelle, l'entérite à *C. jejuni* se caractérise par la diarrhée (constante), des douleurs abdominales (fréquentes), de la fièvre (inconstante) et, quelquefois, des vomissements.

Ce sont des bactéries du tube digestif des volailles, que l'on retrouve au niveau de la viande de volaille crue, du lait, de la viande de porc et, éventuellement, des eaux de surface contaminées.

### Legionella

La maladie du légionnaire a été individualisée cliniquement en 1976, à la suite de l'épidémie, survenue à Philadelphie, au cours du 58<sup>ème</sup> congrès de l'American Legion. Il s'agit d'une pneumopathie extensive, grave, accompagnée de troubles digestifs (diarrhées, douleurs abdominales), neurologiques (agitations, hallucinations, ...).

Les Legionella constituent un vaste groupe de bacille à Gram négatif comprenant 35 espèces. La principale, *Legionella pneumophila*, est responsable de la majorité des cas de legionelloses. Elles abondent dans les eaux de rivières, d'étangs, de lacs, etc. Leur croissance est fortement favorisée par la température, d'où leur prolifération dans les réseaux d'eau chaude sanitaire, dans les tours d'aéro-refroidissement, dans les caissons d'humidification.

Les sites contaminés ne sont dangereux que dans la mesure où les Legionella peuvent se multiplier, ce qui n'est pas le cas des réseaux de distribution d'eau potable. De plus la contamination se propage par voie aérienne et non digestive.

Tableau I: Principales maladies hydriques et leurs agents de transmission

ORGANISMES	MALADIES	TRANSMISSION	SITE ATTEINT
BACTERIES	ETIOLOGIE BACTERIENNE		
• Enterobacteriaceae		voie digestive	appareil digestif
- Salmonella typhi (a)	Fièvres typhoïdes et para-	"	"
paratyphi A et B	typhoïdes	"	"
- Shigella dysenteriae (a)	Dysenteries bacillaires	"	"
- Escherichia coli	Gastro-entérites et	"	"
entéropathogène (a)	diarrhées	"	"
- Yersinia enterocolitica (a)	"	"	"
• Vibrionaceae			
- Vibrio cholerae (a)	Choléra	"	"
- Aeromonas hydrophila	Gastro-entérites et	"	"
pathogène (a) et sp. (b)	diarrhées	"	"

spirilaceae			
- Camphylobacter jejuni (a)/coli (a)	"	voie cutané-muqueuse et /ou digestive	foie, muqueuses
• Autres familles			
- Leptospira sp.(a)	Leptospirose	"	muqueuses
- Pseudomonas aeruginosa (b)	Surinfections	voie cutané-muqueuse	"
- Francisella tularensis(a)	Tularémie	voie digestive et /ou orale	sang,méninges,
- Staphylococcus aureus(a)	Infections localisées	voie respiratoire	muqueuses,pou
- Listeria monocytogenes(a)	Listériose	voie digestive et /ou respiratoire	muqueuses
- Legionella pneumophia(a)	Légionellose		
- Mycobactérium sp.(b)	Mycobactériose		
PARASITES		ETIOLOGIE VIRALE	
. Virus			
- virus de l'hépatite A	Hépatite infectieuse		foie
- Entérovirus			
* polio virus	Poliomyélite		moelle épinière
* coxakie virus A et B	Infections localisées		cœur, muscles
* échovirus	Gastro-entérites,méningites		intestin, méning
- réovirus	maladies respiratoires, diarrhées		appareil digestif respiratoire
- adénovirus	Pharyngites		pharynx
- autres			appareil digestif
* astrovirus	Gastro-entérites et diarrhées		"
* coronavirus	"		"
* calcivirus	"		"
* parvovirus(Norwalk)	"		"
. Protozoaires			
	Etiologie parasitaire(autre que virale)		"
- Giardia lamblia	Gastro-entérites et diarrhées		"
- Cryptosporidium sp.	"		"
- Entamoeba histolitica	Dysenterie amibienne		"
. Métazoaires			
- helminthes	helminthiases		
- Ascaris lumbricoïdes (nématode)			
- taenia saginata(cestode)			

Source : JSM N°3 1995 90<sup>ème</sup> ANNEE

## **Troisième partie:**

### **EVALUATION DE LA QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE CONSOMMATION A BOBO-DIOULASSO**

Dans cette partie, nous abordons l'étude proprement dite du thème. Mais avant tout, il est nécessaire de savoir en quoi consiste le contrôle bactériologique. Nous verrons ensuite les méthodes de prélèvement et d'analyse des eaux, spécifiquement au centre Muraz.

Nous verrons également les procédés de traitement de l'O.N.E.A de Bobo et leurs actions sur les microorganismes.

La partie centrale du travail est axée sur le traitement des données de 1994-1995-1996. Nous terminerons sur des recommandations et des suggestions.

#### **I / Le contrôle bactériologique**

##### **I.1 / Les indicateurs**

L'eau destinée à l'alimentation humaine peut contenir des microorganismes pathogènes. Ce sont des bactéries, des virus, des champignons, des protozoaires, ou des algues.

Cette eau doit être potable c'est-à-dire incapable de nuire aux consommateurs.

La grande majorité de ces microorganismes nocifs se propage dans le milieu aquatique, par l'intermédiaire des souillures fécales humaines ou animales.

La mise en évidence de ces contaminations fécales est la base même de l'analyse bactériologique de l'eau d'alimentation.

Elle consiste à rechercher et à dénombrer certains groupes de bactéries, ou certaines espèces, les plus représentatives d'une telle contamination et dont la présence ne constitue pas un risque pour la santé. On les appelle des indicateurs de contamination fécale.

Les tests auxquels sont habituellement soumises les eaux d'alimentation sont:

- 1- Le dénombrement des bactéries(germes totaux)
- 2- Le recherche et le dénombrement des Coliformes
- 3- La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux
- 4- La recherche et le dénombrement des spores de Clostridium

Un indicateur idéal doit répondre à certaines exigences:

◇ épidémiologiques:

Des études épidémiologiques doivent établir la relation qui existe entre un indicateur, sa nature, son taux, et la probabilité d'apparition d'infections dans une population .

◇ écologiques:

Un bon indicateur doit être spécifique d'une contamination fécale, c'est-à-dire constamment rencontré dans les fèces d'animaux à sang chaud, et toujours absent de l'environnement pollué. Il doit coexister avec les germes pathogènes. Son taux doit être élevé dans les matières fécales. Il sera isolé dans l'eau lorsque les pathogènes sont présents et, mieux précéder leur apparition; il doit être présent en plus grand nombre que les pathogènes.

◇ bactériologiques:

L'indicateur doit être plus résistant aux agents désinfectants que les pathogènes et incapable de se multiplier dans l'eau.

◇ taxonomiques:

L'indicateur doit être parfaitement reconnu et classé en tant qu'espèce.

◇ technique:

Un bon indicateur doit être facile à détecter, rapidement et au moindre coût.

Les indicateurs de bactéries couramment utilisés sont:

- les coliformes: ce sont des bacilles à Gram négatifs, non sporulés oxydase, aérobies ou anaérobies facultatifs.
- les streptocoques fécaux: ce sont des bactéries cocci à Gram positif groupées en chaînette, aéro-anaérobies facultatifs.
- les bactéries anaérobies sulfite-réductrices, clostridium: ce sont des bactéries à gram positif, sporulées, anaérobies stricts.

## **I. 2 / Dénombrement des microorganismes aérobies mésophiles revivifiables (germes totaux)**

Le dénombrement des microorganismes aérobies s'effectue par comptage des colonies, après inoculation d'une quantité définie de l'échantillon, dans un milieu de culture gélosé ou à la surface de ce milieu.

On a coutume de distinguer deux catégories fondamentales sur le plan de l'hygiène: les germes saprophytes (non pathogènes), qui se développent à 22°C, et les germes dites "pathogènes" qui se développent à 37°C.

Cette distinction découle du fait qu'à 22°C on favorise le développement des germes spécifiques de l'eau, et qu'à 37°C (température du corps humain), on sélectionne les microorganismes provenant de l'homme ou des animaux à sang chaud et de leurs sécrétions.

Il ne s'agit donc pas de germes pathogènes proprement dits, mais plus exactement de bactéries hébergées par l'homme ou l'animal. Cette spécificité des germes, vis-à-vis de l'eau, ou vis-à-vis de l'homme, est plus ou moins stricte. De nombreux germes, considérés généralement comme des saprophytes, sont capables de se développer à 37°C et plus.

La signification du nombre de bactéries dans un échantillon doit être interpréter différemment, selon qu'il s'agit d'une eau de captage, d'une eau distribution, d'une eau en cours de traitement, ou encore d'une eau minérale.

## **I.3 / Les indicateurs bactériens: leur usage et leurs limites**

Le contrôle bactériologique, basé sur la recherche des indicateurs de contamination fécale, a été le complément indispensable des traitements qui ont permis de détruire les agents infectieux et d'éradiquer les infections.

La connaissance bactériologique portant sur les deux principaux groupes d'indicateurs, coliformes et streptocoques fécaux, ont considérablement progressé. Il importe d'en adapter l'usage.

Les épidémies ont changer de visage; les indicateurs bactériens sont mieux connus et malgré certaines insuffisances ils continuent à être utilisés, alors que le panorama épidémiologique a changé.

Le meilleur indicateur de risque est l'agent de désinfection, le plus souvent un produit chloré.

Les indicateurs bactériens usuels sont représentatifs des agents infectieux traditionnels (Salmonella, Shigella, Vibrio) et, en tant que tels, leur usage doit être poursuivi.

Ils ne sont pas habitués à la situation actuelle où les infections virales semblent privilégiés. Ils ont une sensibilité beaucoup plus grande que les pathogènes (virus ou protozoaires), qu'ils sont censés représenter. Ce ne sont donc pas de bon indicateurs de traitement pour les virus ou les protozoaires.

Il reste ainsi à promouvoir de nouveaux indicateurs plus adaptés, en particulier au contaminations virales.

On distingue le contrôle préventif et le contrôle rétrospectif

- ◊ le contrôle préventif, c'est le cas le plus général, c'est la mesure du taux de chlore libre. Elle est la seule à permettre de prévenir le risque puisqu'on peut connaître ce taux en temps réel.
- ◊ le contrôle rétrospectif, c'est la surveillance bactériologique. Il ne peut être préventif car il est trop tardif pour permettre d'intervenir et d'éviter les risques.

Les consommateurs ont déjà absorbé l'eau polluée et dangereuse lorsque la contamination est connue. Cependant, il a un double intérêts; Il permet, d'une part, de confronter les données de l'analyse avec celles du terrain. D'autre part, lorsqu'il révèle une anomalie, il peut être le point de départ d'une enquête épidémiologique.

Deux types principaux de difficultés peuvent être rencontrées, au cours du contrôle bactériologique:

(1) La première et la plus importante est de savoir si le contrôle bactériologique, tel qu'il est mis en pratique actuellement dans le monde entier, garantit l'absence de risque infectieux pour le consommateur, ou le risque minimum.

(2) A l'opposé de ce type de situation, il est possible que le contrôle surestime un risque à travers les résultats de l'analyse.

Dans tous les cas, la confrontation des données du laboratoire et de celles obtenues sur le terrain est essentielle. Le contrôle bactériologique ne saurait être un acte isolé. Il ne pourra s'exercer, avec le minimum d'efficacité, que par l'interprétation des informations biologiques (laboratoire) et technologiques (terrain) avec une collaboration étroite entre biologistes et ingénieurs techniciens.



#### I. 4/ Réglementations sur la qualité de l'eau: Normes

La nature et la complexité des traitements de potabilisation de l'eau dépendront de la qualité de la ressource; Cette qualité est évaluée au moyen des critères chimiques et bactériologiques, et fait l'objet de normes ou de recommandations dans de nombreux pays.

En l'absence de réglementation dans le contexte africain en général, les décrets de la CEE et/ou de l'OMS font état de directives applicables, à savoir:

⇒ l'exigence fondamentale de la qualité: absence de tout microorganisme pathogène.

⇒ en raison de la présence de certains microorganismes d'origine non fécale, il est nécessaire de compléter cette règle par des examens complémentaires en tenant compte des réalités du milieu.

**Tableau II :** Normes françaises, européennes, américaines, et de l'OMS

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	UNITE	OMS		CEE		FRANCE		USA	
		NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA	NG	CMA
• Germes indicateurs									
- coliformes totaux	u /100ml	0 <sup>(a)</sup>	-	-	0 <sup>(a)</sup>	-	0 <sup>(a)</sup>	-	0 <sup>(a)</sup>
- coliformes thermotolérants	"	0	-	-	0	-	0	-	0
- streptocoques fécaux	"	-	-	-	0	-	0	-	-
- spores de bactéries flore hétérotrophe aérobie :	u /100ml	-	-	-	1	-	1	*	-
*37°C /24h	u /100ml			10	-		(b)	-	-
*22°C /72h	"			100	-		(b)	-	*
• Germes pathogènes	u /100ml	-	-	absence					
- salmonelles				(c)	-	absence	0	-	-
- staphylocoques				(c)	-		0	-	-
- entérovirus	u /ml			(c)	-		0	-	-
- bactériophages fécaux	u /ml			(c)	-		0	-	-
(a)	. absence dans au moins 95% des échantillons								
(b)	. valeurs de référence : Eau désinfectées: sortie de station 2(37°C) et 20(22°C) u/ml : Eau distribuées : 10(37°C) et 100(22°C) u/ml								
(c)	. à rechercher pour compléter l'examen microbiologique d'une eau. De plus, il est précisé que les eaux ne devraient pas contenir d'organismes parasites, d'algues, ni d'autres animacules								
NG	. niveau guide								
CMA	. concentration maximale admissible								

Source : JSM N°3 1995 90<sup>ème</sup> ANNEE

**Tableau III : Critères de qualité des eaux brutes destinées à la production d'eau alimentaire**

Echantillonnage pour les populations desservies			Coliformes totaux /100ml	Coliformes fécaux /100ml	Streptocoques D /100ml	Salmonella	
>10000	>30000	>100000					
<=30000	<=100000						
A1	1	2	3	50	20	20	0 / 5 L
A2	2	4	8	5000	2000	1000	0 / 1 L
A3	3	6	12	50000	20000	10000	

A1, A2, A3 : Procédés de traitements types permettant la transformation des eaux superficielles en eau alimentaire

A1 : Traitement physique simple et désinfection ; par exemple, filtration rapide et désinfection

A2 : Traitement normal physique, chimique et désinfection ; par exemple, pré chloration, coagulation, floculation, décantation, filtration et désinfection(chloration finale)

A3 : Traitement physique et chimique poussé d'affinage et de désinfection ; par exemple chloration au break point , coagulation, floculation, décantation, filtration, affinage(charbon actif) et désinfection(ozon chloration finale)

Source : JSM N°3 1995 90<sup>ème</sup> ANNEE, valeur guide CEE.

## II / Procédés de traitements de l'O.N.E.A de Bobo, Action sur les microorganismes

### II. 1 / Procédés de traitement

La ressource servant à l'approvisionnement en eau de la ville de Bobo se fait à partir de sources d'eau pérennes qui constituent le plafond du Houet à Nasso, situé à 17Km de Bobo.

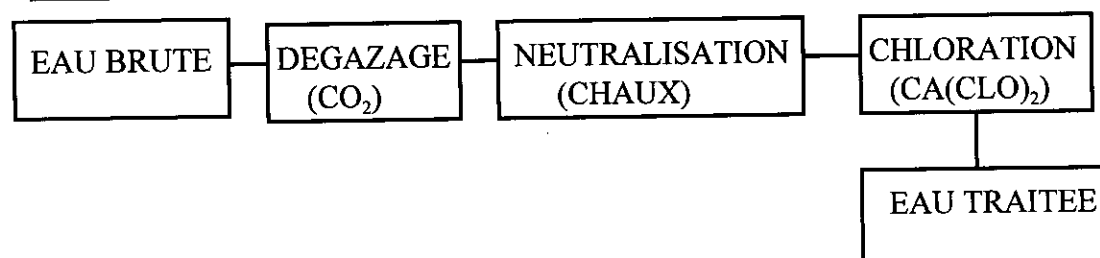
Le débit est de 1330m<sup>3</sup>/h et la profondeur captée de 3.80m et une prise d'appoint exploitée, pendant 2 mois avec un débit de 550 m<sup>3</sup>/h.

La station de traitement comprend:

- ◇ une unité de traitement de dégazage du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) constituée d'un anneau de Rashig. L'eau sous pression est déversée sur l'anneau .
- ◇ une unité de neutralisation à la chaux: saturateur d'eau de chaux + pompes doseuses. Ce traitement a pour objectif de relever le PH de l'eau qui est agressive(PH=5 à 5.5).
- ◇ une unité de chloration : on prépare et on injecte du Ca(ClO)<sub>2</sub> (hypochlorite de calcium) pour la désinfection et le pouvoir rémanent; dosage: 5.4 g/l.

Il s'agit d'un traitement de niveau A<sub>1</sub>(normes européennes):traitement physique simple(dégazage) + neutralisation + désinfection.

#### Procédés de traitement à Nasso



## II . 2 / Action sur les micro organismes

Nous allons nous intéresser dans ce paragraphe uniquement à l'action des oxydants(chlore et ses dérivés).Le dégazage et la neutralisation à la chaux bien qu'ayant des effets sur les micro organismes sont d'une part minimes par rapport à la désinfection, d'autre part méconnus.

Les oxydants sont utilisés, en tête et en cours de traitement ,pour améliorer la biodégradabilité de certaines molécules organiques, pour éliminer certains micro-polluants, et comme barrière désinfectante.

En fin de traitement, ils servent au maintien de la qualité micro-biologique dans le réseau de distribution.

Dans le cas de la station de Nasso, qui alimente Bobo, il s'agit d'une chloration finale qui joue un double rôle : désinfection et pouvoir rémanent (maintien de la qualité dans le réseau).

Le but exclusif des oxydants, au départ, a été de détruire ou d'inactiver les micro organismes et, parmi eux, l'attention était particulièrement fixées sur les bactéries. A l'époque on ne parlait pas d'oxydants mais de désinfectants ou de stérilisants.

C'est au début des années cinquante ,que leur rôle dans l'oxydation des matières réductrices contenues dans l'eau(matières minérales et surtout organiques), a été reconnu et utilisé, parallèlement à leurs propriétés désinfectantes.

### Mode d'action des oxydants

Le mode d'action des oxydants sur les micro organismes est relativement mal connu ,car le nombre de variables interférentes est trop important.

Il dépend principalement :

- ◇ de la nature de la cible : virus ,bactéries ,protozoaires
- ◇ de la concentration en oxydant et du temps de contact
- ◇ des conditions expérimentales(PH, force ionique).

Deux oxydants ont une action différente de celles des autres :

\*l'ozone est le seul oxydant capable, aux doses utilisés en désinfection des eaux, de modifier la structure chimique des lipides, et donc d'altérer l'enveloppe des virus.

\*le rayonnement ultraviolet, pour lequel la cible est toujours l'acide nucléique, quels que soient les micro-organismes en présence, ou les doses utilisées.

Par la suite, nous ne nous intéresseront qu'aux mécanismes d'inactivation des bactéries.

Les sites d'action des désinfectants vis-à-vis des bactéries sont de 3 ordres :

- ◇ la membrane cytoplasmique :elle est la cible privilégiée des désinfections à concentration faible ou modérée. Il en résulte une augmentation de la perméabilité cellulaire.
- ◇ les enzymes intervenants dans le cycle respiratoire , ceux-ci étant étroitement liés à la membrane; ainsi que ceux intervenant dans la synthèse protéique.
- ◇ les acides nucléiques(ARN, ADN)

On peut y ajouter les adhésines, responsable de la fixation des bactéries et du pouvoir pathogène.

Les oxydants couramment utilisés dans la désinfection de l'eau sont de deux types :

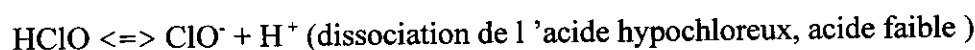
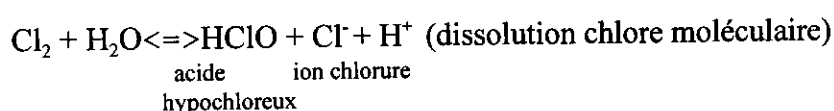
- ◆ les oxydants chlorés : le chlore et ses dérivés, la monochloramine, et le dioxyde de chlore.
- ◆ l'ozone.

Les rayonnements ultraviolets ne font pas parties des oxydants mais ils ont un pouvoir germicide, donc désinfectant, et sont également utilisés.

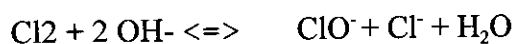
Nous n'étudierons que le chlore et ses dérivés (acide hypochloreux, hypochlorite) : cas de la station de Nasso.

Le chlore est de nos jours, le plus employé de tous les oxydants utilisés en désinfection. La modicité de son coût, sa simplicité d'emploi, surtout dans les petites installations, et sa rémanence dans les réseaux de distribution, sont les arguments principaux en faveur de son utilisation.

La station de Nasso utilise l'hypochlorite de calcium en solution (eau de Javel). Les réactions du chlore dans l'eau sont les suivantes :



réaction de formation d'eau de Javel, en milieu très alcalin :



La proportion de HClO et ClO<sup>-</sup> sont fonction du PH et de la température.

Dans une eau chlorée, contenant des matières organiques, comme c'est le cas pour toutes les eaux d'alimentations, même d'origine souterraine, le chlore se trouve à la fois sous forme de chlore libre et de chlore combiné.

D'autre part, le chlore libre sera toujours un mélange d'acide hypochloreux et d'hypochlorite, aux PH rencontrés dans les eaux d'alimentation.

L'O.M.S recommande un résiduel de chlore libre de 0.1 à 0.2 mg/l.

### **III/ Méthodes de prélèvement et d'analyses de l'eau : CAS DU CENTRE MURAZ**

Depuis 2 ans un contrat de surveillance de la qualité de l'eau lie l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) de Bobo et le centre Muraz.

Dans le cadre de ce contrat, deux fois par mois, un technicien du centre et un technicien de l'ONEA font des prélèvements au niveau de 6 bornes fontaines (3 bornes fixes et 3 bornes mobiles) et un prélèvement au niveau de la source à Nasso (eau brute).

Dans ce paragraphe, nous aborderons spécifiquement les méthodes employées au centre Muraz, concernant les méthodes générales se reporter à l'annexe.