

BURKINA FASO
Unité-Progrès-Justice

**Ministère des Enseignements Secondaire et
Supérieur (MESS)**

**OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET
DE L'ASSAINISSEMENT**

**Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso
(UPB)**



**INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE**



MEMOIRE DE LICENCE PROFESSIONNELLE EN AGROALIMENTAIRE

THEME :
**EFFICACITE DE LA DESINFECTIION DES EAUX
AU CHLORE (HYPOCHLORITE DE SODIUM) :**
CAS DE NASSO

Soutenue par : BONKOUNGOU Passéba Amandine

Maître de stage :
M^r Adama SANOU

Directeur de mémoire
Dr. Salifou OUEDRAOGO

Période : 1^{er} juillet au 30 novembre 2010

TABLE DE MATIERES

DEDICACE.....	Erreur ! Signet non défini.
REMERCIEMENTS.....	iii
AVANT - PROPOS.....	iv
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	v
RESUME.....	vi
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : SYTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
I. LA PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	4
II. LA DEFINITION DES CONCEPTS.....	5
2.1- L'eau potable.....	5
2.2- La rémanence.....	5
2.3- La norme.....	5
III. L'EAU POUR LA CONSOMMATION HUMAINE ET LES MALADIES PROVOQUEES PAR L'EAU.....	6
3.1. L'eau pour la consommation humaine.....	6
3.2- Les maladies provoquées par l'eau.....	7
IV. LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX DE NASSO.....	8
4.1- La situation géographique de la station de traitement.....	8
4.2- Le fonctionnement de la station.....	8
4.2.1- les ressources en eau disponible.....	8
4.2.2- Les dispositifs de traitement et de pompage.....	8
V. LA DEMANDE EN CHLORE DE L'EAU.....	9
VI. LA TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES EAUX.....	10
6.1- La neutralisation : une mise à l'équilibre calco carbonique.....	11
6.2- La filtration.....	12
6.3- La désinfection des eaux de Nasso.....	12
6.3.1- Le procédé de traitement par les rayons ultra-violets.....	13
6.3.2- Le procédé de traitement par l'ozone.....	13
6.3.3- Le procédé de traitement par le dioxyde de chlore.....	14
6.3.4- La chloration de l'eau brute de Nasso.....	14
DEUXIEMME PARTIE : MATERIELS ET METHODES.....	20
I. LA PRESENTATION DU LABORATOIRE D'ANALYSE DES EAUX DE L'ONEA DE BOBO.....	21
II. LES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.....	23
2.1-La mesure du potentiel hydrogène (pH).....	23
2.2-La mesure de la turbidité.....	24
2.3- Le dosage du chlore libre.....	24
III. LES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES.....	25
TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	27
I. L'EFFICACITE DE LA DESINFECTION DES EAUX DE NASSO.....	28
1.1-Les analyses physico-chimiques.....	28
1.2-Les analyses microbiologiques.....	31
II. LE CHLORE ET LA SANTE.....	32
CONCLUSION GENERALE.....	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35
BIBLIOGRAPHIE.....	35
ANNEXES.....	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs cibles pour la qualité des eaux sur le Réseau ONEA.....	6
Tableau 2 : Microorganismes responsables de maladies hydriques	7
Tableau 3 : Matériels d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	22
Tableau 4 : moyennes par semaine des températures journalières de l'eau brute et de celle traitée.	28
Tableau 5 : moyennes par semaine du potentiel hydrogène journalier de l'eau brute et de celle traitée.....	28
Tableau 6 : moyennes par semaine de la turbidité journalière de l'eau brute et de celle traitée.....	29
Tableau 7 : moyennes par semaine du taux de chlore libre journalier de l'eau brute et de celle traitée.....	30
Tableau 8 : moyennes par semaine du nombre de coliformes totaux journalier de l'eau brute et de celle traitée.....	31
Tableau 9 : moyennes par semaine du nombre de coliformes fécaux journalier de l'eau brute et de celle traitée.....	31

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Photo 1 : Arrivée et montée de l'eau brute jusqu'au ruisseaux.....	11
Photo 2: Descente de l'eau sur le CaCO ₃ (filtre).....	12
Photo 3: Injection du chlore dans la conduite d'eau filtrée	15
Figure 1 : activité de la membrane d'une cellule de microorganisme pathogène.	17

DEDICACE

Ce présent rapport est dédié à :

- mon défunt père BONKOUNGOU Romuald et ma mère OUEDRAOGO Pascaline ;
- mon frère BONKOUNGOU Alain ;
- mes oncles, tantes, cousins et cousines ;
- la famille TYENDREBEOGO à Sarfalao ;
- mon très cher bien aimé TAMINY Dofini Damou Sidoine
- mes camarades stagiaires et camarades de classe et tous ceux qui n'ont pas été cités.

A toute ma famille et à toutes ces personnes qui m'ont toujours donné le courage et la persévérance dans mes études.

REMERCIEMENTS

La réussite de la rédaction de ce document a été l'œuvre des efforts conjugués de plusieurs personnes à qui nous adressons de plein cœur tous nos sincères remerciements.

Nos remerciements vont particulièrement :

- à Dr. Jean Baptiste ILBOUDO, Directeur de l'Institut des sciences de la Nature et de la vie (ISNV), nous vous remercions pour votre dévouement en faveur de la formation des étudiants.
- à Dr. Salifou OUEDRAOGO, notre Directeur de mémoire, pour avoir accepté de corriger ce document.
- à Monsieur Adama SANOU, Responsable du laboratoire ONEA/Bobo, notre maître de stage, pour sa disponibilité, ses conseils et son encadrement.
- à Monsieur KONATE Soumaïla pour son accompagnement et ses multiples conseils.
- à Mademoiselle BABINE Rachelle pour sa franche collaboration et ses conseils.
- à toute la Direction Régionale de l'ONEA /Bobo.
- à l'ensemble du corps professoral et administratif de l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie, pour la formation reçue à l'Université Polytechnique de Bobo Dioulasso.
- à tous ceux qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la rédaction de ce document, puissent-ils trouver dans ce présent rapport l'expression de notre profonde gratitude.

AVANT - PROPOS

L'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie (ISNV) est une unité académique qui relève de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB). La dite école a vu le jour en Octobre 2004 et comporte deux (02) filières à savoir :

- agronomique, sanctionnée par un DEUG Agro;
- génie biologique, sanctionnée par une licence professionnelle.

La filière Génie Biologique comprend trois (3) options qui sont :

- analyse Biologique ;
- diététique et nutrition ;
- agroalimentaire dont nous sommes issues.

Dans le cadre de notre formation, un stage pratique de six (06) mois est prévu dans une industrie agroalimentaire. Pendant ce stage, l'étudiant doit consolider les connaissances théoriques par la pratique. Il doit aussi mener un travail personnel sur un thème dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude. C'est dans cet objectif que nous avons effectué notre stage à l'ONEA/BOBO. Après les visites des différents ateliers, nous avons réalisé une étude sur le thème : «Efficacité de la désinfection des eaux au chlore (hypochlorite de sodium) : cas de Nasso».

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADN :	Acide Désoxyribonucléique
AEP :	Approvisionnement en Eau Potable
ARN :	Acide Ribonucléique
DPD :	Diéthyl-p-phénylènediamine
DEUG :	Diplôme d'Enseignement Universitaire Général
DRB :	Direction Régionale de Bobo-Dioulasso
ISNV :	Institut des Sciences de la Nature et de la Vie
MES :	Matières En Suspension
NTU :	Unité de Turbidité Néphélométrique
NaClO :	Hypochlorite de Sodium
NaOH :	Hydroxyde de Sodium
OMS :	Organisation Mondiale de la Santé
ONEA :	Office National Des Eaux et de l'Assainissement
SO.NA.B.EL :	Société National d'Electricité du Burkina
UNICEF:	United Nation Children's Emergency Fund

RESUME

L'eau est un élément essentiel à la vie, non seulement pour l'être humain mais aussi pour tous les végétaux et les animaux. Sa disponibilité est nécessaire aux divers usages de l'homme (surtout l'usage alimentaire). Cependant toutes les eaux ne sont pas consommables directement parce qu'exposées à de nombreuses contaminations d'où la nécessité d'un traitement en amont avant sa distribution.

L'objectif de cette étude est d'apprécier la qualité de la désinfection de l'eau de Nasso traitée avec l'hypochlorite de sodium (NaClO). Pour ce fait, cinq (05) points d'eau ont été identifiés pour le prélèvement des échantillons à analyser. Les échantillons ont été analysés pour la détermination des paramètres physico-chimiques (température, potentiel hydrogène (pH), turbidité, chlore résiduel) et microbiologiques (coliformes totaux, coliformes fécaux).

Les résultats ont permis d'obtenir des températures moyennes qui ont varié entre 27,5 à 29,5°C et qui sont en dessous de la norme recommandée par l'OMS (35°C) pour les eaux de boisson. Les valeurs moyennes de potentiel hydrogène obtenues pour l'eau brute et l'eau traitée ont été de 5,6 et 7,3 respectivement. Des valeurs respectives de 0,04 et 0,02 de la turbidité ont été obtenues pour l'eau brute et l'eau traitée. Quant au chlore résiduel, il a été totalement absent au niveau des eaux brutes. Après traitement de l'eau au moyen de NaClO , on obtient des valeurs allant de 0,9 à 1,5mg/l. La détermination des coliformes totaux (0 à 16 colonies) et des coliformes fécaux (0 à 6 colonies), chacun pour 100 ml d'échantillon, a révélé une absence totale de germes pathogènes.

En définitive nous pouvons dire que les eaux de Nasso respectent les normes recommandées par l'OMS et celles nationales. Cette eau est par conséquent de bonne qualité sur le plan physico-chimique que microbiologique.

INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable à la vie et aux activités humaines ; c'est une ressource naturelle limitée et irremplaçable ; sa qualité est donc prioritairement une exigence de santé. C'est la raison pour laquelle il est nécessaire de la traiter et de l'économiser.

Au Burkina Faso, l'essentiel des ressources en eau est apporté par les eaux de pluies, caractérisées par une forte variation inter annuelles. Le pays dispose de ressources en eau exploitables mais inégalement réparties tant au niveau spatial que temporel.

Les ressources en eau douce de la planète sont aujourd'hui confrontées à des menaces croissantes : la pollution de l'environnement due à l'utilisation des pesticides, la contamination des sols par la déjection des animaux d'élevage, les rejets d'égouts par les industries de transformation. De plus, le réchauffement climatique et ses conséquences (sécheresse, inondations) ont un impact direct sur la quantité et la qualité de l'eau disponible. C'est ainsi que la constitution dans son titre relatif aux droits et devoirs fondamentaux, affirme clairement que « le devoir à un environnement sain est reconnu » et « que la protection, la défense et la promotion de l'environnement sont un devoir pour tous ».¹

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'UNICEF (United Nation Children's Emergency Fund), 2,2 millions de décès sont imputables chaque année à des maladies, causées par l'utilisation d'eau biologiquement impure et manque d'hygiène²; En effet, le réservoir principal des micro-organismes responsables des maladies hydriques (transmise par l'eau) est l'appareil digestif de l'homme et des animaux. Ainsi les matières fécales contiennent une grande diversité d'organismes pathogènes (bactéries, virus et parasites) qui peuvent entraîner des maladies et contaminer des porteurs sains.

Les germes pathogènes peuvent être responsables d'infections sans gravité (gastro-entérites bénignes, diarrhées) ou d'infections graves, voire fatales (choléra, typhoïde). Les plus touchés sont les jeunes enfants, les personnes âgées et les malades.

Le souci majeur de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) est de produire une eau de bonne qualité et surtout de préserver la santé des consommateurs. Pour parvenir à cela, la

¹ Ministère de l'Environnement et de l'Eau-Burkina Faso, 2001. Loi n°002-2001/AN du 08 février 2001, portant

loi d'orientation relative à la gestion de l'eau.

² WHO Weekly Epidemiological Record, 2000. n°43, 27 octobre 2000, 75:347-352. Site web: www.who.int/wer/pdf/2000/wer_7543.

réalisation d'un traitement de désinfection de l'eau au moyen de l'hypochlorite de sodium (NaClO) s'avère indispensable.

C'est dans ce cadre qu'il nous a été demandé un suivi des étapes de traitement des eaux de Nasso afin d'apprécier la qualité de l'eau d'où le bien fondé du thème de notre mémoire qui s'intitule : « **Efficacité de la désinfection des eaux au chlore (hypochlorite de sodium) : cas de Nasso** ». Pour la rédaction du mémoire, nous adopterons le plan suivant :

- une synthèse bibliographique sur l'eau.
- les matériels et les méthodes utilisés pour les analyses.
- les résultats obtenus suivi de discussions.

Et en fin de plan, une conclusion suivie des perspectives.

L'Objectif général :

- ▶ contribuer à l'amélioration de la désinfection des eaux traitées au chlore.

Les Objectifs spécifiques :

- ▶ apprécier l'efficacité du traitement au chlore sur l'élimination des germes pathogènes (coliformes totaux et fécaux),
- ▶ apprécier l'effet rémanent du chlore sur la protection microbiologique de l'eau dans les réseaux de distribution.



PREMIERE PARTIE : SYTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. LA PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

L'ONEA du Burkina Faso section de Bobo-Dioulasso est une société d'Etat créée depuis 1994. Elle a pour mission la production et la distribution de l'eau potable et de l'assainissement des eaux usées et excréta dans les centres urbains. L'ONEA est administrée par une Direction Générale installée à Ouagadougou. Elle est composée de Directions centrales comme suit :

- ✓ la Direction Financière (DF) ;
- ✓ la Direction des Ressources Humaines (DRH) ;
- ✓ la Direction de l'Exploitation (DEX) ;
- ✓ la Direction de la Planification et des Investissements;
- ✓ la Direction de l'Assainissement (DASS) ;
- ✓ la Direction Clientèle (DCL) ;
- ✓ la Direction de Maîtrise d'Œuvre de ZIGA (DMOZ)

En plus des Direction Centrales, il y'a trois (03) autres Direction rattachées à la DEX :

- la Direction Régionale de Ouagadougou (DRO) ;
- la Direction des Centres auxiliaires (Nord Ouest et Est) ;
- la Direction Régionale de Bobo-Dioulasso (DRB), où le présent stage a été réalisé.

Bobo-Dioulasso, capitale économique du pays et deuxième ville est alimentée en eau potable depuis la seconde guerre mondiale. Les premières installations furent deux (02) châteaux dont le château de la gare ferroviaire et celui de la zone cotonnière. La DRB est organisée en cinq (05) services :

- le service finance ;
- le service réseau
- le service production ;
- le service gestion clientèle ;
- le service assainissement.

Le traitement de l'eau et sa qualité relève du service de production rattaché à la DEX et se compose de la station de traitement de Nasso et du laboratoire d'analyse des eaux sis à BOLOMAKOTE (secteur 5).

II. LA DEFINITION DES CONCEPTS

2.1- L'eau potable

Selon la norme (OMS), une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites (les protozoaires) car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire: elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour le dernier aspect, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), lesquels sont par ailleurs indispensables à l'organisme. Enfin, elle ne doit pas corroder les canalisations afin d'arriver "propre" à la sortie des robinets.

2.2- La rémanence

Une eau désinfectée n'est pas forcément désinfectante. La désinfection doit non seulement tuer les germes présents dans l'eau, mais aussi les empêcher de se développer par la suite. C'est la rémanence (action qui dure) du produit utilisé qui confère à l'eau ce caractère désinfectant.

2.3- La norme

La norme est un "document établi par consensus, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné".

Pour être considéré comme une norme, le document doit remplir deux conditions :

- les moyens et méthodes décrits doivent être reproductibles en utilisant et respectant les conditions qui sont indiquées,
- elle doit avoir reçu la reconnaissance de tous.

Les valeurs cibles (normes) pour la qualité des eaux sur le réseau ONEA sont représentées dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Valeurs cibles pour la qualité des eaux sur le Réseau ONEA

Paramètres	Valeurs
pH	6,5<pH<8,5
Chlore libre	0,5< [Cl ₂] <5mg/l
Turbidité	<5NTU
Aluminium	0,2mg/l
Fluorures	≤1,5mg/l
Nitrates	11,4mg/l
Sulfates	250mg/l
Sodium	200mg/l
Potassium	50mg/l
Fer total	0,3mg/l
Arsenic	0,01mg/l
Mercure	0,001mg/l
Plomb	0,01mg/l
Zinc	3mg/l
Pesticides totaux	0,00005mg/l
Coliformes	0/100ml
Dureté totale	200mg/l

III. L'EAU POUR LA CONSOMMATION HUMAINE ET LES MALADIES PROVOQUEES PAR L'EAU

3.1. L'eau pour la consommation humaine

L'approvisionnement en eau pour la population peut se faire à partir de deux sources aux caractéristiques bien différentes :

- **Les eaux superficielles : lacs, rivières, barrages.**

Ces eaux se trouvent exposées à l'environnement, et sont donc susceptibles de pollution. Pour cela il est nécessaire de faire un traitement exhaustif pour qu'elles puissent arriver à être aptes pour la consommation humaine. Le traitement minimum à mettre en place doit comprendre une étape de clarification (coagulation, floculation, séparation des particules (sédimentation/flottation), filtration) et une étape de désinfection. L'OMS dénomme ce type de traitement en 1914, « **un traitement multi barrière** ». Ce type de traitement se fait à Ouagadougou, Banfora, Fada, Dori, Pouytenga, Koudougou. Ces eaux sont disponibles en quantité beaucoup plus importantes que les eaux souterraines.

- **Les eaux souterraines : puits, forages, sources.**

Les eaux souterraines sont normalement bien protégées par le sol et, de ce fait, rarement polluées par les activités humaines. Elles ont leur origine dans les eaux superficielles qui s'infiltré à travers les différentes couches de la terre et passent à la nappe aquifère. Ce système permet une très bonne filtration de l'eau. Mais il faut noter que certaines eaux souterraines peuvent être naturellement impropres à la consommation humaine du fait d'un contact prolongé avec des minéraux. Ces minéraux peuvent se dissoudre et libérer des éléments en quantité trop importante. Ces eaux ne sont plus aptes à la consommation humaine car elles contiennent beaucoup de minéraux à teneur supérieure à la norme recommandée.

Dans tout les cas, pour être considéré potable, l'eau doit respecter certaines caractéristiques physico-chimiques, chimiques et microbiologiques. Les eaux souterraines subissent un traitement moins intensif que les eaux superficielles.

Pour ce qui est des eaux de Nasso, elles sont naturellement claires et limpides ; il est donc nécessaire de faire un traitement chimique c'est-à-dire une mise à l'équilibre calco carbonique et une désinfection.

3.2- Les maladies provoquées par l'eau

L'eau contient une multitude de micro-organismes issus de l'activité biologique naturelle, dont certains ont la caractéristique d'être pathogènes, c'est-à-dire qu'ils peuvent provoquer des maladies. Ces micro-organismes sont présentés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Microorganismes responsables de maladies hydriques

Famille	Genre	Espèce	Maladies
Vibrionaceae	Vibrio	<i>Vibrio choléra</i> <i>Autres Vibrios</i>	Choléra, gastro-entérite, Diarrhée, septicémie
Enterobacteriaceae	Salmonella	<i>Salmonella typhi</i> <i>Salmonella paratyphi</i>	Fièvre typhoïde Fièvre paratyphoïde
	Shigella	<i>Shigella dysenteriae</i>	Dysenterie bacillaire Gastro-entérite, diarrhée
	Escherichia	<i>Escherichia coli</i>	Gastro entérite, diarrhée
	Yersinia	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrhée chez l'enfant et septicémie chez l'adulte

IV. LES ETAPES DE TRAITEMENT DES EAUX DE NASSO

4.1- La situation géographique de la station de traitement

La station de traitement est située à environ 20 km de la ville de Sya (Bobo-Dioulasso), sur le site même de la nappe souterraine dans un village de NASSO. Elle a une production d'eau potable de 1850 m³/h. Le dimensionnement des différentes installations de traitement de la station est basé sur la qualité de l'eau à traiter, les caractéristiques de l'eau brute et les objectifs de traitement qui sont entre autre la neutralisation, la filtration et la désinfection.

4.2- Le fonctionnement de la station

4.2.1- les ressources en eau disponible

La ville de Bobo-Dioulasso est alimentée en eau potable par l'ONEA à travers des ressources :

ONEA 1 : cette source est localisée dans la forêt classée du KOU à une vingtaine de km à l'Ouest de la ville de Bobo-Dioulasso. Elle est munie de trois pompes de 750m³/h chacune, plongée à cinq (05) mètres de profondeur dont une est en secours, et les deux autres fonctionnelles avec un débit de 1350m³/h.

Les forages F1 et F2 : avec un débit volumique de 250m³/h chacun, ils sont équipés de deux (02) pompes chacun situées à environ 24m pour F1 et à 36m pour F2. Ces pompes sont placées sous la côte du terrain naturel. La capacité totale d'exhaure est d'environ 1850m³/h.

ONEA II et la Guinguette : une deuxième source naturelle dénommée ONEA II et la source de la guinguette sont encore inexploitées. Ces sources constituent un espoir en ce qui concerne le ravitaillement en eau potable de la ville de Bobo-Dioulasso.

4.2.2- Les dispositifs de traitement et de pompage

La station de NASSO est dotée d'une station de traitement et de pompage :

La station de traitement est composée de :

- six (06) ruisseaux pour l'aération de l'eau ;
- six (06) filtres contenant des couches de sables et de carbonate de calcium ;
- trois (03) pompes d'eau de lavage d'une capacité de 450m³/h ;

- deux (02) compresseurs d'air de lavage ;
- deux (02) électrolyseurs pour la production de NaClO à partir du sel de cuisine ;
- six (06) pompes doseuses pour la désinfection des eaux brutes en provenance des cinq (05) pompes d'exhaures de la source et des deux (02) forages F1 et F2.

La station de pompage permet le stockage de l'eau traitée et sa distribution vers la ville. Elle est munie de :

- d'une (01) bache de stockage d'une capacité de 1500m³ ;
- quatre (04) pompes de surface avec un débit de 385m³ chacune. Elles refoulent l'eau stockée vers les réservoirs de **Bolomakote** (4000m³) et le château de **Lafiabougou** (1500m³).
- trois (03) pompes de surface d'un débit de 350 m³/h chacune qui refoulent l'eau vers le réservoir d'eau de **Bama** (3000m³).

V. LA DEMANDE EN CHLORE DE L'EAU

Lorsque du chlore est introduit dans une eau pour sa désinfection, une partie de ce chlore se combine immédiatement avec les matières organiques pour former des composés stables. Cette fraction de chlore introduit ne pourra plus servir à la désinfection de l'eau : On l'appelle « la demande en chlore » de cette eau. Pour cela, lorsqu'on veut déterminer la quantité de chlore, on doit prendre en compte les composantes de l'eau (brome, ammoniacque, sulfure d'oxygène, fer dissout, bactéries, virus) qui réagissent avec le chlore. Beaucoup d'impuretés dans l'eau exigent une grande quantité de chlore. Par conséquent, avant de décider de la dose de chlore nécessaire pour la désinfection, il faut établir l'exigence de chlore c'est-à-dire la quantité de chlore qui est consommée jusqu'à l'apparition du résiduel.

Dans le cas de l'analyse de la demande en chlore de l'eau souterraine de Nasso, une recherche a été menée dans le but de déterminer la dose de chlore à appliquer. Pour cela, nous avons d'abord introduit 500ml d'échantillon (l'échantillon utilisé est l'eau après filtration) dans une fiole dans laquelle nous avons ajouté 0,5ml de NaClO. Après homogénéisation, nous avons prélevé 100ml et doser en ajoutant 5ml de tampon (pH 6,5) et 5ml de Diéthyl-p-phénylènediamine (DPD). Le mélange a été titré immédiatement par la solution ferreuse (sel de Morh). Le volume nécessaire obtenu à la décoloration est noté V_1 .

Pour notre cas $V_1 = 5,4\text{ml}$, d'où le titre est : $T_1 (\text{mg/l}) = 5,4\text{mg/l}$

Ensuite, après une heure, nous avons introduit 5ml de tampon (pH 6,5) et 5ml de DPD dans un erlenmeyer, dans lequel nous avons ajouté 100ml de l'échantillon préparé préalablement puis titré immédiatement par la solution ferreuse (sel de Morh)

Le volume nécessaire obtenu à la décoloration est V_2

Pour ce cas $V_2 = 5,13\text{ml}$

D'où le titre est : $T_2 = 5,13\text{mg/l}$

La demande en chlore est donc : $T = T_1 - T_2 = 5,4 - 5,13 = 0,27\text{mg/l}$ ou $0,27\text{g/m}^3$

Nous pouvons conclure qu'il faut $0,27\text{mg}$ de chlore par litre d'eau pour tuer les coliformes contenues dans l'eau.

Lors de l'ajout de l'hypochlorite on a :

- une étape d'oxydation des substances réductrices inorganiques (fer, manganèse)
- une étape qui commence après la destruction des substances réductrices précédentes. Dans cette étape se forment les composés chlorés (chloramines) qui agissent comme chlore résiduel, ce qui donne un certain caractère désinfectant au système.
- ensuite, lorsque tout l'ammoniac et les amines ont réagi avec le chlore, il commence une étape de destruction des composés chlorés formés précédemment. Malgré l'ajout de chlore on constate une diminution, car il y a consommation du chlore résiduel et du chlore ajouté. La capacité désinfectante du système se réduit dans cette étape.
- enfin survient le point de rupture (ou breakpoint), qui se traduit par une reprise de l'augmentation du taux de chlore lors d'un ajout. Ce chlore est le chlore libre. A partir de ce point la désinfection comme l'élimination de matières organiques oxydables par le chlore ont déjà eu lieu et l'eau contient une valeur donnée de chlore libre. [Cf. annexe 1].

Ces différentes étapes de la chloration concernent surtout les eaux de surface car l'ONEA/Bobo tire ses eaux d'une nappe souterraine dont l'accès est interdit à la population. Le site est donc exempt de toutes pollutions sauf en cas d'accident.

VI. LA TECHNOLOGIE DE TRAITEMENT DES EAUX

A la source de NASSO, l'eau est d'excellente qualité mais sa composition à l'état brute présente des caractéristiques physico-chimiques défavorables avec une teneur en CO_2 agressive en moyenne très élevée environ 160 mg/l (avec un pH bas qui varie entre $5,55-5,7$), une dureté calcique extrêmement faible ($0,1\text{mmo/l}$), une turbidité acceptable ($0,06\text{NTU}$) et une qualité bactériologique non satisfaisante. Une telle eau chargée en CO_2 agressif a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes : dissolution du ciment, attaque des métaux ferreux (corrosion). Un traitement obligatoire de cette eau est donc nécessaire et doit respecter les normes de qualité d'une eau potable avant la distribution dans le réseau.

6.1- La neutralisation : une mise à l'équilibre calco carbonique

C'est une opération qui consiste à réduire la teneur en excès du CO₂ contenue dans l'eau brute. Elle comporte deux (02) étapes qui sont :

- ÉTAPE 1 : l'aération

Les eaux brutes pompées depuis la source avec un débit total de 1850 m³ arrivent au niveau de la station à partir des conduites de refoulement et se répartissent sur les six ruisseleurs. Chaque ruisseleur reçoit un débit d'environ 308 m³/h et chaque ruisseleur contient en son sein une couche d'anneau RASCHIG qui a pour rôle de freiner la vitesse de l'eau à l'arrivée. L'aération se fait à contre courant dans les ruisseleurs, avec l'air ambiant en appauvrissant partiellement ainsi la teneur en CO₂ libre de l'eau brute.



Photo 1 : Arrivée et montée de l'eau brute jusqu'au ruisseleurs.

- ÉTAPE 2: Correction de l'agressivité à travers une couche de CaCO₃ et ajustement de pH.

C'est l'étape finale de la correction de l'agressivité. Pour cela, une couche de carbonate de calcium est versée dans chaque filtre à une hauteur de 1m. Sous cette couche se trouve du gravier siliceux remplie à 20 cm de hauteur sous lesquels sont disposés des tubulures en polyéthylène.

Les eaux brutes partiellement désacidifiées au niveau des ruisseleurs, arrive par un tuyau de descente sur chaque filtre correspondant. Chaque filtre est situé directement en dessous d'une rigole de distribution située longitudinalement en son milieu. Une réaction chimique se passe alors entre l'eau et le CaCO₃ :



Carbonate de calcium + dioxyde de Carbone + l'eau \longrightarrow bicarbonate de calcium

6.3.1- Le procédé de traitement par les rayons ultra-violets

Le rayonnement ultraviolet (UV) est caractérisé par des longueurs d'onde comprises entre 100 et 400 nm. La bande UV est divisée en UV-A, UV-B et UV-C, mais c'est dans la gamme des UV-C, de 200 à 280 nm, que se situent les longueurs d'onde les plus efficaces pour la désinfection.

Illustration des longueurs d'ondes



Le processus de désinfection UV correspond en fait à l'inactivation des micro-organismes, suite à une modification de leurs informations génétiques : les UV agissent sur la double hélice d'ADN, ainsi que sur l'ARN, des cellules, bloquant ainsi tous leurs processus biochimiques servant à leur reproduction. L'efficacité maximale de la désinfection UV dépend de l'énergie émise ; plus précisément, elle correspond à une énergie émise de 253,7 nm, pic d'absorption du rayonnement UV par les micro-organismes.

Les avantages de l'ultraviolet :

- le système est bon et économique à l'investissement et à l'utilisation ;
- Il n'y a pas de stockage de produit chimique ; le traitement ne laisse aucun dérivé dans l'eau.

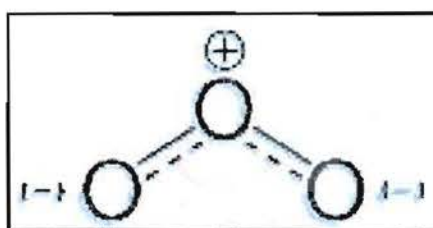
Les désavantages de l'ultraviolet :

- les U.V. inactivent mais n'éliminent pas les bactéries. L'eau doit donc être consommée directement après traitement ;
- les particules dans l'eau stoppent les rayons U.V. et diminuent l'efficacité du traitement.

6.3.2- Le procédé de traitement par l'ozone

L'ozone, molécule composée de trois atomes d'oxygène, possède un pouvoir désinfectant très grand (plus efficace que le chlore). Lorsque celui-ci entre en contact avec des bactéries, virus ou odeurs, ceux-ci sont oxydés par un des trois (O₃) atomes d'oxygène qu'il possède. Le seul produit résultant de cette oxydation est le dioxygène. L'ozone est un composé très puissant mais ne dure pas. Il fait son travail et disparaît.

Illustration de la molécule d'ozone



Les avantages de l'ozonisation :

- l'ozone se décompose en oxygène, sans laisser de produits dérivés dans l'eau ;
- l'ozone est produit sur place (pas de transport de produits toxiques).

Les désavantages de l'ozonisation :

- la production d'ozone consomme de l'énergie ;
- le système est assez complexe ;
- certains matériaux ne sont pas résistants à l'ozone ;
- ce système demande un investissement de départ important.

6.3.3- Le procédé de traitement par le dioxyde de chlore

Le dioxyde de chlore est un puissant désinfectant contre les bactéries et les virus. Le sous-produit, le chlorite (ClO_2), est agent bactéricide faible. Dans l'eau, le dioxyde de chlore est actif en tant que biocide pour au moins 48 heures.

Le dioxyde de chlore empêche la croissance des bactéries dans le réseau de distribution de l'eau potable. C'est aussi un agent actif contre la formation de bio film dans le réseau de distribution. Un bio film est souvent très dur à défaire. Il forme une couche protectrice sur les microorganismes pathogènes. La plupart des désinfectants ne peuvent atteindre les microorganismes protégés. Cependant, le dioxyde de chlore élimine les bios films et tue les microorganismes pathogènes. Le dioxyde de chlore empêche aussi la formation de bio film parce qu'il reste actif dans le système pendant un long moment.

Avantage du chlore :

- il élimine et empêche la formation de bio films ;
- il ne forme pas de chlorophénols ;
- il ne forme pas de trihalométhanés.

Désavantage du chlore :

- le dioxyde de chlore est très instable et se décompose à la lumière du soleil.
- le dioxyde de chlore et ses sous-produits de désinfection à base de chlorite et de chlorate peuvent créer des problèmes de dialyse.

6.3.4- La chloration de l'eau brute de Nasso

La chloration de l'eau a pour but d'une part l'élimination des organismes pathogènes présents dans l'eau et d'autre part le maintien du chlore résiduel dans le réseau de distribution. Lorsque l'on introduit du chlore dans l'eau que ce soit du chlore gazeux (Cl_2), NaClO ou de l'hypochlorite de

calcium (CaClO), ils se forment l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide hypochloreux (HClO) encore appelé chlore actif. Ce dernier se compose en ion hydrogène (H^+) et ion hypochlorite (ClO^-).

➤ La production de l'hypochlorite de sodium (NaClO)

La station de Nasso dispose de deux électrolyseurs de type OSEC pour la production de l'hypochlorite de sodium que l'on appelle communément eau de javel. Elle est produite à partir des liaisons de chlore par le procédé d'électrolyse en dissolvant du sel de type commercial (NaCl) dans de l'eau adoucie (l'eau adoucie est produite dans l'adoucisseur qui renferme des résines retenant le calcaire de l'eau dure contre les ions sodium qu'elles contiennent. L'eau dure traverse le lit de résines et ressort adoucie de l'appareil). L'ensemble eau adoucie et sel forment une solution saturée appelée saumure et conductrice d'un courant direct puissant dans la cellule d'électrolyse. En raison de ce courant, les ions chlorures (qui sont originaires du sel dissout dans l'eau) sont transformés en di chlore (Cl_2). Ainsi, la cellule d'électrolyse travail de façon continue et produit de l'hydrogène et de NaClO dont la teneur en chlore actif est de 5 à 7g/l selon le taux de dosage de la saumure. La solution obtenue est déchargée dans une bêche de stockage.

➤ L'injection NaClO dans l'eau traitée

Le dosage de l'eau au moyen de la solution d'hypochlorite de sodium se fait par des pompes doseuses. En effet, la solution d'hypochlorite de sodium est envoyée directement dans la conduite d'eau filtrée par l'intermédiaire des pompes en fonction de la quantité d'eau à désinfecter. Ces pompes doseuses sont au nombre de six (06) et chaque pompe doseuse différente est assignée à une pompe d'eau brute (eaux des filtres). Ce système entraîne l'arrêt automatique en cas de panne d'une pompe.

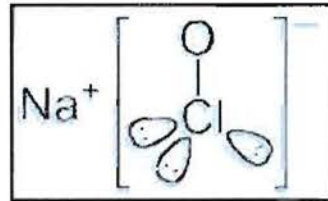


Photo 3: Injection du chlore dans la conduite d'eau filtrée

➤ **Les caractéristiques de NaClO produite à Nasso**

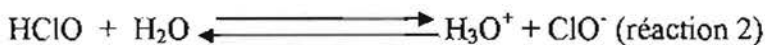
NaClO est une solution claire, légèrement jaune avec une odeur caractéristique. C'est un oxydant très puissant et instable. Une solution de 100g de chlore actif par litre, après avoir emmagasiné pendant trois mois, peut en contenir 90g ou moins. Alors NaClO chaud se désintègre. Cela se déroule également lorsque NaClO vient en contact avec les acides, la lumière du soleil. La solution NaClO est une base faible (pH = 11) qui est inflammable.

Structure chimique de l'hypochlorite de sodium



➤ **La réaction eau de javel et l'eau traitée**

NaClO en solution mise dans l'eau donne lieu à deux réactions de dissociation :



➤ **L'acide hypochloreux et l'ion hypochlorite**

Ce sont les deux formes du chlore libre ou actif c'est-à-dire que ce sont eux qui vont réagir avec les matières indésirables présentes dans l'eau pour les rendre inactives. Ces deux formes n'ont pas le même pouvoir de désinfection. L'acide est 100 fois plus efficace que l'ion.

A la lumière de cette information on voit l'importance de la réaction 2. Il faut faire en sorte qu'il y ait le moins possible de la forme ionique par rapport à la forme acide.

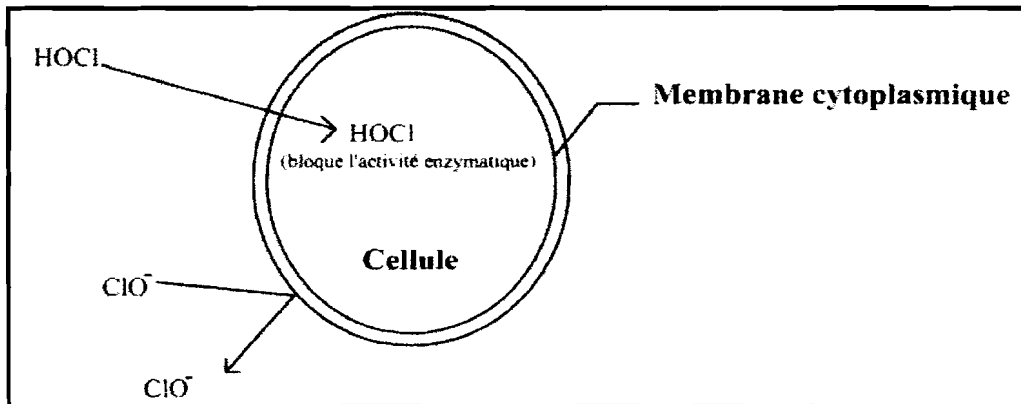
La réaction 2 est en équilibre. L'équilibre est fonction du pH et de la température. Plus le pH et la température sont élevés, plus la réaction va tendre vers le sens de création d'ion hypochlorite. C'est une réaction d'équilibre, donc s'il y a utilisation d'acide hypochloreux la réaction tendra à le recréer.

➤ **Le mode d'action de l'hypochlorite de sodium sur les microorganismes**

L'acide hypochloreux (HOCl) et les ions d'hypochlorites (ClO⁻) issus des deux réactions de dissociation de l'hypochlorite de sodium dans l'eau, forment du chlore libre quand ils agissent ensemble. Par ailleurs, l'acide hypochloreux peut également se dissocier en acide chlorhydrique (HCl) et en atome d'oxygène. Le chlore libre et l'atome constituent de puissants désinfectants contre les microorganismes. Les propriétés désinfectantes du chlore dans l'eau sont basées sur la puissance d'oxydation des atomes d'oxygènes libres et sur les réactions de substitution de chlore.

Les membranes des cellules des microorganismes pathogènes sont chargées négativement par nature. En tant que telles, elles peuvent être pénétrées par l'acide hypochloreux neutre plutôt que par l'ion hypochlorite négativement chargé (figure 1). L'acide hypochloreux peut pénétrer les couches de boue, les membranes des cellules et les couches protectrices des microorganismes et tue de ce fait efficacement les microbes pathogènes. Les microorganismes seront détruits et ne pourront plus se dupliquer.

Figure 1 : activité de la membrane d'une cellule de microorganisme pathogène.



Dans certains cas, la réaction du chlore avec les impuretés crée des substances nocives : C'est le cas des organochlorés tels que les trihalométhanes (THM), les chlorophénols et les chloramines.

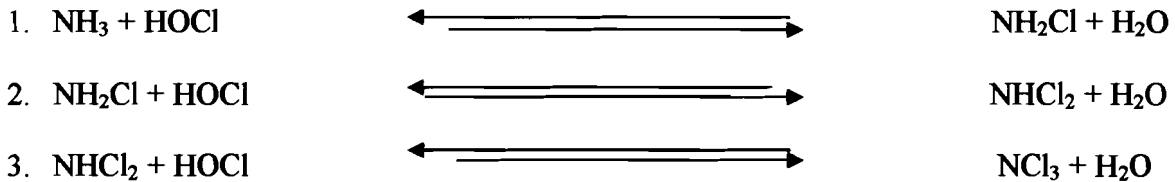
➤ Les sous produits du chlore et ses dérivés

Comparativement aux autres types de procédés de désinfection, le chlore est le plus connu et le plus utilisé pour la désinfection de l'eau. Cela grâce à son action germicide et à son effet rémanent. Cependant, l'un des désavantages du chlore et ses dérivés est qu'ils réagissent avec beaucoup de matières organiques contenues dans l'eau pour donner des trihalométhanes (THM), dont beaucoup d'entre eux ont été démontré être toxiques ou même carcinogénique. Les THM sont des composés formés d'un seul atome de carbone liés à des groupements halogènes de formule générale CHX_3 , ou X peut être soit du fluor, du chlore, du brome ou de l'iode, soit une combinaison de ses éléments. Les plus recherchés sont notamment le chloroforme ($CHCl_3$), le bromodichlorométhane ($CHBrCl_2$), le chlorodibromométhane ($CHClBr_2$) et le bromoforme ($CHBr_3$). Un autre inconvénient est la formation du chlorophénol dans les eaux qui contiennent les phénols, ce qui donnerait lieu à des mauvaises odeurs.

Le chlore réagit également avec l'ammoniac dissout dans l'eau pour donner des chloramines. La présence de chloramines dans l'eau potable est liée à une insuffisance de la chloration lors de la désinfection de l'eau potable. Ces produits ont eux aussi un pouvoir de désinfection mais sont environ 25 fois moins effectifs que le chlore libre. Les chloramines ont un temps de permanence

long et sont utilisés parfois comme réserve de chlore résiduel. Mais il faut noter que ces produits ont deux grands inconvénients : son utilisation de façon chronique est potentiellement toxique, ils peuvent donner lieu à des odeurs et goûts désagréables à l'eau.

Le schéma réactionnel est le suivant :



et ainsi de suite. En fin on obtient du NO_3^- (nitrate qui reste dans l'eau), du N_2 (azote) et du NCl_3 (trichlorure d'azote), ces deux derniers éléments sont volatiles et se concentrent dans l'air ambiant.

L'apparition de ces éléments indésirables dans l'eau lors du traitement concerne surtout les eaux de surface. Les eaux souterraines ne rencontrent généralement pas ce type de problème sauf en cas de pollution accidentelle qui à de long terme peut avoir des effets. Ce dernier cas concerne celui de Nasso.

En récapitulatif :

Les avantages du chlore sont :

- l'investissement est plus faible que pour un système d'ozonisation ;
- le système est très simple: il suffit d'utiliser une pompe à injection pour mélanger du chlore avec de l'eau.

Les désavantages du chlore sont :

- le chlore donne un goût caractéristique à l'eau ;
- certains dérivés chlorés sont dangereux ;
- l'installation nécessite le transport et le stockage de produit toxique ;
- l'efficacité du chlore dépend du pH de l'eau.

➤ Les facteurs influencent l'efficacité de la désinfection au chlore

L'efficacité de la désinfection dépend de plusieurs facteurs dont le pH, la température, la dose de chlore et le temps de contact, la qualité de l'eau (nombre et types de microorganismes).

- Le potentiel hydrogène

Le pH est un paramètre clé de la désinfection. Il traduit l'équilibre acide base. HClO est en équilibre avec H^+ et ClO^- . Suivant les valeurs du pH nous aurons plus ou moins du chlore actif :

- pour un pH acide (pH compris entre 5 et 6), tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux ; il n'y a pas de dissociation, nous aurons 100% de chlore libre actif (HClO) ;

- pour un pH basique, tout le chlore est presque sous la forme d'ion hypochlorite. Par exemple à un pH= 9, nous aurons 10% de HClO et 90% de ClO⁻ ;

- pour un pH= 7,5 les concentrations en acide hypochloreux et en ion hypochlorite sont très voisines de 50%.

Ceci influe directement sur la dose à appliquer qui devra être plus forte en pH basique.

- La dose de chlore et le temps de contact

Le chlore a besoin du temps pour éliminer tous les microorganismes qui peuvent être présents dans l'eau. Par définition, le temps de contact est la durée de temps entre l'ajout du chlore dans l'eau et quand elle est employée ou consommée.

La variation du temps de contact nécessaire permet de jouer sur la dose requise lors de la désinfection de l'eau : Si pour un pH donné la concentration en chlore est haute, le temps de contact sera diminué ; de même si la concentration en chlore est basse, le temps de contact sera long pour un même niveau de désinfection.

- La qualité de l'eau

La turbidité est l'un des paramètres important permettant de caractériser la qualité de l'eau en entrée ainsi qu'en sortie de l'usine de traitement. Elle donne une idée de Matière en Suspension (MES) contenue dans l'eau dont leur présence inhibent l'action du chlore en diminuant la quantité de chlore libre disponible et en favorisant la protection des bactéries. De plus, les éléments de l'eau comme le fer et le manganèse, les nitrates réagissent souvent avec les désinfectants, perturbant ainsi la désinfection.

En ce qui concerne la qualité de l'eau de Nasso, elle est claire et limpide dès la source. Nous avons une turbidité acceptable dont la moyenne est d'environ 0,06NTU. Une telle turbidité facilite la désinfection de l'eau avec moins de risque et respecte bien les normes nationales (<5NTU).

- La température

Une diminution de la température de l'eau entraîne une diminution de l'efficacité du désinfectant, bien qu'elle augmente légèrement la proportion d'HOCl par rapport à ClO⁻, ce qui nécessite d'ajuster les dosages en fonction des variations de la température.

La rapidité de l'effet bactéricide du chlore est proportionnelle à la température de l'eau ; par conséquent cette stérilisation est plus efficace dans des eaux de température élevée. En revanche, le chlore est plus stable dans l'eau froide, donc subsiste plus longtemps, ce qui compense dans une certaine mesure la lenteur de la réaction.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and rounded corners on the right, framing the text.

DEUXIEMME PARTIE : MATERIELS ET METHODES

I. LA PRESENTATION DU LABORATOIRE D'ANALYSE DES EAUX DE L'ONEA DE BOBO

Le laboratoire d'analyse des eaux comporte quatre sections :

- **La section chimie générale 1** où sont analysés les paramètres physico-chimiques à savoir le pH, la température, la conductivité, les ions calcium, le titre hydrotimétrie ou dureté, le chlore résiduel et le chlore total.
- **La section chimie générale 2** où sont analysés les paramètres physico-chimiques notamment les ions tels que le fer, les sulfates les nitrates et les orthophosphates.
- **La section microbiologie** où se font les analyses microbiologiques (filtration, ensemencement, incubation, lecture, test de confirmation) ainsi que la stérilisation des flacons microbiologiques.
- **La section eaux usées** : elle s'occupe de l'analyse des eaux de rejet des usines telles que la BRAKINA, la SN-CITEC, l'abattoir et de la station d'épuration de DOGONA. Les analyses effectuées sont surtout la demande biochimique en oxygène (DBO), la demande chimique en oxygène (DCO), l'Azote Kjeldahl, les matières en suspension, et certains ions (fer, orthophosphates, nitrates, sulfates, chrome).

1.1- Les points de prélèvement et les matériels utilisés

Les points de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués dans les lieux suivants :

- station de traitement à NASSO, construit entre 1948 et 1951 ;
- la source de l'eau brute à NASSO ;
- les réservoirs d'eaux traitées de BOLOMAKOTE, construit entre 1958 et 1975 ;
- le château d'eaux traitées de LAFIABOUGOU, construit entre 1992 et 1993 ;
- les différentes Bornes Fontaines de la ville de Bobo-Dioulasso.



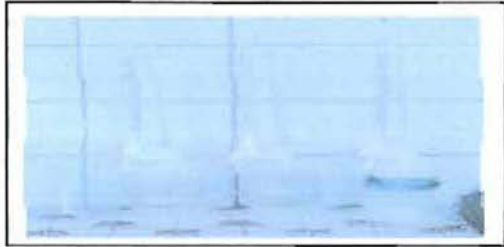

Les matériels utilisés comprenaient les matériels de prélèvement et ceux d'analyse :

Parmi les matériels de prélèvement on peut citer :

- les flacons de 250 ml en verre sont utilisés pour les prélèvements microbiologiques ;
- les flacons de 1000ml en polyéthylène ou en verre pour les prélèvements physico-chimiques.

Les matériels d'analyse sont présentés dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Matériels d'analyses physico-chimiques et microbiologiques

pH-mètre(bleu).	
Turbidimètre optique 550 IR	
Burette automatique	
Erlenmeyer	
DPD	Utilisé comme indicateur
pH= 6,5	Utilisé comme stabilisant
Sulfate d'ammonium et de Fer II	Solution de dosage
Thiosulfate de sodium	Solution utilisée pour stériliser les bouteilles de microbiologie.
Chromocult Agar ES	Milieu de culture
Boîtes de pétrie	Utilisées pour les ensemencements
Rampe de filtration munie de trois entonnoirs, reliée à une pompe à vide et un chalumeau portatif pour la filtration	
Papier filtre	C'est une membrane filtrante
Ringer	Solution utilisée pour le rinçage au début de la filtration et à la fin de la filtration
Incubateur	Sert à incuber le milieuensemencé

1.2- La technique d'échantillonnage

L'échantillonnage se fait tous les jours ouvrables. Au cours du prélèvement, il est mentionné sur chaque flacon la date, l'heure, le lieu et le numéro de la Borne Fontaine. Tous les flacons utilisés sont préalablement lavés soigneusement au savon, rincés à l'eau distillée puis séchés. Ceux devant contenir les échantillons pour l'analyse microbiologique sont, en plus, stérilisés à l'autoclave à 121°C pendant 15 minutes en présence de 1 ml de thiosulfate de sodium (0,5%) dans chaque flacon. Le thiosulfate de sodium est utilisé pour détruire tout produit indésirable susceptible de se trouver dans le flacon.

Pour les échantillons des analyses microbiologiques, un certain nombre de critères sont à noter.

- ▶ Avant le prélèvement, le bec de sortie du robinet est brûlé à l'aide d'un chalumeau portatif.
- ▶ Les flacons ont été remplis en laissant un vide pour une bonne respiration des microorganismes et une agitation appropriée lors de la filtration.

Quant aux échantillons des analyses physico-chimiques, les flacons ont été remplis sans bulle d'air pour limiter l'interaction avec la phase gazeuse lors du transport, afin d'éviter la modification de certains paramètres. Tous les échantillons prélevés ont été conservés dans une glacière jusqu'au laboratoire.

II. LES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

2.1-La mesure du potentiel hydrogène (pH)

Il permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une eau. Son rôle est prépondérant dans l'équilibre calco-carbonique. Le pH revêt d'une importance particulière pour la chimie et le traitement des eaux. Il est mesuré à l'aide d'un pH-mètre Multi-système 340i, suivant le principe de la norme française NF T 90-008.

Le mode opératoire :

- rincer l'électrode avec de l'eau distillée puis avec l'échantillon ;
- remplir le vase de mesure avec l'échantillon ;
- immerger l'électrode dans le vase contenant l'échantillon ;
- lire directement le pH lorsque la valeur se stabilise.

La même électrode est utilisée pour la mesure de la température. Le suivi de cette dernière est importante parce qu'elle a une influence sur les autres paramètres.

2.2-La mesure de la turbidité

Elle correspond à l'aspect plus ou moins trouble de l'eau due à la présence de matières en suspension (MES) très finement divisées à savoir l'argile, la silice, le limon et les matières organiques. Ce paramètre permet de savoir si l'eau contient des matières en suspension qui peuvent être néfastes pour la santé du consommateur. Elle est mesurée à l'aide d'un turbidimètre optique basé sur la mesure de la lumière diffusée (Tableau 3). Le principe utilisé est celui de la norme française NF T 90-033 (NF EN ISO 7027).

Le mode opératoire

- Remplir le tube de mesure avec l'échantillon
- Essuyer le tube de mesure ;
- Introduire le tube contenant l'échantillon dans la chambre de l'appareil ;
- Fermer la chambre ;
- Lire directement la valeur qui s'affiche en Unité Néphélométrique de Turbidité (NTU).

2.3- Le dosage du chlore libre

Le chlore résiduel est mesuré en tout point du réseau afin de s'assurer que la désinfection a été bien faite. La diéthyl-p-phénylène diamine (DPD, cf. annexe 2), avec un pH stabilisant de 6,5 (cf. annexe 3), donne lieu à une coloration rougeâtre proportionnelle à la quantité de chlore libre présent dans le milieu. Sous l'action des ions Fe^{2+} , le cation subit une réduction qui entraîne la décoloration de la solution. Le dosage se fait par titrimétrie suivant la norme française NF T 90-037-1 (NF EN ISO 7393-1). Les réactifs utilisés sont : le tampon pH 6,5, la solution de DPD à 1,1g/l et enfin la solution de titrage de sel de Mohr ou Fer II de concentration 2,82 mmol/l (cf. annexe 4).

Le mode opératoire

Dans un erlenmeyer, versons 5ml de la solution pH 6,5 et 5ml de la solution de DPD ; ajoutons 100ml de l'échantillon à analyser puis titrons avec la solution de Fer II de concentration 2,82mmol/l jusqu'au virage du rouge brique à l'incolore.

La formule ci-dessous a été utilisée pour l'expression des résultats :

$$C \text{ (mg/l)} = (C_1 \times V_1) \times M / V_0$$

avec

- C_1 (mmol/l) : concentration du chlore par litre de la solution de Fer II ;
- M (g/mol) : masse molaire du chlore ;
- V_0 (ml) : volume de l'échantillon ;
- V_1 (ml) : volume de la solution de Fer II utilisée dans le titrage.
- C (mg/l) : concentration du chlore résiduel

Le mode opératoire

Dans un erlenmeyer, introduisons 50ml de l'échantillon. Ajoutons 4 ml de la solution tampon (pH 10) et 3 gouttes du NET. Titrons le tout avec l'EDTA 0,01M ; au point d'équivalence le mélange vire du violet au bleu et on note le volume de l'EDTA versé.

III. LES ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Elles ont consisté en la détermination et au dénombrement des germes fécaux pathogènes et de tous les autres germes qui indiquent que l'eau a été en contact avec des matières fécales.

• Le milieu de culture

Le milieu utilisé pour la recherche des coliformes totaux et fécaux est le "*Chromocult Agar ES* (cf. annexe 5). Le principe utilisé est la technique de filtration sur membrane suivie d'une mise en culture dans une gélose de différenciation qui permet de rechercher et de dénombrer les coliformes fécaux et totaux.

• La technique de filtration

- Stériliser l'entonnoir avec une flamme après l'avoir désinfecté avec de l'alcool ;
- Placer aseptiquement le filtre (0,45µm) entre l'entonnoir et sa base. Rincer avec environ 25ml d'une solution de *RINGER* (cf. annexe 6) et filtrer.
- Arrêter la pompe, agiter l'échantillon cinq (05) fois puis versé 100ml dans l'entonnoir ;
- Remettre la pompe en marche, quand l'échantillon est filtré, rincer le filtre encore avec 50ml de la solution de *RINGER* ;
- Bien sécher la membrane avec le vide, arrêter la pompe, lever l'entonnoir, retirer la membrane et la poser sur le milieu de culture. Le milieu ainsiensemencé est incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $22 \pm 2\text{h}$.

• La numération et la confirmation de la présence des coliformes

Après incubation, les boîtes de pétrie sont retirées de l'incubateur. S'il y'a présence de coliforme dans l'eau, il faut procéder à un test de confirmation. Les coliformes typiques de E. Coli sont « bleues foncés » à violettes et ceux totaux sont « saumon à rouge ». Pour cela, les colonies doivent être repiquées dans des tubes contenant un bouillon de « *LAURYL TRYPTONE BROTH* (cf. annexe 7) ». Pour chaque colonie à incuber, on utilise deux tubes ; un dans lequel on introduit une cloche de DURHAN et l'autre sans cloche. Avant de repiquer les colonies, le bouillon doit être stérilisé afin d'éviter toute contamination. Les colonies sont alors repiquées puis incubées à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 22

± 2h. La présence de coliformes se traduit par une production de gaz à au moins 1/3 du volume de la cloche de DURHAN. Il arrive parfois qu'il n'y ait pas production de gaz mais présence de bulles en surface. Dans tous les cas il est impératif d'ajouter le réactif de KOVACS dans le tube qui ne contient pas le tube de DURHAN sous la hotte. L'apparition d'un anneau rouge confirme la production de gaz.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both ending in circular curls.

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. L'EFFICACITE DE LA DESINFECTION DES EAUX DE NASSO

Les paramètres qui déterminent l'efficacité de la désinfection sont la concentration en chlore, la température, le pH, la turbidité, le nombre et le type de micro-organismes. Ils sont regroupés en deux catégories : physico chimiques et microbiologiques.

1.1-Les analyses physico-chimiques

▸ La température

Les résultats de la température des eaux brutes et traitées obtenus sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : moyennes par semaine des températures journalières de l'eau brute et de celle traitée

	Eaux Brutes	Station Nasso	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux de LAFIABOUGOU	Bornes fontaines
Semaine 1	29	29,5	28,5	28	28,5
Semaine 2	28	28,5	28,5	28	28,5
Semaine 3	28,5	28,5	28	28,5	28
Semaine 4	27,5	28	27,5	29	29
Semaine 5	29	28,5	28,5	28	28
Semaine 6	28	28	29	28,5	28,5
Semaine 7	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Semaine 8	28	28	28	28	28
Moyenne	28,3	28,4	28,3	28,3	28,35

La température de l'eau brute et celle de l'eau traitée sont à peu près égale. Ce sont les résultats de la température ambiante. Elles sont normales, car les valeurs guides de l'OMS recommandent des températures légèrement en dessous de 35°C pour les eaux de boisson.

▸ le potentiel hydrogène (pH)

Les résultats du pH des eaux brutes et traitées obtenus sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : moyennes par semaine du potentiel hydrogène journalier de l'eau brute et de celle traitée.

	Eaux Brutes	Station Nasso	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux de LAFIBOUGOU	Bornes fontaines
Semaine 1	5,6	7,27	7,2	7,25	7,36
Semaine 2	5,6	7,17	7,15	7,3	7,3
Semaine 3	5,7	7,18	7,2	7,4	7,45
Semaine 4	5,6	7,3	7,25	7,5	7,25
Semaine 5	5,6	7,36	7,35	7,15	7,15
Semaine 6	5,65	7,39	7,45	7,36	7,5
Semaine 7	5,7	7,4	7,4	7,2	7,3
Semaine 8	5,55	7,55	7,5	7,3	7,4
Moyenne	5,60	7,30	7,30	7,30	7,35

Nous observons un saut important de cette valeur qui passe de 5,60 en moyenne pour les eaux brutes à environ 7,30-7,35 en moyenne pour les eaux traitées. Cette augmentation s'explique par l'aération des eaux brutes au niveau des ruisseaux et par la filtration sur le lit du carbonate de calcium. L'efficacité de la désinfection est déterminée par le pH de l'eau. Les valeurs préconisées par l'OMS sont des valeurs allant de 6,5 à 9,5 pour les eaux traitées.

La désinfection au chlore a lieu de façon optimale quand le pH à l'origine (eau des filtres) est compris entre 5,5 et 7,5. L'acide hypochloreux (HOCl) réagit plus rapidement que les ions hypochlorites (ClO⁻). Il est 80 à 100% plus efficace que les ions hypochlorites, quand pH=6. Cependant la situation inverse est observée lorsque le pH=8. Quand la valeur du pH est 7,5, les concentrations en acide hypochloreux et en ions hypochlorites sont à peu près égales. Dans notre cas les conditions sont optimales pour une désinfection à l'hypochlorite car nos résultats respectent bien les normes de l'OMS et celle nationale.

• La turbidité

Les résultats de la turbidité des eaux brutes et traitées obtenus sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : moyennes par semaine de la turbidité journalière de l'eau brute et de celle traitée.

	Eaux Brutes	Station	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux LAFIABOUGOU	Bornes fontaines
Semaine 1	0,04	0,01	0,02	0,02	0,04
Semaine 2	0,03	0,03	0,01	0,02	0,01
Semaine 3	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Semaine 4	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02
Semaine 5	0,04	0,01	0,02	0,04	0,05
Semaine 6	0,06	0,03	0,03	0,02	0,04
Semaine 7	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Semaine 8	0,04	0,02	0,02	0,03	0,02
Moyenne	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03

Au cours de ces huit semaines d'analyses, nous n'avons pas remarqué une variation importante de la turbidité des eaux brutes comme celle des eaux traitées. Elle varie en moyenne de 0,04 NTU pour les eaux brutes à 0,02NTU en moyenne pour les eaux traitées excepté les Bornes Fontaines qui donnent une turbidité moyenne de 3NTU. Cela est peut être dû à une pollution légère lors du refoulement de l'eau au niveau des Bornes fontaines. Tous ces résultats sont bons et cela explique la qualité de la plus part des eaux souterraines car le sol joue le rôle de filtre naturel. Selon l'OMS, les procédés de désinfection ne sont pas de détruire les germes pathogènes et les bactéries d'origines fécales quand la turbidité est > 5NTU. Par conséquent il recommande qu'avant tout traitement, la turbidité moyenne de l'eau soit de 1NTU, pouvant occasionnellement dépasser cette valeur sans jamais atteindre 5NTU.

La turbidité peut avoir des effets importants sur la qualité de l'eau potable. Il y'a un lien entre la turbidité et la présence des microorganismes dans l'eau potable. La mesure de la turbidité est utile pour évaluer ou prédire l'efficacité d'enlèvement des parasites par un système de traitement de l'eau. Une turbidité élevée favorise l'augmentation en nombre de certaines bactéries dans le réseau de distribution, tel que démontré par **Power et Nagy (1999)** qui ont mis en évidence une corrélation entre ce paramètre et le développement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives (BHAA). Une augmentation de la turbidité dans le réseau de distribution peut simplement indiquer un problème de corrosion, de développement microbien, un mauvais entretien ou trop faible chlore résiduel. Dans notre cas, en ce qui concerne la turbidité de l'eau brute, elle ne constitue pas un problème majeur pour son traitement car elle est acceptable depuis la source. Elle est bien inférieure à la norme de l'OMS qui est <5NTU.

▸ **Le chlore libre ou chlore résiduel**

Les résultats du taux de chlore libre des eaux brutes et traitées sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 7 : moyennes par semaine du taux de chlore libre journalier de l'eau brute et de celle traitée

	Eaux Brutes	Station	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux de LAFLABOUGOU	Bornes Fontaines
Semaine 1	0	1,3	1,2	1,15	1,2
Semaine 2	0	1,4	1,25	1,2	1,35
Semaine 3	0	1,45	1,4	1,5	1,15
Semaine 4	0	1,5	1,3	1,4	1,25
Semaine 5	0	1,3	1,00	1,1	1,1
Semaine 6	0	1,3	0,9	1,1	1,2
Semaine 7	0	1,3	1,2	1,2	1,4
Semaine 8	0	1,35	1,35	1,3	1,25
Moyenne	0	1,35	1,2	1,25	1,20

Les résultats des analyses après la désinfection montrent un taux de chlore résiduel >0,5mg/l. Ces valeurs respectent bien les normes fixées par l'OMS et la norme nationale pour lesquelles le taux de chlore résiduel doit être compris entre 0,5 à 5mg/l. L'intérêt recherché ici est d'avoir un taux de chlore résiduel pouvant assurer le maintien du réseau de distribution contre toute éventuelle contamination par les microorganismes jusqu'à chez le consommateur. La désinfection au moyen de l'hypochlorite de sodium s'est avérée donc efficace.

1.2-Les analyses microbiologiques

‣ Les coliformes totaux

Les résultats du nombre de coliformes totaux des eaux brutes et traitées sont présentés dans le tableau 8 ci-dessous.

Tableau 8 : moyennes par semaine du nombre de coliformes totaux journalier de l'eau brute et de celle traitée.

	Eaux Brutes	Station	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux de LAFIABOUGOU	Bornes Fontaines
Semaine 1	2	0	0	0	0
Semaine 2	0	0	0	0	0
Semaine 3	8	0	0	0	0
Semaine 4	0	0	0	0	0
Semaine 5	0	0	0	0	0
Semaine 6	16	0	0	0	0
Semaine 7	0	0	0	0	0
Semaine 8	0	0	0	0	0
Moyenne	3,25	0	0	0	0

‣ Les coliformes fécaux

Les résultats du nombre de coliformes fécaux des eaux sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : moyennes par semaine du nombre de coliformes fécaux journalier de l'eau brute et de celle traitée.

	Eaux Brutes	Station	Réservoir de BOLOMAKOTE	Châteaux de LAFIABOUGOU	Bornes Fontaines
Semaine 1	6	0	0	0	0
Semaine 2	0	0	0	0	0
Semaine 3	0	0	0	0	0
Semaine 4	0	0	0	0	0
Semaine 5	0	0	0	0	0
Semaine 6	2	0	0	0	0
Semaine 7	0	0	0	0	0
Semaine 8	0	0	0	0	0
Moyenne	1	0	0	0	0

L'analyse microbiologique des eaux de Nasso révèle la présence des organismes pathogènes notamment les coliformes totaux dont le nombre varie de 0 à 16 pour 100ml d'échantillon d'eau brute (l'eau brute ne contient pas de chlore) avec une moyenne de 3,25 et de 0 à 6 pour les coliformes fécaux également dans 100ml d'échantillon d'eau brute avec une moyenne égale à 1.

Cependant, l'eau après traitement à la station est exempte de tout microorganisme (coliformes totaux et coliformes fécaux). Si l'on se réfère aux normes internationales de l'OMS, une eau potable contient moins de 10 coliformes totaux (CT) et 0 coliformes fécaux (CF) pour 100 ml d'échantillon. La température intervient aussi dans les caractéristiques microbiologiques de l'eau potable, car elle influence d'une part les procédés de traitement des eaux, en particulier la désinfection, et d'autre part, la croissance microbienne. Une température élevée peut favoriser des goûts et odeurs désagréables. Elle peut aussi dissiper l'effet du désinfectant résiduel et accélérer la corrosion. L'eau distribuée par l'ONEA Bobo est de très bonne qualité avec un bon goût. Le taux de chlore libre respectant les normes, indique que les différentes étapes de traitement des eaux de Nasso ont été bien suivies.

En somme, nous pouvons dire que le traitement de l'eau brute par le carbonate de calcium a joué un rôle capital pour sa qualité. En effet, le carbonate de calcium a permis de rétablir l'équilibre calco-carbonique de l'eau : une réduction de la teneur en CO₂ libre, une augmentation du pH convenable à la désinfection et une minéralisation de l'eau brute.

La désinfection au moyen de l'hypochlorite de sodium a été bien effectuée car les analyses microbiologiques indiquent une absence totale de germes pathogènes ; le chlore résiduel dont la valeur après traitement est >0,5mg/l a joué à la fois un effet bactériostatique contre les reviviscences bactériennes et un effet bactéricide contre des pollutions faibles et ponctuelles survenant dans le réseau. L'eau de Nasso est par conséquent une eau potable que l'on peut boire sans risque de santé.

La présence des métaux lourds tels que le plomb, le cuivre, le zinc et le cadmium n'ont pas été révélés lors des différentes analyses. Aussi, la présence de l'ammoniaque est quasi nulle. Lorsque l'eau de départ contient peu de ces substances, la formation des THM et des chloramines devient négligeable et ne présente pas de risque pour la santé.

II. LE CHLORE ET LA SANTE

Désinfecter l'eau est une priorité pour la santé publique. La rémanence du chlore permet à l'eau de rester désinfectée tout au long du circuit des canalisations, des pompes, les châteaux d'eau, et jusqu'au robinet grâce.

Le chlore joue également un rôle important dans la production des milliers de produits commerciaux. Beaucoup de produits dépendent du chlore car grâce à ses propriétés uniques, le chlore permet de créer sans risque sanitaire des produits de la consommation courante tels que les

agents nettoyants, les désinfectants de piscine, le matériel d'ordinateur, les pièces des voitures. Il joue aussi un rôle important en science médicale.

En revanche, le chlore est un biocide. C'est la justification de l'usage du chlore pour la désinfection de l'eau. Suivant cette vision, le chlore est un produit d'hygiène. En réalité, le chlore est un biocide toxique avec de nombreux effets secondaires. La chloration élimine les risques immédiats liés à la présence des bactéries pathogènes, mais à long terme le consommateur a d'autres types de problème de santé. L'effet toxique de ces substances n'est notable qu'au cas où l'eau désinfectée contenait au départ suffisamment d'impuretés de nature organiques (bactéries, matières humiques). La plupart des composés qui causent un important souci en ce moment sont les trihalométhanes (THM) et l'acide halo acétique. Les THM sont associés à plusieurs types de cancer. L'exposition chronique peut endommager le foie et les reins. L'acide trichloracétique est produit pour l'usage courant, comme dans les herbicides et dans l'eau potable. Ce produit chimique n'est pas considéré cancérigène pour les humains. L'acide dichloracétique est un irritant corrosif et destructeur (détruit les muqueuses) et il n'est pas classifié comme cancérigène. Il y'a aussi les chlorophénols qui sont toxiques et affectent le procédé de respiration et de stockage d'énergie dans le corps.

Mais il faut noter que jusqu'à présent on ne connaît pas bien le mode d'action du chlore libre sur l'organisme humain. Des chercheurs ont supposé que certains facteurs peuvent l'influencer comme l'alimentation et le mode de vie. Cependant, on n'en connaît pas le mécanisme.

CONCLUSION GENERALE

L'eau demeure l'aliment de base pour l'homme. C'est pourquoi les eaux destinées à la consommation humaine, qu'elles soient employées directement ou indirectement doivent être saines et sans danger afin de ne pas porter préjudice à la santé du consommateur à long comme à court terme.

Notre étude consistait à apprécier l'efficacité de la désinfection des eaux de Nasso. Pour cela ils existent plusieurs méthodes utilisées pour la désinfection de l'eau à savoir l'ozone, les UV, le bioxyde de chlore. Celle utilisée à la station de traitement de Nasso est NaClO.

Pour le contrôle de l'efficacité de la désinfection des eaux obtenues, nous nous sommes basés sur les analyses des paramètres physicochimiques et microbiologiques. Les résultats obtenus après les différentes analyses sont conformes aux normes nationales et celles recommandées par l'OMS.

Le but principal de notre étude consistait à apporter une contribution à l'efficacité de la désinfection des eaux de Nasso au moyen de NaClO. Au regard des résultats des différents paramètres physicochimiques et microbiologiques analysés, nous pouvons avancer que l'eau distribuée à la population de Bobo-Dioulasso est de bonne qualité et cela peut être justifié par :

- le bon choix du désinfectant.
- la bonne qualité des équipements de traitement.
- la bonne conduite des différentes étapes de traitement de l'eau par le respect des paramètres de fonctionnement des appareils.
- la bonne technique de stockage de l'eau après traitement.

Au regard de tous ces efforts, nous notons quelques recommandations et nous suggérons que :

- ✓ l'ONEA augmente le nombre du personnel (actuellement une personne assure les analyses de l'eau potable au laboratoire) ; ce qui rend le travail très lent.
- ✓ Il serait mieux que l'ONEA ait un groupe électrogène qui servira de relais en cas de coupure de courant.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIBLIOGRAPHIE

1. Ministère de l'Environnement et de l'eau –Burkina Faso, 2001. Loi n°002-2001/AN du 08 février 2001, portant orientation relative à la gestion de l'eau.
2. Who.Weekly.Epidemiological.Record, n°43, 27 octobre 2000, 75:347-352. Site web: www.who.int/wer/pdf/2000/wer_7543.
3. SANOU A., 2003. Recueil du contexte hydraulique, d'approvisionnement en eau potable du système d'assainissement de la ville de Bobo-Dioulasso, 51 pages.
4. Power, K.N. et Nagy L.A., 1999. Relationship between bacterial regrowth and some physical and chemical parameters within Sydney's drinking water distribution system. Water Research, 33: 741-750.

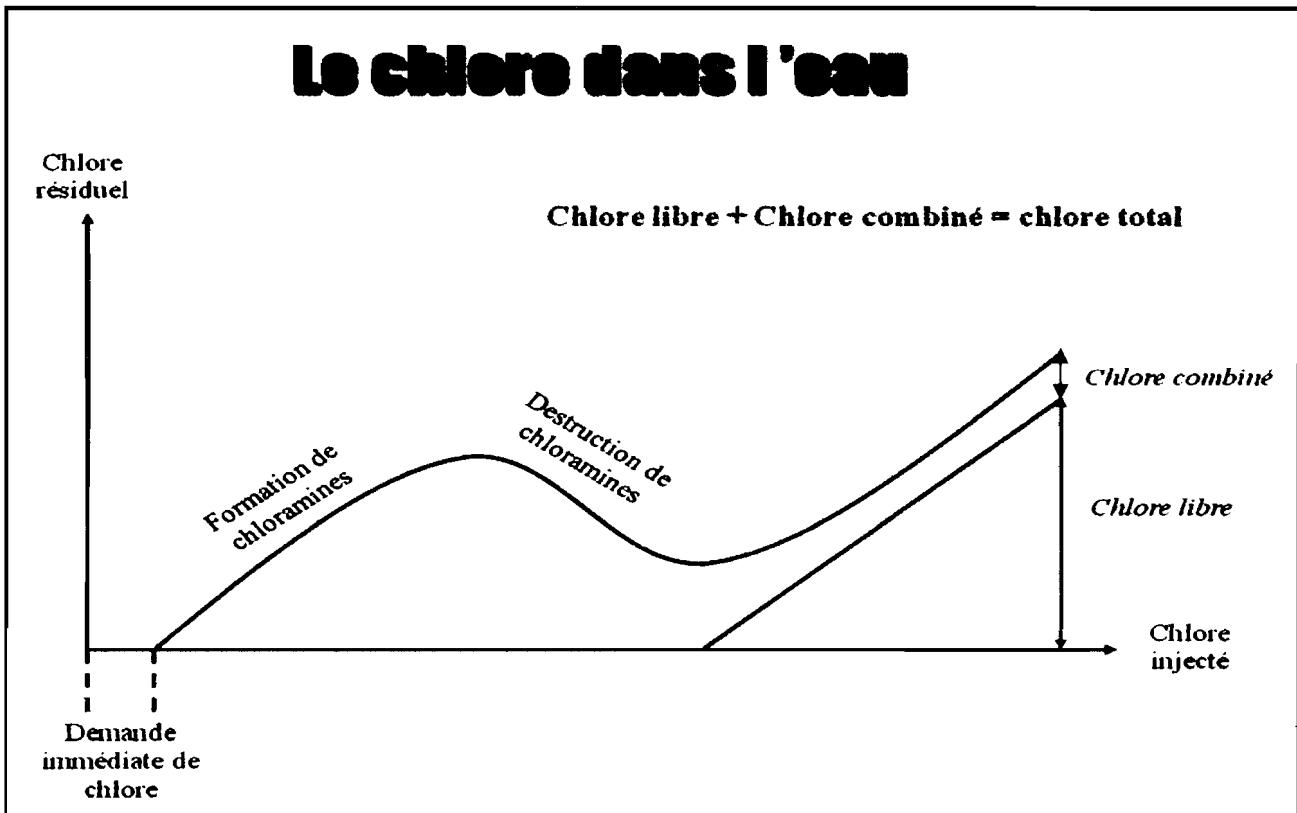
WEBOGRAPHIE

- <http://www.safewater.org> (page consultée le 15 Août 2010).
- <http://www.fr.wikipedia.org/wiki/Eau> (page consultée le 15 août 2010).
- [http://www.gls.fr/Memotec n°28](http://www.gls.fr/Memotec_n%28) (page consultée le 15 août 2010)/
- <http://www.lenntech.fr> (page consultée le 15 Aout 2010).
- <http://www.wikipedia.org/wiki/ozone> (page consultée le 15 août 2010).
- w.cnrs.fr/.../doseau/.../potable/traitEau.html. (Page consultée le 15 Août 2010).
- http://www.pseau.org/outils/ouvrages/cahier_10_chloration.pdf (page consultée le 15 Aout 2010).
- <http://www.ozone.ch/> (page consultée le 15 octobre 2010).
- http://www.eautarcie.com/.../D/Le_chlore_et_l'eau.htm (page consultée le 15 Octobre 2010).
- <http://www.eautarcie.com> (page consultée le 12 Novembre 2010).
- http://www.itc.es/pdf/Technical_documents/Agua-marca-Fra.pdf (page consultée le 19 novembre 2010).
- <http://www.fr.wikipedia.org/.../Normes> (page consultée le 30 janvier 2011).

ANNEXES

- Annexe 1 : la réaction du chlore avec l'eau

La réaction du chlore avec les impuretés de l'eau (matières organiques ou l'ammonium).



Le phénomène de Break point se produit lorsque l'eau contient des matières organiques ou de l'ammonium. Le chlore introduit réagit en priorité avec ces composés pour former des chloramines qui ont un effet bactéricide très inférieur au chlore sous forme HClO . Sans la détermination du Break point, on risque une désinfection incomplète

- Annexe 2: solution DPD 1,1g /l

Application : Dosage du chlore libre

Composition en g/l :

EDTA disodium sel ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): 0,2g

Acide sulfurique concentré (H_2SO_4): 2ml

DPD : 1,1g/l

Eau distillée : 1000ml

- **Annexe 3 : solution tampon pH 6,5**

Application : Dosage du chlore libre

Composition en g/l :

Dihydrogène phosphate de potassium (KH_2PO_4): 46g

Monohydrogène phosphate de sodium dihydraté (Na_2HPO_4): 30g

EDTA disodium sel ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$): 0,8g

Eau distillée : 1000ml

- **Annexe 4: sulfate d'ammonium et de fer II à 56mmol/l**

Application : Dosage du chlore libre

Composition en g/l :

Sel de Mohr : 22,1g

Acide sulfurique 5ml

Eau distillée : 1000ml

- **Annexe 5: préparation de la gélose « CHROMOCULT AGAR ES »**

17,25g de Chromocult coliformes Agar ES est dissous dans 500ml d'eau distillée par chauffage dans un bain marie bouillant, en agitant régulièrement jusqu'à ce que le milieu nutritif soit régulièrement dissous (45 minutes). Ne pas autoclaver, ne pas surchauffer. Le pH doit être de $7,0 \pm 0,2$ à 25°C . Le milieu de culture est refroidir à $45-50^\circ\text{C}$ dans un bain marie (apparition possible d'un précipité si la préparation excède deux heures) et couler dans des boîtes de pétri stériles (~10-15ml). La gélose est limpide et incolore. Lorsque le milieu est solidifié, on peut le conserver au frigo à $4 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant deux semaines à l'abri de la lumière et de tout dessèchement.

- **Annexe 6 : solution de RINGER**

Deux comprimés de Ringer sont dissous dans 1000ml d'eau distillée. Le pH final doit être de $7,0 \pm 0,2$. Le tout est stérilisé à l'autoclave à 121°C pendant 15minutes ou 20 minutes pour plus de deux bouteilles. Après refroidissement la solution peut être conservée au frigo pendant 30 jours.

- **Annexe 7: réparation de LAURYL TRYTOSE BROTH**

10g de Bacto tryptone et 2,5g de chlorure de sodium dissous (Na Cl) sont dissous dans 500ml d'eau distillée et chauffer avec précaution sous agitation jusqu'à ce que toute la poudre soit dissoute. Le pH doit être $7,2 \pm 0,2$ à 25°C . La solution peut se conserver pendant 30 jours au frigo entre $4-6^\circ\text{C}$.