REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE

UNION - DISCIPLINE - TRAVAIL

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UFR DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUE

Année: 2012 - 2013

THESE

N°.....

Présentée en vue de l'obtention du

DIPLOME D'ETAT DE

DOCTEUR EN PHARMACIE

Par

MIIe OKA BENELD MOH CHANTAL

ETUDE DE LA CAPACITE EPURATOIRE DES FILTRES A EAU EN CERAMIQUE

Soutenue publiquement le.....

Composition du jury

Président : MALAN KLA ANGLADE, Professeur Titulaire

Directeur de thèse : KOUADIO KOUAKOU LUC, Professeur Titulaire

Assesseurs : OGA AGBAYA SERGE, Maître de conférence agrégé

: EMERUWA EDJIKEME, Professeur Titulaire

ADMINISTRATION ET PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'UFR DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES

I. HONORARIAT

Directeurs/Doyens Honoraires : Professeur RAMBAUD André

Professeur FOURASTE Isabelle

Professeur BAMBA Moriféré

Professeur YAPO Abbé†

Professeur MALAN Kla Anglade

Professeur KONE Moussa †

II. ADMINISTRATION

Directeur Professeur ATINDEHOU Eugène

Sous-Directeur Chargé de la Pédagogie Professeur Ag INWOLEY Kokou André

Sous-Directeur Chargé de la Recherche Professeur Ag OGA Agbaya Serge

Secrétaire Principal Monsieur BLAY Koffi

Secrétaire Principal Adjoint Madame AKE Kouadio Api Eugénie

Documentaliste Monsieur N'GNIMMIEN Koffi Lambert

Intendant Monsieur GAHE Alphonse

Responsable de la Scolarité Madame DJEDJE Yolande

III. PERSONNEL ENSEIGNANT PERMANENT

1.PROFESSEURS TITULAIRES

Mme AKE Michèle Chimie Analytique

M ATINDEHOU Eugène Chimie Analytique, Bromatologie

Mme ATTOUNGBRE HAUHOUOT M.L. Biochimie et Biologie Moléculaire

KONE BAMBA Diéneba Pharmacognosie

MM KOUADIO Kouakou Luc Hydrologie, Santé Publique

MALAN Kla Anglade Chimie Ana., contrôle de qualité

MENAN Eby Ignace Parasitologie - Mycologie

MONNET Dagui Biochimie et Biologie Moléculaire

YOLOU Séri Fernand Chimie Générale

2.MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

MM ABROGOUA Danho Pascal Pharmacologie

AHIBOH Hugues Biochimie et Biologie moléculaire

DANO Djédjé Sébastien Toxicologie.

Mme AKE EDJEME N'guessan Angèle Biochimie et Biologie moléculaire

MM INWOLEY Kokou André Immunologie

KABLAN Brou Jérôme Pharmacologie

KOFFI Angely Armand Pharmacie Galénique

Mme KOUAKOU SIRANSY N. Pharmacologie

MM KOUASSI Dinard Hématologie

LOUKOU Yao Guillaume Bactériologie-Virologie

OGA Agbaya Stéphane Santé publique et Economie de la santé

OUATTARA Mahama Chimie thérapeutique

Mme SAWADOGO Duni Hématologie

MM YAPI Ange Désiré Chimie organique, chimie thérapeutique

YAVO William Parasitologie - Mycologie

ZINZENDORF Nanga Yessé Bactériologie-Virologie

3.MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

M DIAFOUKA François Biochimie et Biologie de la Reproduction

4.MAITRES ASSISTANTS

MM AMARI Antoine Serge G. Législation

AMIN N'Cho Christophe Chimie analytique

Mme BARRO KIKI Pulchérie Parasitologie - Mycologie

MM BONY François Nicaise Chimie Analytique

CLAON Jean Stéphane Santé Publique

DEMBELE Bamory Immunologie

DJOHAN Vincent Parasitologie -Mycologie

EZOULIN Miezan Jean Marc Toxicologie

GBASSI K. Gildas Chimie Minérale

Mme KOUASSI AGBESSI Thérèse Bactériologie-Virologie

MM MANDA Pierre Toxicologie

OUASSA Timothée Bactériologie-Virologie

Mme SACKOU KOUAKOU Julie Santé Publique

SANGARE Mahawa Biologie Générale

SANGARE TIGORI Béatrice Toxicologie

M YAYO Sagou Eric Biochimie et Biologie moléculaire

5.ASSISTANTS

MM ADJOUNGOUA Attoli Léopold Pharmacognosie

ADJAMBRI Adia Eusebé Hématologie

Mme AFFI-ABOLI Mihessé Roseline Immunologie

Mme AKA–ANY-GRA Armelle Adjoua S. Pharmacie Galénique

MM AMICHIA Attoumou Magloire Pharmacologie

ANGORA Kpongbo Etienne Parasitologie

Mme AYE YAYO Mireille Hématologie

MM BROU Amani Germain Chimie Analytique

CABLAN Mian N'Ddey Asher Bactériologie-Virologie

DALLY Laba Galénique

Mlle DIAKITE Aïssata Toxicologie

M DJADJI Ayoman Thierry Lenoir Pharmacologie

Mlle DOTIA Tiepordan Agathe Bactériologie-Virologie

M EFFO Kouakou Etienne Pharmacologie

Mlle FOFIE N'Guessan Bra Yvette Pharmacognosie

Mmes HOUNSA Annita Emeline Epse Alla Sante Publique

IRIE N'GUESSAN Amenan Pharmacologie

MM KABRAN Tano Kouadio Mathieu Immunologie

KAMENAN Boua Alexis Thierry Pharmacologie

KACOU Alain Chimie Thérapeutique

KASSI Kondo Fulgence Parasitologie-Mycologie

Mlle KONATE Abibatou Parasitologie-Mycologie

M KONAN Konan Jean Louis Biochimie et Biologie moléculaire

Mme KONE Fatoumata Biochimie et Biologie moléculaire

MM KOUAKOU Sylvain Landry Pharmacologie

KOUAME Dénis Rodrigue Immunologie

KPAIBE Sawa Andre Philippe Chimie Analytique

LATHRO Joseph Serge Bactériologie-Virologie

Mme LEKADOU KORE Sylvie Santé Publique

M N'GUESSAN Alain Galénique

Mmes N'GUESSAN-BLAO Amoin Rebecca J. Hématologie

OUAYOGODE-AKOUBET Aminata Pharmacognosie

POLNEAU VALLEE Sandrine Mathématiques biophysique

MM TRE Eric Serge Chimie Analytique

Mmes VANGA ABO Henriette Parasitologie-Mycologie

YAO ATTIA Akissi Régine Santé publique

M. YAPO Assi Vincent De Paul Biologie Générale

6.IN MEMORIUM

Feu KONE Moussa Professeur Titulaire

Feu YAPO Abbé Etienne Professeur Titulaire

Feu COMOE Léopold Maître de Conférences Agrégé

Feu GUEU Kaman Maître Assistant

Feu ALLADOUM Nambelbaye Assistant

Feu COULIBALY Sabali Assistant

Feu TRAORE Moussa Assistant

Feu YAPO Achou Pascal Assistant

IV. ENSEIGNANTS VACATAIRES

1. PROFESSEURS

MM ASSAMOI Assamoi Paul Biophysique

DIAINE Charles Biophysique

OYETOLA Samuel Chimie Minérale

ZOUZOU Michel Cryptogamie

2. MAITRES DE CONFERENCES

Mme TURQUIN née DIAN Louise Biologie Végétale

M YAO N'Dri Pathologie Médicale

KOUAKOU Tanoh Hilaire Botanique et Cryptogamie

3. NON UNIVERSITAIRES

MM. AHOUSSI Daniel Ferdinand Secourisme

DEMPAH Anoh Joseph Zoologie.

N'GOZAN Marc Secourisme

KONAN Kouacou Diététique

KONKON N'Dri Gilles Botanique, Cryptogamie

Mme PAYNE Marie Santé Publique

COMPOSITION DES DEPARTEMENTS DE l'UFR SCIENCES PHARMACEUTIQUES ET BIOLOGIQUES

I. <u>BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE</u>

Professeur LOUKOU Yao Guillaume Maître de Conférences Agrégé

Chef de département

Professeur ZINZENDORF Nanga Yessé Maître de Conférences Agrégé

Docteurs KOUASSI AGBESSI Thérèse Maître Assistante

OUASSA Timothée Maître Assistant

CABLAN Mian N'Dédey Asher Assistant

DOTIA Tiepordan Agathe Assistante

LATHRO Joseph Serge Assistant

II. <u>BIOCHIMIE</u>, <u>BIOLOGIE MOLECULAIRE</u>, <u>BIOLOGIE DE LA REPRODUCTION ET PATHOLOGIE MEDICALE</u>

Professeur MONNET Dagui Professeur Titulaire

Chef de Département

Professeurs HAUHOUOT ép. ATTOUNGBRE M.L. Professeur Titulaire

AHIBOH Hugues Maître de Conférences Agrégée

AKE EDJEME N'Guessan Angèle Maître de Conférences Agrégée

DIAFOUKA François Maître de Conférences

Docteurs YAYO Sagou Eric Maître Assistant

KONAN Konan Jean Louis Assistant

KONE Fatoumata Assistante

III. BIOLOGIE GENERALE, HEMATOLOGIE ET IMMUNOLOGIE

Professeur SAWADOGO Duni Maître de Conférences Agrégé

Chef du Département

Professeurs INWOLEY Kokou André Maître de Conférences Agrégé

KOUASSI Dinard Maître de Conférences Agrégé

Docteurs DEMBELE Bamory Maitre-assistant

SANGARE Mahawa Maitre-assistant

AFFI-ABOLI Mihessé Roseline Assistante

ADJAMBRI Adia Eusebé Assistant

AYE YAYO Mireille Assistante

KABRAN Tano K. Mathieu Assistant

KOUAME Dénis Rodrigue Assistant

N'GUESSAN-BLAO A. Rebecca S. Assistante

YAPO Assi Vincent De Paul Assistant

IV. CHIMIE ANALYTIQUE, CHIMIE MINERALE ET GENERALE, TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

Professeur ATINDEHOU Eugène Professeur Titulaire

Chef de Département

Professeurs MALAN Kla Anglade Professeur Titulaire

AKE Michèle Professeur Titulaire

YOLOU Séri Fernand Professeur Titulaire

Docteurs AMIN N'cho Christophe Maître Assistant

BONY Nicaise François Maître Assistant

GBASSI K. Gildas Maître Assistant

BROU Amani Germain Assistant

KPAIBE Sawa Andre Philippe Assistant

TRE Eric Serge Assistant

V. CHIMIE ORGANIQUE ET CHIMIE THERAPEUTIQUE

Professeur YAPI Ange Désiré Maître de Conférences Agrégé

Chef de Département

Professeur OUATTARA Mahama Maître de Conférences Agrégé

Docteur KACOU Alain Assistant

VI. PARASITOLOGIE, MYCOLOGIE, BIOLOGIE ANIMALE ET ZOOLOGIE

Professeur MENAN Eby Ignace H. Professeur Titulaire

Chef de Département

Professeur YAVO William Maître de Conférences Agrégé

Docteurs BARRO KIKI Pulchérie Maître Assistante

DJOHAN Vincent Maître Assistant

ANGORA Kpongbo Etienne Assistant

KASSI Kondo Fulgence Assistant

KONATE Abibatou Assistante

VANGA ABO Henriette Assistante

VII. PHARMACIE GALENIQUE, BIOPHARMACIE, COSMETOLOGIE, GESTION ET LEGISLATION PHARMACEUTIQUE

Professeur KOFFI Armand A. Maître de Conférences Agrégé

Chef de Département

Docteurs AMARI Antoine Serge G. Maître Assistant

AKA-ANY Grah Armelle A.S. Assistante

DALLY Laba Ismaël Assistant

N'GUESSAN Alain Assistant

VIII. <u>PHARMACOGNOSIE, BOTANIQUE, BIOLOGIE VEGETALE, CRYPTOGAMIE,</u>

Professeur KONE BAMBA Diénéba Professeur Titulaire

Chef de Département

Docteurs ADJOUGOUA Attoli Léopold Assistant

FOFIE N'Guessan Bra Yvette Assistante

OUAYOGODE-AKOUBET Aminata Assistante

IX. PHARMACOLOGIE, PHARMACIE CLINIQUE ET THERAPEUTIQUE, ET PHYSIOLOGIE HUMAINE

Professeurs KABLAN Brou Jérôme Maître de Conférences Agrégé

Chef de Département

ABROGOUA Danho Pascal Maître de Conférences Agrégé

KOUAKOU SIRANSY N'doua G. Maître de Conférences Agrégé

Docteurs AMICHIA Attoumou M Assistant

DJADJI Ayoman Thierry Lenoir Assistant

EFFO Kouakou Etienne Assistant

IRIE N'GUESSAN Amenan G. Assistante

KAMENAN Boua Alexis Assistant

KOUAKOU Sylvain Landry Assistant

X. PHYSIQUE, BIOPHYSIQUE, MATHEMATIQUES, STATISTIQUES ET INFORMATIQUE

Professeur ATINDEHOU Eugène Professeur Titulaire

Chef de Département par intérim

Docteur POLNEAU VALLEE Sandrine Assistante

XI. SANTE PUBLIQUE, HYDROLOGIE ET TOXICOLOGIE

Professeur KOUADIO Kouakou Luc Professeur Titulaire

Chef de département

Professeurs DANO Djédjé Sébastien Maître de Conférences Agrégé

OGA Agbaya Stéphane Maître de Conférences Agrégé

Docteurs CLAON Jean Stéphane Maître Assistant

EZOULIN Miézan Jean Marc Maître Assistant

MANDA Pierre Maître Assistant

SANGARE TIGORI B. Maître Assistante

SACKOU KOUAKOU J. Maître Assistante

DIAKITE Aissata Assistante

HOUNSA-ALLA Annita Emeline Assistante

LEKADOU KORE Sylvie Assistante

YAO ATTIA Akissi Régine Assistante



Cette thèse est dédiée à...

Au Puissant de Jacob, Eternel

Mon Grand Dieu et mon Beigneur, tu as tout fait pour moi. Et sûrement, ce n'est ni par la force, ni par l'intelligence mais uniquement par la grâce de Dieu!

Que la création toute entière te loue et t'acclament car tu es grand, ton œuvre est admirable!

Merci Seigneur!

Alpha et Omega, Seigneur Jesus

Le Saint et le véritable

Le seul ami fidèle

La course n'est point aux agiles, ni la faveur aux savants...

C'est à toi que reviens la Gloire, oh mon Dieu!

Merci Seigneur Sésus !!!

Tu n'échoues jamais...

Se suis tellement fière de toi...

Rersonne n'est comme toi !

Alléluia!

A mon père, Monsieur Oka Yao Beneld

Cu as toujours cru en moi et insisté pour que je fasse de mes études la chose la plus importante de la vie. Cu m'as suivi dans tous mes pas, tu m'as toujours conseillé en essayant de m'inculquer ton savoir et ta richesse d'esprit. Se te présente le fruit de tes efforts au travers de ce livre et te prie d'agréer papa, l'expression de mon amour et de mon profond respect.

Merci Zapa!

A mon mère, Madame Blanc jeannette épouse Oka

Maman tu m'as béni en m'accordant la grâce de faire des études en pharmacie; tu as pleuré quand je pleurais tu t'es réjouit lorsque je me réjouissais. Aucun soutien n'a été plus grand que ton épaule d'amour; Ma meilleure amie, ma sœur, mon bien. Tu es ma couronne de paix, maman chérie.

A mes frères, Oka Nanan Beneld Serge Oka N'syth Daniel

Se vous saurais gré d'accepter cette thèse comme le témoignage de votre instruction et de votre espérance envers moi. Vous êtes tout ce que je possède de plus précieux en ce monde.

A ma lumière, Yao Koffi Constant Davy

Con indéniable grandeur d'âme et ta loyauté font de toi un grand homme.

En toi se trouvent réunis les traits les plus nobles de la sagesse humaine. Cu as toujours fait ton possible pour moi et ton dévouement est allé jusqu'à l'abnégation.

A mon Grand-père Blanc Elie jean et à mon oncle Blanc Léon,

Vous m'avez enseigné et m'avez montré la voie à suivre. Eermettez moi de vous signifier mon amour et toute ma reconnaissance à travers ce travail.

Hous nous servirez d'exemple pour toute notre vie.

A mes amis les plus chers

Amani franck stephane, Latt gnagne essoh Thierry, Miexou ehui donald evrard, Nguessan Kanga Patrick aurel, Didia chantal .

Se vous ai trouvé chacun parmi des milliers. Fous êtes des personnes de valeur et d'exception. Combien vous comptez pour moi et que je vous admire mes sincères amis.

A mes amies qui m'ont soutenu

Chendou fanlé marlène, Anoh rose, Raissa, Ciré, manuella, Koyé larissa, Obodjé laetitia, Nadia, Josée

Merci pour votre participation. Merci pour l'aide et l'attention que vous avez eues à mon égard durant toutes ces années d'étude.

A mon ainé,

Tuyo awa

En témoignage de ma gratitude pour ton soutien en tout temps.

A mes binômes

Nguessan jean-paul, Oka Simplice, Kuyo estelle, Kouassi Bekanti Edwige Flaure Aly, Nandjui edwige

Recevez cette thèse, elle est aussi la vôtre puisqu'elle est le fruit de nos efforts partagés.

\mathscr{A} la $29^{\grave{e}me}$ PROMOTION

Se vous porterez toujours dans mon cœur. Sidèles Pollègues!

A vous mes chers,

Bamba henri vazoumana, Atchou otto kocou steven, Koffi lokou georgette, Cherif Kadidiatou, Mensah Dietrich.

A votre manière, vous avez contribué à l'édification de ma personne.

Recevez mes sincères remerciements et le témoignage de ma reconnaissance éternelle.

Remerciements

Cette thèse est le fruit de deux ans de recherche orientée; nombreux sont ceux qui nous ont soutenus dans cette marche, nous leur adressons nos sincères remerciements :

A Mr Silhué,

Recevez mes remerciements les plus chaleureux pour le temps et toute l'aide que vous m'avez accordé. Sans vous, ce travail n'aurait jamais vu le jour. L'excellence et le mérite conviennent à votre personne.

Au Dr Assouan adjiri marie chantal,

Nous êtes une femme remarquable. Notre énergie et votre intelligence font de vous une personne de qualité. Je vous suis reconnaissante pour le privilège qui m'a été donnée de travailler avec vous, Nocteur.

Au Dr Koré Sylvie épouse Lekadou,

Votre grand cœur d'enseignant et de mère suscitent en moi, un profond respect. Se vous prie de bien vouloir accepter à travers ce travail, le témoignage de ma profonde admiration.

Au Dr Amin Christophe,

Recevez mes remerciements pour vos conseils.

A tout le personnel de l'Institut National d'Hygiène et de la Santé Publique (INHP).

Mr Diby Pao, mr Degny gnaba serge

Merci pour votre disponibilité et votre participation à la réalisation de cette thèse.

A lous les enseignants de l'UFR de Pharmacie d'Abidjan,

Au personnel de l'administration de l'UFR de pharmacie d'Abidjan,

Au personnel de la bibliothèque de l'UFR de Pharmacie d'Abidjan,

Au personnel du Laboratoire Pharmaceutique de Côte d'Ivoire (LPCI),

Au personnel de la Pharmacie Sts Côme s Damien,

SINCERES REMERCIEMENTS

A nos maîtres et juges

A NOTRE MAITRE ET PRESIDENT DU JURY

Monsieur le professeur MALAN Kla Anglade

- ➤ Professeur Titulaire de Chimie Analytique à l'UFR de Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan;
- ➤ Doyen Honoraire de l'UFR de Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan;
- Directeur du Laboratoire National de la Santé Publique ;
- Membre du Conseil National de l'Ordre des Pharmaciens ;
- Responsable du DESS de Contrôle de Qualité des Médicaments, Aliments et Produits Cosmétiques;
- Membre de l'Académie Nationale de Pharmacie de France ;
- ➤ Membre de l'Académie des Sciences, des Arts, des Cultures Africaines et de la Diaspora (ASCAD) ;
- Membre de la Société des Experts Chimistes de France ;
- Officier dans l'Ordre du Mérite de l'Enseignement Supérieur ;
- Commandeur dans l'Ordre de l'Enseignement Supérieur ;
- Chevalier dans l'Ordre du Mérite de la Santé Publique ;
- Membre du Comité des Experts de l'OMS pour le Médicament et la Pharmacopée.

Cher maître,

Durant notre parcours universitaire, nous avons pu observer l'homme aux grandes qualités humaines et professionnelles que vous êtes.

Vous avez accepté avec spontanéité de présider ce jury malgré vos nombreuses occupations.

L'honneur est immense pour nous, de vous voir présider ce jury de thèse.

Permettez-nous de vous témoigner notre profonde gratitude et l'expression de nos sentiments les plus respectueux.

A NOTRE MAITRE ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur KOVADIO Kouakou Luc

- Professeur Titulaire d'Hydrologie et de Santé Publique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques;
- Chef du laboratoire d'hygiène et du service de contrôle des eaux de l'Institut National d'Hygiène Publique;
- Responsable du Diplôme d'Etude Universitaire d'Homéopathie à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques;
- > Responsable du DESS d'Hygiène Alimentaire à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques ;
- Responsable de la Maîtrise Professionnalisée de la Santé Publique à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques.

Cher Maître,

Vos qualités scientifiques et humaines nous portent en admiration.

Nous avons voulu ce travail empreint de votre esprit critique.

Merci d'avoir accepté de nous encadrer pour ce travail.

Nous tenons à vous exprimer notre profond respect et notre immense gratitude!

A NOTRE MAITRE ET JUGE

Monsieur le Professeur OGA Agbaya Stéphane

- Docteur en pharmacie diplômé de l'université de Cocody
- Maitre de conférences agrégé d'épidémiologie, d'économie de la santé et du médicament
- Sous-Directeur chargé de la recherche et de l'équipement à l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan
- Pharmacien de santé publique au service d'épidémiologie et de statistique de l'INSP
- Ancien interne des hôpitaux
- Membre du secrétariat des rédactions de la revue CAHIER SANTE PUBLIQUE
- Membre de l'association des épidémiologistes de langue française (ADELF)
- Membre du collège des économistes de la santé

Cher maître,

Nous vous avons toujours admiré pour votre ardeur au travail. Votre simplicité, votre modestie, et votre disponibilité nous donne une véritable leçon d'éducation. Que ce travail soit pour nous l'occasion de vous témoigner notre profonde reconnaissance.

A NOTRE MAITRE ET JUGE

Monsieur le Professeur EMERUWA Edjikémé

- Maître de conférence à l'Université de Cocody, Cote d'Ivoire.
- Ancien Vice Doyen de l'UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université de Cocody, Cote d'Ivoire 1997 a l'an 2000
- ➤ Directeur du Comité des Enseignants de la Chambre de Commerce International Chrétienne (ICCC), Section de Côte d'Ivoire.
- Membre du Groupe français de Céramique 1992
- Membre du sous comité technique de normalisation des matériaux de construction (CODINORM).

Cher Maître,

Vous avez accepté avec spontanéité de faire partie de ce jury de thèse.

Votre rigueur scientifique, nous impose une grande admiration et un profond respect.

Recevez le témoignage de notre sincère reconnaissance et notre profond respect.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Traitement de l'eau par un filtre en céramique	24
Figure 2: Eléments constitutifs du filtre en disque d'Espagne Erreur!	Signet
non défini.	
Figure 3: Filtre en disque d'Espagne vue du dessus Erreur! Signet noi	ı défini.
Figure 4: Filtre en disque d'Espagne	26
Figure 5: Filtre en disque d'Inde ou filtre Indien TERAFIL	27

LISTE DES SCHEMAS

Schémas I	: Procédure du choix, traitement et transport des matières pr	remières
		88
Schémas II	: Les étapes clés de la production des filtres	90
Schémas II	I: Diagramme de fabrication a n christ	102
Schémas IV	: Diagramme de fabrication a n christ et identification des C	CCP 105

LISTE DES GRAPHIQUES

Graphique I : Courbes des paramètres de Capacité / Débit de filtration 116
Graphique II : Diagramme des paramètres de Capacité / Réduction de la
turbidité117
Graphique III : Diagramme des paramètres de la capacité des filtres pour un
même type d'eau de volume identique (Capacité en volume)
Graphique IV : Diagramme de la variation du taux de nitrates dans l'eau avant et après
filtration121
Graphique V : Diagramme des paramètres du contrôle de qualité
microbiologique de l'eau avant et après filtration (Cas de E.coli)
Graphique VI : Diagramme des paramètres du contrôle de qualité
microbiologique de l'eau avant et après filtration (Cas des Coliformes Totaux)

LISTE DES ABREVIATIONS

CF : Coliformes Fécaux ou Thermotolérants

CT : Coliformes Totaux

CCP : Point de Contrôle Critique

FAO : Fonds des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation

HACCP: Hazard Analysis Critical Control Point

INHP : Institut National d'Hygiène Publique

MES : Matières En Suspension

OMD: Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMS: Organisation Mondiale pour la Santé

ONG: Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

UFC: Unité Format Colonie

UFR SPB: Unité de Formation et de Recherche des Sciences

Pharmaceutiques et Biologiques

UNICEF: Fonds des Nations Unies pour l'Enfance

Les paramètres dosés

Al : Aluminium

Cl⁻ : Chlorure

DHT : Dégré Hydrotimétrique Total

F-: Fluorure

 $\mathbf{F}\mathbf{e}^{2+}$: Fer

Mn : Manganèse

NH₄⁺ : Ammonium

NO₂ : Nitrite

NO₃ : Nitrate

pH : Potentiel d'hydrogène

T.A.C : Titre alcalimétrique complet

Les unités de mesure

°C : Dégré celcius

g : gramme

l/h : litre/heure

mg/l : milligramme par litre

μm : micromètre

UNT : Unité Nephélométrique de Turbidité

UVC : Unité de Couleur Vraie

Heure : Temps

INTRODUCTION

L'eau est indispensable à la vie et tous les hommes doivent en disposer en quantité et en qualité satisfaisante [MINTZ et al, 2001]. L'eau, aussi essentielle, est devenue de manière directe ou induite la première cause de morbidité au monde.

La stratégie de lutte contre les maladies à transmission hydrique a consisté à mettre à la disposition des populations de l'eau potable en quantité suffisante. En effet, la politique de l'eau à l'échelle internationale a permis d'améliorer l'accessibilité des populations à l'eau potable dans les pays en voie de développement à travers des programmes tels que la Décennie Internationale de l'Eau Potable et de l'Assainissement (DIEPA), la déclaration des Nations Unies et les forums mondiaux de l'eau [DIEPA, 1981-1990; ONU-EAU, 2010 & CONSEIL MONDIAL DE L'EAU, 1997-2012].

Cependant, la qualité de l'eau distribuée est devenue un défi majeur de Santé Publique. Plusieurs études ont montré que la qualité de l'eau pouvait se dégrader depuis la station de production jusqu'au robinet de l'usager [CELERIER et al, 1995 & BOIREAU et al, 2002]. La vétusté et le manque d'entretien des systèmes de distribution sous canalisation associés à des pénuries intempestives liées à la pression démographique, concourent à dégrader la qualité de l'eau d'adduction. Par ailleurs, d'autres travaux ont également démontré l'altération de la qualité de l'eau lors des usages domestiques [OMS, 2007 & CLASEN et al, 2009]. De plus, les nombreuses coupures d'eau suite à une pénurie ou des travaux d'aménagement ont conduit les populations à faire du stockage, souvent dans de mauvaises conditions d'hygiène. Les risques d'exposition aux maladies à transmission hydrique demeurent élevés et ce, malgré un approvisionnement aux systèmes d'adduction.

Pour limiter les risques sanitaires à chaque étape de l'utilisation de l'eau, il s'avère donc nécessaire de renforcer les capacités épuratoires des dispositifs de

traitement domestique de l'eau. Il s'agit d'une intervention simple et efficace de protection de l'eau qui désigne toute activité conduite à domicile pour améliorer la qualité de l'eau [FEDERATION INTERNATIONALE DES SOCIETES DE LA CROIX-ROUGE ET DU CROISSANT-ROUGE, 2008].

La filtration apparait une solution fiable pour garantir l'usage d'une eau de bonne qualité [BROWN et al, 2006]. Des filtres en céramique à faible porosité et souvent revêtus de chlorure d'argent se sont avérés efficaces dans le traitement de l'eau à domicile [LANTAGNE et al, 2006].

En Côte d'Ivoire, l'Association N CHRIST avec l'appui technique et financier de l'UNICEF a mis au point un filtre en céramique dénommé « KOSIM » dans le cadre du Plan d'Action du Programme Pays (CPAP) 2009-2013. Ce programme avait pour but d'aider à répondre à une demande pressante en matière d'eau potable dans les communautés rurales et marginalisées.

L'objectif général de ce travail était d'évaluer l'efficacité épuratoire et le processus de fabrication de ce filtre par la méthode HACCP.

Les objectifs spécifiques inhérents sont :

- Décrire la procédure de fabrication des filtres en pot céramique Kosim ;
- Identifier les risques et les dangers liés au processus de fabrication ;
- Evaluer la capacité épuratoire des filtres en céramique.

L'étude s'articulera autour de deux grandes parties :

- Une première partie consacrée à la revue de la littérature et
- Un deuxième volet qui présentera notre étude et les résultats qui en découlent.

PREMIERE PARTIE: REVUE DE LITTERATURE

CHAPITRE I QUALITE DE L'EAU ET MALADIES HYDRIQUES

L'accès à l'eau potable est un droit imprescriptible de tout citoyen, du fait que celle-ci constitue un des besoins de base à toute vie. L'eau doit non seulement être fournie en quantité suffisante, mais sa qualité doit répondre à certaines normes. En effet une eau de mauvaise qualité peut devenir un véhicule important de maladies dites d'origine hydrique [LANOIX et al, 1979].

I.1- LA QUALITE DE L'EAU

Une eau dite potable répond à des qualités d'ordre bactériologique, chimique, physique et organoleptique. Elle ne doit pas contenir de germes de maladies intestinales propagées par voie hydrique, ni de substances toxiques, ni de matières minérales et organiques en quantités excessives. Elle doit, par ailleurs, être limpide, incolore et ne présenter aucun goût ou odeur désagréable.

La qualité bactériologique est déterminée par la présence ou l'absence d'organismes indicateurs de pollution.

La qualité chimique et physique est déterminée par la présence et la concentration de substances chimiques dangereuses [LANOIX et al, 1979].

La qualité organoleptique répond à des exigences d'aspect général, de goût, et d'odeur.

I.2- LES SOURCES D'APPROVISIONNEMENT

I.2.1- Eaux souterraines et eaux de surface

Les sources d'approvisionnement en eau potable se divisent en deux grandes catégories : les eaux souterraines et les eaux de surface [LANOIX et al, 1979]. Les eaux souterraines proviennent des précipitations atmosphériques qui s'infiltrent dans le sol perméable et forment des nappes souterraines dites nappes

aquifères. La recherche de ces nappes se fait à partir des études géologiques de la région, de l'examen des puits existants, des sondages ou forages d'essai. Le captage se fait par des puits, des bassins de captage de sources et des galeries filtrantes.

Les eaux de surface sont constituées d'un mélange d'eaux de ruissellement et d'eaux souterraines [LANOIX et al, 1979].

On les recueille par des citernes, des aires de captage d'eau de pluie, des barrages et des prises appropriées sur les rivières, les lacs, les étangs.

I.2.2- Les puits

On distingue trois principaux types de puits : le puits ordinaire, le puits foncé et le puits foré.

Le puits ordinaire est creusé manuellement à l'aide d'un matériel d'excavation. Sa forme est généralement circulaire. Son diamètre varie de 1 mètre à 1,30 mètre. Il est habituellement muni d'un revêtement (maçonnerie ou béton) qui maintient les parois, empêche la pénétration des eaux de surface polluées, et supporte la structure extérieure.

Le fonçage (on enfonce un tube dans le sol) et le forage (on creuse par percussion ou trépan) font appel à du matériel plus ou moins important et à des techniques variant selon la nature du sol et la profondeur du puits [LANOIX et al, 1979].

I.2.3- Les galeries filtrantes ou galeries d'infiltration

Les galeries filtrantes sont des puits horizontaux qui recueillent l'eau pratiquement sur toute leur longueur. Leur construction permet d'obtenir un bon approvisionnement en eau naturellement filtrée.

Les galeries filtrantes sont de deux types :

- Tunnel foré dans la couche aquifère et d'où l'eau recueillie s'écoule vers l'extérieur par gravité ;
- Galeries tracées parallèlement aux rives d'un cours d'eau ou d'un lac et à une distance d'au moins 15 mètres.

I.2.4- Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont utilisées dans les régions où l'eau souterraine ou de surface est inexistante ou inaccessible pour des raisons financières.

Elles sont récoltées au moyen de toits ou d'autres surfaces appropriées : gouttières, caniveaux, citernes, etc.

La première eau tombant sur les surfaces de récolte est sujette à la pollution et donc rejetée. Toutefois, l'eau recueillie par la suite n'est pas salubre.

En effet, la salubrité de l'eau peut être menacée car l'eau peut devenir le véhicule de contaminants hydriques responsables de maladies chez l'homme.

I.3- <u>LES RISQUES SANITAIRES LIES A LA QUALITE DE L'EAU</u>

En ruisselant et en s'infiltrant dans le sol, l'eau peut entraîner des bactéries fécales. En profondeur, une telle infection peut parcourir 3 mètres dans un sol perméable. Horizontalement, une fois la nappe aquifère atteinte, l'infection peut aller jusqu'à une distance d'environ 15 mètres dans le sens de l'écoulement de la nappe d'eau souterraine [LANOIX et al, 1979].

Lorsque le sol est formé de rocs fissurés, une pollution éventuelle peut parcourir de grandes distances, tant horizontalement qu'en profondeur.

Les impuretés les plus importantes du point de vue de la santé publique sont, dans la catégorie des matières en suspension, les micro-organismes pathogènes.

Ces impuretés peuvent causer des maladies entériques, comme le choléra, la fièvre typhoïde, les fièvres paratyphoïdes, la dysenterie bacillaire, la dysenterie amibienne, l'hépatite infectieuse. Elles peuvent encore transporter le virus de la poliomyélite [LANOIX et al, 1979].

L'eau peut être la cause indirecte de maladies en servant de gîte à des arthropodes vecteurs ou à certains parasites qui entrent dans le cycle de transmission de maladies comme le paludisme, la fièvre jaune, la dengue, la filariose, la schistosomiase, l'onchocercose.

Enfin au-dessus d'un maximum, les matières chimiques en dissolution dans l'eau peuvent aussi être la cause de diverses maladies : méthémoglobinémie (excès de nitrate), fluorose (excès de fluor), plombisme (excès de plomb),...

I.4- LES MALADIES HYDRIQUES

Les risques sanitaires liés à la qualité de l'eau sont à l'origine des maladies hydriques [FEACHEM et al, 1980], à savoir :

- ❖ les maladies dépendant de l'eau (schistosomoses, dracunculoses, distomatoses hépato-biliaires mais également pulmonaires et intestinales);
- les maladies des vecteurs liés à l'eau (paludisme, trypanosomiase, filariose lymphatique, onchocercose);
- ❖ les maladies transportées par l'eau, liées aux pollutions chimiques et aux contaminations par les germes pathogènes (virus, bactéries, protozoaires);
- les maladies liées à la pénurie d'eau (maladies diarrhéiques et maladies liées au manque d'hygiène).

Plusieurs auteurs les regroupent en deux grands ensembles [TIFFEN, 1993]. Les deux premières catégories en une seule, à savoir les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau.

Les deux dernières catégories sont regroupées en une seule, ce sont les maladies transportées par l'eau et causées par la pénurie d'eau.

Ce volet des maladies hydriques sera abordé à travers les deux catégories communément admises à savoir [TIFFEN, 1993] :

- les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau et
- les maladies transportées par l'eau et causées par la pénurie d'eau.

I.4.1- Les maladies dépendant de l'eau et des vecteurs liés à l'eau

Ces maladies ont été signalées comme étant les plus importantes étant donné que :

- elles causent la mort et/ou des infirmités graves ;
- elles touchent une grande partie de la population des zones à risque ;
- elles sont particulièrement difficiles à combattre une fois qu'elles sont largement répandues ou qu'elles sont endémiques ;
- elles peuvent donner lieu à un mauvais état de santé prolongé.

Encore appelées maladies à transmission hydrique, elles font intervenir plusieurs acteurs dont :

- un agent pathogène (un *plasmodium* pour le paludisme, *une filaire* pour l'onchocercose, *un couple de ver trématode* pour les schistosomiases) ;
- un vecteur (l'anophèle femelle pour le paludisme, la simulie pour l'onchocercose, la glossine pour la trypanosomiase,) ou
 - un hôte intermédiaire aquatique (du genre Bulinus pour les schistosomiases urinaires, du genre Biomphalaria pour les formes de schistosomiase intestinale);
 - un hôte définitif, *l'homme qui sert aussi de réservoir* (au même titre que *certains animaux* dans le cas des schistosomiases ou de la trypanosomiase).

La maladie naît de l'interconnexion de l'écologie à ces acteurs [PODA, 2007].

I.4.2- Les maladies transportées par l'eau et causées par la pénurie d'eau

Les maladies transportées par l'eau et liées aux polluants chimiques

Les produits chimiques destinés à la lutte contre les vecteurs de maladies, les ravageurs de cultures et les engrais provoquent des intoxications et des diarrhées [DEJOUX, 1988]. En effet, l'eau sous toutes ses formes véhicule des pesticides agricoles et divers résidus toxiques qui s'accumulent préférentiellement dans les plans d'eau et sont susceptibles de porter atteinte à la santé des populations par ingestion.

Les maladies causées par la pénurie d'eau et liées aux polluants biologiques

Les problèmes de santé émanant de la rareté de l'eau ou des microbes présents dans l'eau peuvent être particulièrement dangereux pour les personnes dites vulnérables tels que les bébés, les enfants séropositifs, les immunodéprimés. La diarrhée, la dysenterie, le choléra et la typhoïde sont provoqués par de nombreuses sortes de microbes qui sont transportés par les déchets humains, l'eau insalubre, les mouches, les autres insectes et la nourriture [PODA, 2007]. La diarrhée peut être un signe de certaines formes d'infections par les vers et les parasites. Ces maladies peuvent être provoquées par un mauvais assainissement et un manque d'une quantité d'eau suffisante pour assurer l'hygiène personnelle.

Afin d'assurer, une mise à disposition pérenne de l'eau potable en quantité suffisante et de qualité compatible avec les exigences de santé, les politiques ont investi des moyens considérables pour l'assainissement et le traitement de l'eau.

CHAPITRE II LE TRAITEMENT DE L'EAU

Il existe deux types de traitement de l'eau qui se distinguent à partir du procédé, du lieu, selon la zone urbaine ou rurale, et également à partir des proportions démographiques de la population à desservir. Ce sont :

- 1. Le traitement à l'usine ou traitement industriel qui se déroule en milieu urbain, pour une forte population à desservir, avec des installations et des appareils spécialisés et coûteux ;
- 2. Le traitement au point d'usage ou à domicile qui a lieu en zone urbaine et/ou en zone rurale. Il fournit de l'eau potable à une faible entité démographique et est réalisé au moyen de matériaux simples ou directement accessibles.

II.1- LE TRAITEMENT INDUSTRIEL

Grâce à une technologie appropriée, il est possible de satisfaire les besoins d'une population qui n'a pas accès à la distribution d'eau potable. Par des moyens techniques, les usines de traitement de l'eau captent des sources d'eau et installent des tuyaux qui acheminent l'eau dans les ménages.

Il existe deux types de traitement selon que la source diffère :

- > pour les eaux de surface, le traitement est dit complet
- > pour les eaux souterraines, le traitement est de type semi-complet.

II.1.1- <u>Le traitement complet</u>

Les étapes sont les suivantes :

- Le captage de l'eau de surface dans le lit de la rivière, de l'étang ou sur la baie ;
- Le dégrillage à travers un dégrilleur ; c'est un tamis qui débarrasse l'eau des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,...);

- Le dessablage à l'aide d'un filtre qui retient les grains de sable ;
- Le déshuilage-dégraissage, qui sépare l'eau des matières grasses surnageantes ;
- La préoxydation qui consiste à apporter de l'oxygène au moyen de composés oxygénés tels que l'hypochlorite de calcium ou de l'ozone afin de préoxyder les matières organiques, le fer ou encore le magnésium ;
- L'étape de coagulation-floculation, se fait par ajout d'un coagulant et d'un floculant dans l'eau, ce qui permet de rassembler les matières en suspension (MES), qui plus lourdes vont former des ''flocs''. Le réactif le plus utilisé est le sulfate d'alumine;
- La décantation est le processus nécessaire pour permettre aux matières en suspension de tomber au fond du bassin. Cette phase permet d'éliminer, selon les procédés utilisés, entre 50 et 90% des matières en suspension ;
- La filtration sur sable a lieu sur un banc de sable d'épaisseur un mètre environ. Ce sable a un diamètre qui est fonction des objectifs du traitement;
- L'équilibrage calco-carbonique du pH au lait de chaux ;
- La neutralisation, en cas de nécessité de corriger le pH : si l'eau est acide, on apporte de la soude ; si l'eau est basique, on ajoute du chlorure d'hydrogène ;
- La désinfection s'effectue au chlore gazeux, au chlore liquide ou à l'ozone.

Et enfin se fait la distribution vers les foyers.

II.1.2- Le traitement semi-complet

- Le captage des eaux souterraines s'effectue à partir de forage ;
- Le pompage consiste à soumettre à une pression l'eau se trouvant dans des nappes phréatiques profondes afin de l'extraire ;
- Le dessablage;
- L'équilibrage calco-carbonique ;
- La désinfection.

Et enfin se fait la distribution vers les foyers.

Le traitement des eaux souterraines se résument à quelques étapes de traitement, étant donné que lors de la traversée de l'eau à travers les différentes couches de terre, une épuration biologique naturelle a permis de la débarrasser des impuretés éventuelles notamment des bactéries et autres polluants nocifs à la santé de l'homme [OMS, 2004]. A moins que ces dernières ne soient sous l'influence directe des eaux de surface, alors l'étape de la filtration s'avéra indispensable.

En général, les eaux sont potables lorsqu'elles sortent du robinet après le traitement à l'usine, mais la pollution peut survenir au niveau du ménage lors de la collecte, du transport ou de la conservation d'où l'instauration du traitement de l'eau à domicile. Il s'agit d'une approche alternative qui apparait nécessaire pour accélérer la réduction des problèmes de santé liés à l'eau d'adduction [USAID, 2006].

II.2- <u>LE TRAITEMENT DE L'EAU A DOMICILE OU TRAITEMENT</u> AU POINT D'USAGE

Le traitement de l'eau à domicile, désigne toute activité conduite à domicile pour améliorer la qualité de l'eau [FEDERATION INTERNATIONALE DES SOCIETES DE LA CROIX-ROUGE ET DU CROISSANT-ROUGE, 2008]. Il existe plusieurs méthodes de traitement de l'eau à domicile qui reposent sur des critères techniques (procédés de traitement) ou fonctionnels, chacun d'entre

II.2.1- Historique du traitement de l'eau au point d'usage

eux ayant ses propres avantages et inconvénients.

Au 19ème siècle, aux Etats-Unis, sur les bateaux à vapeur, pour traiter les eaux de chaudière dont la teneur en minéraux augmentait significativement au cours de chaque cycle de fonctionnement, le traitement de l'eau au point d'utilisation (POU=Point-Of-Use) a été adoptée comme solution. Cette solution envisageait le passage sur zéolithe de ces eaux. Ce type de procédé s'est ensuite développé pour les besoins spécifiques de l'industrie puis pour l'habitat collectif. Dès les années 30, le traitement de l'eau au point d'utilisation a été introduit chez les particuliers Américains en réponse à deux besoins distincts, d'une part, l'absence de distribution d'eau publique et d'autre part, le besoin de disposer d'une eau saine et facile à boire sans calcaire. Les grands thèmes de développement étaient à cette époque la déferrisation, la désinfection et la lutte contre l'entartrage [MALVOISIN, 2004].

II.2.2- Principe du traitement de l'eau à domicile

Le traitement de l'eau à domicile, vise en règle générale à améliorer la qualité de l'eau. Le plus important, étant l'élimination d'organismes tels que les germes et

les parasites pathogènes. Il peut également s'agir d'éliminer les particules en suspension, comme les matières terreuses, qui donnent à l'eau un aspect trouble et un goût désagréable et peuvent contenir des germes pathogènes. Dans ces cas de figure, les dispositifs et procédés de traitement à domicile sont recommandés et adaptés.

Mais, hélas s'agissant des cas où l'eau peut être dangereuse pour la santé lorsqu'elle contient certaines substances, comme des pesticides utilisés dans l'agriculture ou de l'arsenic d'origine naturelle, le traitement au point d'utilisation s'avère inefficace et inexploitable [OMS, 2007].

II.2.3- Méthodes utilisées pour le traitement de l'eau à domicile

L'eau non traitée ou insuffisamment traitée est susceptible de contenir des bactéries et de ne pas être potable. Pour les détruire et pour avoir une sauvegarde supplémentaire, des méthodes permettent de purifier l'eau. Les technologies énoncées ci-après sont à bas prix et susceptibles de sauver des vies aujourd'hui [OMS, 2007 & USAID, 2006].

La désinfection chimique

Le chlore et ses dérivés : la chloration

C'est le fait d'ajouter du chlore, sous forme liquide, solide ou gazeux à l'eau de boisson stockée dans un récipient protégé. Le chlore est un désinfectant efficace et facile à employer. A des doses de quelques milligrammes par litre (soit 5mg de chlore par litre) et moyennant des temps de contact d'environ 30 minutes, le chlore libre inactive généralement plus de 99,99 % des entérobactéries et des virus, pour autant que l'eau soit claire [OMS, 2007]. C'est un agent oxydant très actif qui réagit avec les matières organiques et inorganiques présentes dans l'eau [USAID, 2006].

❖ L'iode

L'iode est un désinfectant de premier ordre : 2 gouttes de teinture d'iode à 2% suffisent pour désinfecter 11 d'eau claire. Il faut 4 gouttes pour 11 d'eau très polluée. Laisser agir pendant 30 minutes avant la consommation de l'eau [FESTY et al, 2003].

Des composés iodés en tablettes existent également pour désinfecter l'eau.

> La désinfection solaire

Il s'agit d'exposer l'eau à la lumière du soleil, dans des bouteilles en plastique transparentes pendant une journée. L'effet combiné de la chaleur et du rayonnement ultraviolet du soleil sert à inactiver les agents pathogènes présents dans l'eau. Cette eau devrait être consommée directement à la bouteille ou versée dans un verre propre. Pour être efficace, la désinfection solaire doit être utilisée sur une eau relativement claire [OMS, 2007 & USAID, 2006].

> Les systèmes de floculation/désinfection combinés

C'est le fait d'utiliser des coagulants pour floculer les sédiments présents dans l'eau, puis de laisser agir un désinfectant pendant un temps déterminé.

Ils permettent généralement de traiter 10 à 15 litres d'eau et sont particulièrement utiles pour traiter l'eau trouble [OMS, 2007 & USAID, 2006].

> L'ébullition

L'ébullition détruit tous les organismes pathogènes sous forme végétative contenus dans l'eau. Elle est efficace, quelle que soit la qualité de l'eau brute.

Le goût de l'eau est cependant altéré par l'ébullition, surtout lorsqu'elle élimine les gaz dissouts. En laissant l'eau s'aérer pendant un certain temps dans un récipient partiellement rempli, même dont l'orifice est couvert, on lui fait perdre une grande partie de ce goût d'eau bouillie [FESTY,2003 et UNION DES AFFINEURS DE L'EAU, 1997].

> La filtration

La filtration, est un procédé permettant de séparer un solide en suspension dans un liquide à travers un milieu qui peut être facilement pénétré par les liquides. En eau douce, Il existe trois procédés de filtration possible : la filtration chimique, la filtration biologique et la filtration mécanique [UNION DES AFFINEURS DE L'EAU, 1997].

***** La filtration chimique

Il s'agit de filtrer sur des matériaux qui ont la capacité de capter les éléments dissouts dans l'eau provenant des matières organiques et de leur dégradation. Les matériaux les plus couramment utilisés dans ce type de filtration sont : le charbon (absorption des matières organiques, des colorants) et les résines (action ciblée NH-3, NO-3, NO-2, PO-4).

La filtration biologique

Le principe de ce type de filtration est d'encourager un phénomène biologique naturel, soit la nitrification. Pour ce faire, deux conditions sont à satisfaire, offrir une surface suffisante et adéquate à la colonisation bactérienne et assurer une bonne teneur en oxygène, car les bactéries nitrifiantes sont de type aérobie.

Les plus employés sont les nouilles de céramique, la pierre de lave concassée, le gravier et le grès concassé.

La filtration mécanique

Dans le cas de la filtration mécanique, l'objectif est de retenir les débris en suspension dans l'eau. Pour ce faire, on utilisera des matériaux de différentes tailles pour retenir les débris de tailles diverses qui traverseront le système de filtration. Les matériaux utilisés sont : le perlon, les mousses synthétiques, les graviers ou les céramiques de différents calibres.

Les filtres à eau se distinguent par les matériaux de composition et par la taille des pores de la membrane. Le choix des milieux filtrants est vaste. Il dépend de plusieurs facteurs : le débit de filtration, la concentration de la suspension et les caractéristiques physiques et chimiques des liquides et des solides. On peut citer:

- *les tissus filtrants* : textiles naturels (coton, jute), toiles métalliques (fer, laiton, inox), tissus en matière plastique (nylon, PVC, polyester, téflon) ;
- les milieux filtrants pulvérulents : sable, charbon, diatomite ;
- les matières poreuses : porcelaine, verre, argile, charbon, silice, métaux [LANOIX et al, 1976].

Trois principaux types de filtres à eau sont répertoriés [SANTE CANADA, 2011]:

Les filtres au charbon actif : La filtration au charbon actif est surtout efficace pour éliminer les contaminants organiques de l'eau. Étant donné que les substances organiques sont souvent responsables des problèmes de goût, d'odeur et de couleur, la filtration au charbon actif peut généralement servir à améliorer une eau non acceptable sur le plan organoleptique. Le charbon actif permet aussi d'éliminer le chlore y compris les substances dissoutes comme l'hydrogène sulfuré et les métaux lourds comme le plomb, le mercure et le cuivre. Il existe deux types de filtre au charbon actif :

• Les filtres au charbon actif en grains, utilisent une cartouche remplie de granules de charbon actif.

• Les filtres au charbon actif en bloc, se compose plutôt de particules de charbon actif qui ont été comprimées en un matériau dense.

Les filtres de résine : Les filtres de résine sont constitués d'un module qui contient de la résine capable de retenir des contaminants comme le plomb et d'autres métaux lourds. Ces contaminants possèdent une charge électrique et sont retirés lorsqu'ils sont captés par une charge opposée fournie par la résine. Les filtres de résine peuvent être jumelés à un filtre au charbon actif de façon à éliminer un large éventail de substances dissoutes.

<u>Les filtres à particules</u>: Ils retiennent les particules en fonction de leur taille en les empêchant de traverser une membrane. Le diamètre des pores de la membrane, est mesuré en micromètres. Plus le calibre est petit (donc plus les pores sont petits), plus le filtre est efficace. Il y a deux types de filtre à particules courants:

- Les filtres à fibres, empêchent les grosses particules de traverser leur tissage serré.
- Les filtres à céramique, ils retiennent certains parasites et bactéries dans leurs minuscules pores de céramique (mais pas suffisamment pour désinfecter l'eau).

Ils ne sont toutefois pas en mesure de retenir les contaminants chimiques dissouts comme le sodium, le mercure et le plomb.

La céramique est un matériau très utilisée pour la filtration, il intervient tant dans la filtration biologique que dans la filtration mécanique. Le filtre de constitution céramique encore appelé filtre en céramique, est un dispositif technique de traitement de l'eau permettant de purifier l'eau. La filtration par filtre céramique est en générale extrêmement fine de l'ordre de $0,2~\mu$ (grâce aux minuscules pores de céramique). Avec une filtration céramique aussi fine, il est

possible de retenir les microorganismes dangereux pour la santé tels que les virus et les bactéries.

Cependant, dans la pratique de la filtration, il faut éviter le colmatage qui peut avoir lieu avec des particules aux formes particulières (bâtonnet par exemple) pouvant pénétrer dans les ouvertures sans les traverser. Il vaut donc mieux choisir des ouvertures plus larges qui laissent passer ces particules et reprendre la fraction de filtrat les comprenant pour une nouvelle filtration avec un gâteau déjà constitué qui les arrête.

CHAPITRE III LES FILTRES A EAU EN CERAMIQUE

Les filtres à eau en céramique ont été utilisés dans plusieurs endroits dans le monde pour le traitement de l'eau au sein des ménages [LANTAGNE, 2001].



Figure 1: Traitement de l'eau par un filtre en céramique

III.1- CATEGORISATION DES FILTRES A EAU EN CERAMIQUE

Les filtres à eau en céramique peuvent être classés selon plusieurs paramètres [DIES, 2001]:

- La forme (<u>exemple</u>: bougie, disque, pot);
- Le type d'argile (<u>exemple</u> : kaolin blanc, terracotta rouge, argile noire) ;
- Le matériel combustible (<u>exemple</u> : sciure de bois, copeaux de bois, fleur, enveloppe à balles).

Les filtres à eau en céramique peuvent être aussi classés selon leurs fonctions :

- Suppression des microbes (<u>exemple</u> : poteries pour aileron de paix) ;
- Suppression des contaminants chimiques tels que l'arsenic et le fer (exemple : filtres Kolshi pour l'arsenic) ;
- Suppression des contaminants secondaires tels que l'odeur et le goût (exemple : filtre de bougie en céramique Katadyn Gravydin avec le carbone radioactif).

D'autres facteurs variables peuvent influencer les propriétés du filtre à eau en céramique à savoir :

- L'usage de matériels additionnels en fabrication (<u>exemple</u> : boisson alcoolisée, sable, matériel combustible, enduit...);
- La température (haute, moyenne, basse);
- Le mode de production (manuel, roue, pressoir mécanique).

III.1.1- Composantes des filtres à eau en céramique

L'unité du filtre est souvent définie par deux composantes notamment le filtre élément ou filtre moyen par lequel l'eau circule et le filtre système qui abrite le filtre moyen, consistant habituellement en une vaisselle de stockage supérieure et inférieure permettant la rétention de l'eau (figure 1) [DIES, 2001].

III.1.2- Types de filtres à eau en céramique

On distingue trois formes de filtres à eau en céramique. Les plus répandues sont : les filtres en disque, les filtres en bougie et les filtres en pot. Selon le type, il s'agit de petites installations fixes (individuelles) ou d'appareils transportables permettant de filtrer l'eau où que l'on soit. Ils sont présentés dans les sections suivantes [DIES, 2001].

> Les filtres en disque

Les filtres en disque céramique se subdivisent en plusieurs matériaux dont un récipient supérieur et un récipient inférieur ainsi que d'un disque céramique inséré entre les deux récipients. L'eau est versée dans le récipient supérieur et est ensuite filtrée grâce au disque dans le récipient inférieur. Un robinet est placé au

fond du récipient pour distribuer l'eau traitée. L'exemple d'un filtre de disque en céramique d'Espagne daté de 100 ans est donné dans la figure ci-dessous.



Figure 2: Filtre en disque d'Espagne

Un exemple plus récent du filtre en disque, est le filtre indien TERAFIL. Il est présenté dans les figures ci-après.



Figure 3 : Filtre en disque d'Inde



Figure 4 : Elément filtrant du filtre en disque d'Inde

> Filtres en forme de bougie

Les filtres en forme de bougie sont le type le plus fréquent de filtre à eau en céramique utilisé en Inde et au Népal. Ils sont en outre disponibles dans d'autres pays, notamment le Brésil. Le système des filtres en bougie s'articule autour de deux récipients et d'un ou plusieurs filtres céramiques en forme de bougie, ressemblant à une énorme bougie installée au fond du récipient supérieur (Figures 9, 10 et 11 ci-dessous). L'eau est versée dans le récipient supérieur et est filtrée grâce au filtre céramique dans le récipient inférieur.

Les filtres en forme de bougie peuvent occasionner un faible taux de circulation, raison pour laquelle il est observé fréquemment des systèmes de filtre composés de deux ou trois filtres en forme de bougie. De récents tests au laboratoire, sur cinq éléments de la bougie, de différentes compositions, montrèrent des taux de circulation allant de 300 à 800 ml/h/bougie.



<u>Figure 5</u>: Filtre en forme de bougie



Figure 6 : Elément filtrant du filtre en bougie

Filtres en pot

Le système "Filtron" des Potiers pour la Paix est constitué d'un pot céramique imprégné d'une solution colloïdale à base d'argent accroché à l'intérieur d'un seau. Le pot de fleur transformé en unité de filtre a une capacité de 9 litres et un stockage moyen de 20 litres. L'élément filtre des Potiers pour la Paix est brûlé complètement pour former la matière filtrante, alors que les filtres disques basés sur le TERAFIL qui sont constitués de deux matériaux (disque céramique et plastique, Terracotta, ou récipients en métal) sont combinés ensemble grâce à un ciment blanc ou gris qui lie le disque au récipient supérieur. Il arrive que le ciment se fissure à l'intérieur du filtre disque et alors le filtre devient plus ou moins inutile en terme de suppression de la contamination microbienne Ainsi, le filtre des Potiers pour la Paix supprime les fuites le long de l'interface entre le pot et le conteneur. Les débits de circulation typique pour le filtre des Potiers pour la Paix sont de 1 à 1,75 l/h.





Figure 7 : Le système Filtron des Potiers pour la Paix

III.2- EFFICACITE DU TRAITEMENT DE L'EAU PAR LES FILTRES EN CERAMIQUE

La filtration par les filtres céramiques offre une filtration très fine et est recommandée pour l'eau microbiologiquement dangereuse. Avec un micromètre de 0,5 à 0,9 les filtres céramiques sont efficaces pour la filtration des bactéries (y compris d'*Escherichia coli*), des kystes et des sédiments. Les protozoaires, les helminthes, la plupart des bactéries, et certains virus sont également piégés par les pores du filtre [HOFF, 2002].

III.2.1- Les avantages des filtres à eau en céramique

- Ces filtres améliorent le goût, l'odeur et l'apparence de l'eau [LANTAGNE, 2001] ;
- Ils concourent à l'élimination des microorganismes pour les seuils de coupures les plus fins [HOFF, 2002];
- Ces filtres sont peu coûteux à l'achat, bon marché, accessibles à tous.
- Ils sont faciles à utiliser;
- Ils aident à garder l'eau bien fraîche;

- Les pots en céramique sont dans notre culture et sont couramment utilisés dans nos villages pour conserver l'eau ; produits localement, ils rendent l'eau trouble en eau claire ;
- Les filtres servent de matériel de traitement de l'eau et de matériel de stockage. L'eau vient directement du seau, qui est équipé d'un robinet afin d'éviter la contamination de l'eau [OMS, 2007];
- Ces filtres peuvent être utilisés partout et à n'importe quel moment de la journée.

III.2.2- Les inconvénients

- Le taux de filtration est faible (entre 0,5 et 4 l/jour) [DIES, 2001];
- Le pouvoir de rétention de ces filtres est limité et les filtres céramiques fins ont l'inconvénient d'être rapidement colmatés. Les filtres plus grossiers peuvent quant à eux, être le siège d'une prolifération bactérienne qui entraine une contamination de l'eau consommée et affecte la santé des consommateurs [HOFF, 2002];
- Le taux d'élimination des virus est faible [HOFF, 2002];
- L'eau filtrée est exposée à la recontamination car il n'existe pas de protection résiduelle ;
- Il existe un risque de relargage important en cas de percement du filtre.
- Le filtre a une durée d'utilisation limitée ; c'est pourquoi il impose de changer les filtres très régulièrement et il y a souvent nécessité d'avoir à portée plusieurs filtres en série.
- Ces filtres sont souvent à n'utiliser que sur de l'eau froide et une eau très trouble peut rendre le débit de filtration à un niveau inacceptable.
- Le filtre est très fragile et se brise facilement ; Le robinet est sujet à l'usure ;

- La céramique requiert une maintenance régulière.

III.4- <u>FILTRE A EAU EN CERAMIQUE IMPREGNE DE COLLOÏDE</u> <u>D'ARGENT</u>

III.4.1- Rapport efficacité intrinsèque du filtre

L'efficacité intrinsèque du filtre en pot céramique imprégné de colloïde d'argent est fonction de la vitesse de filtration et de l'efficacité antimicrobienne du colloïde d'argent [HAGAN et al, 2008]. Cette technologie combine les capacités d'un filtre en céramique avec les capacités antimicrobiennes d'une solution colloïdale d'argent.

III.4.2- Les marqueurs de fiabilité du filtre

Les marqueurs permettant d'assurer la fiabilité du dispositif filtrant sont :

- Le débit de filtration et
- L'efficacité antimicrobienne du colloïde d'argent.

Le débit de filtration

Le débit de filtration d'un filtre désigne la quantité d'eau filtrée par unité de temps. Il s'exprime en litre par heure (l/h) dans le système international.

Le test du débit de filtration est un test de fiabilité qui mesure la quantité d'eau filtrée par unité de temps [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Il consiste à remplir complètement le filtre d'eau et à mesurer à l'aide d'une règle, la quantité d'eau qui s'écoule en 1 heure. Le débit optimal est de 1 - 1,75 l/heure;

- Si le débit est très élevé, cela peut indiquer des fissures internes dans le filtre et donc une filtration inefficace ;
- En outre, un débit très élevé signifie également qu'il y a un contact insuffisant avec l'argent biocide et donc une épuration microbiologique inefficace;
- Les débits qui sont trop bas ne seront d'aucune utilité, car ils ne permettront pas d'obtenir une quantité d'eau suffisante pour les besoins du ménage.

L'efficacité du colloïde d'argent

L'argent colloïdal

L'argent colloïdal, utilisé dans le filtre à eau en céramique est une solution stable de macromolécules (microscopiques) d'argent chargées positivement en suspension dans de l'eau distillée et des protéines. La taille d'une particule d'argent colloïdal est de 0,005 à 0,015 micromètres ou plus petite qu'un virus. Cette solution d'argent employée dans la fabrication des filtres a une forte concentration. Six liants de protéines sont utilisés pour lier l'argent et éviter qu'il ne soit libéré dans l'eau. Ces liants de protéines composant l'argent colloïdal contiennent des composés tels que la gomme xanthium qui est utilisé dans certains produits alimentaires de cuisson.

L'argent pur (Ag), sous sa forme élémentaire est chargé positivement. L'argent colloïdal est formé par activation électrique (électrolyse) à l'aide d'une tige d'argent ou d'un fil. Sous l'effet de cette source électrique, des particules microscopiques chargées positivement (cations) se créer dans l'eau. Ainsi, il se forme l'oxyde d'argent (AgO), qui résulte de la combinaison de l'Ag⁺ à l'oxygène O⁻ présent dans l'eau. Cette molécule d'oxyde d'argent a la particularité de repousser les particules en les maintenant à la même distance les

unes des autres, ce qui donne une solution dispersée homogène [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Historique de l'efficacité antimicrobienne de l'argent

L'argent a été utilisé comme un agent de conservation et comme un antiseptique par de nombreuses cultures à travers l'histoire. Les Grecs et les Romains utilisaient des récipients en argent pour conserver l'eau et d'autres liquides. Pendant les campagnes de guerre d'Alexandre le Grand, l'eau était mise à bouillir et stockée dans des récipients en argent ou des urnes de bronze afin de réduire les maladies d'origine hydrique [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Il a été découvert que l'argent ainsi que d'autres métaux possédaient des propriétés microbicides et l'état colloïdal s'est avéré être la forme la plus efficace avec un niveau d'activité élevé pour des concentrations très faibles (oligodynamique).

Au Mexique, l'argent colloïdal fabriqué sous le nom «Microdyn» de commerce, est vendu dans les supermarchés et les pharmacies afin de désinfecter l'eau de boisson ou de laver les aliments. L'argent colloïdal est également utilisé dans les systèmes d'eau des bateaux et des avions.

Dans la dernière décennie, la consommation quotidienne d'eau contenant de petites quantités d'argent colloïdal est devenue un traitement alternatif populaire qui contribue à la santé en prévenant les maladies [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

❖ Inactivation des bactéries par l'argent colloïdal

Les bactéries, sont des organismes vivants unicellulaires qui ont besoin de nutriments pour survivre et se reproduire et cela grâce à des réactions chimiques appelées métabolisme. Les enzymes produites par ces microorganismes régulent leur métabolisme. Ils contrôlent et catalysent les nombreuses réactions biochimiques nécessaires à l'équilibre de la vie [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Par exemple, chez les lactobacilles (bactéries utilisées dans la fabrication des fromages à partir de lait), les enzymes déterminent la vitesse à laquelle la bactérie transforme le lait en fromage.

Le mécanisme de désinfection par l'argent colloïdal suit un processus déterminé. L'argent réagit en inactivant la molécule de sulfahydroxyle ou de groupement thiol (H_2S) qui constitue le réseau d'enzymes chez les bactéries. La bactérie E. coli est inactivée par une très petite quantité d'argent.

Dans son processus de désinfection, l'argent colloïdal s'attache aux membranes cellulaires des bactéries causant une augmentation de la taille et du contenu cytoplasmique de ces cellules pathogènes. La membrane cellulaire et les couches extérieures présentent dès lors des anomalies qui entraînent la mort de la cellule.

Par l'effet microbicide de l'argent colloïdal, les bactéries sont inactivées au contact et sont incapables de se reproduire. Cette fonction a également une propriété bactériostatique qui est d'empêcher la croissance bactérienne dans le filtre [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Sécurité de l'argent colloïdal dans le corps humain

L'argent est considéré comme un matériau non toxique. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé, le taux pouvant être pris «sans risque pour la santé de l'homme» est de dix grammes par durée de vie. Le nitrate d'argent est la forme la plus toxique de l'argent. Une exposition professionnelle ou thérapeutique à long terme par des solutions de sels d'argent provoque chez l'homme l'Argyrie. Il s'agit d'une maladie rare dans laquelle la peau et/ou les cheveux deviennent gris-bleu sans aucun danger mortel. La forme colloïdale de l'argent est moins nocive.

Le foie joue un rôle décisif dans l'excrétion de l'argent, dont la plupart est absorbé et excrété avec la bile dans les selles. Chez l'homme, dans des conditions normales d'exposition quotidienne à l'argent, des taux de rétention de 0 à 10% ont été observés. La recommandation est d'obtenir pour chaque litre d'eau filtrée environ 100 ug/l d'argent résiduelle. Les échantillons de filtres d'argent recueillis dans les régions rurales du Nicaragua et analysés à l'Institut de Technologie du Massachusetts (MIT) au laboratoire de toxicologie n'ont même pas eu à avoisiner cette valeur limite. Seulement, deux des vingt-quatre échantillons avaient atteint un niveau seuil détectable. Sur la base de tous les règlements Américains, le filtre à eau imprégné d'argent colloïdal est un produit légalisé, distribué et utilisé aux États-Unis (Alethia Investigation) [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

Relation du chlore et de l'argent colloïdal

Un atome de chlore (Cl) a une couche électronique externe incomplète. Lorsque le chlore est dans l'eau, il devient un chlorure Cl⁻, anion chargé négativement.

Toutes les molécules chargées positivement sont attirées par les molécules chargées négativement. L'argent colloïdal forme des molécules de Ag⁺. Ces molécules d'Ag⁺ et de chlorures Cl⁻ sont attirés les unes vers les autres et se combinent pour former une molécule de AgCl dans l'eau.

L'argent combiné avec l'oxygène de l'eau (AgO) est plus efficace que la molécule de AgCl, pour inactiver les bactéries. L'AgCl est moins soluble dans l'eau, donc moins celui-ci sera présent dans l'eau contenu dans le filtre, et moins il restera collé à l'argile. De petites quantités sont néanmoins éliminées progressivement, au travers du filtre [POTTERS WITHOUT BORDERS, 2011].

❖ Avantages de l'argent colloïdal

- Sur la base de tests de laboratoire, le colloïde d'argent est efficace pour éliminer plus de 99% des bactéries, des protozoaires et des vers ;
- L'argent n'est pas transféré à l'eau qui passe à travers le filtre et donc n'a pas d'effet sur les utilisateurs.

❖ Inconvénients de l'argent colloïdal

- Sur la base des tests de laboratoire, l'argent colloïdale n'est pas efficace pour éliminer les virus, les métaux, et les pesticides ;
- L'eau filtrée n'a pas la capacité résiduelle microbicide de l'argent colloïdal.

III.5- EXEMPLE D'UN FILTRE A EAU EN CERAMIQUE IMPREGNE DE COLLOÏDE D'ARGENT : CAS DU FILTRE KOSIM

III.5.1- <u>Technologie</u>

Le Kosim, est un filtre à eau en céramique qui a la forme d'un pot de fleur [ASSOCIATION N CHRIST, 2011]. Constitué de terre cuite poreuse, il est conçut pour permettre à l'eau de couler à travers à un débit de 1 à 2 l/h, suffisant pour les besoins en eau potable d'une famille de quatre personnes. Il est composé d'un pot d'argile, d'un seau, d'un support, d'un couvert et d'un robinet. Le seau, le support, le couvert et le robinet sont en matière plastique.

Le pot d'argile fait 31cm de diamètre pour une hauteur de 34 cm. Ces filtres sont fabriqués à partir d'un mélange d'argile rouge et de sciure de bois, moulés dans une presse hydraulique et cuits dans un four à une température de 700 à 1000 degrés centigrades. Après la cuisson, ils sont refroidis à l'eau. Ensuite ils sont testés, et s'ils sont conformes aux exigences de qualité, les surfaces intérieures et extérieures du filtre sont traitées avec un agent prouvé antibactérien à des proportions de 1ml de 3,2% de colloïde d'argent dans 300 ml d'eau. Cet agent antibactérien est une solution d'argent colloïdal. L'argent n'est pas transféré à l'eau qui passe à travers le filtre et donc n'a pas d'effet sur les utilisateurs. L'argile est l'élément filtrant.

Les tests sur le filtre produit au Ghana indiquent que le pore du filtre est de l'ordre de 0,6 à 3,0 microns [SWANTON, 2007].

Le volume du pot filtrant est de 9 litres.

Le seau en plastique qui accompagne le filtre a un volume de 30 litres.

Le filtre Kosim est désormais fabriqué en Côte d'Ivoire et porte le nom de Filtrao.

CHAPITRE IV HACCP: EVALUATION SELON LA METHODE HACCP

IV.1- DEFINITION

HACCP est un sigle anglais signifiant « Hazard Analysis Critical Control Point». L'équivalent français est : Analyse des Dangers et Contrôle des Points Critique pour leur Maîtrise.

La méthode HACCP est un outil indispensable aujourd'hui, tant par les besoins sanitaires que par les textes réglementaires. L'établissement d'une méthode HACCP est capital pour garantir des conditions sanitaires satisfaisantes pour la santé du consommateur ou pour la qualité du produit [PERRET, 2008].

Conformément aux indications du codex alimentarius et à la directive CEE 93/43, la méthode HACCP est un système qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments (NF V 01-002) [MINISTERE DE LA SANTE, 2012]. Elle se déroule en trois phases [PERRET, 2008] :

- ✓ Identifier et analyser les dangers observés aux différentes étapes de préparation d'une chaîne alimentaire ;
- ✓ Définir les mesures préventives pour leur maîtrise ;
- ✓ S'assurer que ces mesures préventives sont mises en œuvre de façon effective et efficace grâce à des moyens de surveillance adéquats.

Sa mise en place permet d'une part de satisfaire aux exigences qualité du client et du consommateur et d'autre part, de répondre à la directive européenne 93/43 CEE et à l'arrêté du 28 mai 1997 modifié par celui du 30 juillet 1999 [MINISTERE DE LA SANTE, 2011]. De plus, du fait que le principe de l'amélioration continue (la roue de Deming, le PDCA) a été inclus dans la méthode, on peut aussi définir l'HACCP comme étant un système de gestion [ASEAN, 2005].

IV.2- HACCP: PRINCIPES ET ETAPES

Les principes de fonctionnement de ce système ont été définis dans le *Codex Alimentarius*. Basée sur 7 grands principes, la mise en place de l'HACCP se fait en suivant une séquence logique de 12 étapes, dont l'analyse des dangers et la détermination des points critiques pour leur maîtrise [ASEAN, 2005].

IV.2.1- Les 7 principes

Principe 1 : Réaliser l'analyse des risques.

Principe 2 : Déterminer les points critiques (CCP).

Principe 3 : Définir les limites critiques.

Principe 4 : Établir un système de surveillance des CCP.

Principe 5 : Établir des actions correctives à appliquer quand la surveillance indique une déviation par rapport à la limite critique définie.

Principe 6 : Établir les procédures de vérification du bon fonctionnement du système HACCP.

Principe 7: Établir un système documentaire.

L'HACCP s'intéresse aux 3 classes de dangers pour l'hygiène des aliments :

- les dangers biologiques (virus, bactéries...)
- les dangers chimiques (pesticides, additifs...)
- les dangers physiques (bois, verre...).

IV.2.2- Présentation des étapes de mise en œuvre de l'HACCP

Les étapes de mise en œuvre de l'HACCP permettent d'analyser un processus de fabrication et l'ensemble des composantes qui l'entourent (matières premières, milieu...).

Etape 1 : Constitution de l'équipe HACCP.

Etape 2 : *Description complète du produit.*

Etape3: Description de l'utilisation prévue ou attendue du produit.

Etape 4 : Elaboration d'un schéma diagramme de fabrication.

Etape 5 : *Vérification/confirmation sur place du diagramme de fabrication*.

Etape 6 : Enumération des dangers, analyse des risques (principe 1).

> Enumération des dangers potentiels

Il s'agit dans un premier temps de lister l'ensemble des dangers qui peuvent apparaître au cours des phases de vie du produit (cf. diagramme de fabrication).

Les groupes de dangers à considérer sont les suivants :

_ Chimiques : ce sont les produits chimiques risquant d'entrer en contact avec le produit (résidus de nettoyage, allergènes, OGM...) ;

_ Physiques : ce sont l'ensemble des corps étrangers susceptibles de contaminer le produit (os, métal, bois, carton, verre, plastique...) ;

_ Microbiologiques et biologiques : ce sont d'une part les types d'êtres vivants pouvant être à l'origine de contaminations et d'autre part les microorganismes et

les toxines pouvant contaminer et/ou se développer dans les matières premières et/ou le produit fini (germes pathogènes, possibilité de présence de toxines produites par des microorganismes).

> Analyse des risques

Une évaluation qualitative (conséquence, gravité) et éventuellement quantitative (probabilité d'apparition, fréquence) des dangers doit être effectuée pour évaluer le degré du risque.

> Etablissement des mesures préventives

Les mesures préventives sont des actions, activités, matériels ou facteurs nécessaires pour prévenir les dangers ou réduire leur probabilité d'apparition à un niveau acceptable.

Etape 7 : Identification et classification des CCP à l'aide de l'arbre de décision (principe 2).

Etape 8 : Etablissement des limites critiques CCP / Seuils critiques CCP (principe3).

Etape 9 : Etablissement d'un plan de surveillance et de contrôle (principe 4).

Etape 10 : Etablissement des mesures correctives (principe 5).

Etape 11 : Etablissement des procédures de vérification et de validation du plan HACCP (principe 6).

Etape 12 : Etablissement du système documentaire/ Mise à jour du plan (principe 7).

(En Annexe 1)

DEUXIEME PARTIE:

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I:

MATERIELS ET METHODES

I.1- CADRE DE L'ETUDE

I.1.1- CONTEXTE

Ce travail s'inscrit dans le cadre du processus de délivrance d'un certificat de salubrité par l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP), portant sur l'évaluation de l'efficacité épuratoire d'un filtre à eau en céramique.

La demande d'obtention du certificat de salubrité a été formulée par l'Association N CHRIST et l'étude a été réalisée par le laboratoire d'hygiène de l'eau et des aliments de l'INHP en collaboration avec le département de Santé Publique – Toxicologie et Hydrologie de l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques.

L'étude s'est déroulée de Décembre 2012 à Août 2013 et a eu pour cadre le site de production des filtres de l'Association N CHRIST.

II.1.2- L'INSTITUT NATIONAL D'HYGIENE PUBLIQUE (INHP)

Situé dans la commune de Treichville, l'INHP a été créé par le décret n° 91-656 du 9 octobre 1991 portant création et organisation de l'institut national d'hygiène publique. C'est un établissement Public National (EPN) à caractère administratif qui a pour missions :

- ✓ l'application de la politique sanitaire nationale en matière d'hygiène générale ;
- ✓ la prophylaxie et le contrôle des endémies transmissibles bactériennes, virales et parasitaires ;
- ✓ la direction technique nationale du Programme Elargi de vaccination (PEV);
- ✓ l'exécution des activités d'enseignement et de recherche à travers des services décentralisés qui sont ses antennes.

L'institut National d'Hygiène Publique comprend trois sous-directions :

- ✓ la Sous-direction des Affaires Administratives et Financières (S/DAAF) ;
- ✓ la Sous-direction de la surveillance Epidémiologique, de l'Hygiène Générale, des Etudes et de la Recherche (SEGHER) ;
- ✓ la Sous-direction de la Vaccinologie.

Le service du laboratoire d'hygiène de l'eau et des aliments est l'un des services de la sous-direction de la SEGHER. La présente étude s'y est déroulée. Les différentes missions qui lui sont assignées sont entre autres :

- ✓ la surveillance des eaux et aliments par la prévention des risques sanitaires ;
- ✓ la recherche des agents pathogènes circulant par le diagnostic des maladies courantes afin de permettre à l'INHP de participer en cas d'épidémie ou de phénomène d'intoxication, à la prise en charge des populations malades.

II.1.3- L'Association N-CHRIST

L'Association N-CHRIST est une organisation non gouvernementale locale à but lucratif qui s'inscrit dans le Plan d'Action du Programme Pays (CPAP) 2009 -2013 de l'UNICEF.

Cette association a obtenu auprès de l'ONG Potters For Peace, l'autorisation de produire et de faire la promotion des filtres à eau en céramique en Côte d'Ivoire. La technologie Potters For Peace est appliquée par N-CHRIST dans la production de ces filtres. Le partenaire local de ce projet est la représentation de l'UNICEF en Côte d'Ivoire.

Localisée à Abidjan zone 3 sur le parcours du boulevard de Marseille, l'Association N-CHRIST, a été créée le 08 Février 2001. Celle-ci, s'étant assignée comme mission d'aider les populations à améliorer leurs conditions de vie économique et sociale, a décidé de concevoir et de mettre en œuvre un projet

dénommé « Eau Potable pour Tous » (EPT). Ce projet s'est fait avec l'appui de ses partenaires internationaux : le Massachusetts Institute of Technology (MIT), des ONGs Potters for Peace, une organisation internationale non gouvernementale et à but non lucratif et Potters Without Borders du Canada, CARE INTERNATIONAL, le HCR YEMEN, le SECOURS ISLAMIQUE, la CROIX ROUGE, le GTZ et ACF. Ainsi que de ses partenaires nationaux : le Fonds des Nations Unies pour l'Enfance (UNICEF CI), le Fond de Développement pour la Formation Professionnelle (FDFP) et l'Institut National d'Hygiène Publique (INHP - département du Laboratoire d'Hygiène) via le Ministère de la Santé.

L'objectif de ce projet répond à un double enjeu :

- •Assurer aux ménages une source d'eau pérenne par l'utilisation de filtres à eau en céramique ;
- Réduire le taux de mortalité lié aux maladies hydriques.

II.1.4- <u>Le département de Santé Publique – Toxicologie et Hydrologie de</u> <u>l'UFR des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques</u>.

Il se compose de plusieurs laboratoires :

- Le Laboratoire de toxicologie et le
- Laboratoire d'Hydrologie : qui est également le laboratoire d'hygiène de l'environnement de Santé Publique.

Les objectifs du département sont :

- ✓ La formation de base
- ✓ Les formations professionnalisées
- ✓ Les expertises d'hygiène et de toxicologie ainsi que
- ✓ La recherche scientifique.

I.2- TYPE D'ETUDE

Il s'agit d'une étude transversale à visée évaluative, portant sur le pouvoir épuratoire des filtres à eau en céramique produits par l'Association N CHRIST.

I.3- LES METHODES D'INVESTIGATION

Les méthodes d'investigation utilisées en vue d'évaluer l'efficacité épuratoire du filtre à eau en céramique étaient basées sur la démarche qualité de type HACCP. Ainsi, nous avons procédé par étape successive à :

- ✓ Une inspection sanitaire sur le site de prélèvement de l'argile et sur les opérations de fabrication des filtres ;
- ✓ Une analyse des risques sanitaires par la méthode HACCP, en vue de définir les mesures préventives et enfin
- ✓ Une évaluation de la capacité épuratoire des filtres en céramique au travers d'un contrôle de qualité portant sur les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques de l'eau avant filtration et après filtration.

Pour mener à bien ces différentes investigations, chaque étape de la recherche a été effectuée sous la supervision et l'encadrement des techniciens de l'INHP.

I.3.1- L'inspection sanitaire

L'inspection a consisté en l'observation du processus de fabrication du filtre céramique Kosim, depuis la matière première jusqu'au produit fini. Pour la réalisation de cette inspection, les outils de la collecte de données ont été un questionnaire et une grille d'observation.

> Le questionnaire

Il a été prétesté, corrigé puis validé par l'ensemble des intervenants de l'étude. Il a été administré par un enquêteur sous la forme d'entretien et d'interview, adressé au personnel de l'Association N Christ. Il se compose de deux grandes parties :

Une partie qui porte sur les modalités de prélèvement de l'argile.

Elle a permis:

- d'identifier le lieu de prélèvement de l'argile ;
- de cerner les critères de choix de l'argile;
- de connaître la méthode de prétraitement de l'argile ;
- ❖ de déterminer le mode d'acheminement de la matière première sur le lieu de production.

Une autre partie qui concerne le processus de fabrication des filtres depuis la réception de l'argile jusqu'au produit fini.

Elle a permis:

- de décrire les étapes du processus de fabrication des pots céramiques;
- ❖ de réaliser un diagramme des opérations de fabrication :
- d'identifier et de répertorier tous les dangers potentiels liés aux étapes de la production ;
- d'établir les mesures préventives et
- de déterminer les points critiques pour la maitrise des risques (CCP). (Annexe 2).

> La grille d'observation

Elle a permis de décrire le produit et son utilisation prévue, d'appréhender les caractéristiques du milieu, la main-d'œuvre, la procédure de fabrication, les intrants, ainsi que le matériel de travail intervenant dans la production des filtres en pot céramique.

Les différents points abordés au niveau de la grille d'observation sont les suivants :

- le produit : description, utilisation prévue ;
- le milieu: locaux, environnements et annexes, infrastructures de production;
- ❖ la main-d'œuvre : hygiène, formation, qualification au poste de travail ;
- la procédure de fabrication : disponible, détaillée, précise, vérifiée, validée, auditée ;
- les matières ou intrants : identifiés, contrôlés ;
- ❖ le matériel : identifié, entretenu, nettoyé, qualifié.

(Annexe 3)

I.3.2- Analyse des risques sanitaires par la démarche HACCP

Une analyse des risques sanitaires par la méthode HACCP a été effectuée. Sur les 12 étapes de la démarche, 7 étapes ont été réalisés, à savoir :

- 1. Constitution de l'équipe HACCP;
- 2. Description du produit;
- 3. Détermination de son utilisation prévue ;

- 4. Etablissement du diagramme de fabrication ;
- 5. Vérification sur place du diagramme de fabrication ;
- 6. Analyse des dangers :
- a. Enumérer tous les dangers potentiels ;
- b. Définir les mesures préventives de maîtrise.
- 7. Détermination des points critiques à maîtriser (CCP).

Les outils de collecte de données sont le questionnaire et la grille d'observation.

III.1.3- <u>Le contrôle de qualité</u>

Un contrôle de qualité de l'eau avant et après filtration au moyen de filtres en céramique a été réalisé au sein du laboratoire d'hygiène de l'INHP.

Pour se faire, six (6) filtres ont été choisis de manière aléatoire afin de filtrer quatre échantillons d'eau dont un prélèvement à la source (robinet) de l'INHP et trois prélèvements d'eau dans les puits traditionnels de Treichville.

Matériels

* Description des filtres

Le dispositif de filtration se compose, pour un filtre en pot céramique de :

- Un pot d'argile de 31cm de diamètre et d'une hauteur de 34 cm ;
- Un seau en plastique d'un volume de 30 litres ;
- Un support en plastique sur lequel repose le filtre ;
- Un couvercle en plastique ;
- Un robinet en plastique fixé sur le seau afin de recueillir l'eau filtrée pour utilisation ;

- Il est imprégné de colloïde d'argent à raison de 1ml de 3,2% de colloïde d'argent dans 300ml d'eau ;
- Le volume du pot est de 9 litres.

❖ Description des échantillons d'eau

les échantillons prélevés ont été mis dans des flacons en verre (incolore, chimiquement propre et pourvu d'un bouchon rodé à l'émeri), conservés dans des glacières avec accumulateurs et acheminés immédiatement au laboratoire. L'analyse des échantillons a été faite dans les 24 heures suivant le prélèvement.

Les différents échantillons d'eau sont décrits de la manière suivante :

- Eon 1 : Eau de robinet

L'eau de robinet a été prélevée directement au niveau du dispositif d'approvisionnement de la salle du laboratoire de physico-chimie de l'INHP.

- Eon 2 : Eau de puits I

L'eau de puits I provient d'un puits traditionnel situé à l'intérieur d'un habitat de famille (puits muni de margelle, environnement cimenté, entretenu, absence d'algues en prolifération...).

- Eon 3 : Eau de puits II

L'eau de puits II est issue d'un puits traditionnel situé dans une cour commune (puits intérieur non cimenté, prolifération d'algues d'eau douce sur les parois intérieures...).

- Eon 4 : Eau de puits III

L'eau de puits III est issue d'un puits traditionnel situé dans une cour commune qui sert de local de cuisine et de restauration (puits cimenté, surface cimentée discontinue avec possibilité d'infiltration superficielle, prolifération d'algues d'eau douce sur les parois intérieures et le sol...).

➤ Méthodes d'analyse

❖ Protocole d'analyse

Conformément à la notice d'utilisation des filtres :

- le pot en céramique a été rincé à l'eau filtrée jusqu'à obtenir de l'eau claire afin d'éliminer l'odeur de l'argile et d'estomper la couleur du pot en céramique. Il a été ensuite nettoyé avec une brosse, de sorte à désengorger les pores du filtre.
- le dispositif en plastique a été entièrement lavé à l'eau et au savon puis désinfecter à l'eau de javel.

Dans la phase opératoire :

- chaque échantillon d'eau a été recueilli dans un récipient avant de le verser dans le pot en céramique.
- le pot en céramique a été rempli complètement.

Des mesures ont été réalisées sur chaque échantillon d'eau avant et après filtration. Les paramètres analytiques suivants ont été mesurés :

Paramètres organoleptiques

L'analyse effectuée a concerné les indices organoleptiques tels que l'aspect général, l'odeur et la couleur pour chaque échantillon d'eau, avant et après filtration. (Annexe 4).

* Paramètres physico-chimiques

Paramètres physiques

Les paramètres physiques de turbidité, de pH, de conductivité et de température ont été mesurés avant et après filtration. Un turbidimètre, un pH-mètre, un conductimètre et un thermomètre ont été utilisés pour apprécier chaque paramètre respectif.

Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques ont été dosés à l'aide d'un photomètre à lecture directe, le photomètre 7100 DE WAGTECH Wag-WE 10441[®]. Ce sont : le Manganèse (Mn), les Nitrates (NO₃-), les Nitrites (NO₂-), l'Ammonium (NH₄+), l'Aluminium (Al), les Fluorures (F-), les Chlorures (Cl-), le Degré Hydrotimétrique Total (DHT), le Titre Alcalimétrique Complet (TAC), le Fer (Fe). (Annexe 4).

Paramètres ayant une incidence sur la santé

Les paramètres tels que les fluorures, les nitrates et les nitrites ont été mesurés afin d'évaluer l'incidence de l'utilisation du filtre sur la santé de l'homme.

Protocole pré-opératoire:

Avant d'utiliser le filtre, le pot en céramique a été trempé dans de l'eau claire pendant 72 heures.

Protocole:

- Sélection d'un filtre
- Echantillon d'eau : eau de puits III
- Dosage avant et après filtration
- Fréquence de dosage : une fois par jour pendant trois jours
- Observation.

❖ Analyse du débit de filtration en fonction de la turbidité

Dans le cadre précis de l'analyse du débit de filtration et de la turbidité, quatre échantillons d'eau ont été à nouveau sélectionnés. Ce sont :

- Eon 1 : Eau de turbidité (0,29 UNT)
- Eon 5 : Eau de turbidité (5,95 UNT)
- Eon 6 : Eau de turbidité (8,36 UNT)
- Eon 7 : Eau de turbidité (13,15 UNT)

Analyse de la turbidité

Ce test permet de déterminer l'effet du filtre sur la turbidité de l'eau.

Protocole:

- Réaliser quatre échantillons d'eau de turbidité variée à filtrer (0,29 UNT,
 5,95 UNT, 8,36 UNT et 13,15 UNT)
- Disposer de 4 filtres
- Remplir les filtres avec les différents échantillons d'eau
- Mesurer la turbidité de l'eau filtrée par heure pendant 5 heures (T₁:1h; T₂:1h; T₃:1h; T₄:2h)
- Observer.

Analyse du débit de filtration en fonction de la turbidité

L'analyse du débit de filtration a été effectuée en vue de percevoir les capacités de filtration par heure des filtres.

Protocole:

- Réaliser quatre échantillons d'eau de turbidité variée à filtrer (0,29 UNT,
 5,95 UNT, 8,36 UNT et 13,15 UNT);
- Disposer de 4 filtres
- Remplir les filtres avec les différents échantillons d'eau
- Mesurer la quantité d'eau filtrée par heure pendant 5 heures (T₁ :1h; T₂ :1h; T₃ :1h; T₄ : 2h)
- Observer.

Les paramètres microbiologiques

A l'aide de la technique du Colilert (test qualitatif et quantitatif), les paramètres microbiologiques de l'eau à savoir les coliformes totaux et *Escherischa coli* (microorganismes indicateurs d'une contamination fécale) ont été dosés avant et après filtration.

Protocole :

Avant filtration:

- Echantillon d'eau prélevé (solution mère) ;
- Dosage par la technique du Colilert ;
- Dilution centésimale ;
- Dosage par la technique du Colilert.

Après filtration:

- Filtrat;
- Dosage par la technique du Colilert.

CHAPITRE II: RESULTATS

Les résultats des différentes investigations seront présentés en trois volets :

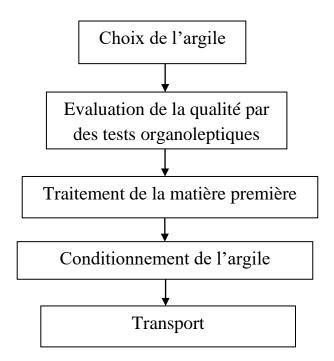
- ❖ Le premier volet exposera les résultats de l'inspection sanitaire ;
- ❖ Le second volet concernera l'application de la démarche HACCP ;
- Le troisième volet présentera les résultats de l'évaluation de la capacité épuratoire des filtres à eau en céramique, au travers d'un contrôle de qualité portant sur les caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques de l'eau avant filtration et après filtration.

I- <u>INSPECTION SANITAIRE</u>

I.1- INSPECTION AU POINT DE PRELEVEMENT DE L'ARGILE

I.1.1- Procédure du choix, traitement et transport des matières premières

Les différentes étapes de la procédure sont enregistrées au diagramme suivant.



Schémas I : Procédure du choix, traitement et transport des matières premières

Les Figures 25 à 27 présentent trois grandes étapes réalisées sur le site de prélèvement de l'argile.



Figure 25 : Sélection de l'argile



Figure 26 : Traitement de la matière première



Figure 27 : Conditionnement de l'argile

Le choix du site de prélèvement se fait de manière aléatoire, au gré des prospections, dans tous les endroits où il peut y avoir de l'argile. Le niveau des couches argileuses, superficielles ou profondes n'est pas pris en compte, seule la matière importe. L'évaluation de la qualité de l'argile se fait de manière empirique au travers des caractères organoleptiques à savoir l'aspect général et le goûter. La consistance molle et collante de l'argile est le principal caractère recherché. Si l'argile colle au palais, cela signifie qu'elle est de bonne qualité et elle pourra être ainsi destinée pour la fabrication des pots en céramique.

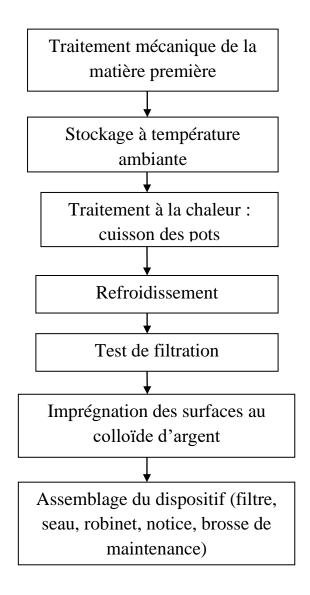
Le traitement de la matière première utilise une méthode traditionnelle de séchage. L'argile sélectionnée est exposée aux rayons solaires sur une surface plane. Le conditionnement de l'argile se fait dans des balles ou sacs de riz. Le prélèvement et le séchage ont lieu sur le site argileux. Le transport de la matière première s'effectue par voie routière du site de prélèvement à l'usine.

Ces trois étapes durent en moyenne quinze jours.

I.2- INSPECTION SANITAIRE AU LIEU DE PRODUCTION DES FILTRES A EAU EN CERAMIQUE

I.2.1- Les étapes clés de la production des filtres

Les étapes essentielles de la production des filtres en pot figurent dans le diagramme ci-après.



Schémas II : Les étapes clés de la production des filtres

Ci-joint les étapes clés de la production (Figure 28 à 45).

> Le traitement mécanique de l'argile



Figure 28: Un broyeur-tamis



Figure 29 : Le broyage et le tamisage de l'argile



Figure 30 : Le mélange des matières



Figure 31 : Le pressage de l'argile



Figure 32 : Le traitement de surface

Figure 33 : Séchage des pots

> Traitement à la chaleur : cuisson



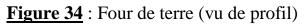




Figure 35: Four de terre (vu de face)



Figure 36 : Pots céramiques empilés verticalement dans le four

> <u>Le traitement des pots cuits</u>





<u>Figure 37</u>: Refroidissement des pots <u>Figure 38</u>: Pièce en T- Mesure du débit de filtration

> Imprégnation des surfaces au colloïde d'argent



Figure 39: Imprégnation des surfaces du pot au colloïde d'argent

> Assemblage du dispositif



Figure 40 : Réceptacle en plastique



Figure 41 : Cercle en plastique adaptable



Figure 42: Robinet en plastique



Figure 43: Brosse de nettoyage



Figure 44 : Pot céramique et composants



Figure 45: Dispositif filtrant

Le traitement mécanique des matières premières se résume aux étapes suivantes : le concassage, le broyage, le tamisage, le mélange, le boudinage, le pressage, le nettoyage, le lissage, l'estampillage des pots et enfin le séchage sur palette pendant 5 à 14 jours. La cuisson des pots céramiques est réalisée dans un four artisanal de forme rectangulaire. Le combustible est le bois. Les températures avoisineraient les 700° à 1000°C afin de s'assurer qu'elles soient suffisantes pour l'évaporation de l'eau et la destruction de tous les agents pathogènes éventuels. Le temps de cuisson est de 6 à 9 heures. Au cours de la cuisson, la chaleur exerce sur l'argile des modifications physiques qui augmentent sa porosité. Après la cuisson, les pots sont plongés dans un bac d'eau pour être refroidis jusqu'à ce qu'ils atteignent la température ambiante. Une fois refroidis, les filtres sont remplis dans de l'eau pendant 24 heures et on évalue la vitesse de filtration, qui doit être comprise entre 1 et 2 litres par heure. Ce test de filtration est réalisé pour évaluer la fiabilité du dispositif filtrant. Si le débit de filtration est conforme, l'imprégnation des surfaces au colloïde d'argent et l'assemblage du dispositif (filtre, seau, robinet, notice, brosse de maintenance) finalisent la production.

I.2.2- Les systèmes/matériels/essais/procédés de fabrication

Tout le système alliant, le matériel, la main d'œuvre, le procédé de fabrication, le milieu de production et les intrants ont été transcrits dans le tableau I cidessous, selon les modalités de Bonnes Pratiques de Fabrication.

Tableaux I: Grille de Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF)

TACHES D' INSPECTION	RESULTATS POSITIFS DE L' INSPECTION	RESULTATS NEGATIFS DE L' INSPECTION	OUTILS DE CORRECTION
Matériel	Identifié Entretenu Installations suffisantes et qualifiées Installations et fournitures appropriées	Poussiéreux et recouvert d'argile	Gestion de la Qualité Contrôle de la Qualité Auto-inspection Audit interne
Fabrication	Processus de fabrication déterminé, détaillé et précis Méthodes et instructions connues et approuvées	Aucune vérification, ni aucune validation du processus de fabrication n'est effectuée Instructions et modes opératoires absents du lieu de production	Instructions et modes opératoires : écrits, claires et approuvés, disponibles sur le lieu de production Engagement au suivi d'un système d'audit interne
Main-d'œuvre	Personnel bien formé Les exploitants ont la formation requise pour suivre et respecter les procédures	Formation artisanale du personnel Absence de formation continue	Formation continue du personnel Audit de la production Disposer d' un plan de production par étape, à respecter strictement
Matières (Intrants)	Matières, contenants et étiquettes identifiés et contrôlés	Fournisseurs variés Lieu de fourniture varié	Traçabilité complète des matières premières grâce aux dossiers de lot
Milieu	Zone de production protégée Environnement général spacieux et propre Equipements disponibles	Ranger les produits par catégorie, tout en entreposant les produits toxiques ailleurs Les locaux sont sombres et mal éclairés	Assurer le respect du plan de travail Assurer le respect des normes de sécurité au travail
Systèmes de suivie	Existence d'un registre des statistiques de production	Absence de systèmes d'enregistrement et d'examen des réclamations	Eriger des systèmes d'enregistrement et d'examen des réclamations

A l'issue des résultats de l'inspection sanitaire, la détermination des points critiques pour la maitrise a été effectuée et ce, en fonction des étapes de fabrication au niveau desquelles l'on peut agir pour prévenir, atténuer ou éliminer un danger identifié.

II- MISE EN OEUVRE DE LA DEMARCHE HACCP

Etape n° 2: La description du produit

L'étape 2 est un recueil des données sur le produit fini, les matières premières et éventuellement le produit en cours de fabrication. Le détail des opérations se trouve au tableau II.

Tableaux II: Tableau de la description du produit

Le produit	Recueil des données sur le produit fini
Caractéristiques générales : dénomination, composition, volume, structure.	Dénomination : FILTRAO Composition : argile, sciure de bois, eau Volume du pot céramique : 9 litres Structure : en forme de pot de fleur
Physico-chimiques : pH, potentiel redox, conservateurs, atmosphère modifiée.	pH: alcalin (7,5 à 10) Potentiel redox: Actif (réduction des nitrates en nitrites) Conservateurs: le colloïde d'argent Atmosphère modifiée: non
Emballage	En plastique
Etiquetage	En papier collant
Stockage et durée de vie	1 à 2 ans
Distribution	Côte d'Ivoire
	Recueil des données sur les matières premières
Définitions	 Argile: poudre d'argile; poudre de terre souple et malléable utilisée par les potiers pour ses propriétés plastiques. Sciure de bois: copeaux de bois; fragment fin détaché d'un matériau par une lame. Eau: liquide naturel transparent utilisé dans les usages domestiques et économiques.
Présentation : volume, type de conditionnement	Volume du seau : 30 litres Type de conditionnement : seau et couvercle en plastique
Proportion de chaque matière première utilisée pour un filtre	Proportion/Filtre: - Argile: 30 kg de poudre d'argile - Sciure de bois: 8,9 à 10 kg de copeaux de bois - Eau: 12,5 l d'eau
Caractéristiques physico- chimiques : pH, granulométrie	pH du mélange argileux : Alcalin Granulométrie : des granulats de terre argileuse de dimension calibrée
Concentration des solutions et des additifs	Concentration du colloïde d'argent : 1ml de 3,2% de colloïde d'argent dans 300 ml d'eau
Température de stockage	Température ambiante
Traitement, Préparation, Mise en œuvre	Traitement, préparation et mise en œuvre manuel

Etape n° 3 : Détermination de l'utilisation prévue

L'étape 3 identifie les modalités d'utilisation attendue du produit et fait un examen de l'adéquation entre le produit et les instructions d'utilisation. Le tableau III ci-après transcrit les résultats.

<u>Tableaux III</u>: <u>Tableau des modalités de l'utilisation prévue du produit</u>

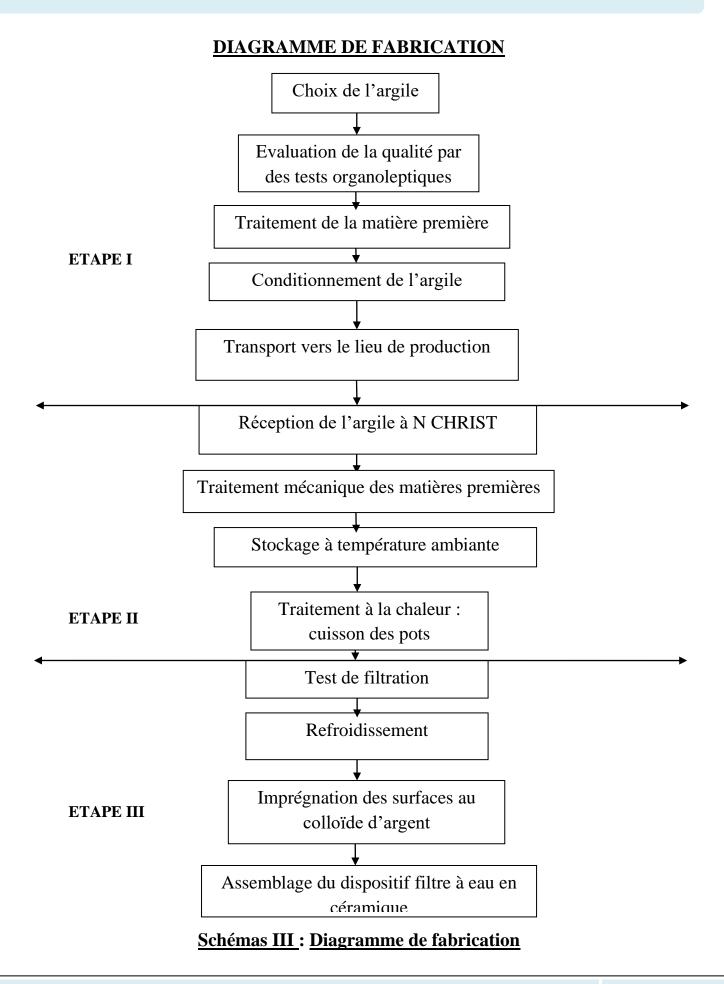
Utilisation prévue	Identification des modalités d'utilisation attendues
Modalités d'utilisation	Matériel de filtration et de stockage de l'eau à domicile
Instructions d'utilisation	Instructions d'utilisation figurant sur le seau en plastique (mode d'utilisation, entretien, maintenance du dispositif)
Déviations prévisibles	 Le pot en céramique peut être utilisé à des fins décoratives, sa structure en pot de fleur aidant. Le seau peut être utilisé comme un récipient utilitaire dans les usages domestiques.
Stockage	Se fait en hauteur, sur une chaise, une paillasse, une table Jamais au contact du sol afin de conserver l'hygiène et l'intégrité du matériel.
Groupes de consommateurs	Les ménages, les foyers désirant apporter un traitement domestique à leur eau de boisson, les populations vulnérables exposées à des risques de maladies hydriques. Examen de l'adéquation entre le produit et les instructions d'utilisation
Correspondance entre le produit et les instructions d'utilisation	Le filtre correspond à l'emploi et aux instructions d'utilisation.

Etape n° 4 : Etablissement du diagramme des opérations

Les opérations élémentaires de fabrication des filtres en pot céramique ont été consignées en détail dans le tableau IV. Et le diagramme qui en résulte se trouve en dessous.

Tableaux IV : Tableau du diagramme des opérations

	Identification des opérations élémentaires
Opérations élémentaires	Identification des opérations élémentaires Stade 1 : Choix de l'argile ; Stade 2 : Evaluation de la qualité par des tests organoleptiques ; Stade 3 : Traitement de la matière première ; Stade 4 : Conditionnement de l'argile Stade 5 : Transport Stade 6 : Réception sur le lieu de production Stade 7 : Traitement mécanique de la matière première Stade 8 : Séchage par exposition à l'air libre des pots frais pendant 2 semaines ; Stade 9 : Cuisson dans un four à bois à une température de 700° à 1000°C degrés ; Stade 10 : Refroidissement des pots ;
	Stade 10: Retroidissement des pots; Stade 11: Test de filtration; Stade 12: Imprégnation des surfaces au colloïde d'argent; Stade 13: Assemblage pour obtenir un kit composé d'un pot céramique, d'un seau plastique, d'un robinet plastique, d'une brosse et d'une notice. Recueil des informations complémentaires pour chaque
	opération élémentaire
Procédé, méthode, paramètres	 Procédé traditionnel Méthode rudimentaire, manuelle Paramètres majeures et accessoires de fabrication, pris en compte par les opérateurs.
Locaux, équipement	 Locaux : spacieux et couverts Equipement : rudimentaire, traditionnel, en bonne état de marche
Flux	Flux constant des matières premières aux produits finis
Opérateurs	Opérateurs formés et qualifiés aux techniques de fabrication du pot céramique
BPH (nettoyage, désinfection, maintenance)	Eléments de Bonnes Pratiques d'Hygiène prises en compte.
Instructions	Formation qualifiante des fabricantsInstructions et méthodes approuvées



Etape I: Phase de préparation de la matière première

Etape II: Phase en pré-cuisson

Etape III: Phase après cuisson

Etape n° 5: Vérification du diagramme des opérations

L'étape 5 vérifie et corrige sur le terrain le diagramme de fabrication.

Etape n° 6: Analyse des dangers

> Identification des dangers potentiels

❖ Activité 1 : Sur le lieu de prélèvement de l'argile

<u>Tableau V</u>: <u>Identification des dangers sur le lieu de prélèvement de l'argile</u>

DANGERS					
robiologiques	Chimiques	Physiques			
nnementaux					
	microbiens nnementaux	microbiens nnementaux			

Activité 2 : Sur le lieu de production des filtres

<u>Tableau VI</u>: <u>Identification des dangers sur le lieu de production des filtres</u>

ETAPES	DANGERS					
	Microbiologiques	Chimiques	Physiques			
T			Donas dia dia 17 mata an			
Traitement mécanique			- Proportion inadéquate en			
des matières premières :			argile et en sciure de bois ne			
• Proportion des			permettant pas d'obtenir un			
matières premières			rendement de filtration			
• Procédé de fabrication			satisfaisant			
• Aptitude technique du			- Procédé de fabrication			
fabricant			artisanal			
			- Compétence artisanal,			
			capacité de production			
			faible.			
Cuisson des pots en	a		Four à température non			
céramique dans un four	Survie des spores		réglable			
en terre au feu de bois						

> Etablissement des mesures préventives de maitrise

Tableau VII: Tableau d'établissement des mesures préventives de maitrise

OPERATIONS	DANGERS	MESURES PREVENTIVES
	Agent microbien	- Maintenir la zone de séchage propre
Exposition - Séchage	environnementaux (spores)	et à l'abri de l'humidité
		-Vérifier que les produits sont
		effectivement secs
Traitement mécanique	- Proportion inadéquate	- Mélange adéquat d'argile et de
des matières premières :	en argile et en sciure de	matière organique afin d'obtenir un
• Proportion des	bois ne permettant pas	rendement de filtration satisfaisant
matières premières	d'obtenir un rendement de	- Procédé de fabrication optimiser et
• Procédé de	filtration satisfaisant	rationaliser
fabrication	- Procédé de fabrication	- Savoirs faires en poterie, capacité de
• Aptitude technique	artisanal	production optimisée.
du fabricant	- Compétence artisanal,	
	capacité de production	
	faible.	
	-Survie des spores	-Bonne cuisson (destruction des
Cuisson des pots en	-Four à température non	spores)
céramique dans un four	réglable	-Utilisation d'un four réglable ou
en terre au feu de bois	-Altération des pots par une	automatisé
	température de cuisson	-Surveillance de la température et de la
	inadaptée.	durée de cuisson.

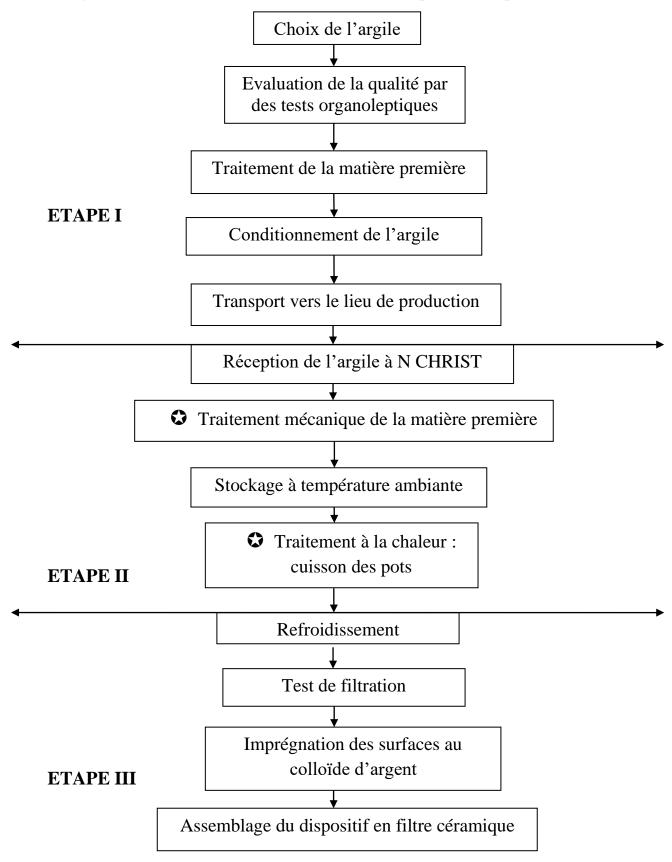
Etape 7: Identification des CCP à l'aide de l'arbre de décision (principe 2)

Les résultats enregistrés dans le tableau ci-dessous découlent de l'identification des CCP à l'aide de l'arbre à décision (voir arbre HACCP de décision dans les annexes).

Tableau VIII : Identification des CCP à l'aide de l'arbre de décision

OPERATIONS	DANGERS	MESURES PREVENTIVES	CCP
	Agent microbien	- Maintenir la zone de séchage propre	NON
Exposition - Séchage	environnementaux	et à l'abri de l'humidité	
	(spores).	-Vérifier que les produits sont	
		effectivement secs.	
Traitement mécanique	- Proportion inadéquate	- Mélange adéquat d'argile et de	
des matières	en argile et en sciure de	matière organique afin d'obtenir un	
premières :	bois ne permettant pas	rendement de filtration satisfaisant	OUI
• Proportion des	d'obtenir un rendement de	- Procédé de fabrication optimiser et	001
matières premières	filtration satisfaisant	rationaliser	
• Procédé de	- Procédé de fabrication	- Savoirs faires en poterie, capacité de	
fabrication	artisanal	production optimisée.	
Aptitude technique	- Compétence artisanal,		
du fabricant	capacité de production		
	faible.		
	-Survie des spores	-Bonne cuisson (destruction des spores)	
Cuisson des pots en	-Four à température non	-Utilisation d'un four réglable ou	
céramique dans un	réglable	automatisé	OUI
four en terre au feu de	-Altération des pots par	-Surveillance de la température et de la	OUI
bois	une température de	durée de cuisson.	
	cuisson inadaptée.		

Le diagramme de fabrication ci-dessous montre les points critiques identifiés.



Schémas IV : Diagramme de fabrication et identification des CCP

• Point de Contrôle Critique (CCP)

Etape I: Phase de préparation de la matière première

Etape II: Phase en pré-cuisson

Etape III: Phase après cuisson

III- EVALUATION DE LA CAPACITE EPURATOIRE DES FILTRES EN CERAMIQUE

Un contrôle de qualité portant sur les caractéristiques organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques de l'eau avant filtration et après filtration a permis d'évaluer la capacité épuratoire des filtres en céramique.

Les résultats des différents contrôles réalisés sur les échantillons d'eau au cours de notre étude sont consignés dans les tableaux IX à XX.

- Le tableau IX présente les paramètres organoleptiques de l'eau avant et après filtration.
- Le tableau X donne les résultats des paramètres physiques de l'eau avant et après filtration.
- Les tableaux XI à XVI donnent les résultats des paramètres chimiques de l'eau avant et après filtration.
- Les tableaux XV à XVII exposent les résultats des essais de turbidité et de débit de filtration.
- Les tableaux XVIII à XX comportent les résultats du contrôle de qualité microbiologique de l'eau avant et après filtration.

III.1- Les paramètres organoleptiques de l'eau avant et après filtration

Les résultats montrent que le filtre à eau améliore les paramètres organoleptiques (aspect général, odeur, couleur) des échantillons d'eau de robinet et d'eau de puits soumis à la filtration.

<u>Tableau IX</u>: <u>Les paramètres organoleptiques de l'eau avant et après</u> <u>filtration</u>

	Avant filtration			Après filtration		
	Aspect général	Odeur	Couleur	Aspect général	Odeur	Couleur
Eau robinet	Limpide	Perceptible (odeur de chlore)	Non perceptible	Limpide	Non perceptible	Non perceptible
Eau Puits I	Trouble	Perceptible (odeur de marée)	Perceptible	Limpide	Non perceptible	Non perceptible
Eau puits II	Trouble	Perceptible (odeur de marée)	Perceptible	Limpide	Non perceptible	Non perceptible
Eau puits III	Trouble	Perceptible (odeur de marée)	Perceptible	Limpide	Non perceptible	Non perceptible

III.2- Les paramètres physiques de l'eau avant et après filtration

Les résultats des expériences permettent de déduire que :

- L'effet de la filtration réduit la turbidité pour les eaux de turbidité élevée (eau de puits I, II et III). Par exemple, dans le cas de la turbidité de l'eau de puits III, elle a diminué de 1,06 à 0,34 UNT soit un abattement de 67,92%;
- Dans le cas de l'eau de robinet, de turbidité faible, la filtration augmente faiblement la turbidité. La turbidité est passée de 0,29 UNT à 0,32 UNT soit une augmentation de 10%. Ceci est dû au contact de l'eau avec l'argile et donc à un transfert de matière. Toutefois, la turbidité reste inférieure à 1 UNT, valeur recommandée par les directives de l'OMS.
- Les valeurs du pH et de la Conductivité augmentent après la filtration.

La mesure du potentiel hydrogène de l'eau, après le processus de filtration nous a permis de constater que celui-ci demeure au dessus de celui mesuré sur l'eau brute. Cette augmentation donne des valeurs qui restent dans l'intervalle de pH admissible défini par l'OMS 6,5≤pH≤8,5.

L'accroissement de la conductivité dans l'eau filtrée donne lieu à une minéralisation de cette eau après filtration. La modification de cette conductivité pourrait s'expliquer par le transfert de certains ions du filtre vers le filtrat.

Cependant cette valeur demeure inférieure à la valeur de la conductivité admissible pour une eau de consommation qui est fixée à $1~000\mu S/cm$ par 1'OMS.

Le tableau X indique le résultat des paramètres physiques de l'eau avant et après filtration.

<u>Tableau X</u>: <u>Tableau des paramètres physiques de l'eau avant et après</u> filtration

	A	Avant filtration			Après filtration		
	Turbidité (UNT)	pН	Conductivité (µS/cm)	Turbidité (UNT)	pН	Conductivité (µS/cm)	
Eau robinet	0,29	6,31	251	0,32	7,92	298	
Eau Puits I	0,41	6,25	567	0,21	7,56	591	
Eau puits II	0,63	6,46	489	0,32	7,64	516	
Eau puits III	1,06	6,42	646	0,34	7,73	684	
Normes [28]	1 UNT	6,5-8,5	1 000μS/cm	1 UNT	6,5-8,5	1 000μS/cm	

III.3- <u>Les paramètres chimiques de l'eau avant et après</u> filtration

Les tableaux XI, XII, XIII et XIV donnent les résultats des paramètres chimiques de l'eau avant et après filtration.

Les teneurs en Chlorure, Manganèse et Aluminium des échantillons d'eau demeurent constants avant et après la filtration. Les concentrations observées au cours de toutes nos expériences ont été inférieures à la norme OMS admissible. (Voir tableaux XI).

<u>Tableau XI</u>: <u>Tableau des paramètres chimiques constants de l'eau avant et après filtration</u>

	Avant filtration			Après filtration		
	Cl-	Mn	Al	Cl-	Mn	Al
Eau robinet	18,0	0,001	0,18	18,0	0,001	0,18
Eau Puits I	38,0	0,001	0,02	38,0	0,001	0,02
Eau puits II	28,5	0,001	0,01	28,5	0,001	0,01
Eau puits III	38,0	0,001	0,03	38,0	0,001	0,03
Normes (mg/l) [28]	250,0	0,1	0,2	250,0	0,1	0,2

L'effet de la filtration réduit les valeurs de Fer, de l'Ammonium et de la dureté de l'eau (Tableau XII).

<u>Tableau XII</u>: <u>Tableau des paramètres chimiques à tendance décroissante</u>
<u>de l'eau avant et après filtration</u>

	Avant filtration			Après filtration		
	Fer	DHT	NH ₄ ⁺	Fer	DHT	NH ₄ ⁺
Eau robinet	0,05	70	0,12	0,00	65	0,00
Eau Puits I	0,13	135	0,17	0,00	120	0,00
Eau puits II	0,08	115	0,08	0,00	105	0,00
Eau puits III	0,24	105	0,22	0,01	95	0,00
Normes (mg/l) [28]	0,3	500,0	1,5	0,3	500,0	1,5

Les valeurs du TAC, des fluorures, des nitrites, des nitrates augmentent après la filtration. Les nitrates, les nitrites et les fluorures sont des paramètres ayant une incidence sur la santé de l'homme. Leur augmentation significative dans une eau destinée à la consommation humaine constitue un risque sanitaire. Dans le tableau XIII figure les résultats des paramètres chimiques à tendance évolutive de l'eau avant et après filtration.

<u>Tableau XIII</u>: <u>Tableau des paramètres chimiques à tendance évolutive de</u>

<u>l'eau avant et après filtration</u>

	Avant filtration					Après f	iltration	
	TAC	NO ₂ -	NO ₃ -	F-	TAC	NO ₂ -	NO ₃ -	F-
Eau robinet	75	0,05	13,00	0,19	80	0,07	39,00	0,62
Eau Puits I	70	0,13	18,50	0,44	75	0,65	42,00	0,91
Eau puits II	95	0,21	15,50	0,57	110	0,94	46,00	1 ,44
Eau puits III	105	0, 45	19,40	0,80	135	1,01	54,00	2,3
Normes (mg/l) [28]	-	0,1	50,0	1,5	-	0,1	50,0	1,5

Analyse des paramètres chimiques à tendance évolutive ayant une incidence sur la santé de l'homme

 (NO_2^-, NO_3^-, F^-)

Après immersion du pot céramique dans de l'eau claire pendant 72h, il est observé une réduction notable des paramètres ayant une incidence sur la santé (NO₂-, NO₃-, F-). Ainsi, le trempage du filtre pendant 72h, a permis d'éliminer la charge en ces anions. Les résultats sont rapportés au tableau XIV.

<u>Tableau XIV</u>: <u>Tableau des paramètres chimiques à tendance évolutive</u>

<u>ayant une incidence sur la santé de l'homme</u>

Temps de filtration	AVANT FILTRATION		NORMES (mg/l) [28]		
Paramètres (mg/l)	Jour 1	Jour 1	Jour 2	Jour 3	[20]
NO ₂ -	0,07	0,06	0,05	0,04	0,1
NO ₃ -	45,00	43,00	40,90	30,00	50,0
F -	0,45	0,35	0,32	0,30	1,5

III.4- Analyse du débit de filtration en fonction de la turbidité

III.4.1- Analyse de la turbidité

Les échantillons d'eau de turbidité variée, compris entre 0,29 et 13,15 UNT ont été soumis à la filtration et ce, afin d'apprécier l'effet du filtre sur la turbidité de l'eau. Le temps de filtration se déroule sur cinq heures $(T_1:1h; T_2:1h; T_3:1h; T_4:2h)$.

Le tableau XV exprime les résultats.

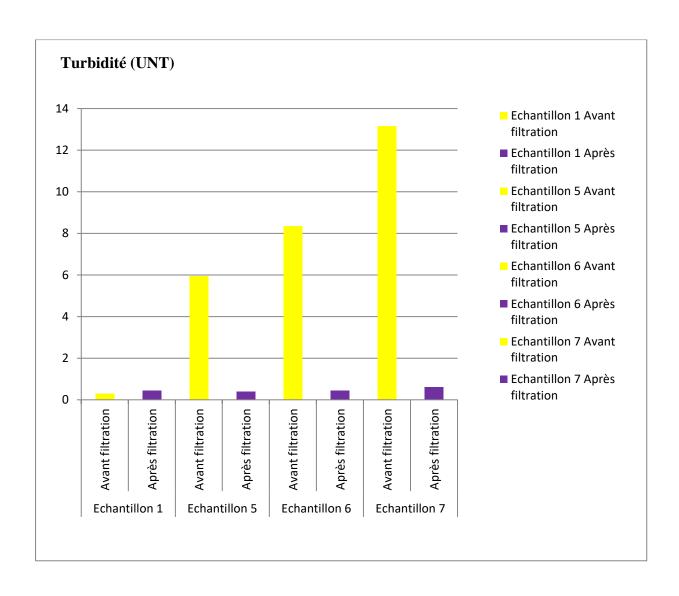
Pour les échantillons d'eau de turbidité élevés allant de 5,95 UNT à 13,15 UNT, la turbidité diminue jusqu'à atteindre des valeurs moindres très en dessous de la norme usuelle de 1 UNT. Cependant, dans le cas de l'eau de robinet de turbidité faible, la turbidité après filtration augmente faiblement et cela s'explique par le contact de l'eau avec la matière argileuse. Toutefois, la turbidité reste inférieure à 1 UNT, valeur recommandée par les directives de l'OMS. Le filtre joue un rôle de barrière physique à certaines particules dont la taille est supérieure au diamètre de ses pores.

 $\underline{\textbf{Tableau XV}}: \underline{\textbf{Tableaux des paramètres de la turbidit\'e}}$

	TURBIDITE (UNT)								
Echantillon	Echan	tillon 1	Echan	tillon 5	Echantillon 6		Echantillon 7		
Temps de filtration	Avant filtration	Après filtration	Avant filtration	Après filtration	Avant filtration	Après filtration	Avant filtration	Après filtration	
1 ^{er} temps de filtration	0,29	0,33	5,95	0,47	8,36	0,96	13,15	1,15	
2 ^e temps de filtration	0,29	0,40	5,95	0,33	8,36	0,18	13,15	0,4	
3 ^e temps de filtration	0,29	0,45	5,95	0,39	8,36	0,41	13,15	0,56	
4 ^e temps de filtration	0,29	0,58	5,95	0,37	8,36	0,27	13,15	0,31	
Totaux	1,16	1,76	23,8	1,56	33,44	1,82	52,6	2,42	
Moyenne (UNT)	0,29	0,44	5,95	0,39	8,36	0,455	13,15	0,605	

Le Graphique I illustre sous la forme d'un diagramme les paramètres de la turbidité. La filtration entraine une réduction indéniable de la turbidité. Cette efficacité est confirmée par le fait que tous les résultats obtenus après filtration sont conformes aux normes OMS de 1 UNT pour les eaux d'adduction.

Graphique I : Diagramme des paramètres de la turbidité



III.4.2- Analyse du débit de filtration en fonction de la turbidité

Les échantillons d'eau de turbidité variée, compris entre 0,29 et 13,15 UNT ont été soumis à la filtration. Le tableau XVI donne le résultat des paramètres de débit de filtration pour quatre temps de filtration $(T_1:1h\;;\;T_2:1h\;;\;T_3:1h\;;\;T_4:2h)$.

<u>Tableau XVI</u>: <u>Tableaux des résultats de débit de filtration</u>

Temps de filtration	Echantillon	Quantité écoulée (ml)	Temps écoulé (h)	Débit (l/h)
	Eon 1	530	1	0,530
1 ^{er} temps	Eon 5	435	1	0,435
	Eon 6	400	1	0,400
	Eon 7	220	1	0,220
	Eon 1	495	1	0,495
2 ^e temps	Eon 5	430	1	0,430
	Eon 6	370	1	0,370
	Eon 7	205	1	0,205
	Eon 1	490	1	0,490
3e temps	Eon 5	410	1	0,410
	Eon 6	325	1	0,325
	Eon 7	180	1	0,180
	Eon 1	920	2	0,460
4 ^e temps	Eon 5	780	2	0,390
	Eon 6	640	2	0,320
	Eon 7	350	2	0,175

> <u>Déterminer les paramètres de débit moyen de filtration</u>

Ces résultats ci-dessous sont issus des résultats des paramètres de débit de filtration. Il détermine le débit moyen de filtration par heure. Le tableau XVII en fournit le détail.

Tableau XVII : Tableaux des paramètres de débit moyen de filtration

	DEBIT MOYEN DE FILTRATION (l/h)			
Echantillon	Eon 1	Eon 5	Eon 6	Eon 7
Temps de filtration				
1er temps de filtration	0,530	0,435	0,400	0,220
2 ^e temps de filtration	0,495	0,430	0,370	0,205
3 ^e temps de filtration	0,490	0,410	0,325	0,180
4 ^e temps de filtration	0,460	0,390	0,320	0,175
Total	1,975	1,665	1,415	0,78
Débit moyen de filtration	0,49	0,42	0,35	0,19
Débit moyen de filtration (en %)	49	42	35	19

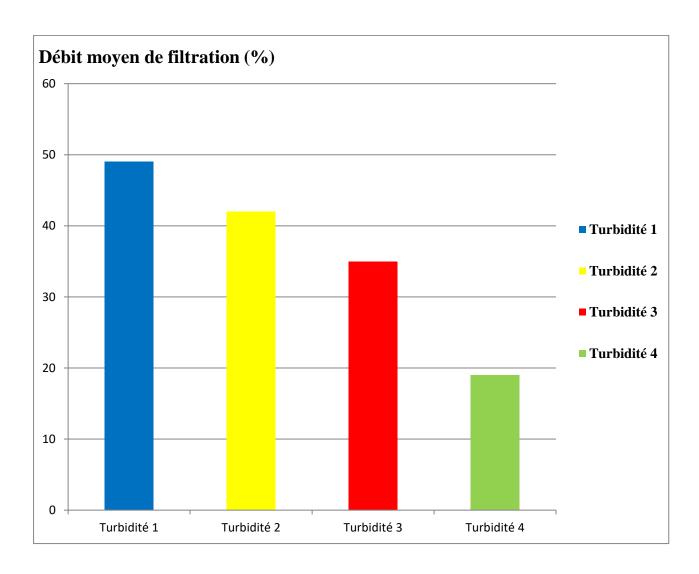
Le débit de filtration varie inversement avec la turbidité. Il est élevé lorsque la turbidité est faible et il diminue de façon décroissante pour des turbidités croissantes.

La capacité de filtration pour chaque filtre diminue avec le temps et ce quelque soit la valeur de la turbidité initiale. Il s'agit de l'effet de colmatage des pores.

Le premier débit de filtration est généralement le plus élevé et il diminue au fil du temps.

Le graphique II ci-après donne une illustration des paramètres de débit moyen de filtration en fonction du temps.

Graphique II : Graphique des paramètres de débit moyen de filtration



III.5- <u>LES RESULTATS DU CONTROLE DE QUALITE</u> <u>MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU AVANT ET APRES FILTRATION</u>

Les résultats des tests microbiologiques sont transcrits dans le tableau XVIII.

<u>Tableau XVIII</u>: <u>Les résultats du contrôle de qualité microbiologique de l'eau avant et après filtration</u>

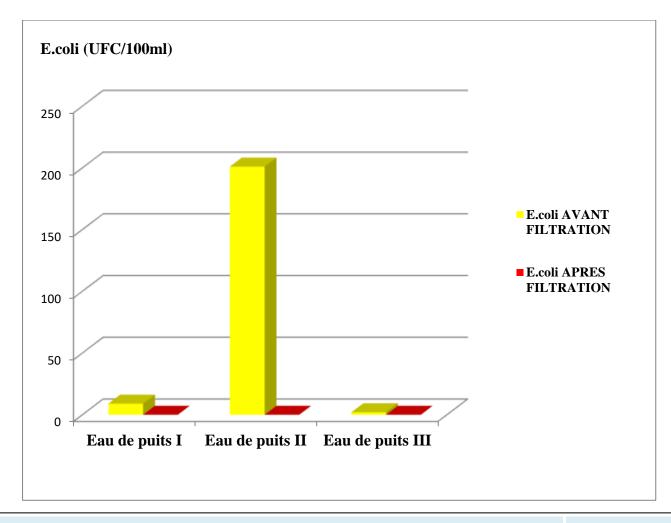
			Paramètres bactériologiques recherchés		
		Désignation	Coliformes totaux	E.coli	Références normatives [28] (UFC/100ml)
	E _R	Eau de robinet	00	00	00 UFC/100 ml
SOLUTION	P_1	Eau Puits 1	> 201	09	00 UFC/100 ml
MERE	P_2	Eau Puits 2	> 201	> 201	00 UFC/100 ml
	P_3	Eau Puits 3	> 201	02	00 UFC/100 ml
	F ₁	Filtrat du Puits 1	00	00	00 UFC/100 ml
FILTRATS	F ₂	Filtrat du Puits 2	00	00	00 UFC/100 ml
	F ₃	Filtrat du Puits 3	00	00	00 UFC/100 ml

Avant la filtration, l'eau provenant des puits traditionnels contenaient un nombre important de micro-organismes indicateurs de pollution fécale. Après filtration, les filtrats issus de ces eaux de puits ne contiennent plus d'agents indicateurs de pollution fécale.

<u>Tableau XIX</u>: <u>Les résultats du contrôle de qualité microbiologique de l'eau</u> avant et après filtration (Cas de E.coli)

	E.coli (UFC/100ml)			
	AVANT FILTRATION	APRES FILTRATION		
Eau de puits I	09	00		
Eau de puits II	> 201	00		
Eau de puits	02	00		
III				

<u>Graphique III</u>: <u>Diagramme des paramètres du contrôle de qualité</u> microbiologique de l'eau avant et après filtration (Cas de E.coli)

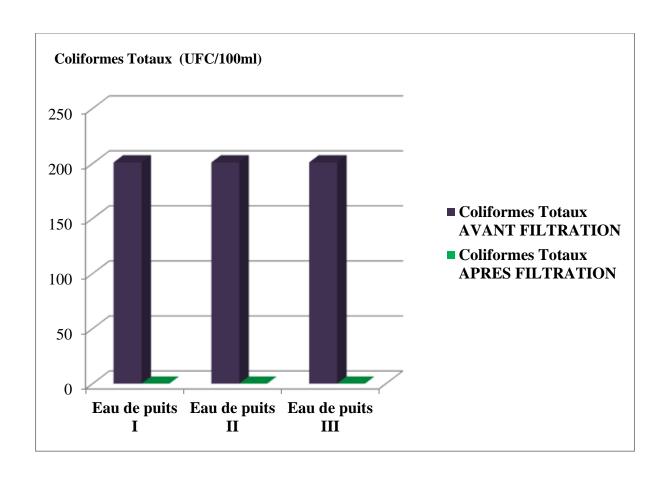


<u>Tableau XX</u>: <u>Les résultats du contrôle de qualité microbiologique de</u>
l'eau avant et après filtration (Cas des Coliformes Totaux)

	Coliformes Totaux (UFC/100ml)			
	AVANT FILTRATION	APRES FILTRATION		
Eau de puits I	201	00		
Eau de puits II	201	00		
Eau de puits	201	00		
III				

Graphique VI : <u>Diagramme des paramètres du contrôle de qualité</u>
microbiologique de l'eau avant et après filtration (Cas des Coliformes

Totaux)





Le traitement domestique de l'eau dans les pays en développement s'avère de plus en plus indispensable si l'on veut atteindre l'objectif 7 de la cible 10 des OMD qui est de réduire de moitié, d'ici 2015, la proportion de personnes sans accès durable à l'eau potable et à un assainissement de base. En effet, les politiques tels que la DIEPA, les forums mondiaux de l'eau et la déclaration des Nations Unies pour améliorer l'accès de l'eau au niveau des ménages sont devenus insuffisants. La mauvaise hygiène de l'environnement et l'ignorance des règles élémentaires d'hygiène domestique concourent à la contamination microbienne des eaux de consommation.

Entre autres alternatives, la filtration apparait une solution fiable et durable pour garantir l'usage d'une eau de bonne qualité [OMS, 2007]. Elle permet l'élimination non seulement des matières en suspension, des microorganismes pathogènes, mais aussi d'améliorer la turbidité de l'eau.

Dans ce travail, nous avons évalué l'efficacité épuratoire et le processus de fabrication du filtre en céramique imprégné de colloïde d'argent, par la méthode HACCP. Ce filtre a été testé au niveau de la procédure de production, de la qualité organoleptique, physico-chimique, de la quantité d'eau recueillie et de l'élimination des micro-organismes.

Les résultats de l'inspection sanitaire ont montré que le filtre en céramique Kosim est fait à base de matériaux locaux accessibles. Il ne présente aucun danger pour l'utilisateur. La technologie s'adapte à la source habituelle d'approvisionnement en eau des populations.

Ce filtre est peu coûteux (Prix d'achat : 10.000fcfa) et est utilisable sur une durée moyenne allant de 1 à 2 ans. Cependant, la composition minéralogique de l'argile est méconnue, le prélèvement se fait par méconnaissance des couches argilifères. Les lieux de prélèvement sont divers, choisis de manière empirique et cela, sans tenir compte des possibilités de souillure de la terre par des facteurs de pollution humaine ou animale. Par ailleurs, il existe un problème de fissures

et de microfissures dans le matériau poreux et le dispositif en céramique n'est pas résistant.

Il s'est avéré au cours de l'étude que, les étapes du traitement mécanique des matières premières et de la cuisson des pots, sont des points de contrôle critique menaçant la santé des consommateurs. Ces étapes font parti de la chaîne de production et doivent permettre de garantir un pré-requis minimum en termes d'efficacité et d'innocuité pour les clients.

L'analyse organoleptique des eaux soumis à la filtration a montré, une amélioration des critères d'acceptabilité à savoir l'aspect général, l'odeur et la couleur de l'eau. Ces aspects ont également été démontrés dans les études réalisées par Malvoisin en 2004 et Lifestraw en 2007.

La filtration influence les paramètres physiques tels que, le pH, la conductivité et la turbidité de l'eau, sans pour autant sortir des limites fixées par l'OMS. S'agissant du pH, il augmente après filtration. Cette augmentation serait liée à la basicité des matériaux entrant dans la composition du filtre Kosim, qui au passage de l'eau se solubilisent peu à peu.

La conductivité de l'eau augmente après filtration, traduisant une ré minéralisation de l'eau filtrée. Ceci pourrait s'expliquer par la solubilisation de certains minéraux constitutifs du filtre lors du passage de l'eau pendant le processus de filtration. Cette solubilisation n'est pas unique aux filtres Kosim fabriqués en Côte d'Ivoire. En effet, Piaskowy dans ses travaux utilisant des filtres produits au Ghana, relève également une augmentation de la conductivité des eaux filtrées.

Le filtre joue un rôle de barrière physique à certaines particules dont la taille est supérieure au diamètre de ses pores, réduisant ainsi la turbidité de l'eau à des proportions inférieures à 1 UNT. Ce résultat est conforme à celui de Van Halem en 2006.

L'évaluation chimique démontre que la filtration réduit les teneurs en Fer, en Ammonium, ainsi que la dureté de l'eau.

Le TAC, les fluorures, les nitrites et les nitrates augmentent après la filtration. Cet accroissement de ces paramètres chimiques pourrait constituer un risque sanitaire pour la santé de l'homme. Le trempage du pot céramique pendant 72 heures dans de l'eau salubre permet de corriger cette anomalie, entrainant une baisse remarquable des fluorures, des nitrites et des nitrates. Lorsque le filtre est récent, les éléments chimiques constitutifs du pot céramique, sont relargués dans le filtrat à des doses importantes. L'utilisation au fil du temps montre une tendance décroissante des paramètres chimiques présentant un danger pour la santé de l'homme. L'immersion pendant 72 heures réduit la teneur du filtrat en ces éléments.

Le débit de filtration n'est pas stable. Il évolue avec le temps de filtration, la turbidité de l'eau, la porosité du matériau, la hauteur de l'eau dans le filtre et la saturation des pores. Une étude réalisée par l'Unicef en 2009 a mis en évidence le lien entre le débit de filtration et la saturation des pores du filtre. En effet, lorsque les pores sont saturés en eau, le débit de filtration est le plus faible possible. Au point de saturation, les pores ont tendance à se vider augmentant ainsi le débit de filtration.

Par ailleurs, une étude effectué par Moubokounou en 2010, a démontré que plus la hauteur d'eau dans le filtre est grande plus la quantité d'eau filtrée est importante.

De plus, l'abattement diminue avec le temps et est fonction de la qualité de l'eau initiale contenu dans le pot. Selon plusieurs autres auteurs [CLASEN, 2007; LANTAGNE et al, 2006] le débit moyen varie entre 1 et 3 l/h. Cependant, dans notre étude, les débits moyens de filtration sont plus faibles. Cette divergence de résultats pourrait s'expliquer par le fait que la turbidité a été considérée comme une variable alors que cela n'a pas été le cas dans les études mentionnées plus

haut. Toutefois, cette technologie permet de fournir la quantité d'eau nécessaire pour la boisson et pour laver les aliments crus.

L'analyse microbiologique a démontré que le taux d'efficacité du filtre pour éliminer les contaminants microbiologiques est de 100%. Il garantit la qualité de l'eau en éliminant à 100%, les germes qui causent les maladies diarrhéiques et qui entraînent la mortalité infantile, à savoir les coliformes totaux et E.coli.

Nos résultats sont concordants avec ceux des travaux de Swanton qui, dans une étude similaire réalisée dans le nord du Ghana en 2007 a conclu que le Kosim s'est révélé capable d'éliminer à 99.4% les coliformes totaux et à 99.7% la bactérie *E. coli* et ce, quelque soit la provenance de la source d'eau.

En somme, le filtre à eau en céramique fournit une eau acceptable sur le plan organoleptique, qui ne contient en quantité dangereuse ni substance chimique, ni microorganisme nocif pour la santé. Ils sont faciles d'emploi et ont un coût relativement bas. L'inconvénient de la méthode est qu'il existe une possible récontamination de l'eau conservée sans chlore résiduel.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

Le but de notre étude était d'évaluer l'efficacité épuratoire et le processus de fabrication du filtre à eau en céramique imprégné d'argent, par la méthode HACCP. Cette évaluation a consisté à décrire la procédure de fabrication du filtre en pot céramique Kosim, à identifier les risques et les dangers survenant lors du processus de production et à évaluer la capacité épuratoire de ce filtre.

La production du Kosim se fait de manière artisanale et n'obéit pas à une démarche HACCP. Deux paramètres majeurs influencent la qualité du filtre à savoir, le traitement mécanique de la matière et la température de cuisson.

Toutefois, le filtre à eau en céramique imprégné de solution d'argent est un dispositif qui permet d'améliorer l'odeur et la turbidité de l'eau. Les pores du filtre retiennent les substances organiques. Principalement utilisés pour l'eau de consommation, ces filtres constituent une méthode économique et accessible pour purifier l'eau. Il ressort de cette étude que l'efficacité microbiologique et physico-chimique du filtre en pot céramique Kosim est indéniable.

Le débit de filtration n'est pas constant. Il varie en fonction des paramètres physiques tels que la hauteur d'eau dans le filtre, la saturation des pores, la durée de filtration et la turbidité de l'eau brute.

Bien que les filtres à eau en céramique produisent une eau de qualité, les risques pour la santé du consommateur pourraient survenir à la suite d'un défaut d'entretien.

Enfin, cette étude a adopté une approche novatrice, en ce sens qu'elle a intégré à la fois, une démarche qualité dans le processus de fabrication des filtres en céramique, depuis la matière première jusqu'au produit fini et une évaluation de la capacité épuratoire tant sur les plans physico-chimique et microbiologique.

RECOMMANDATIONS

✓ A L'INHP

- Planifier et effectuer régulièrement des audits afin d'assurer la conformité à la démarche HACCP et l'efficacité du système qualité ;
- Vérifier que le fabricant établisse des mesures de contrôle internes spécifiques des étapes de fabrication, des procédures de travail ainsi que une documentation basée sur le concept HACCP.

✓ A L'Association N CHRIST

- Adopter une démarche HACCP dans le processus de fabrication du filtre ;
- Immerger pendant 72 heures les filtres avant leur mise sur le marché, afin d'éviter les taux élevés en nitrates, en nitrites et en fluorures dans les eaux filtrées.

✓ Aux utilisateurs

- Maintenir une hauteur d'eau suffisante dans le pot, dans le but d'accroître le débit de filtration ;
- Adopter de bonnes pratiques d'hygiène pour éviter de contaminer les eaux filtrées.

PERSPECTIVES

- Une étude socio-économique devrait être réalisée pour évaluer les comportements et les appréciations des populations vis-à-vis du filtre en céramique ;
- Une étude communautaire d'évaluation de l'efficacité épuratoire des filtres Kosim, devrait également être réalisée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ASEAN. Jakarta

Lignes directrices sur le HACCP, les Bonnes Pratiques de Fabrication et les Bonnes Pratiques d'Hygiène pour les PME.

Jakarta: EC-ASEAN Economic Cooperation Programme on Standards, Quality and Conformity Assessment, 2005. 105p.

2. ASSOCIATION N CHRIST. Abidjan

Promotion des filtres à eau. (Consulté le 18/10/2011).

<<u>Association N Christ.org/files/DEPLIANT%20FILTRAO%20VERSO</u>>.

3. BOIREAU A., BARON J., HARMANT P.

Diagnostic de la qualité de l'eau dans le réseau et de l'état de propreté des conduites.

TSM. 2002; (6): 55-66.

4. BROWN J., SOBSEY MD.

Independent appraisal of ceramic water filtration interventions in cambodia: final report.

Genève: UNICEF, 2006. P 31.

5. CELERIER J-L., FABY J-A.

La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux : Document technique FNDAE. Hors série N°12.

Paris : FNDAE, 1995. 98p.

6. CLASEN T., ROBERTS I., RABIE T., SCHMIDT W., CAIRNCROSS S.

Interventions to improve water quality for preventing diarrhoea. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2006. (Consulté le 08/03/2013).

http://www.thecochranelibrary.com>.

7. CONSEIL MONDIAL DE L'EAU. Genève.

La collaboration mondiale sur les problématiques liées à l'eau : Aperçu sur les forums mondiaux de l'eau.

Genève: OMS, 2012. 420p.

8. **DEJOUX.**

La pollution des eaux continentales africaines : Expérience acquise, situation actuelle et perspectives.

Paris : Ed. ORSTOM, 1988. 513p.

9. DIEPA.

Rapport sur les échanges d'information technique dans le cadre de la DIEPA.

Genève : Comité Directeur Interinstitution de la Coopération pour la Décennie, 1981-1990. 27p.

10. **DIES R.W.**

Development of a ceramic water filter for Nepal. 170p.

Bachelor: Vancouver. University of British Columbia, 2001.

11. FEACHEM R., BRADLEY D., GARELICK H. AND MARA D.D.

Health aspects of excreta and sullage management. In: Appropriate Technology for Water Supply and sanitation Series.

Washington D.C: World Bank, 1980. P23.

12. FEDERATION INTERNATIONALE DES SOCIETES DE LA CROIX-ROUGE ET DU CROISSANT-ROUGE. Genève

Traitement de l'eau à domicile dans les situations d'urgence - Manuel de terrain pour le personnel et les volontaires Croix-Rouge/Croissant-Rouge.

Genève: CICR, 2008. P 4; 22; 23.

13. FESTY B., HARTEMANN P., LEDRANS M., LEVALLOIS P., PAYMENT P., TRICARD D.

Qualité de l'eau. In : Gérin M., Gosselin P, Cordier S. et al. Environnement et Santé publique – Fondements et pratiques.

Paris: Edisem/Technique et Document, 2003. P 340.

14. FRANCE. Ministère de la Santé. Direction Départementale des Services Vétérinaires.

La méthode HACCP.

Bouches-du-Rhône: Direction Départementale des Services Vétérinaires. (Consulté le 14/04/2012).

<www.HACCP.com>.

15. HAGAN J.M., HARLEY N., POINTING D.

Resource Development International Cambodia Ceramic Water Filter Handbook.

Cambodia: Resource Development International, 2008. 10p.

16. **HOFF J.C.**

Evaluation of the microbiology filtration standards for drinking water.

Hendricks CW: US EPA, 2002. P 103-117.

17. LANTAGNE D.S.

Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter - Report 1: Intrinsic Effectiveness. Submitted to Jubilee House

Community.

Alethia 29, Seattle Allston: Resource Development International, 2001. 79p. (Consulté le 24/01/2013).

< http://pottersforpeace.org/wp-content/uploads/alethia-report-2.pdf >.

18. LANTAGNE D.S.

Investigation of the Potters for Peace Colloidal Silver Impregnated Ceramic Filter - Report 2: Field Investigations. Submitted to Jubilee House Community. Alethia 29, Seattle Allston: Resource Development International, 2001. 121p. (Consulté le 24/01/2013).

< http://www.wilsoncenter.org/ topics/docs/Household_Water_Treatment.pdf >.

19. LANTAGNE D.S., QUICK R., MINTZ E.

Household water treatment and safe storage options in developing countries: a review of current implementation practices.

Washington D.C.: Woodrow Wilson International Center, 2006. 143p. (Consulté le 24/01/2013).

< http://www.wilsoncenter.org/ topics/docs/Household_Water_Treatment.pdf >.

20. LANOIX J.-N., PONGHIS M.G.

Manuel de l'équipe de santé. 3éd.

Genève: OMS, 1979. P42.

21. LANOIX J-N., ROY M-L.

Manuel du technicien sanitaire.

Genève: OMS, 1976. P 49.

22. LIFESTRAW. Suisse

Des méthodes de traitement de l'eau au point d'utilisation.

Suisse: Lifestraw, 2009. 32p.

23. MALVOISIN A.

Contrôle de l'efficacité et de l'innocuité des appareils de traitement de d'eau domestiques. 90p.

Mém de Santé Publique : Rennes. ENSP, 2004.

24. MINTZ E., BARTRAM J., LOCHERY P., WEGELIN M.

Not just a drop in the bucket: Expanding access to point- of-use water treatment systems.

American Journal of Public Health, 2001: 1565-1570.

25. MOUBOKOUNOU G.L.

Techniques de traitement de l'eau à domicile : évaluation de l'efficacité des filtres en céramique. 67p.

Master Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement. Option eau : Ouagadougou, 2010.

26. OMS. Genève

Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol1. Recommandations. 3éd.

Genève: OMS, 2004. P14.

27. OMS. Genève

Combattre les maladies véhiculées par l'eau à la maison.

Genève: OMS, 2007. P10; 25.

28. OMS. Genève

Normes internationales pour l'eau de boisson, 3 éd.

Genève: OMS, 2003. P 31.

29. ONU. Genève

Déclaration des Nations Unies : Décennie Internationale d'Action. Eau, source

de vie – 2005 – 2015. Genève : ONU, 2010. (Consulté le 19/06/2013).

<www.un.org/french/waterforlifedecade/righttowater.html>.

30. PERRET S.

Fiche technique – Présentation de la démarche HACCP.

Montpellier: Service Développement des Entreprises, 2008. 9p.

31. PIASKOWY S.

Performance of Ceramic Water Filter (CWF) in treating surface water.

Ouagadougou: Sanitation and Health Electronic Library, 2009. 80p.

32. PODA J.N.

Les maladies liées à l'eau dans le bassin de la volta.

Ouagadougou : Institut de Recherche en Sciences de la Santé, 2007. 86p.

33. POTTERS WITHOUT BORDERS. Enderby.

Colloidal Silver. (Consulté le 25/03/2013).

http://www.potterswithoutborders.com>.

34. CANADA. Santé Canada.

Les filtres à eau. (Consulté le 29/03/2011).

<http://iavascript:HandleLink

35. SOBSEY M.D.

Managing water in the home: accelerating health gains from improved water

supply.

Genève: OMS, 2002. 207p.

36. SWANTON A. A.

Evaluation of the Complementary Use of the Ceramic (Kosim) Filter and

Aquatabs in Northern Region, Ghana. 163p.

Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering: Civil

engineering tufts university, 2007.

37. TIFFEN M.

Lignes directrices pour l'incorporation de mesures de protection de la santé

dans les projets d'irrigation par la coopération intersectorielle. Séries de

lignes directrices. TEAE 1.

Genève: OMS, 1993. 85 p.

38. UNICEF. New York

A study of the filtration rates of colloidal silver, Ceramic Water Filters.

New York: ONU, 2009. P 39.

39. UNION DES AFFINEURS DE L'EAU. Valenciennes

Les principaux procédés de traitement de l'eau au point d'utilisation.

Aqualogie. Sept 1997; 21: 48-51.

40. USAID. Washington

Point-Of-Use (POU) water quality.

Washington D.C.: United states agency for international development, 2006.

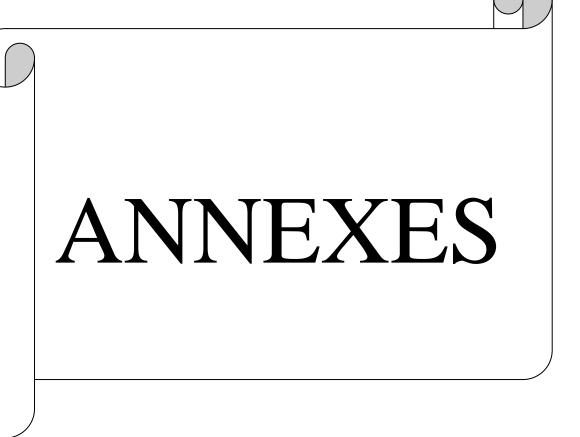
(Consulté le 10/04/2013).

http://www.usaid.gov/our_work>.

41. VAN HALEM D.

Ceramic silver impregnated pot filters for household drinking water treatment in developing countries. 120p.

Master of Science Thesis in Civil Ingineering. Pays-Bas: Université de Technologie de Delft, 2006.



ANNEXE 1: HACCP

HACCP: définition

HACCP

=

Hazard Analysis Critical Control Point

=

Analyse des dangers - points critiques pour leur maîtrise

L'HACCP est avant tout une méthode, un outil de travail, mais n'est pas une norme. Une norme est un document descriptif, élaboré par consensus et approuvé par un organisme de normalisation reconnu (ISO par exemple). L'<u>origine de l'HACCP</u> prouve qu'il ne s'agit pas d'une norme.

D'autre part, du fait que le principe de l'amélioration continue (la roue de Deming, le PDCA) a été inclus dans la méthode, on peut aussi définir l'HACCP comme étant un système de gestion.

L'HACCP c'est donc un système qui identifie, évalue et maîtrise les dangers significatifs au regard de la sécurité des aliments (NF V 01-002).

Définitions des termes employés :

Danger:

Tout facteur chimique, microbiologique ou physique pouvant entraîner un risque pour la santé du consommateur et plus généralement sur la qualité du produit.

Point critique:

Toute opération dont la maîtrise insuffisante peut entraîner un risque inacceptable pour la santé du consommateur ou pour la qualité du produit. Il peut aussi s'agir d'un lieu, d'un appareillage, ou encore d'un stade de préparation. Un point critique doit pouvoir se maîtriser pour prévenir un ou plusieurs dangers identifiés auparavant.

Risque:

Un risque résulte de la présence d'un danger, mesuré en fréquence et en gravité. En d'autres termes, il va s'agir de hiérarchiser les dangers selon les conséquences qu'ils vont avoir et la probabilité que ce danger survienne.

Surveillance:

Système d'observation ou de mesure systématique permettant de s'assurer de la maîtrise des organisations Qualité mises en place.

Vérification:

Moyens et méthode utilisés pour évaluer le degré d'efficacité des procédures de maîtrise et en corriger les dérives éventuelles.

HACCP: Principes

Basée sur **7 principes**, la mise en place de l'HACCP se fait en suivant une séquence logique de **12 étapes**, dont l'analyse des dangers et la détermination des points critiques pour leur maîtrise.

Les 7 principes

PRINCIPE 1

Réaliser l'analyse des risques.

PRINCIPE 2

Déterminer les points critiques (CCP).

PRINCIPE 3

Définir les limites critiques.

PRINCIPE 4

Établir un système de surveillance des CCP.

PRINCIPE 5

Établir des actions correctives à appliquer quand la surveillance indique une déviation par rapport à la limite critique définie.

PRINCIPE 6

Établir les procédures de vérification du bon fonctionnement du système HACCP.

PRINCIPE 7

Établir un système documentaire.

L'HACCP s'intéresse aux 3 classes de dangers pour l'hygiène des aliments :

- les dangers biologiques (virus, bactéries...)
- les dangers chimiques (pesticides, additifs...)
- les dangers physiques (bois, verre...).

Présentation des étapes de mise en œuvre de l'HACCP

Préparation de l'étude

Cette phase permet d'analyser le processus de fabrication et l'ensemble des composantes qui l'entourent (matières premières, milieu...)

Etape 1 : Constitution de l'équipe HACCP

- _ Engagement de la direction
- Nomination d'un coordinateur HACCP
- Constitution de l'équipe HACCP.
- _ Formation du personnel.

Etape 2 : Description complète du produit

- _ Description des matières entrant dans la fabrication du produit fini : les ingrédients, les matières premières, l'eau, les emballages, le gaz... Cahier des charges pour les produits à exigences spécifiques.
- _ Descriptions du produit fini : fiche produit avec description des caractéristiques attendues du produit fini.

Etape3: Description de l'utilisation prévue ou attendue du produit

- _ Identification du consommateur et de la population à risque
- _ Utilisation du produit par le consommateur
- _ Durée d'utilisation
- _ Température de conservation
- _ Conditions spécifiques du transport.

Etape 4 : Elaboration d'un schéma diagramme de fabrication.

Il reprend les principales étapes du processus de fabrication (de la réception des matières premières jusqu'à l'expédition du produit fini) Le diagramme doit être accompagné d'un schéma illustrant les mouvements de matières, ingrédients, emballages.... Ce schéma doit aider à repérer toutes les zones de contamination croisée potentielle dans l'établissement (les vestiaires, les toilettes, les cafétérias).

Etape 5 : Vérification/confirmation sur place du diagramme de fabrication.

Etude HACCP

Cette phase se base sur les 7 principes HACCP. Elle détermine les points critiques à maîtriser (CCP).

Etape 6 : Enumération des dangers, analyse des risques (principe 1)

L'analyse des dangers est l'étape permettant d'énumérer tous les dangers auxquels on peut raisonnablement s'attendre à chacune des étapes du diagramme de fabrication : réception, production, transformation, stockage, distribution et consommation finale.

a. énumération des dangers potentiels

Il s'agit dans un premier temps de lister l'ensemble des dangers qui peuvent apparaître au cours des phases de vie du produit (cf. diagramme de fabrication).

Les groupes de dangers à considérer sont les suivants :

_ Chimiques sont les produits chimiques risquant d'entrer en contact avec le produit (résidus de nettoyage, antibiotiques, allergènes, OGM...)

_ Physiques sont l'ensemble des corps étrangers susceptibles de contaminer le produit (os, métal, bois, carton, verre, plastique...)

Micro biologiques et biologiques sont d'une part les types d'êtres vivants pouvant être à l'origine de contaminations et d'autre part les micro organismes et les toxines pouvant contaminer et/ou se développer dans les matières premières et/ou le produit fini (germes pathogènes, germes indicateurs d'hygiènes, possibilité de survie de toxines produites par des micro organismes)

Pour chaque danger, on définit une origine. Les dangers peuvent être classés selon 5 origines : personnel, équipement, environnement, matières premières, processus. Pour trouver cette

origine on peut utiliser la méthode des 5 M (Matières premières, Milieu, Main d'œuvre, Méthode)

Se reporter au tableau d'identification et d'évaluation des dangers outil téléchargeable.

b. analyse des risques

Le risque est une fonction de la probabilité d'un effet néfaste sur la santé et de la gravité de cet effet résultant d'un ou de plusieurs dangers dans un aliment.

Une évaluation qualitative (conséquence, gravité) et éventuellement quantitative (probabilité d'apparition, fréquence) des dangers doit être effectuée pour évaluer le degré du risque.

A partir de ces données, une hiérarchisation des dangers peut être réalisée.

Se reporter au tableau d'identification et d'évaluation des dangers outil téléchargeable.

c. établissement des mesures de maîtrise

Les mesures de maîtrise sont des actions, activités, matériels ou facteurs nécessaires pour éliminer les dangers ou réduire leur probabilité d'apparition à un niveau acceptable.

Les mesures sont définies à partir :

- Des causes identifiées et de leur évaluation.
- Des moyens et ressources de l'entreprise (matériel, technique, humains)

Les mesures de maîtrise doivent être formalisées sous forme de procédures ou d'instructions.

Etape 7 : Identification et classification des CCP à l'aide de l'arbre de décision (principe 2)

Un CCP ou point critique est un point, procédure ou étape ou la perte de maîtrise entraîne un risque inacceptable. Il faut retenir que globalement un CCP est une opération pour laquelle, en cas de perte de maîtrise, aucune opération ne viendra compenser la déviation qui s'est produite et qui entraînera un risque inacceptable.

L'utilisation de l'arbre de décisions proposé par le codex alimentarius est un outil pour la détermination des CCP parmi l'ensemble des dangers listés à l'étape précédente. (Voir schémas au bas de la page)

Etape 8 : Etablissement des limites critiques CCP / Seuils critiques CCP (principe 3)

Les limites critiques fixent les frontières de l'acceptabilité. Elles peuvent être des valeurs chiffrées, des paramètres sensoriels ou des réalisations.

Etape 9 : Etablissement un plan de surveillance et de contrôle (principe 4)

Cette étape doit permettre de mesurer ou d'observer les seuils critiques correspondant à un CCP. Les mesures sont des actions de surveillance enregistrées afin d'apporter la preuve de la maîtrise du CCP.

Les procédures appliquées doivent être en mesure de détecter toute perte de maîtrise.

Pour chaque action de surveillance, au travers d'une procédure, doivent être précisés si nécessaire :

- _ La méthode utilisée pour la surveillance ;
- _ Le mode opératoire ;
- Les responsabilités d'exécution et d'interprétation des résultats ;
- _ La fréquence de l'observation ;
- Le plan d'échantillonnage;
- Les modalités d'enregistrement des résultats.

Il existe 2 types de surveillance :

La surveillance en continu qui permet de conserver l'enregistrement de la surveillance et d'agir en temps réel, notamment lors du déclenchement d'actions correctives.

_ La surveillance discontinue qui demande des réponses accessibles rapidement du type oui ou non (check list) à une fréquence définie.

Etape 10 : Etablissement des mesures correctives (principe 5)

Des mesures correctives doivent être prévues pour chaque CCP afin de pouvoir rectifier les écarts.

Ces mesures doivent garantir que le CCP a été maîtrisé et prévoir le sort qui sera réservé au produit en cause : destruction, déclassement, retouche, identification et traçabilité.

Etape 11 : Etablissement des procédures de vérification et de validation du plan HACCP (principe 6)

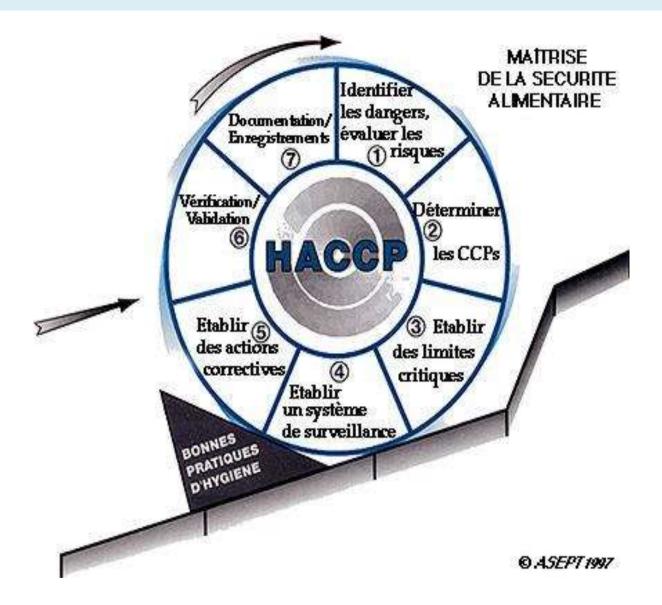
Cette étape consiste à vérifier l'efficacité du système mais également son application effective. On peut avoir recours à des méthodes, des procédures et des tests de vérification et d'audit, notamment au prélèvement et à l'analyse d'échantillons aléatoires, pour déterminer si le système fonctionne correctement.

Etape 12 : Etablissement du système documentaire/ Mise à jour du plan (principe 7)

Le système documentaire doit comporter deux types de document :

Le manuel HACCP qui comprend l'ensemble des documents définis lors de l'énumération des différentes étapes : diagramme de fabrication, liste de dangers, définitions des responsabilités...

_ Les enregistrements.



1. La méthode HACCP

Se déroule en trois phases :

- □ Identifier et analyser les dangers observés aux différentes opérations de préparation d'une chaîne alimentaire ;
- ☐ Définir les mesures préventives pour leur maîtrise ;
- □ S'assurer que ces mesures préventives sont mises en oeuvre de façon effective et efficace grâce à des moyens de surveillance adéquats.

Définitions des termes employés :

Danger:

Tout facteur chimique, microbiologique ou physique pouvant entraîner un risque pour la santé du consommateur et plus généralement sur la qualité du produit.

Point critique:

Toute opération dont la maîtrise insuffisante peut entraîner un risque inacceptable pour la santé du consommateur ou pour la qualité du produit.

Il peut aussi s'agir d'un lieu, d'un appareillage, ou encore d'un stade de préparation. Un point critique doit pouvoir se maîtriser pour prévenir un ou plusieurs dangers identifiés auparavant.

Risque:

Un risque résulte de la présence d'un danger, mesuré en fréquence et en gravité. En d'autres termes, il va s'agir de hiérarchiser les dangers selon les conséquences qu'ils vont avoir et la probabilité que ce danger survienne.

Surveillance:

Système d'observation ou de mesure systématique permettant de s'assurer de la maîtrise des organisations Qualité mises en place.

Vérification:

Moyens et méthode utilisés pour évaluer le degré d'efficacité des procédures de maîtrise et en corriger les dérives éventuelles.

2. Etablissement des 7 principes de fonctionnement :

Les principes de fonctionnements de ce système ont été définis dans le *Codex Alimentarius*. Le groupe de travail devra respecter la chronologie suivante :

1. Analyse des dangers.

Il faut pour chaque étape de préparation :

- Identifier les dangers, c'est-à-dire décrire les incidents risquant d'intervenir et déterminer les causes.
- Etablir des mesures préventives en agissant sur les causes en tenant compte du rapport coût/efficacité.
- Formaliser ce travail sous la forme d'un **tableau** synoptique en inscrivant : opération, dangers, mesures préventives.

2. <u>Identification des points critiques pour la maîtrise du danger.</u>

Etape importante pour limiter les opérations de surveillance en repérant les étapes indispensables pour maîtriser un danger.

3. Etablissement des critères.

Ce sont les valeurs de référence utilisée pour distinguer ce qui est acceptable de ce qui ne l'est pas.

4. <u>Etablissement d'un système de surveillance pour la maîtrise effective des points critiques, basé sur un contrôle préétabli.</u>

Les meilleurs systèmes sont ceux qui donnent des résultats rapides pour un ajustement
adéquat des opérations de préparation. Il convient de déterminer pour chaque système :
☐ Le lieu et l' étape de surveillance ;
☐ La fréquence d'observation et/ou de mesure ;
☐ La méthode de surveillance et la personne responsable ;
☐ Les valeurs cibles à atteindre et les tolérances ;
☐ Les modalités d' enregistrement de résultats ;

□ Les mesures correctives à prévoir en cas de perte de maîtrise ainsi que les personnes responsables dans ce cas.
5. <u>Etablir un système documentaire permettant de gérer les documents issus de l'application des processus précédents.</u>
Ce système documentaire sert d'argumentaire à la méthode HACCP et permet : □ De fournir des instructions de travail claires, regroupées dans le manuel HACCP, constituant la base documentaire.
\Box De fournir les preuves à posteriori du bon fonctionnement du système grâce aux fiches de surveillance et de vérification qui peuvent être archivés dans un classeur spécifique.

6. Etablir un système de vérification de l'efficacité d'un système.

Ceci revient à s'assurer que le système HACCP établi précédemment est réellement efficace. Un audit, des analyses microbiologiques (...) contribue à donner une image générale du degré de maîtrise des procédés.

EN CONCLUSION, le système HACCP est un système qui n'est pas fixé dans le temps, contraint d'évoluer : toute modification dans l'entreprise affectant le process d'un produit doit conduire à modifier le système (changement de produit de nettoyage, de matériel, etc.). Principal élément de prévention des toxi-infections alimentaires, notons que la démarche HACCP s'accompagne de la volonté perpétuelle d'amélioration des conditions sanitaires.

3. Conditions préalables de mise en place

La mise en place de l'HACCP doit être préparée. Tout d'abord la direction doit s'engager et fixer des objectifs à atteindre. Il s'agit de transmettre sa politique en matière de sécurité des aliments à l'ensemble du personnel de l'entreprise. Une équipe HACCP doit être pluridisciplinaire et compétente pour élaborer un plan HACCP afin de prendre en compte tous les aspects de la fabrication et bénéficier de retours d'expérience. Avant de procéder à l'analyse HACCP elle-même, il faut mettre en place et développer un plan de bonnes pratiques d'hygiène (BPH) relatif au secteur alimentaire concerné en conformité avec les textes réglementaires européens selon le Paquet Hygiène. Il est nécessaire de maîtriser convenablement les BPH avant d'aller plus loin dans la démarche et cela est loin d'être gagné dans bon nombre d'entreprises. En effet, les BPH sont le plus souvent bien écrites voire affichées mais pas toujours suivies sur le terrain. Dans la norme NF EN ISO 22000, les BPH sont appelées PRP, programmes prérequis. En fait les BPH sont les racines de HACCP. Un document en français de l'ASEAN sur la mise en œuvre par les petites et moyennes entreprises est désormais accessible sur européen le site Une norme parue en août 2008 NF V01-006 expose et explique la place de l'HACCP et l'application de ses principes au sein d'un système de management de la sécurité des aliments. Elle est destinée aux professionnels de la chaîne alimentaire, notamment les très petites entreprises (TPE) et les petites et les moyennes entreprises (PME).

4. Mise en place

Des diagrammes de fabrication doivent être réalisés en prenant en compte notamment les étapes de recyclage, les entrées et les sorties de matières, les différents fluides, les emballages

ainsi que les points de maîtrise existants. Le ou les diagrammes de fabrication doivent être vérifiés sur le site de production en concertation avec l'équipe de la production (responsable, chefs d'équipe, opérateurs). L'analyse des dangers consiste (1) à identifier les dangers (physiques, chimiques et microbiologiques) au cours des différentes étapes de fabrication, (2) à évaluer la fréquence d'apparition et la gravité de ces dangers (potentiels ou significatifs), et 3) place des mesures de maîtrise (Principe Depuis 2005, la norme ISO 22000 propose un système de management de la sécurité des aliments qui respecte l'ensemble des exigences législatives en vigueur liées à la sécurité des denrées alimentaires (le Paquet Hygiène), en mariant l'approche bien connue des normes sur le management de la qualité (ISO 9000:2000) avec les normes du Codex alimentarius sur les BPH et l'HACCP.

5. Risque de confusion

L'HACCP n'est pas une élimination de tout danger, une application du risque zéro ou du principe de précaution. Il s'agit de la maîtrise des dangers identifiés si possible dès la source par la prévention en s'appuyant sur des CCP. Il ne s'agit donc pas de faire de l'hygiène partout et pour tout mais de s'appuyer sur des points critiques à maîtriser. À l'instar des systèmes qualité, il est habituel de voir les responsables qualité avoir la gestion de l'HACCP. En fait, l'HACCP doit être avant tout la préoccupation de la production. De nombreuses entreprises ont généralement une documentation bien faite mais qu'en est-il sur le terrain ? En effet, sur le terrain, on observe les pratiques, les us et les coutumes de la production, et souvent l'on constate que les pratiques actuelles de la production ne sont pas tout à fait en accord avec les procédures préétablies. Les BPH sont bien les préalables (un prérequis) indispensables à l'HACCP.

ARBRE DE DETERMINATION DES CCP

(répondre aux questions à chaque étape du procédé* et pour chaque danger identifié)

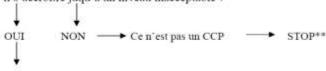
Q1. Existe-t-il une (des) mesure(s) préventive(s) pour le danger identifié ?



Q2. Cette étape élimine-t-elle le danger ou en réduit-elle l'occurrence à un niveau acceptable?



Q3. Une contamination par le danger identifié peut-elle intervenir et dépasser le niveau acceptable ou le danger peut-il s'accroître juqu'à un niveau inacceptable?



Q4. Une étape ultérieure éliminera-t-elle le danger identifié ou en réduira-t-elle l'occurrence à un niveau acceptable ?

OUI

Ce n'est pas un CCP

STOP**

- * On peut retenir la définition suivante pour une étape
 - stockage et incorporation des ingrédients,
 - formulation, composition du produit,
 - changement du procédé ou de son environnement.
- ** Procéder ainsi successivement pour chaque danger et chaque étape du diagramme de fabrication.

ANNEXE 2: LE QUESTIONNAIRE

SECTION I : MODALITES DE PRELEVEMENT DE L'ARGILE	REPONSES
QUESTIONS	
Quel est le lieu de prélèvement de l'argile ?	<u> </u>
Quels sont les critères de choix de l'argile ?	<u> </u>
Quelle est la méthode de prétraitement de l'argile ?	<u> </u>
Quel est le mode d'acheminement de la matière première sur le lieu de production ?	

SECTION II : PROCESSUS DE FABRICATION DES FILTRES	REPONSES
QUESTIONS	
1. Comment sont choisis les lieux de prélèvement de l'argile ?	
2. La composition minéralogique de l'argile est-elle connue ?	
3. Quels sont les étapes de fabrication du filtre ?	
4. Les étapes sont elles toujours conformes avec ce qui se fait sur le terrain ?	
5. Si oui quels sont les outils de vérification ?	
6. Quel est l'équipement utilisé pour chaque étape ?	i_i
7. Quels sont les paramètres mesurés lors du processus de fabrication ?	
8. Le personnel responsable est il formé et habilité aux tâches qui lui sont donnés d'accomplir ?	
9. Existe-t-il un registre d'enregistrement des données ?	
10. Quels sont les tests réalisés sur le filtre pour évaluer sa conformité ?	
11. Enregistrez-vous des non conformités lors de la fabrication ?	
12. Comment gérez-vous les non conformités ?	
13. Pensez-vous que les filtres fabriqués sont identiques ?	

ANNEXE 3: LA GRILLE D'OBSERVATION

SECTION I : DONNEES TECHNIQUES SUR LE PRODUIT				
QUESTIONS	MODALITES	REPONSES		
LE PRODUIT				
a. Description du produit ?b. Utilisation prévue ?				
LE MILIEU				
Observation et description des locaux ?	SpacieuxNiveau d'hygiène			
2. Observation et description de l'environnement et des annexes ?	Niveau d'hygièneConvenance			
3. Observation et description de l'équipement de production ?	Niveau d'hygièneConvenance			
4. Niveau d'hygiène ?	FaibleMoyenBon			
5. Niveau de formation et qualification au poste de travail ?	formésqualifiés			
LA METHODE DE FABRICATION				
6. Les étapes de fabrication ?	disponibledétailléevérifiée			
LES INTRANTS	identifiéscontrôlés			
LE MATERIEL	entretenuqualifié			

ANNEXE 4: TECHNIQUE D'ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICO CHIMIQUES ET MICROBIOLOGIQUES

I. LES PARAMETRES PHYSIQUES

1. Le pH

La détermination du pH s'est faite à l'aide d'un appareil électronique : pH meter Wagtech®.

Mode opératoire

La détermination du pH a été effectuée sur place au moment du prélèvement. Pour cette la détermination du pH les étapes suivantes ont été nécessaires :

- Plonger l'extrémité du pH-mètre dans l'eau à analyser ;
- Procéder à la lecture directement sur l'affichage digital de l'appareil.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en unité de pH à la température de 20°C.

2. La conductivité

La détermination de la conductivité s'est faite à l'aide d'un appareil électronique : Conductivity Meter Wagtech[®].

Mode opératoire

- Plonger l'extrémité du conductimètre dans l'eau à analyser ;
- Procéder à la lecture directement sur l'affichage digital de l'appareil.

3. La température

Elle a été mesurée à l'aide d'un appareil de mesure de température qu'on plonge directement dans un échantillon d'eau prélevée. Le résultat est lu directement sur l'écran de l'appareil en degré Celsius (°C).

4. La turbidité

Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident.

II. PARAMETRES CHIMIQUES (Marqueurs de pollution)

Tableau VI: protocole d'analyse des marqueurs de pollution et des substances indésirables

Paramètres	Appareils de mesure	Réactifs	longueur d'onde de lecture	Unités des résultats
Nitrites	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille nitricol	520nm	Mg/l
Nitrates	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille nitratest Poudre nitratest Pastille nitricol	520nm	Mg/l
Ammonium	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille ammonia N°1 Pastille ammonia N°2	640nm	Mg/l
Alcalinité	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille Alkaphot	420nm	Mg/l
Fer	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille Iron HR	520nm	Mg/l
Fluorure	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille fluoride N°1 Pastille fluoride N°2	620nm	Mg/l
Dureté	Photomètre 7100 de Wagtech- WE10441	Pastille Hardilol N°1 Pastille Hardicol N°2	540 nm	Mg/l

Principe du photomètre wag-we10441 DE WAGTECH®

Le photomètre wag-we10441 est un photomètre à lecture directe utilisé pour mesurer l'intensité de la couleur qui résulte quand des réactifs chimiques sont ajoutés à un échantillon d'eau. Dans ces tests, l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration du paramètre en question.

> Technique:

- Remplir le tube jusqu'à 10 ml;
- Ajouter la pastille N°1, écraser et remuer pour dissoudre ;
- Ajouter la pastille N°2, écraser et remuer pour dissoudre ;
- Attendre le temps d'incubation correspondant ;
- Sélectionner le numéro du programme correspondant au paramètre chimique ;
- Insérer un tube témoin dans le support d'éprouvettes ;
- Placer le chapeau pare-lumière sur le tube témoin et appuyer OK;
- Retirer le tube témoin et insérer l'échantillon dans le support d'éprouvettes ;
- Placer le chapeau pare-lumière sur l'échantillon et appuyer OK;
- Lire le résultat affiché en mg/l.

III. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES: METHODE DE COLILERT

Principe et théorie [64]

Un volume de 100 ml d'échantillon d'eau est mélangé dans une bouteille stérile avec le milieu de culture Colilert.

Ce mélange est ensuite incubé pendant 24 h à 35 °C. Le milieu de culture Colilert contient de l'ONPG (ortho-nitrophényl-β-D-galactopyranoside) et du MUG (4-méthyl-umbélliféryl-β-D-glucoronide).

Lorsque des coliformes totaux sont présents dans l'échantillon, l'ONPG est utilisé par l'enzyme β-D-galactosidase, une enzyme spécifique au groupe des coliformes totaux, provoque l'apparition d'une coloration jaune dans le milieu de culture.

Lorsque *E.coli* est présent dans l'échantillon, le MUG est utilisé par l'enzyme ß-D-glucoronidase, une enzyme spécifique à E. coli, amène une fluorescence bleue dans le milieu de culture lorsque ce dernier est éclairé avec une lumière fluorescente d'une longueur d'onde de 366 nm. Certaines bactéries qui ne sont pas des coliformes totaux ou E. coli peuvent aussi utiliser l'ONPG ou le MUG, mais le milieu Colilert contient des inhibiteurs qui empêchent leur croissance.

Appareillage

- Bouteilles de 100 ml avec bouchon, transparentes et non fluorescentes sous rayons ultraviolets (contenants de plastique Idexx Laboratories);
- Incubateur dont la température est ajustée à 35 °C \pm 0,5 °C;
- Lampe à ultraviolets d'une longueur d'onde de 365 nm et d'une puissance de 6W.

Analyse de l'échantillon

- Dans une bouteille stérile, transparente et non fluorescente, verser 100 ml de l'échantillon ainsi que le contenu de l'ampoule de milieu de culture ;
- Fermer et agiter jusqu'à dissolution complète du milieu de culture ;
- Incuber pendant 24 heures (maximum de 28 heures) à 35° C $\pm 0.5^{\circ}$ C.

Observation des résultats

- Observer les bouteilles avec un éclairage normal pour vérifier la présence d'une coloration jaune;
- L'absence de coloration jaune ou une coloration moins jaune que le comparateur indique
 l'absence de coliformes totaux et d'E. Coli dans l'échantillon;
- Une coloration égale ou plus jaune que le comparateur indique la présence de coliformes totaux dans l'échantillon ;

- Observer ensuite les bouteilles avec un éclairage fluorescent placé à environ 13 cm de la bouteille et orienté vers cette dernière dans la direction opposée aux yeux de l'observateur.
 Effectuer cette observation dans l'obscurité lorsque la fluorescence n'est pas évidente;
- Une coloration jaune et une fluorescence égale ou supérieure à celle du comparateur indique la présence de *E. coli* dans l'échantillon;
- Les résultats Colilert sont définitifs après une période d'incubation de 24 28 heures ;
- Un résultat positif apparaissant avant une durée d'incubation de 24 heures est valide ;
- Un résultat négatif après 28 heures est valide.

Expression des résultats

Présence ou absence de coliformes totaux, d'E. Coli ou des deux dans un volume de 100 ml de L'échantillon analysé.

Normalisation de la méthode

Il s'agit de la norme ISO 9308- 2012