

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU D'OPKARA TRAITEE PAR LES GRAINES DE *MORINGA OLEIFERA*.

Jacques K. Fatombi¹, Roger Gérard Jossé¹, Valentin Wotto¹,
Taofiki Aminou^{1*}, Bruno Coulomb²

¹Laboratoire d'Expertise et de Recherche en Chimie de l'Environnement et de l'Eau (LERCEE)
Faculté des Sciences et Techniques / Département de Chimie ; Université d'Abomey-calavi
01BP 526 Cotonou 01 - BENIN

²Laboratoire de Chimie et Environnement ; Université de Provence, Marseille - FRANCE

(Reçu le 26/07/05 – Accepté après corrections le 02/05/07)

Summary: The objective of this study is to settle up a simple technology of surface raw waters treatment to get drinkable water. The water samples of the Okpara River were treated by the seed powder of *Moringa oleifera*. For two raw waters samples of respective turbidity 57,5 NTU and 6,23 NTU, the optimal amounts of the natural coagulant are respectively of 150 mg/L and 160 mg/L with a residual turbidity of 1,67 NTU and 2,38 NTU for coagulated-filtered water. We have observed a reduction approximately of 99 % of the concentration of metals such as iron, copper, aluminium and lead in the water coagulated-filtered compared to their concentration in raw water. The treated water's physicochemical characteristics are like those of drinkable water.

Key words: *Moringa oleifera* - optimal amount – physical parameters - chemical parameters.

Résumé : L'objectif de cette étude est de mettre au point une technologie simple et endogène de traitement des eaux brutes en vue de les rendre potables. Les échantillons d'eau du fleuve Okpara ont été traités par la poudre de graines de *Moringa oleifera*. Pour deux différents échantillons d'eau brute de turbidités respectives 57,50 NTU et 6,23 NTU traités, les doses optimales du coagulant naturel sont respectivement de 150 mg/L et 160 mg/L du coagulant naturel avec des turbidités résiduelles correspondantes 1,67 NTU et 2,38 NTU pour les eaux filtrées. Nous avons observé une réduction de 99 % environ des concentrations du fer, du cuivre, d'aluminium et du plomb dans l'eau filtrée par rapport à leur concentration dans l'eau brute. L'eau obtenue après ce traitement a des caractéristiques physico-chimiques d'une eau potable.

Mots clés : *Moringa oleifera* – dose optimale – paramètres physiques – paramètres chimiques.

I- INTRODUCTION

L'eau constitue l'élément majeur du monde minéral et biologique. Un des problèmes sérieux dans le monde est la mise à disposition des populations d'eau potable. La production d'eau potable nécessite l'utilisation des produits chimiques. L'addition de sels d'aluminium pour la coagulation entraîne souvent la présence dans l'eau de trop fortes concentrations d'aluminium dissous, suspecté d'être l'une des causes de la maladie d'Alzheimer^[1,2,3].

Un procédé naturel de clarification de l'eau est basé sur l'utilisation des graines de *Moringa oleifera*^[4,5,6,7].

La présente étude vise à déterminer par différentes méthodes les doses optimales des graines de *Moringa oleifera*

et les paramètres physico-chimiques des eaux traitées.

Pour atteindre ces objectifs, des essais du traitement par les graines de *Moringa oleifera* des eaux du fleuve Okpara ont été effectués.

II- MATERIEL ET METHODES

Tous les réactifs chimiques utilisés pour les analyses sont des produits de qualité pour analyse.

Les eaux brutes ont été prélevées sur le fleuve Okpara.

La poudre de graines de *Moringa oleifera* utilisée pour ce travail a été obtenue selon la méthode décrite par les auteurs : Al-Azharia^[8] et Folkard^[9].

Les essais de clarification ont été effectués au jar-test pour déterminer les doses optimales du coagulant utilisé^[7,8,9,10] ; les

eaux décantées ont été filtrées sur papier filtre plissé.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées par les méthodes classiques.

Le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, la turbidité et l'absorbance UV à 350 nm ont été mesurés respectivement à l'aide d'un pH-mètre WTW LF 340 MERCK, d'un conductimètre WTW LF 320 MERCK, d'un oxymètre HANNA, d'un turbidimètre HACH 2100 AN ORCHIDIS et d'un spectrophotomètre UV de marque CECIL Serier 2 Grating spectrophotometer.

Le dosage des ions F^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} et SO_4^{2-} a été effectué par chromatographie ionique à l'aide d'un chromatographe ionique de type Dionex DX 100. La hauteur des pics obtenus pour les étalons de concentrations connues nous a permis de déduire les concentrations des échantillons testés.

Le dosage des métaux Fe, Cu, Zn et Pb est réalisé par spectrométrie à émission de plasma (ICP-AES) à l'aide d'un spectromètre de marque JOBIN YVON 2000 de modèle ULTRACE.

L'aluminium a été dosé par spectrophotométrie d'absorption atomique sur un spectrophotomètre de type PERKIN ELMER 1100 B.

La détermination du carbone organique total dans les échantillons d'eau analysés a été effectuée par un analyseur de carbone organique total de marque SHIMADZU, modèle TOC-5050A.

Les concentrations des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} , le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) et le Titre Hydrotimétrique (TH) ont été déterminés par titrimétrie.

Le dosage de la matière organique dissoute dans l'eau a été effectué par la détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium selon la norme ISO 8467 [11] et de la demande chimique en oxygène (DCO) selon la méthode au bichromate de potassium par reflux en présence du sulfate d'argent et du sulfate de mercure utilisés comme catalyseurs.

III- RESULTATS ET DISCUSSION

Afin de déterminer les doses optimales des graines de *Moringa oleifera*, nous avons mesuré la variation de la turbidité et de l'absorbance de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera*. La dose optimale pour chaque échantillon correspond au minimum de chacune des courbes obtenues sur les Figures 1 et 2.

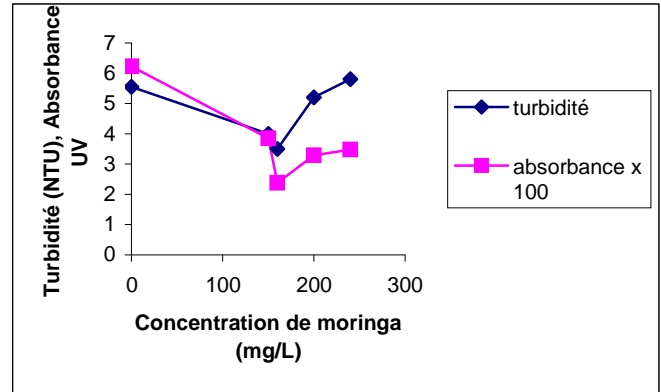


Figure 1 : Variation de la turbidité et de l'absorbance UV à 350 nm de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera* (turbidité initiale 6,23 NTU).

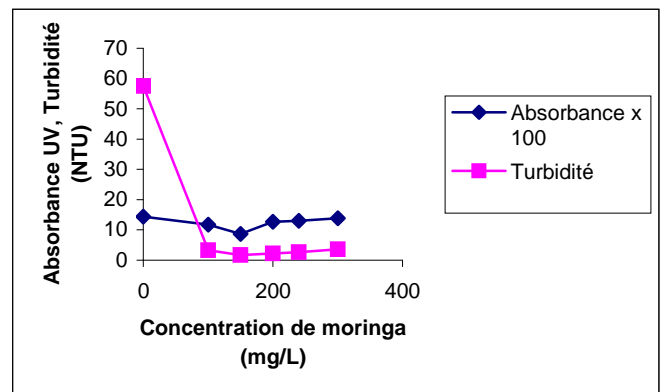


Figure 2 : Variation de la turbidité et de l'absorbance UV à 350 nm de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera* (turbidité initiale 57,50 NTU).

Les doses optimales obtenues pour les deux échantillons d'eau brute sont respectivement de 160 mg/L et 150 mg/L de *Moringa oleifera* avec des turbidités résiduelles respectives de 2,38 NTU et 1,67 NTU pour les eaux filtrées. L'augmentation de la turbidité à partir de la dose optimale de *Moringa oleifera* est due au remplacement d'une turbidité colloïdale par une turbidité particulaire et ce à cause de la présence de la matière

organique [12]. Il ressort de l'analyse de ces figures qu'une eau brute de turbidité faible consomme plus de poudre des graines de *Moringa oleifera* qu'une eau de turbidité élevée ce qui confirme les résultats de Jahn Al-Azharia [6].

Les turbidités des eaux filtrées obtenues après le traitement par les doses optimales étant inférieures à 4 NTU [13], les graines de *Moringa oleifera* se comportent, de ce point de vue, comme un bon coagulant [5,7].

Nous avons observé en outre que les eaux obtenues après traitement sont plus riches en matières organiques que les eaux brutes (Figure 3 et Tableau I).

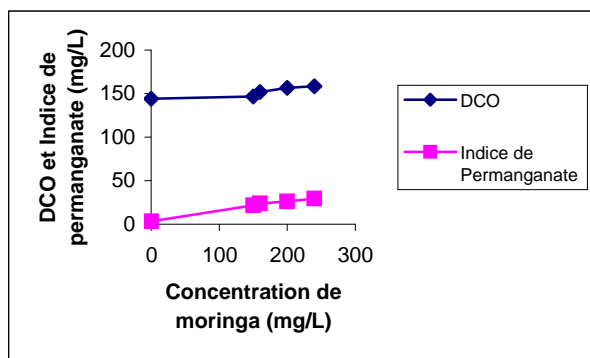


Figure 3 : Variation de l'oxydabilité au permanganate de potassium et de la DCO de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera* (turbidité initiale 6,23 NTU).

Tableau I : Carbone total, Carbone inorganique et Carbone organique total (turbidité initiale 57,50 NTU, dose de *Moringa oleifera* 150 mg/L).

Type d'eau	Carbone total (mg/L)	Carbone inorganique (mg/L)	Carbone organique total (mg/L)
Eau brute	14,01	7,51	6,50
Eau de robinet	9,28	7,07	2,21
Eau décantée	26,43	7,95	18,48
Eau filtrée	17,05	7,09	9,96

En effet les valeurs de l'oxydabilité au permanganate et de la demande chimique en oxygène (DCO) croissent avec la dose de *Moringa oleifera*. Les valeurs de

carbone organique total des eaux décantée et filtrée sont supérieures à celles de l'eau brute et de l'eau de robinet. La diminution du carbone organique total de l'eau filtrée par rapport à celle de l'eau décantée est probablement due à l'effet de la filtration. L'augmentation dans les eaux traitées des matières organiques est liée à l'utilisation des graines de *Moringa oleifera*, qui contiennent une forte teneur en matières organiques dont une partie est soluble dans l'eau [12,14].

Afin d'évaluer l'influence du traitement sur la concentration des métaux, nous avons dosé l'aluminium, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc dans l'eau brute, l'eau de robinet, l'eau traitée par les graines de *Moringa oleifera* à la dose optimale (Tableau II).

Les eaux traitées par *Moringa oleifera* contiennent moins de métaux que l'eau brute et l'eau de robinet. L'eau de robinet contient plus d'aluminium, du cuivre et du zinc que l'eau brute. L'augmentation de la concentration d'aluminium dans l'eau de robinet est due à l'utilisation de sels d'aluminium dans la chaîne de production d'eau potable. La plus grande réduction de la concentration des métaux a été observée pour le fer, l'aluminium et le zinc, par contre l'élimination du plomb et du cuivre reste faible.

Tableau II : Teneur des eaux traitées en métaux : Aluminium, Cuivre, Fer, Zinc et Plomb (turbidité initiale 57,50 NTU, dose de *Moringa oleifera* 150 mg/L).

Type d'eau	Teneur en métaux (µg/L)				
	Aluminium	Cuivre	Fer	Plomb	Zinc
Eau brute	67,92	4,83	962,69	3,37	47
Eau de robinet	81,96	12,25	220,55	3,7	11,27
Eau décantée	3,36	2,76	1,14	4,83	1,43
Eau filtrée	3,25	2,37	1,48	0,17	3,60

Nous avons étudié également l'influence du traitement par *Moringa oleifera* sur la température, le pH, la conductivité, l'oxygène dissous, la dureté, le titre alcalimétrique complet (TAC) et les concentrations en ions calcium, magnésium, bromure, fluorure, nitrate, sulfate et phosphate des eaux traitées (Figures 4, 5 et Tableau III).

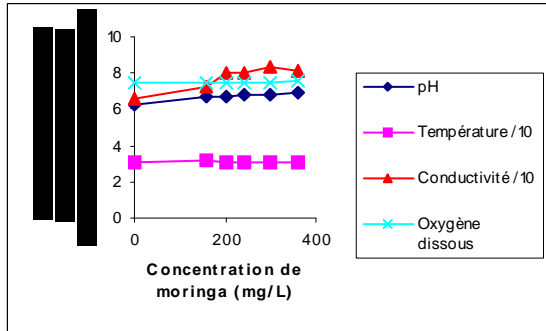


Figure 4 : Variation de la température, du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera* (turbidité initiale 6,23 NTU).

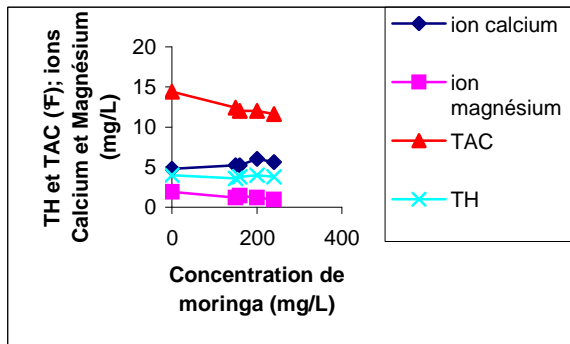


Figure 5 : Variation de TAC, TH, des concentrations des ions calcium et magnésium de l'eau filtrée en fonction de la dose de *Moringa oleifera* (turbidité initiale 6,23 NTU).

Tableau III: Concentration des ions fluorure F⁻, bromure Br⁻, nitrate NO₃⁻, phosphate PO₄³⁻ et sulfate SO₄²⁻ (turbidité initiale 57,50 NTU, dose de *Moringa oleifera* 150 mg/L).

Type d'eau	Teneur en ions (mg/L)				
	F ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Eau brute	0	0	0	0	0
Eau de robinet	0	0	0,6	0	11
Eau décantée	0	0	0,9	0	3,1
Eau filtrée	0	0	2,9	0	3,3

Ces résultats montrent que le traitement des eaux par les graines de *Moringa oleifera* influence peu la température, le pH, l'oxygène dissous, la dureté des eaux traitées. Les valeurs du titre alcalimétrique complet (TAC) et de la concentration en ion magnésium de l'eau traitée diminuent au cours du traitement. La conductivité et la concentration des eaux traitées en ion calcium ont légèrement augmenté par rapport à celle de l'eau brute (Figure 5).

D'après les données du Tableau III, nous n'avons identifié aucune trace des ions fluorure F⁻, bromure Br⁻ et phosphate PO₄³⁻ dans toutes les eaux. Pour les ions nitrate NO₃⁻ et sulfate SO₄²⁻, bien que l'eau brute en soit exempte, on les retrouve aussi bien dans l'eau traitée par les graines de *Moringa oleifera* que dans l'eau de robinet. Les concentrations de ces ions dans l'eau traitées par les graines de *Moringa oleifera* et l'eau de robinet sont inférieures aux valeurs requises par la réglementation de l'organisation mondiale de la santé sur l'eau potable [13].

IV- CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude nous permettent de confirmer l'hypothèse selon laquelle il est possible de remplacer les coagulants chimiques par les coagulants naturels (graines de *Moringa oleifera*).

Les doses optimales de *Moringa oleifera* ont été déterminées par deux méthodes différentes (mesure de la turbidité et de l'absorbance UV à 350 nm des eaux traitées) dont les résultats concordent.

Les graines de *Moringa oleifera* étant riches en protéines diffusent probablement dans les eaux traitées des matières organiques ainsi que des ions nitrate et sulfate.

Les graines de *Moringa oleifera* peuvent être utilisées pour réduire les concentrations des eaux brutes en métaux tels que : le fer, le cuivre, le zinc, l'aluminium, le plomb et le magnésium.

Le traitement de l'eau par les graines de *Moringa oleifera* n'influence

pas le pH, la température, l'oxygène dissous et la dureté mais fait augmenter légèrement le titre alcalimétrique complet (TAC) et la concentration en ions calcium des eaux traitées.

Si le rôle coagulant des graines de *Moringa oleifera* a été mis en évidence à travers la détermination des paramètres physico-chimiques des eaux traitées, ces résultats orientent d'autres études pour approfondir les résultats obtenus ; il s'agit de :

- l'étude de l'impact de la présence de matières organiques dissoutes sur la qualité bactériologique des eaux traitées ;
- la détermination des trihalométhanes (THM) dans les eaux traitées au chlore ;
- la demande en chlore des eaux traitées par les graines de *Moringa oleifera*.

Remerciements: Les auteurs remercient le Centre Béninois de Recherche Scientifique et Technique (CBRST) pour le financement et la Société Nationale des Eaux du Bénin (SONEB) pour sa collaboration technique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1]- Hubele C ; Bernazeau F., Automatic control of the coagulant dose in drinking water treatment. Proceedings of the 1st Macau workshop on water treatment, nov,1989, 199-214.
- [2]- Jahn, Samia Al- Azharia, from clarifying pearls and gems to water coagulation with alun. *Anthropos* 1999, 419-430.
- [3]- Chantrel P., Office International de l'eau, pers. Comm. 2001
- [4]- FOLKARD. K., GRANTW. P., SUTUERLAND J. P. Natural coagulants at pilot scale, 18th WED Conference proceedings 1992, 55-58.
- [5]- TADIS D. HOCQUEMEILLER R. , CAVEA. Etude du pouvoir floculant des graines de *Moringa* oléifères. Centre d'étude pharmaceutique de ChatenayMalabry. (Université de Pari-Sud) 1988. PP 1-65.
- [6]-Jahn, Samia Al- Azharia. Effectiveness of traditional flocculant as primary coagulant and coagulant aids for the treatment of tropical raw water with more than a thousand-fold fluctuation in turbidity. Documento presentado en la 15^{ème} conf. Int. de l'international de distribution del Agua, Monastic, Tunes, publicado en water supply, oct 1984, 2 (3/4).
- [7]- FABY J. ANTOINE ; EDELIA.; Utilisation de la graine de *Moringa*: essai de floculation en laboratoire et en vraie grandeur C.I.E.H 1993, 1-99.
- [8]-Jahn, Samia Al-Azharia. Using moringa seeds as coagulant in developing countries. *Journal AWWA*, June 1988, pp.43-50.
- [9]- FOLKARD, G., Sutherland J. et Al-Khalili R. S., La clarification de l'eau par coagulation en utilisant les graines du *Moringa oleifera*. In : L. Fuglie, 2002. L'arbre de la vie, les multiples usages du *Moringa*. CWS/CTA, Dakar, Sénégal, 2002, pp 79-82.
- [10]- DEGREMONT, Mémonto technique de l'eau. 1989, Tome1 et 2. P16-150.
- [11]- Afnor ; Qualité de l'eau : Méthodes d'analyse. Analyse organoleptique, mesures physico-chimiques, paramètres globaux, composés organiques. 2^{ème} Ed. Tome 2: 1997, p166-171. Editeur Tour Europe
- [12]- Odile G. NACOULMA, Jean PIRO et Ali BAYANE, Etude de l'activité floculante d'un complexe protéine-micilage végétale dans la clarification des eaux brutes ; *J. Soc. Ouest Afr. Chim* (2000) 009. 43-57.
- [13]- OMS, Directives de la qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène, documentation à l'appui. 2^{ème} Ed : Vol2- OMS, Genève-Suisse. 2000, 1050 p.
- [14]- BAU, H-M., VILLAUME, C., , C-F., EVRARD, J., ER, B., NICOLAS, J-P. & MEJEAN, L. Effect of a solid-state fermentation using *Rhizopus oligosporus* sp. T-3 on elimination of antinutritional substances and modification of biochemical constituents of defatted rapeseed meal. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (1994) 65, 315-322.