

## ***Moringa oleifera*, une alternative pour améliorer l'accès à l'eau potable à Madagascar**

Soanirina Claudeline HERIARIVONY<sup>1,2\*</sup>, Marie Eliane RAKOTOARISOA<sup>1</sup>,  
Bruno RAZANAMPARANY<sup>1,3</sup>, Tojonirina ANDRIAMBINTSOA RANAIVOSON<sup>1</sup>  
et Jean Elvis RAKOTOMALALA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Chimie Inorganique et Chimie Industrielle, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Madagascar

<sup>2</sup> Laboratoire d'Hygiène des Aliments et de l'Environnement, Institut de Pasteur de Madagascar

<sup>3</sup> Laboratoire ISTE, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Madagascar

<sup>4</sup> Département de Biologie Animale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, BP 906, Madagascar

---

\* Correspondance, courriel : [sheriarivony.cl@gmail.com](mailto:sheriarivony.cl@gmail.com)

### **Résumé**

*Moringa oleifera* est une plante largement répandue dans les zones côtières de Madagascar. L'utilisation de cette plante dans le traitement de l'eau est mal connue dans toute l'île. Cependant, la majorité des populations rurales n'ont pas accès à l'eau potable et souvent assujetti à des risques de maladies hydriques. Dans ce contexte, cette étude a été réalisée afin d'élaborer une méthode simple pour le traitement domestique d'une part, d'évaluer la capacité MO d'éliminer les microorganismes globaux et la turbidité de l'eau d'autre part. L'étude a été réalisée avec l'Institut Pasteur de Madagascar entre Août et Septembre 2015. Nos résultats ont montré que MO constitue une alternative pour remédier le problème de partage d'eau potable à Madagascar. MO peut réduire jusqu'à 93,75 % de la turbidité de l'eau trouble et élimine de 87,35 % à 93,64 % des bactéries présentes initialement dans l'eau. Bref, l'utilisation de MO, s'avère une option non négligeable pour subvenir les besoins en eaux potables dans le pays en développement.

**Mots-clés :** *Moringa oleifera*, traitement de l'eau, turbidité, microorganismes globaux, Madagascar.

### **Abstract**

#### ***Moringa oleifera*, an alternative to improve drinking water access in Madagascar**

*Moringa oleifera* tree is widely present throughout Madagascar coastal. The utilization of that tree on water processing was not familiar in the entire island. However, almost of rural populations had not access on healthy water and had high risk for water disease. That context pushed our study to elaborate a simple method for domestic water processing and to evaluate MO capacity for total microorganism elimination and turbidity reduction. Our study was done with "Institut Pasteur de Madagascar" between August and September 2015. The results showed that MO constitute an alternative to resolve the distribution of healthy water in Madagascar. MO can reduce up to 93.75 % of initial water turbidity and 87.35 % to 93.64 % of initial bacteria in raw water. Indeed, MO use is an important option to provide supplies for drinking waters for developing country.

**Keywords :** *Moringa oleifera*, water processing, turbidity, total microorganisms, Madagascar.

## 1. Introduction

La distribution et l'accès à l'eau potable constituent des préoccupations majeures à l'échelle mondiale [1]. Ainsi, beaucoup des gouvernements de l'Afrique et de l'Asie se penchent sur la recherche de réglementation et de moyen sur la distribution équitable d'eau saine pour leurs citoyens. Actuellement, la distribution de l'eau potable va de pair avec la notion de développement durable et fréquemment utilisé dans divers discours de politiciens que ce soit au niveau national qu'international. Cependant, en 2010, 783 millions de personnes n'avaient pas accès à l'eau potable provenant de sources améliorées [2]. Toutefois le rapport des Nations Unies [3], mentionne que les maladies infectieuses engendrées par les microorganismes comme la pneumonie et la diarrhée restent encore aujourd'hui une des principales causes de mortalité à l'échelle mondiale. De plus, vers la fin de l'année 2000, la diarrhée seule tue environ cinq millions d'hommes à travers le monde [4] dont 3,3 millions sont des enfants moins de cinq ans. Dans ce contexte, des recherches sur les traitements de l'eau avec les produits biologiques comme les graines de *Moringa oleifera* (MO) deviennent un thème très courant dans le pays en développement. L'utilisation de MO dans l'amélioration de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau est très répandue, notamment en Afrique et en Asie [5 - 9]. Outre, la majorité de ces recherches confirme l'efficacité de MO sur l'amélioration de la qualité de l'eau brute en éliminant les différentes formes de pollutions tels les nitrates, les métaux lourds et les microorganismes d'origine fécale. De plus, la comparaison de rendement issue de l'utilisation de MO et du sulfate d'aluminium donne des résultats similaires [9, 10]. En effet, MO peut remplacer le coagulant et flocculant chimique, plus particulièrement à l'échelle domestique. De ce fait, l'objectif de cette étude est d'élaborer de méthode simple pour que chaque famille puisse faire le traitement de leur eau à domicile en utilisant le flocculant biologique, naturel et local comme MO. Pour faciliter la manipulation, des essais ont été effectués au laboratoire pour déterminer le temps de décantation et la dose utilisée. Ainsi, les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants : tester la capacité de MO de purifier l'eau de source dopée d'*Escherichia coli* et de suivre l'effet de traitement en fonction du temps de décantation en dénombrant les microorganismes aérobies (MA 22 et MA 36) ; de vérifier l'efficacité de MO de réduire une variété de valeur de la turbidité initiale de l'eau.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Préparation des coagulants, dopage de l'échantillon par l'*Escherichia coli* (EC) et étalonnage de la turbidité de l'eau à traiter

Toutes les analyses et les préparations ont été effectuées au Laboratoire d'Hygiène des Aliments et de l'Environnement (Institut Pasteur de Madagascar). Pour le dénombrement des microorganismes, l'échantillon (eau de source dopée de 100 EC / mL) est traité par la poudre de graines de M.O. La souche d'EC est isolée sur une Gélose Nutritive et incubée pendant 24 heures à 37 °C. Quelques colonies ont été mises dans 'Tryptone se/ 9 mL puis agité à l'aide d'un vortex. La lecture se fait avec le MacFarland (0,5 MF = 10<sup>8</sup> UFC / mL) suivie d'une dilution pour atteindre la concentration 100 EC / mL. Les graines mûres et sèches de MO ont été décortiquées puis broyées afin d'obtenir la poudre fine. Une masse de 25 g de la poudre obtenue est traitée dans l'alcool 90° pendant trois heures afin d'éliminer les matières grasses. Après avoir filtré l'alcool, la pâte est stérilisée dans un four pendant quinze minutes, ensuite diluée dans l'eau distillée pendant 2 heures puis laissée à se décanter et enfin une filtration pour séparer la pâte et le liquide. Le liquide obtenu joue le rôle de flocculant et coagulant. La concentration de MO utilisée est de 1 g / L. Les graines mûres sont collectées dans la partie Sud-ouest de Madagascar, province de Tuléar. L'ensemble {échantillon + flocculant} est agité rapidement pendant cinq minutes puis lentement pendant quinze minutes. Les valeurs obtenues avant le traitement sont considérées comme témoins. L'échantillon traité est analysé juste après le traitement et

toutes les trente minutes pendant trois heures de décantation. Le dénombrement des microorganismes a été effectué après avoir incubé une boîte contenant 1 mL d'échantillon avec 20 mL d'extrait de Levure à 22°C pendant 72 heures (MA 22) et une autre boîte à 36°C pendant 48 heures (MA 36). Pour la turbidité, le flocculant précédent est utilisé pour traiter six échantillons de turbidité différente : 160 NTU, 16 NTU, 14 NTU, 8 NTU, 4 NTU et 2 NTU. Un volume de 100 mL de chaque échantillon est traité par l'extrait de MO. La mesure de la turbidité des eaux traitées se fait après agitation pendant vingt minutes suivie d'une décantation d'environ trente minutes. La turbidité est mesurée à l'aide d'un photomètre Palintest.

**2-2. Analyse des données**

La méthode de régression linéaire simple est utilisée afin de déterminer les relations entre les variables considérées. Cette méthode permet de confirmer si le temps de traitement (décantation) est une variable permettant de prédire l'évolution de nombre de microorganismes globaux dans l'eau (MA 22 et MA 36). Outre, elle permet aussi de prédire l'évolution de la Turbidité en fonction de la Turbidité initiale. Le taux de réduction (rendement) est estimé pour chaque variable étudié. Il indique la réussite du traitement de l'eau par MO.

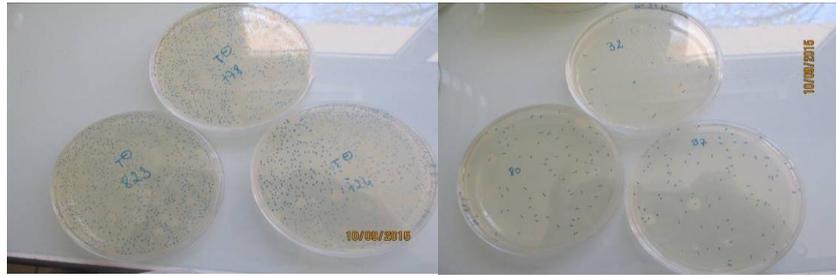
**3. Résultats**

**3-1. MA 22 et MA 36**

La valeur moyenne de 3 répétitions de dénombrement de MA 36 et MA 22 diminue respectivement de 775 UFC / mL à 68 UFC / mL et 808 UFC / mL à 85 UFC / mL tout au long du traitement par MO (*Figure 1, Tableau 1*). Les poudres des graines de MO contribuent à la réduction du nombre des microorganismes en fonction du temps de décantation. Ainsi, plus le temps de décantation est long, plus l'élimination de MA 36 et MA 22 est importante. En effet, environ 50 % des microorganismes globaux sont éliminés juste après le traitement. Ce rendement augmente progressivement en fonction du temps de décantation. Alors, à la fin de la manipulation, environ 90 % de MA 36 et MA 22 sont éliminés.

**Tableau 1 :** Evolution du nombre de MA 22 et MA 36 en fonction de temps de décantations (Td) : E1, E2 et E3 = échantillons dopés d'EC ; M = moyenne de E1, E2 et E3 ; R = rendement ou taux de réduction

| Td      | MA 36 |     |     | M   | R     | MA 22 |     |     | M   | R     |
|---------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-----|-----|-------|
|         | E1    | E2  | E3  |     |       | E1    | E2  | E3  |     |       |
| Témoin  | 724   | 778 | 823 | 775 |       | 811   | 789 | 823 | 808 |       |
| 0 min   | 390   | 391 | 405 | 395 | 49,03 | 384   | 450 | 383 | 406 | 49,75 |
| 30 min  | 198   | 190 | 207 | 198 | 74,45 | 159   | 192 | 241 | 197 | 75,62 |
| 60 min  | 142   | 130 | 126 | 133 | 82,84 | 178   | 108 | 153 | 146 | 81,93 |
| 90 min  | 108   | 95  | 156 | 120 | 84,52 | 114   | 88  | 97  | 100 | 87,62 |
| 120 min | 97    | 80  | 32  | 70  | 90,97 | 134   | 100 | 114 | 116 | 85,64 |
| 150 min | 61    | 93  | 81  | 78  | 89,94 | 82    | 74  | 89  | 82  | 89,85 |
| 180 min | 65    | 68  | 71  | 68  | 91,23 | 88    | 89  | 79  | 85  | 89,48 |



**Figure 1 :** Réduction du nombre de microorganismes globaux après 120 min de traitement par MO : colonies de MA 36 avant traitement (gauche) et après traitement (droite)

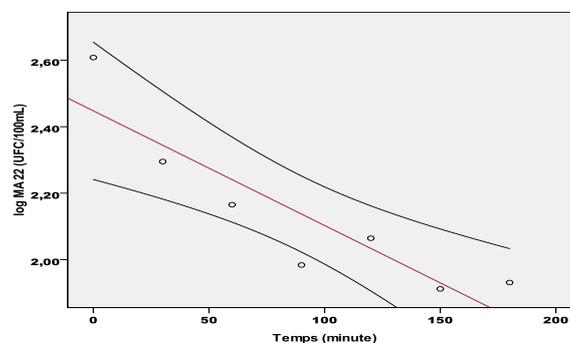
Selon le résultat de régression linéaire, le temps de décantation constitue un facteur déterminant pour l'élimination de MA 22 ( $F(1;5) = 21,569$  ;  $\alpha = 0,006$  ;  $R^2_{\text{ajusté}} = 0,774$ ) et MA 36 ( $F(1;5) = 34,699$  ;  $\alpha = 0,002$  ;  $R^2_{\text{ajusté}} = 0,849$ ) par MO suivant les **Equations** :

$$\log MA 22 = - 0,003t + 2,44 \quad (1)$$

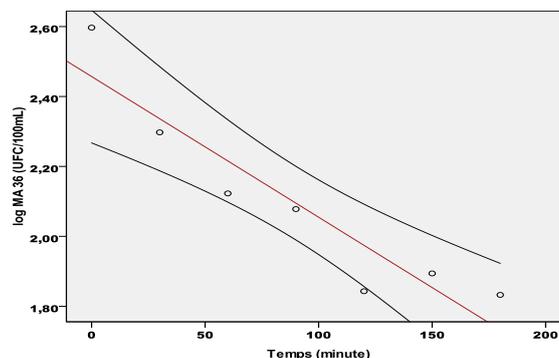
$$\log MA 36 = - 0,004t + 2,45 \quad (2)$$

( $t = \text{temps de décantation}$ )

Donc, le temps de décantation est une variable permettant de prédire l'évolution de microorganisme globale lors du traitement de l'eau avec MO (**Figures 2 et 3**). En somme, le traitement par MO est plus efficace pour MA 36 et MA 22, dont les taux de réduction à la fin de chaque manipulation (rendement) sont respectivement 91,22 % et 89,43 %.



**Figure 2 :** Tendence de régression linéaire entre temps et nombre de MA 22 (Log N)



**Figure 3 :** Tendence de régression linéaire entre temps et nombre de MA 36 (Log N)

**3-2. Turbidité**

L'eau turbide est suffisamment améliorée après le traitement par MO (**Figure 4**). En effet, le taux de réduction (rendement) de la turbidité est plus important quand la turbidité initiale est plus élevée (**Tableau 2**). Ainsi, pour une turbidité initiale de 160 NTU le rendement est de 93,73 %. Au contraire, une turbidité initiale faible (2 NTU) donne un rendement nul après le traitement par MO. Au-delà de 4 NTU, les poudres de MO sont plus efficaces.



**Figure 4 :** Variation de la turbidité (gauche = après traitement; droite = avant traitement)

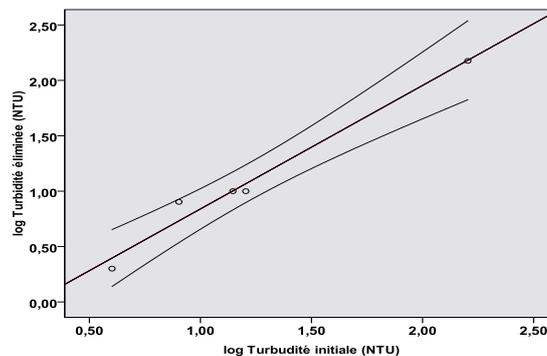
**Tableau 2 :** Evolution de la turbidité en fonction de la turbidité initiale

| Echantillon | Turbidité initiale | Turbidité éliminée | Turbidité finale | Rendement |
|-------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------|
| E 0         | 160                | 150                | 10               | 93,75 %   |
| E 1         | 16                 | 10                 | 6                | 62,5 %    |
| E 2         | 14                 | 10                 | 4                | 71,43 %   |
| E 3         | 8                  | 8                  | 0                | 100 %     |
| E 4         | 4                  | 2                  | 2                | 50 %      |
| E 5         | 2                  | 0                  | 2                | 0 %       |

Lors d'une modélisation linéaire par régression simple (**Figure 5**), le résultat montre que la turbidité initiale est très importante pour mesurer l'efficacité du traitement de l'eau par MO et de prédire la tendance de la turbidité finale ( $F(1,5) = 32,826$  ;  $\alpha = 0,011$  ;  $R^2_{ajusté} = 0,969$ ) selon **l'Equation** :

$$\log Te = 1,115 \log Ti - 0,275 \tag{3}$$

où,  $Te =$  turbidité éliminée et  $Ti =$  turbidité initiale. Bref, MO est seulement efficace si l'eau est plus turbide.



**Figure 5 :** Tendance de l'élimination de la turbidité en fonction de sa valeur initiale

#### 4. Discussion

MO est un coagulant biologique qui permet d'améliorer à la fois la qualité microbiologique et physique de l'eau. MO élimine les microorganismes MA 22 et MA 36 de l'eau et améliore sa turbidité. Ces observations sont similaires aux résultats de travaux de recherche menés par des auteurs auparavant [5, 6, 11]. Ils reportent l'élimination de plus de 99 % de bactéries initiales de l'eau suite au traitement par MO. Les graines de MO possèdent en effet une propriété antimicrobienne. Comme exemple, [12] confirme que MO peut inhiber la croissance de *S. aureus*, *V. cholerae* et *E. coli*. [13] a bien mentionné que MO peut agir comme des antibiotiques sur les bactéries telles *Bacillus sphaericus*, *Mycobacterium smegmatis*, *Staphylococcus aureus* et *Alcaligenes faecalis*. [14] a identifié les molécules bactéricides de l'extrait de MO (4-( $\alpha$ -L-rhamnosyloxy)-benzylisothiocyanate et 4-( $\alpha$ -L-rhamnosyloxy)-benzylisothiocyanitrile) qui agissent sur plusieurs microorganismes comme *Bacillus subtilis*, *Mycobacterium phei*, *E. coli*, *Serratia marcescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Shigella* et *Streptococcus*. MO peut éliminer de 92 % à 99 % de la turbidité de l'eau [11, 15]. MO est peu efficace pour réduire la turbidité de l'eau dont la valeur est faible et l'utilisation de MO devient plus effective quand l'eau est largement turbide.

Les graines de MO contiennent en effet des floculants capables de clarifier l'eau plus trouble [16, 17], c'est un polypeptide basique, un ensemble de polyélectrolytes cationiques actifs de poids moléculaires compris entre 6 et 17 Kdaltons [18]. Ils neutralisent les colloïdes des eaux troubles, car la majorité de ces colloïdes (matière organique) ont une charge négative. Cependant, l'efficacité de coagulation dépend de la turbidité initiale [19 - 21]. Comme exemple, [22] a mentionné que pour les eaux de surface dont la turbidité est comprise entre 23 et 90 NTU, le taux de réduction par MO n'excède pas 50 %. Par ailleurs, [23] considèrent que MO n'est pas efficace avec des eaux de faible turbidité. L'efficacité du traitement par MO dépend de la quantité de MO (concentration en masse), de la qualité des graines (concentration en protéines actives) [6, 11, 24] et la technique d'extraction des coagulants [12, 13]. L'extraction à base d'éthanol a donné un meilleur résultat, en effet elle inhibe la croissance de deux variétés d'*E. coli* contre une pour l'extraction à base d'eau [12]. La dose utilisée doit être aussi suffisante, ainsi à des concentrations élevées (20 mg / L à 160 mg / L) les bactéries dans l'eau meurent rapidement [20].

#### 5. Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les graines de MO sont des coagulants naturels qui permettent de purifier l'eau et de réduire la contamination globale de l'eau. Tout comme dans le cas des coagulants chimiques, l'efficacité de la poudre et des extraits de MO sur l'élimination de la turbidité dépend des caractéristiques initiales des eaux, de la qualité et de la quantité du coagulant. En outre, [22] concluent pour ces mêmes raisons, que l'utilisation du MO pour le traitement de l'eau de consommation (eau des puits) n'est pas appropriée, car la turbidité de cette eau est souvent très basse. En revanche, l'utilisation de MO est une option importante pour la population rurale afin d'éviter les maladies liées aux microorganismes présents dans l'eau. De plus, MO se distribue tout au long de l'île donc l'acquisition de graines pour le traitement de l'eau ne constitue pas une barrière pour que les populations rurales aient de l'eau potable.

### **Remerciements**

*Nos vifs remerciements s'adressent à Monsieur le Directeur de l'Institut Pasteur de Madagascar pour nous avoir donné l'opportunité de réaliser cette recherche. Nous tenons à remercier tout particulièrement Madame Alexandra BASTARAUD et l'équipe du LHAE (Laboratoire d'Hygiène des Aliments et de l'Environnement), de nous avoir accueillis pendant les périodes du travail et de nous avoir aidés avec leurs soutiens matériels et logistiques.*

### **Références**

- [1] - WHO, Guidelines for drinking-water quality, *World Health Organization publication*, Geneva, Vol. 1, 3<sup>rd</sup> Edition, (2008) 515 p.
- [2] - WATERAID, *Partout et pour tous*, Londres, Royaume-Uni, rapport, (2013) 40p, [www.wateraid.org](http://www.wateraid.org)
- [3] - NATIONS UNIES, *Objectifs du Millénaire pour le développement 2012*, (2012) <http://www.un.org/fr/millenniumgoals/>
- [4] - W. HOEK, F. KONRADSEN and W. A. JEHANGIR, *Water Resources Development*, 15 (1999) 1 - 2.
- [5] - F. AMAGLOH and A. BENANG, *African Journal of Agricultural Research*, 4 (1) (2009) 119 - 123.
- [6] - E. ARNOLDSON, M. BERGEMAN and M. NELSON, *Vatten*, 64 (2008) 137 - 150.
- [7] - A. KABORÉ, B. SAVADOGO, H. C. OTOIDOBIGA, A. SAWADOGO, F. ROSILLON, A. S. TRAORE and D. DIANOU, *Journal of Water Resource and Protection*, 7 (2015) 312 - 321.
- [8] - M. LEA, *Current Protocols in Microbiology, Emerging Technologies*, (2010) 14 p, [www.interscience.wiley.com](http://www.interscience.wiley.com)
- [9] - N. VIKASHNI, M. MATAKITE, K. KANAYATHU and S. SUBRAMANIAM, *International Journal of Applied Science and Technology*, 2 (5) (2012) 125 - 129.
- [10] - A. P. FUTU, W. S. OTIENO, O. J. ACHOLLA, W. A. OTIENO, O. S. OCHIENG and M. C. MUKISIRA, *Journal of Agricultural Extension and Rural Development*, 3 (6) (2011) 102 - 112.
- [11] - E. N. ALI, S. A. MUYIBI, H. M. SALLEH, M. Z. ALAM and M. R. M. SALLEH, *Journal of Water Resource and Protection*, 2 (2010) 259 - 266.
- [12] - G. H. F. VIEIRA, J. A. MOURÃO, A. M. ANGELO, R. A. COSTA and R. H. S. F. VIEIRA, *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo.*, 52 (3) (2010) 129 - 132.
- [13] - J. L. ROCKWOOD, B. G. ANDERSON and D. A. CASAMATTA, *International Journal of Phytotherapy Research*, 3 (2) (2013) 61 - 71.
- [14] - S. A. JAHN, H. A. MUSNAD and H. BURGSTALLER, *Unasylva*, 38 (1986) 23 - 28.
- [15] - S. A. MUYIBI and L. M. EVISON, *Water Resource*, 29 (1995) 1099 - 1105.
- [16] - T. OKUDA, A. U. BAES, W. NISHIJIMA and M. OKADA, *Water Resource*, 35 (2001) 405 - 410.
- [17] - T. OKUDA, A. U. BAES, W. NISHIJIMA and M. OKADA, *Water Resource*, 35 (3) (2001) 830 - 834.
- [18] - U. GASSENSCHMIDT, K. D. JANY, B. TAUSCHER and H. NIEBERGALL, *Biochemica and Biophysica Acta*, 1243 (1995) 477 - 481.
- [19] - J. P. SUTHERLAND, G. FOLKARD and W. D. GRANT, *Waterlines*, 8 (4) (1990) 30 - 32.
- [20] - M. LÜRLING and W. BEEKMAN, *J. Appl. Phycol.*, 22 (4) (2010) 503 - 510.
- [21] - S. A. MUYIBI and A. M. ALFUGARA, *International Journal of Environmental Studies*, 60 (6) (2003) 617 - 626.
- [22] - T. OKUDA, A. U. BAES, W. NISHIJIMA and M. OKADA, *Water Resource*, 33 (1999) 3373 - 3378.
- [23] - S. A. MUYIBI and C. A. OKUFU, *Environment Studies*, 48 (1995) 263 - 273.
- [24] - A. NDABIGENGESERE and K. D. NARASIAH, *Water Resource*, 32 (1998) 781 - 791.