

## TRAITEMENT DES EAUX DE SURFACE PAR LES COAGULANTS A BASE DE COCO

Jacques K. Fatombi<sup>1</sup>, Roger Gérard Jossé<sup>1</sup>, Boniface Yehouenou<sup>2</sup>,  
Valentin Wotto<sup>1</sup>, Taofiki Aminou<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire d'Expertise et de Recherche en Chimie de l'Environnement et de l'Eau  
(LERCEE/FAST/CHIMIE/UAC) 01BP526 COTONOU (Bénin)

<sup>2</sup>Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA/EPAC/UAC)

(Reçu le 29/08/06 – Accepté après corrections le 03/05/07)

**Summary:** The surface water samples were clarified by the coagulants containing coconut. For a raw water of turbidity 32 NTU, the minimal effective amounts obtained are of 5mL/L for the 22.5 mL/L and coconut milk for the coconut water with respective residual turbidity of 2 NTU and 7.56 NTU. The coconut oil cakes with 220 mg/L gave a residual turbidity of 2.98 NTU for a raw water of turbidity 7.43 NTU. The physicochemical and bacteriological analysis of the water treated by the coconut milk revealed that the treatment does not have any influence on the temperature, the pH, conductivity but made slightly increase the hardness and the index of permanganate. Moreover, the reduction in turbidity is accompanied by a reduction from 90 to 98% of the bacteria (coliformes fecal, *Escherichia coli*, Streptocoques fecal and spores of Clostridium sulfito-reducers)

**Key words:** coconut oil cakes - the water of coconut - coconut milk - amount optimal-physicochemical and bacteriological parameters.

**Résumé :** Les échantillons d'eau de surface ont été clarifiés par les coagulants à base de coco. Pour une eau brute de turbidité 32 NTU, les doses efficaces minimales obtenues sont de 5mL/L pour le lait de coco et 22,5 mL/L pour l'eau de coco avec des turbidités résiduelles respectives de 2 NTU et 7,56 NTU. Les tourteaux de coco à 220 mg/L ont donné une turbidité résiduelle de 2,98 NTU pour une eau brute de turbidité 7,43 NTU. L'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux traitées par le lait de coco a révélé que le traitement n'a aucune influence sur la température, le pH, la conductivité mais fait augmenter légèrement la dureté et l'indice de permanganate. De plus, la diminution de la turbidité s'accompagne d'une réduction de 90 à 98 % des bactéries (coliformes fécaux, *Escherichia coli*, Streptocoques fécaux et spores de Clostridium sulfito-réducteurs)

**Mots clés :** tourteaux de coco – l'eau de coco- lait de coco - dose optimale-paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

### I- INTRODUCTION

L'eau est le produit alimentaire le plus solide au monde <sup>[1]</sup>. Les populations rurales des pays en voie de développement n'ont pas tous accès à l'eau potable. Afin de produire de l'eau potable à moindre coût et par des procédés simples utilisant des produits végétaux disponibles, plusieurs équipes de recherche <sup>[2,3,4,5,6]</sup> ont travaillé sur le traitement de l'eau en utilisant des coagulants naturels tels : *Moringa oleifera*, *peregrina*, *stenopetala*, *ongituba*, *Drouhardii*, *ovalifolia*, *concanensis* ....

Au Bénin, plus de 80 % de la population utilise les eaux des puits et des

eaux de surface non désinfectées. Afin de mettre à la disposition de ces populations de l'eau potable et des procédés de traitements de l'eau brute par l'utilisation des produits naturels et d'élargir la gamme des coagulants végétaux, nous nous sommes intéressés dans cette étude entre autres, aux produits de la noix de coco en vue de leur valorisation.

Les objectifs de cette recherche portent sur :

- la clarification des eaux de surface par des produits de la noix de coco tels que les tourteaux de coco, l'eau de coco et le lait de coco ;

- la détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux traitées par les coagulants à base de coco et leur comparaison avec ceux de l'eau traitée par les graines de *Moringa oleifera*.

## II- MATERIEL ET METHODES

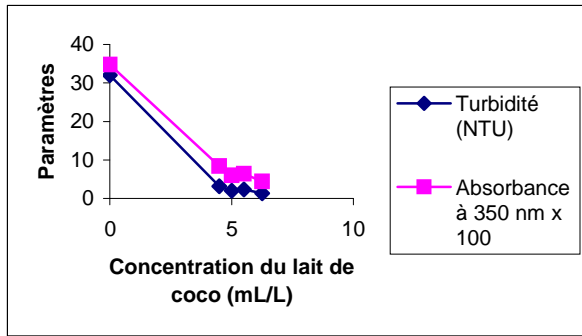
- Les eaux brutes ont été prélevées sur le fleuve Okpara, la rivière de Perma et le lac Nokoué;
- Les noix de coco utilisées proviennent des marchés de Cotonou ;
- L'eau de coco ou albumen a été extraite de la noix de coco à l'aide d'une pipette taillée en biseau ;
- Le lait de coco a été préparé à partir de l'endosperme de noix de coco déshydraté (dans une étuve maintenue à 50°C pendant 48H) finement haché. 50 g du produit obtenu ont été dispersés dans 500 mL d'eau distillée dans une fiole jaugée de 1 L. Après 10 min d'agitation, le mélange obtenu a été filtré à travers un tamis de porosité 80 µm. Le liquide blanchâtre obtenu est décanté pendant 2 heures, donnant une phase aqueuse et une phase organique ; c'est la phase aqueuse se trouvant à la partie inférieure de l'ampoule qui est considérée comme le lait de coco ;
- Les tourteaux de coco sont les résidus solides obtenus à la suite de l'extraction du lait de coco. Les résidus ont été lavés puis séchés à la température ambiante pendant 48 heures ;
- Les essais de clarification ont été effectués au jar-test pour déterminer les doses optimales des coagulants utilisés [7,8,9,10] ;
- Les eaux décantées ont été filtrées sur papier filtre plissé ;

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées par des méthodes classiques ;

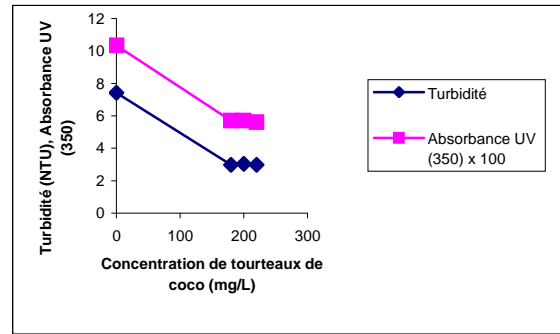
- Le pH, la conductivité, la turbidité et l'absorbance UV à 350 nm ont été mesurés respectivement à l'aide d'un pH-mètre WTW LF 340 MERCK, d'un conductimètre WTW LF 320 MERCK, d'un turbidimètre HACH 2100 AN Turbidimeter et d'un spectrophotomètre DR/4000 Spectrophotometer HACH ;
- Les concentrations des ions  $Ca^{2+}$  et  $Cl^-$ , 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] ;
- Les analyses bactériologiques ont été effectuées par la technique du Nombre le Plus Probable (NPP). Les bactéries identifiées sont : les coliformes totaux, les coliformes fécaux, *Escherichia coli*, les Streptocoques fécaux et les spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* [12,13,14] .

## III- RESULTATS ET DISCUSSION

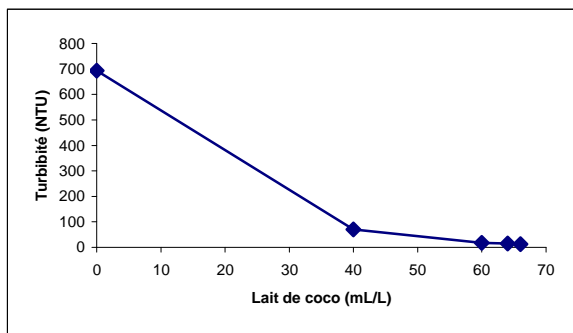
Afin de déterminer les doses optimales des coagulants végétaux utilisés, nous avons effectué des essais de clarification au jar-test avec chaque coagulant. La dose optimale de chacun d'eux et pour chaque échantillon d'eau brute correspond au minimum de chacune des courbes obtenues (figures 1, 2, 3, 4 et 5).



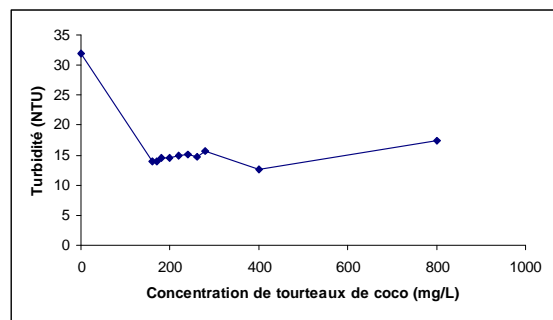
**Figure 1 :** Variation de la turbidité et de l'absorbance de l'eau en fonction de la dose du lait de coco (eau du fleuve Okpara : turbidité initiale 32 NTU).



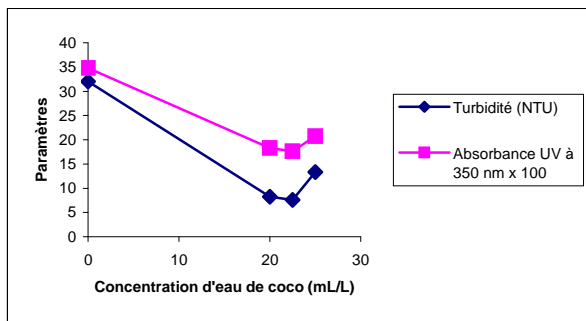
**Figure 4 :** Variation de la turbidité et de l'absorbance de l'eau en fonction de la dose de tourteaux de coco (eau du fleuve Okpara : turbidité initiale 7,43 NTU).



**Figure 2 :** Variation de la turbidité de l'eau en fonction de la dose du lait de coco (eau de la rivière de Perma :turbidité initiale 693 NTU).



**Figure 5 :** Variation de la turbidité de l'eau en fonction de la dose de tourteaux de coco (eau du fleuve Okpara : turbidité initiale 32 NTU).



**Figure 3 :** Variation de la turbidité et de l'absorbance de l'eau en fonction de la dose d'eau de coco (eau du fleuve Okpara : turbidité initiale 32 NTU).

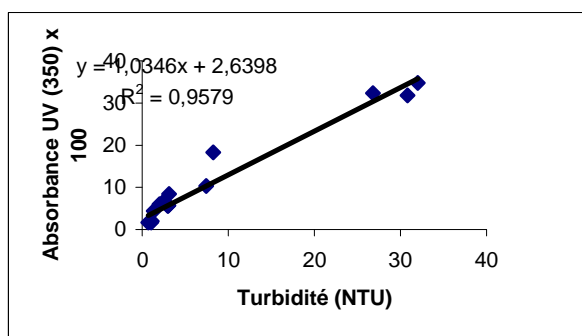
Les doses optimales pour l'eau brute d'Okpara de turbidité 32NTU sont de 5mL/L pour le lait de coco, 22,5 mL/L pour l'eau de coco et 400 mg/L pour les tourteaux de coco avec des turbidités résiduelles respectives de 2 NTU, 7,56 NTU et 12,6 NTU (Figures 1,3,5). Les tourteaux de coco utilisés à 220 mg/L ont donné une turbidité résiduelle de 2,98 NTU pour une eau brute de turbidité 7,43 NTU (Figure 4) et le lait de coco utilisé à 65mL/L a donné une turbidité résiduelle de 12 NTU pour une eau brute de turbidité 693 NTU (Figure 2).

Les résultats obtenus à partir de la mesure de la turbidité et de l'absorbance UV à 350 nm des eaux traitées concordent et dépendent de la turbidité des eaux brutes et de la nature de chaque coagulant. Il apparaît à l'analyse de ces résultats que le lait de coco clarifie mieux les eaux que l'eau de coco et les tourteaux de coco. Les tourteaux de coco sont peu efficaces pour

la floculation d'une eau brute de turbidité élevée.

La légère augmentation de la turbidité observée au delà de la dose optimale de chaque coagulant utilisé pourrait s'expliquer par le remplacement de la turbidité colloïdale par une turbidité particulaire due à la présence de la matière organique dans les coagulants utilisés [5].

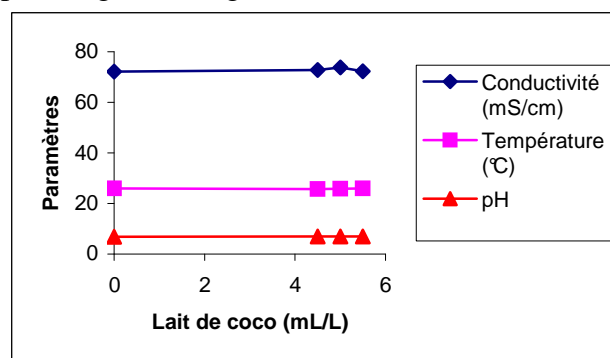
La Figure 6 ci-dessous indique la corrélation entre les valeurs de la turbidité et de l'absorbance UV (350) des eaux.



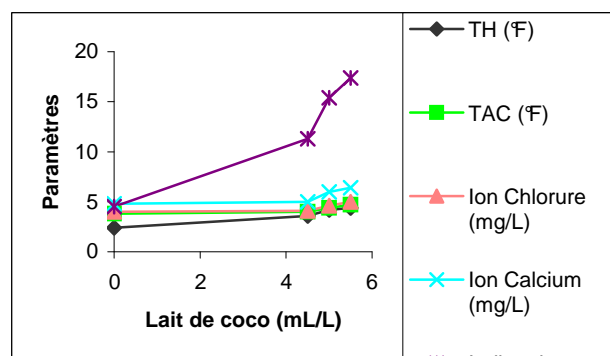
**Figure 6 :** Corrélation entre la turbidité et l'absorbance UV (350) pour les eaux naturelles (eau du fleuve Okpara)

La matière organique contenue dans l'eau et les effluents, les matières en suspension et les nitrates possèdent un spectre d'absorption dans le domaine UV [15]. Les composés organiques contenant des liaisons doubles (C=C) ou des liaisons doubles ou triples entre le carbone et certains autres atomes (C=O, C=N notamment) dissous dans l'eau présentent une absorption UV entre 200 et 330 nm, avec des pics aux longueurs d'onde 254 et 280 nm. La turbidité est un paramètre qui caractérise les suspensions de particules solides dans un liquide. Celles-ci provoquent une diffusion de la lumière incidente entre 200 et 350 nm. En effectuant la mesure d'absorbance à 350 nm, on s'affranchit de l'absorption due aux matières organiques et minérales de l'eau, et on mesure ainsi une quantité de colloïdes, ce qui justifie la corrélation observée entre la turbidité et l'absorbance UV (350).

Nous avons étudié l'influence du traitement des eaux au lait de coco, compte tenu de son pouvoir coagulant supérieur à ceux des tourteaux et de l'eau de coco, sur la température, le pH, la conductivité, la dureté, le titre alcalimétrique complet (TAC) et les concentrations en ions calcium, chlorure et l'indice de permanganate (Figures 2 et 3).



**Figure 8 :** Variation de la température, du pH et de la conductivité de l'eau filtrée en fonction de la dose du lait de coco (turbidité initiale 32 NTU).



**Figure 9 :** Variation de TAC, TH, des concentrations des ions calcium et chlorure et de l'indice de permanganate de l'eau filtrée en fonction de la dose du lait de coco (turbidité initiale 32 NTU).

Ces résultats montrent que le traitement des eaux brutes au lait de coco influence peu la température, le pH et la conductivité des eaux traitées. Les valeurs du titre alcalimétrique complet (TAC), de la dureté, et de la concentration en ions calcium et chlorure de l'eau traitée augmentent au cours du traitement mais elles sont inférieures aux valeurs guides [1]. Les valeurs de l'oxydabilité au permanganate de potassium croissent avec

l'augmentation de la dose du lait de coco ; ainsi donc le lait de coco introduirait de matières organiques dans l'eau traitée (Figures 8, 9).

Suite aux différents tests d'identification des germes pathogènes et susceptibles d'être présents dans l'eau, les résultats regroupés dans les Tableaux I, II, III et IV représentent ceux des eaux traitées au lait de coco et aux graines de *Moringa oleifera*.

**Tableau I :** Paramètres bactériologiques d'eau du fleuve Okpara traitée au lait de coco (Turbidité initiale : 32 NTU).

Echantillons Paramètres	Eau brute	Lait de coco (mL/L)		
		4,5	5	5,5
Coliformes totaux (/ 100mL)	3000	150	120	90
Coliformes fécaux (/ 100 mL)	2500	Abs	Abs	Abs
Escherichia-Coli (/ 100 mL)	200	Abs	Abs	Abs
Streptocoques fécaux (/50 mL)	150	Abs	Abs	Abs
Spores de Clostridium Sulfito réducteurs (/ 20 mL)	140	Abs	Abs	Abs

**Tableau II :** Paramètres bactériologiques d'eau du fleuve Okpara traitée aux graines de *Moringa oleifera* (Turbidité initiale : 32 NTU).

Echantillons Paramètres	Eau brute	<i>Moringa oleifera</i> (mg/L)		
		100	120	140
Coliformes totaux (/ 100mL)	3000	950	450	250
Coliformes fécaux (/ 100mL)	2500	Abs	Abs	Abs
Escherichia-Coli (/ 100mL)	200	Abs	Abs	Abs
Streptocoques fécaux (/50mL)	150	30	Abs	Abs
Spores de Clostridium Sulfito réducteurs (/ 20mL)	140	32	22	Abs

Les Tableaux I et II regroupent les résultats des tests microbiologiques des échantillons d'eau du fleuve Okpara traités au lait de coco d'une part et aux graines de *Moringa oleifera* d'autre part. Si les quanta

microbiens de la pollution fécale des eaux brutes sont très élevées dans les deux types d'échantillons, on arrive à leur élimination totale après les différents traitements au lait de coco et leur quasi disparition avec les graines de *Moringa oleifera*. La concentration la plus active pour les graines de *Moringa oleifera* est 140 mg/L et celle du lait de coco est de 5mL/L.

**Tableau III :** Paramètres bactériologiques d'eau du Lac Nokoué traitée au lait de coco (Turbidité initiale : 85 NTU)

Echantillons Paramètres	Eau brute	Lait de coco (mL/L)		
		6,5	7	8
Coliformes totaux (/ 100mL)	14000	400	200	70
Coliformes fécaux (/ 100mL)	11000	450	350	350
Escherichia-Coli (/ 100mL)	4500	200	110	90
Streptocoques fécaux (/50mL)	350	55	Abs	Abs
Spores de Clostridium Sulfito réducteurs (/ 20mL)	230	120	40	Abs

**Tableau IV :** Paramètres bactériologiques d'eau du Lac Nokoué traitée aux graines de *Moringa oleifera* (Turbidité initiale : 85 NTU).

Echantillons Paramètres	Eau Brute	<i>Moringa oleifera</i> (mg/L)		
		100	120	140
Coliformes totaux (/ 100mL)	14000	4000	3000	1100
Coliformes fécaux (/ 100mL)	11000	3000	2500	1600
Escherichia-Coli (/ 100mL)	4500	300	115	75
Streptocoques fécaux (/50mL)	350	225	200	150
Spores de Clostridium Sulfito réducteurs (/ 20mL)	230	80	60	22

Les Tableaux III et IV rassemblent les résultats des tests microbiologiques d'échantillons d'eau du lac Nokoué qui ont subi les mêmes traitements que les autres échantillons. Il faut signaler que la charge excessive de la flore de pollution fécale dans les échantillons d'eau du lac Nokoué a été fortement réduite avec le traitement

au lait de coco à la concentration de 8 mL/L, les Streptocoques D et les spores de Clostridium y ont été totalement éliminés par opposition aux échantillons d'eau traités aux graines de *Moringa oleifera* dans lesquels il y a persistance de certaines flores telles que : *E. Coli*, Streptocoques D, spores de Clostridium Sulfito-réducteurs, même à la concentration de 140 mg/L, la plus forte retenue.

Ces observations indiquent que les traitements des eaux au lait de coco sont d'une efficacité relativement plus forte que celle aux graines de *Moringa oleifera*.

#### IV. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les résultats obtenus au cours de ces travaux montrent que :

- les doses optimales des coagulants à base de coco dépendent de la nature de chacun d'eux et de la turbidité initiale de l'eau brute ; elles ont été déterminées par deux méthodes différentes dont les résultats concordent ;
- les tourteaux de coco sont peu efficaces pour la clarification des eaux de turbidités élevées ;
- le pouvoir coagulant de l'eau de coco est inférieur à celui du lait de coco; le lait de coco réduit mieux la charge de pollution fécale des eaux brutes que les graines de *Moringa oleifera*.

Dans la suite de cette étude, on procédera à :

- l'identification de la ou des substances contenues dans les produits à base de coco et responsables de la floculation et de l'élimination de la flore bactérienne ;
- la comparaison des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux traitées par les coagulants à base de coco à ceux de l'eau de robinet ;
- la catégorisation des différents sous-produits de la noix de coco en

fonction de leur pouvoir coagulant pour l'épuration et l'assainissement des eaux brutes et des eaux usées.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1]- OMS; Directives de la qualité pour l'eau de boisson. Critères d'hygiène, documentation à l'appui. 2<sup>ème</sup> Ed: Vol2- OMS, Genève-Suisse. 2000; 1050 p
- [2]- FOLKARD. K., GRANTW. P., SUTUERLAND J. P. Natural coagulants at pilot scale, 18<sup>th</sup> WED Conference proceedings 1992, 55-58.
- [3]- Raymond Desjardins. Le traitement des eaux 2<sup>ème</sup> édition revue, janvier 1990 p. 27-45  
FABY J. ANTOINE ; ELELIA.; Utilisation de la graine de Moringa: essai de floculation en laboratoire et en vraie grandeur C.I.E.H 1993 ; 1-99
- [4]- Jahn, Samia Al- Azharia. From clarifying pearls and gems to water coagulation with alun. *Anthropos* (1999) 94, 419-430.
- [5]- Odile G. NACOUUMA, 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.
- [6]- 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. L'arbre de la vie, les multiples usages du *Moringa*. CWS/CTA, Dakar, Sénégal, 2002, pp 79-82.
- [7]- TADIS D. HOCQUEMEILLER R. , CAVEA. Etude du pouvoir floculant des graines de *Moringa* gécées. Centre d'étude pharmaceutique de Chatenay-Malabry. (Université de Paris-Sud) 1988. PP 1-65.
- [8]-Jahn, Samia Al-Azharia. Using moringa seeds as coagulant in developing countries. *Journal AWWA*, June 1988, pp.43-50.
- [9]- DEGREMONT, Mémento technique de l'eau. 1989, Tome1 et 2. P16-150.
- [10]- ANDREW-VILLEGAS. R. Et R. D. LETTERMAN << Optimizing Flocculator Power Input >>. *J. Environ Eng. Div. ASCE*. (1976), Vol. 102. p. 251-264
- [11]- Afnor; Qualité de l'eau: Méthodes d'analyse. Analyse organoleptique, mesures physico-chimiques, paramètres globaux, composés organiques. 2<sup>ème</sup> Ed. Tome 2; 1997: p166-171. Editeur Tour Europe

**[12]**- Atlas, R.M. *Handbook of Microbiological Media*. Second edition. L.C. Parks (editor). CRC Press Inc1997.

**[13]**- Mc Guire, O.E. Wood Applicators for the Confirmatory Test in Bacteriological Analysis of Water. Public Health Reports, (1964) 79: 812-814.

**[14]**- Powers, EM. et T.G. Latt. Simplified 48-Hour IMViC Test: an Agar Plate Method. *Appl. Environ. Microbiol.*, (1977), 34: 274-279.

**[15]**- GEOFFRAY C. H. / VIAL J. / *L'analyse de l'eau*, Paris Dunod, 1978 ; 799-816