J. Soc. Ouest Afr. Chim. (2000) **009**, 43 - 57

ETUDE DE L'ACTIVITÉ FLOCULANTE D'UN COMPLEXE PROTÉINE-MUCILAGE VÉGÉTAL DANS LA CLARIFICATION DES EAUX BRUTES

Odile G. NACOULMA*, Jean PIRO et Ali BAYANE

Laboratoire de Biochimie et Chimie Appliquée, Département de Biochimie et microbiologie, Faculté des Sciences et Techniques Université de Ouagadougou, B.P. 7021 Ouagadougou 03

(Reçu le 16 mars 1999 - Révisé le 16 décembre 1999)

Summary : This work concern the clarification of crude water due to *Moringa oleifera* and *Canavalia ensiformis* seeds. The activity of these products are lower compare to those of minerals coagulants and the extracted proteins have been found to be the active principles for floculation. In other hand, the mucilages extracted from *Bombax costatum* are used as adding coagulant and there action have been found to be active.

Keys words : water, floculation, *Moringa oleifera* , *Canavalia ensiformis*, mucilage, coagulation

I - INTRODUCTION

Un des problèmes majeurs dans le monde est la mise à disposition des populations d'eau potable correspondant à des normes de qualité garantissant la santé. Ceci impose des traitements parmi lesquels on trouve, en premier, la clarification des eaux brutes.

Malheureusement, les coûts des techniques conventionnelles utilisées dans les usines de traitement ne permettent pas de resoudre le problème, surtout dans les petites communautés. C'est pourquoi plusieurs études ont été consacrée à la recherche de procédés de fabrication de coagulants à partir de végétaux poussant sur le continent africain (en paricu-lier le, *Moringa oleifera*) par le Centre Inter Africain d'Etudes Hydrauliques (C.I.E.H)[1,2,3,4].

Malgré une mise en evidence de l'activité floculante des graines de MO au laboratoire la nature chimique du principe floculant et son mode d'action sont resté longtemps ignorés et demandent toujours des

éclaircissements. Les travaux réalisés par Folkard et al [5] et par Tadic [6] mettent en evidence la nature protéinique du principe actif de floculation.

Le travail presenté ici concerne la recherche :

■ de substances naturelles dotées de pouvoir floculant suffisant pour la clarification des eaux brutes.

■ de leurs principes actifs

■ de l'optimisation de l'activité floculante de differents réactifs par l'utilisation de polymères naturels comme les mucilages en tant qu'adjuvants de floculation.

II - MATERIEL ET METHODES

Les coagulants mineraux, sulfate d'aluminium et chlorure ferrique, sont des produits techniques utilisés par l'ONEA (Office National de l'Eau et de l'Assainissement) au Burkina Faso, pour la clarification des eaux distribuées. Tous les autres produits chimiques utilisés pour les analyses sont des produits de qualité pour analyse.

Les végétaux etudiés pour ce travail ont été choisis en fonction de la connaissance de leur composition chimique [7,8,9] :

■ graines riches en proteines, avec un taux plus ou moins important en acides aminés basiques: arginine, lysine, histidine;

■ feuilles, ecorces, racines ou tiges riches en mucilages;

■ plantes riches en metabolites secondaires comportant dans leurs structures un ou plusieurs atomes d'azote portant des charges positives (alcaloïdes, bases quaternaires, betaïnes, dérivés d'acides aminés...).

De plus nous nous sommes aussi basés, sur les récommandations de tradi-praticiens et des agents du centre national de semences forêstières de Ouagadougou. En tout ce sont 48 plantes que nous avons testé pour ne retenir, en déhors du *Moringa oleifera*, que le *Canavalia ensiformis* comme exemple de plante donnant un abattement de turbidité supérieur à 50%.

Pour l'extraction des mucilages nous avons utilisé le *Bombax costatum*. Toutes les plantes testées sont communes au Burkina Faso.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées par les méthodes classiques :

■ dosage de la matières minérale par la pésée après incinération totale de la matière organique ;

■ dosage de la matière grasse totale: extraction au soxhlet

■ dosage des glucides totaux : les acides pyraniques et furaniques résultants de l'action de l'acide sulfurique sur les sucres sont condensés par l'orcinol et la mesure de l'absorbance à 510 nm permet de determiner le taux de glucides

■ dosage du carbone par oxydation au moyen du bichromate de potassium puis dosage de l'excès de bichromate par le sel de Mohr ; la teneur en matière organique est alors déterminée.

■ dosage de la matière organique dissoute dans l'eau par l'action du permanganate de potassium sur l'acide sulfurique, avec ajout de sel de Mohr après réaction et dosage en retour par le permanganate ;

■ dosage de l'azote Kjedahl par la méthode habituelle conduissant à la détermination de la teneur en proteine totale ;

■ dosage des extraits protéiques par la methode classique de Lowry [10].

Les mucilages ont été extraits à l'eau à partir des feuilles de *Bombax costatum* séchées, broyées, tamisées, dégraissées à l'ether de pétrole et traitées à l'ethanol pour éliminer les pigments. La caracterisation est effectuée par le bleu de méthylène.

Une procédure identique a permis d'extraire les principes floculants des plantes étudiées.

Les eaux brutes ont été prélévées en bordure du barrage n°3 de Ouagadougou. Très turbides au départ (150 à 200 NTU) elles voient leur turbidité diminuer et se stabiliser lorsqu'on les laisse au repos pendant 24 heures (80 à 100 NTU).

Les essais de clarification ont été effectués au Jar-test pour déterminer les doses optimales des coagulant utilisés [11,3].

III - RESULTATS ET DISCUSSIONS

III -1. Analyses physico-chimiques

Le tableau I résume les principaux resultats obtenus pour la composition des plantes étudiées.

	% matière minerale	% matière grasse totale	% glucides totaux	Degré d'acidité	% carbone	% matière organique
Moringa oleifera	3,46±0,24	36,29±3,76	26,5±2,3	2,96±0,26	48,77±0,4	84,54±0,85
Canavalia ensiformis	1,61±0,25	1,17±0,25	49,87±2,79	5,22±0,29	48,56±0,53	83,69±0,91

	% azote	% protéine totale	% extraits protéique
Moringa oleifera	3,4±0,05	21,24±0,43	0,86±0,02
Canavalia ensiformis	4,63±0,1	28,960,62	0,31±0,03

Tableau I : *Composition chimique des graines étudiées*

Les analyses physico-chimiques des graines de *Moringa oleifera* et de *Canavalia ensiformis* font ressortir des différences importantes dont les plus significatives se situent au niveau des taux de matières grasses et d'extraits protéiques.

Les graines de *Moringa oleifera* sont très riches en huile, avec un taux d'environ 40%.

Après quelques minutes de repos, cette huile se separe en deux phases, la plus dense se solidifiant facilement, alors que la séconde, la plus abondante reste liquide. La bonne stabilité de cette dernière est due à sa pauvreté en acide linoléique, et à l'absence d'acide linolénique [6,12,13]. La faible teneur en huile des graines de *Canavalia ensiformis* constitue une difference importante, par rapport au *Moringa*

oleifera, qui peut jouer un rôle dans le rendement de la floculation de ces graines en influençant le taux de matière organique dissoute dans l'eau.

Alors que les taux de protéine sont très proches pour les deux types de graines (bien qu'un peu plus élevé pour le de *Canavalia ensiformis*), on observe une grande différence dans les taux d'extraits protéiques (protéine hydrosoluble).

Ces résultats sont importants et significatifs car, à l'instar des coagulants organiques (mélanineformaldéhydes, épichlohdrines, diméthylamine et polychlorures de diallyldimethyl-ammonium) [10,11,14,15,16] les polyélectrolytes responsables du processus de coagulation-floculation dans notre étude sont des protéines ou des acides aminés hydrosolubles.

III-2. Essais au Jar-test

Les essais au Jar-test avec les coagulants minéraux ou végétaux ont permis de mettre en évidence des différences dans l'activité floculante de ces deux groupes de substances ainsi qu'on peut l'observer dans les figures 1 et 2.

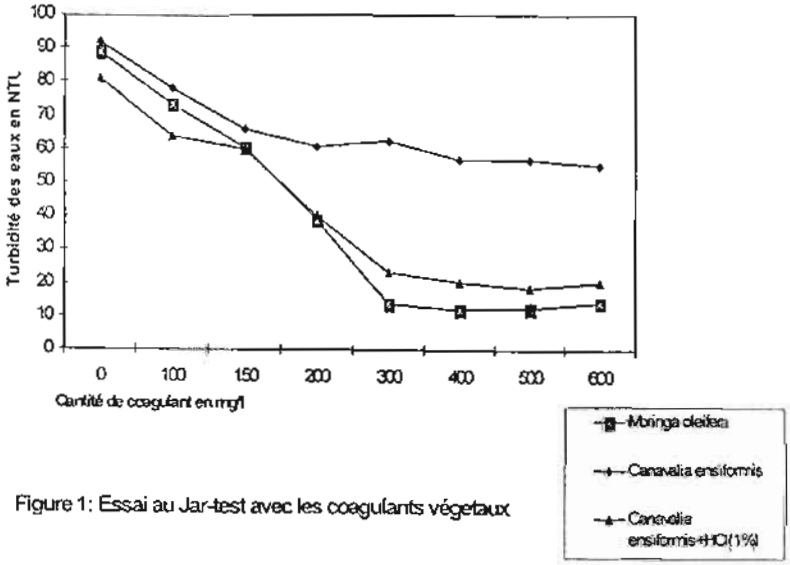

Figure 1: Essai au Jar-test avec les coagulants végétaux

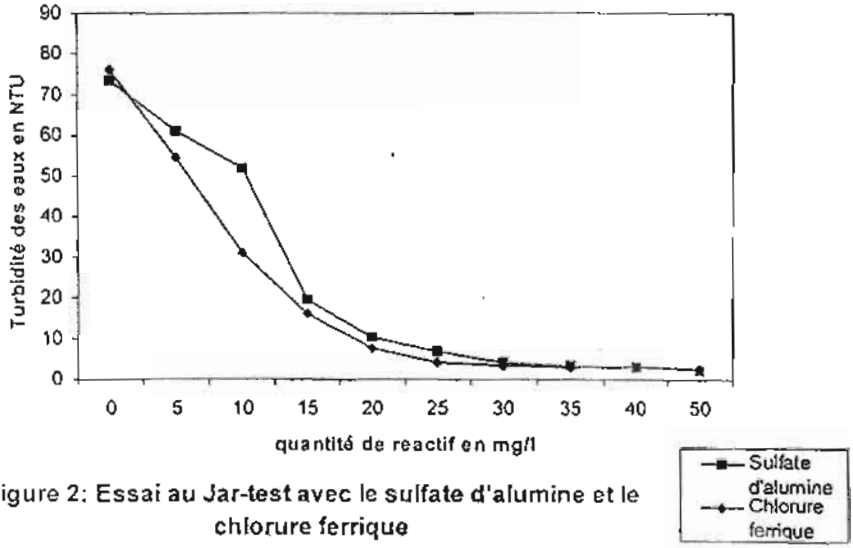

Figure 2: Essai au Jar-test avec le sulfate d'alumine et le chlorure ferrique

Les coagulants minéraux ont des activités comparables et un optimum de concentration qui se situe entre 30 et 35 mg.l^{-1} pour des eaux d'une turbidité initiale de 80 à 100 NTU.

Les deux coagulants végétaux utilisés ont tous deux des optimums de concentration qui se situent au alentour de 400 mg.l^{-1}. Si les concentrations sont presque identiques, par contre les effets obtenus sont très différents : On passe de 90 NTU à 12 NTU avec le *Moringa* oleifera et de 90 NTU à 20 NTU avec le *Canavalia ensiformis*. Ces deux résultats sont insuffisants si on veut se référer aux normes de l'OMS (inférieur à 5 NTU), de plus le dosage mise en œuvre avec le *Moringa oleifera* dans notre travail est très supérieur à celui mis en œuvre par d'autres chercheurs du Burkina et d'ailleurs en Afrique [3,6,4,17,18]. Ces variations observées dans le dosage optimum s'expliquent d'une part par les caractéristiques physico-chimiques des eaux à traiter, et d'autres part par celles du matériel végétal utilisé. L'institut de Recherche en Botanique et Ecologie Tropicale du Burkina Faso (I.R.B.E.T)[4] a mis en évidence une très grande variabilité génétique de l'espèce *Moringa oleifera* d'un pays à l'autre et même au sein d'un

même pays. L'I.R.B.E.T avait alors récommandé la plus grande prudence dans l'interprétation des différences observées au cours d'étude concernant cette plante.

Devant l'insuffisance de l'abaissement de la turbidité nous avons utilisé les mucilages extraits des feuilles de *Bombax costatum* en association avec les différents coagulants minéraux et végétaux. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

Tableau II : *Evolution de la turbidité des eaux traitées par le sulfate d'aluminium en fonction de la quantité de mucilage mis en jeu.*

Mucilage en mg/l				Coagulant en mg/l				
	10	15	20	25	30	35	40	50
0	61	19,6	10,5	6,85	4,36	3,41	2,98	2,3
1	53,4	16,8	8,85	3,93	3,61	3,04	2,66	2,08
2	50,1	10,3	6,01	3,65	2,44	1,95	2,04	1,84
3	50,1	10,16	6,2	3,25	2,26	1,95	1,9	1,66

Turbidité initiale : 83 NTU T°C : 24,7 pH : 7,74

Tableau III : *Evolution de la turbidité des eaux traitées par le chlorure de fer en fonction de la quantité de mucilage mis en jeu.*

Mucilage en mg/l				Coagulant en mg/l				
	10	15	20	25	30	35	40	50
0	51,13	16,32	7,66	4,35	3,27	3,12	3,01	3,05
1	50,07	12,4	5,9	3,44	2,77	2,51	2,30	2,22
2	45,1	11,3	2,79	2,7	2,04	1,89	1,85	1,89
3	46,3	11,04	2,68	2,65	1,90	1,88	1,88	1,86

Turbidité initiale : 80,4 NTU T°C : 26,4 pH : 7,81

Tableau IV : *Evolution de la turbidité des eaux traitées par la poudre de graine de* Moringa oleifera *en fonction de la quantité de mucilage mis en jeu.*

Mucilage en mg/l				Coagulant en mg/l			
	100	150	200	300	400	500	600
0	70,6	60,8	41,4	19,2	14	13,6	15,1
1	70,7	45,5	31,3	14,43	10,6	10,1	11,6
2	66,7	40,1	26,8	13,7	9,4	9,01	9,2
3	66,1	38,1	26,5	10,1	8,36	8,2	9,7

Turbidité initiale : 83 NTU T°C : 24,4 pH : 7,70

Tableau V : *Evolution de la turbidité des eaux traitées par la poudre de graine de* Canavalia ensiformis *en fonction de la quantité de mucilage mis en jeu.*

Mucilage en mg/l				Coagulant en mg/l			
	100	150	200	300	400	500	600
0	61	60,8	46,1	22,4	19,39	20,8	21,07
1	58,7	51,1	43,8	21,05	15,4	15,3	15,1
2	50,3	43,1	39,2	17	14,1	13,8	13,3
3	49,2	43,2	34,66	14,9	11,2	11,3	11,25

Turbidité initiale : 87,7 NTU T°C . 25,6 pH : 7,78

Ces résultats montrent bien l'intérêt d'utiliser les mucilages extraits des feuilles de *Bombax costatum* comme adjuvant de floculation pour améliorer la turbidité finale, dans le cas des produits végétaux, ou pour diminuer les quantités de sels minéraux nécessaires.

Cependant, nous avons montré, dans cette étude que le dosage optimal en mucilages était de 2 à 3 mg par litre alors que, mis à part l'amidon qui est utilisé à 10mg.l^{-1} ; les taux d'adjuvants de floculation sont en général de 0,2 à 0 ,3 mg.l^{-1}. Ce taux peut, sûrement être amélioré

par un ajustement des paramètres physiques propres au processus de coagulation-floculation : mode d'injection des réactifs, vitesses et temps d'agitation, filtration...

Afin de mettre en évidence la nature protéique du principe actif des coagulants végétaux, en accord avec les résultats de Folkard et al [5] et Tadic et al [6], nous avons effectué des essais au Jar-Test avec les protéines extraits des graines de *Moringa oleifera*. Les résultats, de la figure 3, sont significatifs puisqu'ils montrent un abaissement de la turbidité de l'ordre de 90% pour une concentration de 20 à 25 mg.l^{-1} d'extrait protéique. Un résultat comparable est obtenu avec *Canavalia ensiformis*, bien que dans ce dernier cas il reste très insuffisant.

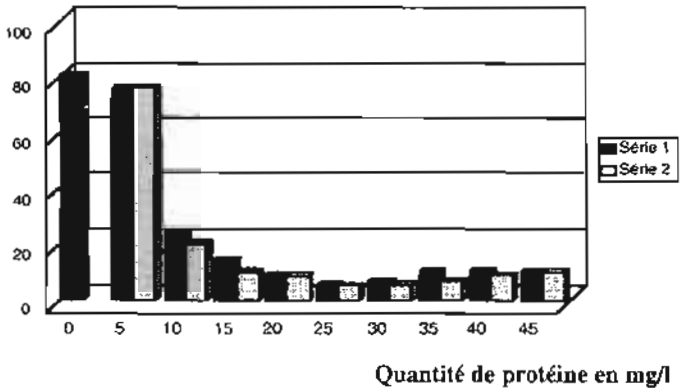

Figure 3 : *Essais au Jar-test avec l'extrait protéique de grain de* Moringa oleifera

Série 1 : Traitement sans mucilage
Série 2 : Traitement avec 2 mg/l de mucilage

Si le rôle des protéines a pu être mis en évidence, lorsqu'on compare les dosages optimum des graines et des protéines (400 mg.l^{-1} et 25 mg.l^{-1}), avec un taux de protéines dans le *Moringa oleifera* de 0,86% on est obligé d'envisager une synergie d'action de ces dernières avec d'autres effets ou d'autres molécules que contiennent ces graines.

D'autre part, on a observé un léger abaissement du taux de matière organique dissoute après utilisation des mucilages (figure 4).

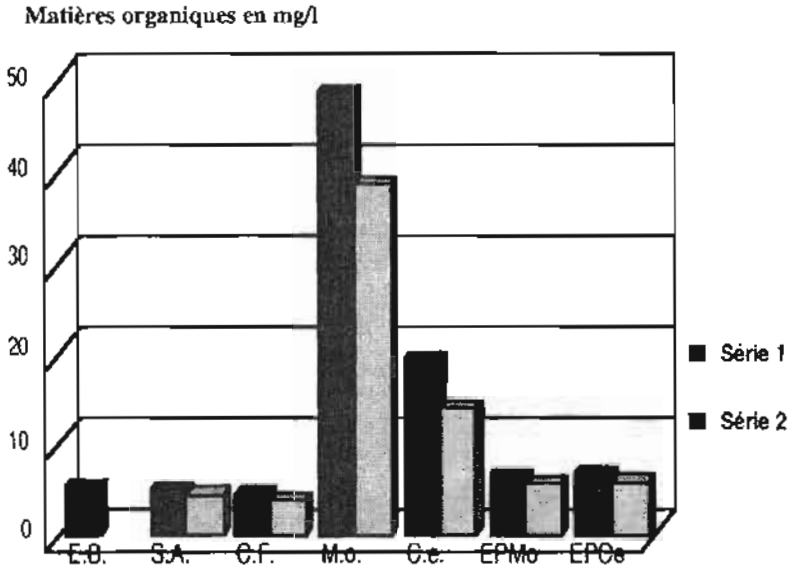

Figure 4. *Evolution du taux de matière organique dissoute dans l'eau*

Série 1 : Traitement sans mucilage
Série 2 : Traitement avec 3 mg/l de mucilage

(E.B. : eau brute, S.A. : sulfate d'aluminium 35 mg/l, C.F. : chlorure ferrique 35 mg/l, M.o. : *Moringa oleifera* 400 mg/l, C.e. : *Canavalia ensiformis* 400 mg/l, EPMo : extraits protéiques des graines de M.o. 25 mg/l, EPCe : extraits protéiques des graines de C.e. 25 mg/l

Ce taux de matière organique dissoute est, dans le cas des coagulants végétaux beaucoup plus élevé que dans le cas des sels minéraux, ce qui est normal compte tenu de la forte teneur de ces substances naturelles

en matières organiques (environ 84%) dont une partie est soluble dans l'eau : l'augmentation de la turbidité à partir d'une certaine concentration en *Moringa oleifera* ou en *Canavalia ensiformis* est due au remplacement d'une turbidité colloïdale par une turbidité particulaire due à la matière organique dissoute. Ceci a été confirmé par une étude menée à partir des graines dégraissées qui a montrée un net abaissement de la turbidité lorsque ces dernières sont utilisées comme coagulant.

L'abaissement du taux de matières organiques dissoutes après utilisation des mucilages comme adjuvant de floculation peut s'expliquer par le fait que les mucilages ont la propriété d'adsorber les matières organiques dissoutes dans les eaux. Ceci permet leur agglomération et leur inclusion dans les flocons formés puis leur décantation, suivant ainsi le mécanisme d'action des polymères naturels[5,15,18,19,20]. Cet abaissement permet d'envisager leur utilisation comme adjuvant de floculation dans le traitement des eaux riches en matières organiques.

Nous n'avons, par ailleurs, observé peu d'influence des coagulants végétaux sur le pH des eaux traitées, l'abaissement constaté avec le *Canavalia ensiformis* étant plus à mettre sur le compte de l'acidification, effectuée pour améliorer l'activité de ce végétal, que sur une action spécifique.

IV - CONCLUSION

L'utilisation de mucilages extraits de végétaux comme adjuvants de floculation montre une amélioration de l'activité tant des protéines extraites de végétaux que des sels minéraux dans le traitement des eaux brutes.

Cette amélioration concerne aussi bien le temps de décantation que la turbidité des eaux ou le taux de matières organiques dissoutes. Ce dernier fait les rend particulièrement intéressant dans le traitement des eaux très chargées en matières organiques et ayant des caractéristiques organoleptiques indésirables.

Parmi toutes les plantes originaires du Burkina qui ont été étudiées, aucune ne présente de propriété floculante égale à celle du *Moringa oleifera*. De plus, même avec ce dernier, il semble difficile d'envisager de remplacer les coagulants chimique, minéraux ou de synthèse utilisés dans le traitement des eaux. Cependant, des économies peuvent être réalisées grâce à l'utilisation d'adjuvants comme les mucilages si leur extraction peut être maîtrisée et rentabilisée.

Si le rôle des protéines extraites a pu être mis en évidence, il reste des travaux importants à mener pour améliorer les résultats :

- étude de l'activité d'autres polymères naturels pouvant présenter une activité plus importante comme adjuvant de floculation (mucilages extraits d'autres plante, gommes, pectines,... ; utilisées dans d'autres technologies pour leur pouvoir floculant).
- mis au point des paramètres physiques propres à l'utilisation de complexes protéine-mucilage ou coagulants minéraux-mucilages, pour optimiser les résultats. Il s'agira pour cela d'adapter les modes d'injections des différents réactifs, de maîtriser les processus d'agitation, et d'associer l'étape de filtration sur sable après décantation.
- étude de l'impact de la présence de matières organiques dissoutes sur la qualité microbiologique des eaux traitées.

BIBLIOGRAPHIE

[1] - C.E.R.L.A.B - C.I.E.H ; *Proposition d'intervention pour la recherche d'un procédé de fabrication d'un coagulant pour la décantation de l'eau brute à partir de végétaux poussant sur le continent Africain* ; (1983).

[2] - DELAVEAU P. ET BOITEAU *P.; Plantes médicinales et phytothérapie,* XIV, 29-33 (1980).

[3] - FABY J. ANTOINE., ELELI A.; *Utilisation de la graine de* Moringa *: essai de floculation en laboratoire et en vraie grandeur.* C.I.E.H. (1993) ,1- 99

[4] - WOLFROM NIGG. CAROLINE ; *Le* Moringa oleifera *: Etat des connaissances, programme d'investigation complémentaire.* C.I.E.H. (1993). PP 38.

[5] - FOLKARD G. K., GRANT W. P., SUTHERLAND J. P., *Naturals coagu lants at pilot scale.,* 18th WEDC conference proceedings 1992, 55-58.

[6] - TADIC D., HOCQUEMILLER R., CAVE A., *Etude du pouvoir floculant des graines de Moringacees.,* Centre d'étude pharmaceutique de Chatenay Malabry (Université de Paris-sud) 1988. PP 1-65.

[7] - JAHN S. A. A., *Using* Moringa oleifera *seeds as coagulant in developing countries.,* J. Am. Wat. Wks Ass.N°6, 43-50.

[8] - KERHARO J., ADAM J. R., *La pharmacopée sénégalaise traditionnelle, plantes médicinales et toxiques.* 1973, Ed. Vigot, Paris. vol 1. 1011pages

[9] - NACOULMA/OUEDRAOGO. O. G., *Plantes médicinales et Pratiques médicales traditionnelles au Burkina Faso : Cas du plateau central.* Thèse d'état ès Sciences Naturelles FAST/Université de

Ouagadougou 1996. Tome 1 et 2

[10] - LOWRY O. H.,ROSEBROUGH N. J., FARR A. L., RANDALL R. J. *Proteins measurment with the folin phenol reagent.*, J. Biol. Chem. 193 (1951).PP 265-275.

[11] - DEGREMONT, *Mémento technique de l'eau.* 1989, Tome 1 et 2. P 16-150

[12] - KURUP A.P., NARASIMHA P.L.RAO., DAS B.R. and RAMASWAMY A.S., Ind. Jour. Med. Res.,45, 197 (1957)

[13] - VON MAYDELL.H.J., *Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations.*, GTZ, Eschborn.1993. PP 308-311.

[14] - BIRKNER F. B, and MORGAN J.J., *Polymère floculation kinetics of dilute colloïdal suspensions.*, J. Am. Wat. Wks. Ass. N° 2: 175-191.

[15] - LAMER V. K., and HEALY T. W, *The adsorption floculation réaction of macromolécules at the solide-liquide interface.* Rev. Pur. App. Chem. N° 13 .1963. PP 112-122.

[16] - LAMER V. K., and HEALY T. W., *The energetics of floculation and dispersion by polymer.*, J. Coll. Sci. N° 19. 1964. PP 323-332.

[17] - BINA B, *Investigation into the us natural plant coagulants in the removal of bacterial and bacteriophage from turbid waters.*1991

[18] - FOLKARD G. K., SUTHERLAND J. P. and GRANT W. P. *Optimisation of the use of natural coagulants for water purification.* Technical report N° R 4254 .1989. Departement of engeering, University of Leicester

[19] - MADSEN M., SCHUNDT J. and OMER E.E., *Effect of water coagulated by Moringa oleifera and bacterial concentration.*,

J. Trop. Med. Hygiene N°90 (1987). PP 101-109.

[20] - MUYIBI S.A. and EVISON L.M., *Optimizing parameter affecting coagulation of turbid waters with Moringa oleifera seeds.* Wat. Research 1995. Vol 29. N°12. PP2689-2695.

[21] - LETTERMAN R. D., QUON J. K and GEMMEL R. S., *Influence of rapid mix parameters on floculation.*, J. Am. Wat. Wks Ass. N°65, 1973, PP 716-725.

[22] - MHAISALKER V.A., PARAMASIVAN R. and BHOLE A.G. *Optimizing physical parameter of rapid mix designe for coagulation-floculation of turbid waters.* Cool. Sci. 1964,19 pp 323-332.