

253 93MO

COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES

(C.I.E.H.)

MEMORINGA OLEIBRA

DEPARTEMENT DES CONNAISSANCES

PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

DEPARTEMENT DES CONNAISSANCES



Le Fonds d'Aide et de Coopération

de la République Française

253-12691

FRANCO-ALGERIEN



COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
(C I E H)

LIBRARY
INTERNATIONAL REFERENCE CENTRE
FOR COMMUNITY WATER SUPPLY AND
SANITATION (IRC)

LE MORINGA OLEIFERA

ETAT DES CONNAISSANCES

PROGRAMME D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES



LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (IRC)
P.O. Box 2317 - 2509 AD The Hague
Tel. (070) 811911 ext. 141/142
BN: 1269/
LO: 253 93M0

JANVIER 1993

Mme WOLFROM NIGG

LISTE DES SIGLES

C.I.E.H	COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
C.N.S.F.	CENTRE NATIONAL DE SEMENCES FORESTIERES
CREPA	CENTRE REGIONAL POUR L'EAU POTABLE ET L'ASSAINISSEMENT A FAIBLE COÛT
E.A.S.T.	EAU ASSAINISSEMENT SANTE EN MILIEU TROPICAL
E.I.E.R.	ECOLE INTER ETATS D'INGENIEURS DE L'EQUIPEMENT RURAL
E.T.S.H.E.R.	ECOLE DES TECHNICIENS SUPERIEURS DE L'HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT RURAL
G.T.Z.	DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT
I.E.M.V.T.	INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX
I.R.B.E.T	INSTITUT DE RECHERCHE EN BIOLOGIE ET ECOLOGIE TROPICALE
O.N.E.A.	OFFICE NATIONAL DE L'EAU ET DE L'ASSAINISSEMENT
PROPAGE	ASSOCIATION POUR LA PROMOTION ET LA PROPAGATION DU PATRIMOINE GENETIQUE ET VEGETAL DES REGIONS ARIDES ET SEMI ARIDES

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION	1
1. Contexte de cette étude	1
2. Contenu et objectifs de cette étude	2
3. Questions à étudier	3
I.I. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE MORINGA	4
1. L'arbre et sa production	4
1.1 Habitat naturel	4
1.1.1. Le Moringa Oleifera	4
1.1.2. Le Moringa Stenopetala	4
1.1.3. Autres espèces de Moringa	6
1.2 Aspect des arbres	6
1.3 Croissance et phénologie du Moringa Oleifera	6
1.3.1. Variabilité génétique	6
1.3.2. Multiplication et croissance	7
1.3.3. Phénologie	8
1.4 Utilisations et propriétés	10
1.5. Projets et recherches en cours	11
2. Pouvoir floculant	12
2.1. Etude du pouvoir floculant	12
2. 2. Essais et projets en cours	15
3. Marché des graines	15
5. Conservation et stockage des graines	16
6. Utilisation du Moringa pour la purification de l'eau par les populations	16
7. Conclusions et perspectives	17
7.1 Atouts du Moringa	17
7.2. Ordres de grandeur d'un projet de développement du Moringa pour ses capacités floculantes dans les pays membres du C.I.E.H.	18
7.2.1 Données relatives à la consommation de sulfate d'alumine	18
7.2.2. Populations concernées	19
7.3. Conclusions : intérêt et conditions du développement de l'emploi du Moringa	20
I.I.I. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A MENER	22
1. Préambule	22
2. Programme préliminaires d'investigations	22
2.1. Culture du Moringa	22
2.1.1. Orientations des investigations	22
2.1.2 Ressources humaines	23
2.2 Vulgarisation de la culture du Moringa et de son utilisation pour la purification de l'eau	24
2.2.1 Orientations des investigations	24
2.2.2. Ressources humaines	24
2.3. Approvisionnement en graines	25
2.3.1 Orientations des investigations	25
2.3.2. Ressources humaines	25
2.4. Essais de floculation	25
2.4.1. Orientations des investigations	25
2.4.2. Ressources humaines	26
2.5. Financement	26

IV. TENEUR ET DEVIS DES ESSAIS	27
1. Objectifs généraux des essais et analyses	27
2. Conditions de réalisation	27
3. Teneur des essais et analyses	27
3.1 Préambule	27
3.2 Choix des stations	27
4. Station de l'ONEA à Ouagadougou	28
4.1 Filières à utiliser	28
4.2 Durée des essais	29
4.3 Fréquence des essais	29
4.4 Observations et analyses	29
5. Station de l'O.N.E.A. à Koudougou	29
6. Site de l'E.I.E.R. à Ouagadougou	30
7. Devis des essais et analyses	31
V. CONCLUSIONS	34
LISTE DES ANNEXES	35
ANNEXE 1 LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES	36
ANNEXE 2 LISTE DES PERSONNES RENCONTREES	38
ANNEXE 3 VISITES SUR LE TERRAIN	40
ANNEXE 4 DOCUMENTATION SUR LE MORINGA	45
ANNEXE 5 PROJET DE RECHERCHE ELABORE PAR G.L. OUEDRAOGO DU CNSF	49
ANNEXE 6 PROJET ELABORE PAR LES PARTICIPANTS AU SEMINAIRE DE OUAGADOUGOU EN 1990	55

Etat des connaissances sur le Moringa.
Proposition d'investigations complémentaires en vue du développement de l'utilisation des graines de Moringa comme produit floculant dans le traitement des eaux brutes.

I. INTRODUCTION

1 . Contexte de cette étude

Le C.I.E.H. (Comité Interafricain d'Etudes Hydrauliques- Ougadougou) a ouvert en 1984 un dossier consacré au Moringa. plus particulièrement axé sur son pouvoir floculant pour traiter les eaux brutes destinées à la consommation humaine. Ce dossier a été initié à la suite d'une demande formulée par la C.G.E. (Compagnie Générale des Eaux -France) en vue du financement d'une "étude de faisabilité de fabrication de coagulants à partir de végétaux susceptibles d'être cultivés sur le continent africanomalgache". Cette proposition a été accueillie très favorablement par les responsables du C.I.E.H. d'autant plus qu'elle coïncidait avec les recommandations issues du dernier Conseil des Ministres du C.I.E.H. En effet le thème "recherche de produits locaux pour le traitement de l'eau potable" avait été retenu pour le programme 84/85. Par ailleurs, le C.I.E.H. avait achevé en Janvier 84 une "analyse critique des procédés de traitement d'eau potable en Afrique Centrale et Occidentale" qui mettait l'accent sur les problèmes d'approvisionnement en produits de traitement et recommandait de lancer une "recherche de produits locaux pour le traitement".

Finalement l'étude proposée par la C.G.E.. appliquée au Moringa, a été réalisée par la Faculté de Pharmacie de Chatenay Malabry (France) et le Laboratoire Central Anjou-Recherche en 88/89 sur financement du Syndicat des Eaux d'Ile de France avec une participation financière de la C.G.E. Cette étude a confirmé les capacités floculantes du Moringa et démontré la possibilité d'en extraire le principe actif Mais elle n'a pas été suivie de la recherche agronomique complémentaire jugée indispensable par tous les spécialistes. En réponse aux demandes de financement présentées par le C.I.E.H. le Ministère de la Coopération Française avait pourtant décidé, en Septembre 88, de financer une telle étude et de la confier à l'I.E.M.V.T (Institut d'Élevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux - France). Pour des raisons qui tiendraient à la qualité insuffisante de la proposition présentée. l'étude agronomique n'a finalement jamais été financée et, à ma connaissance, n'a pas été réalisée, par qui que ce soit. Deux courtes missions de prospection en Afrique de l'Est et de l'Ouest ont toutefois eu lieu fin 89 et début 90 sur financement du Ministère de la Coopération et du Développement (France)².

Par la suite le C.I.E.H a participé à un certain nombre de réunions et de séminaires et a rassemblé une documentation relative à cet arbre et à ses diverses utilisations traditionnelles. Deux séminaires de synthèse consacrés au Moringa ont eu lieu en 1990 : le Séminaire national sur le Moringa Oleifera organisé en Mars par l'Université du Bénin (Togo) et la G.T.Z. (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - Allemagne) et la réunion -atelier tenue à Ouagadougou du 9 au 11 Octobre à l'initiative de la Coopération française et de la G.T.Z. Mais les recommandations et projets élaborés lors de ces réunions n'ont pas non plus été suivis effet.

¹Etude du pouvoir floculant des graines de Moringacées - Université Paris Sud - Centre d'études pharmaceutiques de Chatenay Malabry. Anjou Recherche - Syndicat des Eaux d'Ile de France - Recherche 1988-1989

²Missions de B.Durand du 27/10 au 26/11/89 en Afrique de l'Est et de A.. de Saint Sauveur du 19/3 au 1/4/90 en Afrique de l'Ouest - Association Propage

Ce dossier apparaît cependant toujours ouvert, sinon actif, comme en témoignent les courriers échangés jusqu'à ces derniers mois. Une des dernières correspondances est une offre de fourniture de graines de Moringa faite à la demande du C.I.E.H. par un privé du Sénégal et dont le montant, beaucoup trop élevé, a peut être contribué à la commande de cette synthèse.

Différentes raisons interviennent sans doute pour expliquer comment ce dossier est resté à un stade relativement peu développé sans pour autant être abandonné. Mais l'intérêt de cette plante confronté au poids des lacunes dans les connaissances y compris dans des connaissances d'ordre primaire -comme par exemple les incertitudes qui règnent sur les zones d'habitat du Moringa ou sur les périodes de fructification - constituent sans doute un des éléments de réponse ; l'effet devenant la cause.

2. Contenu et objectifs de cette étude

C'est donc d'abord à un bilan des recherches menées et des connaissances sur le Moringa que s'attache cette synthèse. A partir de ces éléments on dégagera un ensemble d'investigations complémentaires à engager afin de sortir de ce cercle d'incertitudes paralysantes.

Les blocages passés invitent à choisir de procéder par étapes et, dans un premier temps, modestement, afin d'éviter que les contraintes financières ne constituent un nouvel obstacle. Ceci est d'autant plus réaliste qu'une foule d'informations est encore à collecter avant que le Moringa devienne une potentialité d'envergure. Il y a par ailleurs au Burkina Faso, et probablement dans d'autres pays du C.I.E.H., beaucoup de compétences et sources d'informations à exploiter, en commençant par la population elle-même, avant de lancer des recherches plus poussées telles que la sélection d'espèces les plus adaptées.

En particulier un des buts à court terme de cette étude est de préparer un programme d'investigations qui pourraient être menées par des étudiants de l'E.I.E.R. (Ecole Inter -Etats des Ingénieurs de l'Equipement Rural) basée à Ouagadougou.

Ceci m'a amené à compléter ces objectifs principaux par la recherche de graines de Moringa dont devront disposer ces étudiants pour mener à bien leurs essais.

Cette étude a été menée en Décembre 1992, au Burkina Faso. En ce qui concerne l'état des connaissances sur le Moringa la présente synthèse s'étend à l'ensemble des documents contenus dans le dossier qui m'a été remis, complétés de quelques ouvrages dont la lecture m'a paru intéressante (cf. Annexe 1). Il existe en fait une bibliographie assez fournie sur le Moringa³, mais qu'il était impossible d'étudier dans le temps imparti à cette étude. Toutefois les documents lus figurent parmi les plus récents qui aient été consacrés à ce sujet et la plupart font une synthèse des connaissances sur les thèmes abordés. Cette étude doit, en particulier, beaucoup aux éléments contenus dans les documents élaborés par Madame S.A.A. Jahn dans le cadre de ses travaux effectués au Soudan et au Togo, sur le financement de la G.T.Z. En outre cette étude se base sur les informations recueillies auprès de personnes compétentes que j'ai pu rencontrer à Ouagadougou (cf. Annexe 2). Par ailleurs dans le cadre de la recherche de graines de Moringa, quelques enquêtes simples ont été menées auprès de maraichers de Ouagadougou cultivant les Moringa pour leurs feuilles.

³Bibliographie que l'on peut trouver en annexe des ouvrages consultés répertoriés à l'Annexe 1

3. Questions à étudier

Certaines questions mériteraient d'être étudiées avant d'arrêter plus précisément le programme des recherches à mener. Elles concernent :

* Les diverses espèces de Moringa existantes

L'étude menée ici concerne pour l'essentiel le Moringa Oleifera, espèce la plus répandue en Afrique occidentale, la mieux connue et la plus étudiée semble-t-il. Or il existe au moins 14 espèces identifiées dont 9 seraient indigènes en Afrique. Parmi celles-ci, certaines présentent également des propriétés floculantes intéressantes. En particulier il conviendrait de se pencher sur le cas du Moringa Stenopétala -originaire du Kenya- dont les performances dans ce domaine seraient meilleures.

* L'échelle d'exploitation des propriétés floculantes du Moringa

Au stade actuel des recherches, l'emploi du Moringa pourrait aussi bien être développé pour une utilisation domestique que comme substitut des produits floculants employés à grande échelle tel le sulfate d'alumine.

Compte tenu des contraintes sur le plan financier et sur le plan des objectifs et des priorités auxquelles sont soumis les organismes susceptibles d'être intéressés par ces recherches, il serait judicieux de réfléchir à l'opportunité d'un axe prioritaire d'investigations conduisant au développement du Moringa à l'une ou l'autre échelle. Les moyens et les compétences à mettre en oeuvre dépendent en partie des choix qui seraient faits.

* L'aire d'étude et de développement du Moringa

La présente étude a été faite au Burkina-Faso et repose donc très largement sur les informations collectées dans ce pays. Dans le cadre de la définition d'un premier programme d'investigations il y aurait toutefois lieu de se pencher sur l'intérêt de couvrir l'ensemble des pays membres du C.I.E.H. ou de se limiter, à un ou seulement quelques uns de ces pays. Selon le choix qui serait fait les investigations seront de nature et d'ampleur différentes. Le Moringa paraît en effet plus ou moins connu et différemment utilisé selon les pays, lesquels présentent des disparités agro-climatiques et ethno-culturelles importantes et sans doute déterminantes pour son développement.

Ces questions étant en suspens au moment de cette étude, les propositions faites ici envisagent un programme préliminaire de recherches à coût limité, mais qui permette l'un ou l'autre choix et si possible qui soit une aide pour cela.

I.1. ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE MORINGA

I . L'arbre et sa production

I . 1 Habitat naturel

I . 1 . 1 .Le Moringa Oleifera

Le Moringa Oleifera est originaire des régions sub-himalayennes du Nord-Ouest de l'Inde. Il aurait été introduit dès la fin du siècle dernier en Afrique: les plus vieux spécimens africains connus ont une centaine d'années et proviennent du Sénégal et d'Egypte. En Afrique de l'Est le Moringa Oleifera aurait été introduit au plus tard lors de la colonisation britannique par les fonctionnaires de l'administration coloniale dont beaucoup venaient d'Inde⁴.

Selon les spécialistes, le Moringa Oleifera est pratiquement partout cultivé, sa propagation naturelle étant faible. Il y aurait cependant des variétés spontanées en zones tropiques humides : par exemple le long de certains cours d'eau comme le Nil ou le Niger. On aurait également observé des Moringa O. poussant à l'état sauvage aux Antilles autour d'habitations abandonnées. C'est une espèce qui se développe mieux dans des sols gardant une certaine humidité, surtout au début de sa croissance mais qui, par la suite, peut survivre sans arrosage et qui présente une certaine résistance à la sécheresse. Elle s'acclimate en altitude mais son rendement optimum se situerait à des altitudes ne dépassant pas 700m.

. Dans les pays de la région trouve Moringa Oleifera principalement autour des habitations, formant une haie vive mais aussi comme arbre isolé dans la cour. Au Niger il y a des plantations de Moringa À Oleifera autour de Niamey et de Maradi sur les rives des fleuves Niger et Maradi.

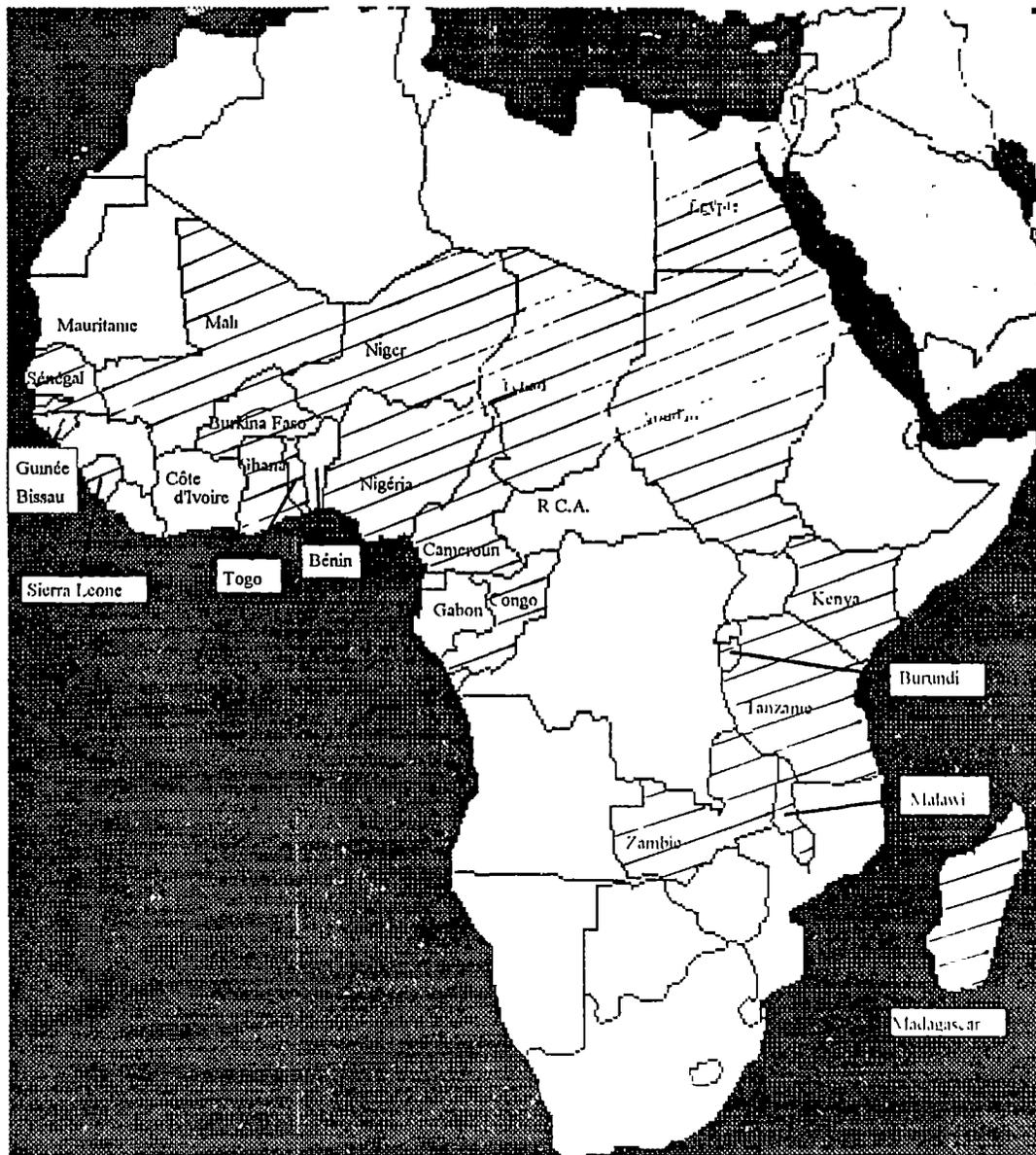
La répartition géographique du Moringa Oleifera n'est pas précisément connue. On sait à travers diverses missions de prospection qu'on le trouve dans tel ou tel pays. Voici une liste de pays où le Moringa Oleifera a été rencontré selon les documents consultés et personnes rencontrées: Egypte, Kenya, Soudan, Togo, Ghana, Sénégal, Sierra Leone, Burkina-Faso, Niger, Tchad, Mali, Nigéria, Cameroun, Congo, Burundi, Tanzanie, Zambie, Malawi, La Réunion, Ile Maurice, Seychelles, Madagascar, Philippines, Inde, Indonésie, Malawi. Cette liste n'est très probablement pas exhaustive et en tout cas ne couvre sûrement pas l'aire de développement potentiel du Moringa Oleifera.

I . 1 . 2. Le Moringa Stenopetala

Le Moringa Stenopetala est originaire du Nord du Kenya (sur les bords du Lac Turkana) et de l'Ethiopie. C'est une espèce qui pousse à l'état sauvage, qui paraît assez résistante à la sécheresse et qui s'acclimate bien en altitude Jusqu'à 2100 m au moins). Son aire d'habitat semble cependant beaucoup plus restreinte: principalement son aire d'origine, le Soudan et l'Egypte. Il a également été introduit en Floride, à Java, en Indonésie et au Burkina-Faso où l'I.R.B.E.T. (Institut de Recherche en Biologie et Ecologie Tropicale) teste ses qualités agro-forestières.

⁴La plupart des données présentées ici proviennent des documents élaborés par Mme S.A.A. Jahn

Répartition du Moringa en AFRIQUE



1.1.3. Autres espèces de Moringa

Il existe encore au moins une douzaine d'espèces de Moringa recensées. Parmi celles ci on peut citer Moringa Peregrina, M. Longituba, Drouhardii, Hildebrantii, Ruspoliana, Ovalifolia....

Ces espèces ont une aire d'habitat relativement restreinte :

- M. Peregrina : Asie Mineure, Arabie, Egypte, Corne de l'Afrique,
- M. Longituba et Ruspoliana : Somalie,
- M. Drouhardii et Hildebrantii : Madagascar,
- M. Ovalifolia : Sud-Ouest Africain,

Selon les tests effectués par Mme Jahn, Moringa Peregrina, Longituba et Drouhardii possèdent également des propriétés floculantes intéressantes.

1.2 Aspect des arbres

Le Moringa Oleifera est généralement présenté comme un arbre relativement petit, parfois même considéré comme un arbuste. Mais sa taille peut en fait beaucoup varier - de 4 à une vingtaine de mètres - selon les lieux, les conditions d'entretien et probablement les variétés.

Son port est assez élané ; son feuillage léger procure une demi-ombre propice à certaines cultures associées. Le tronc est de couleur gris violacé, souvent divisé au niveau du sol. Les plus gros troncs peuvent atteindre un diamètre d'une soixantaine de cms.

Les fleurs sont blanches à jaunes pâle et odorantes. Les feuilles sont composées de nombreuses folioles de 3 à 6 cms de longueur, de forme ovale. Les fruits sont allongés - de 15 à 40 cms - et de section triangulaire. Ils renferment des graines de forme ronde, de couleur noirâtre et présentant trois petites ailes (cf. Annexe 4).

1.3 Croissance et phénologie du Moringa Oleifera

Toutes les personnes s'intéressant au Moringa Oleifera s'accordent pour reconnaître que les connaissances phénologiques sont faibles et d'autant plus que l'on soupçonne une forte variabilité génétique. Les quelques documents consultés révèlent les différences parfois contradictoires entre les diverses observations phénologiques. Ceci conduit à une synthèse qui s'apparente plus à une énumération des observations faites, en les replaçant autant que possible dans leur contexte. Mais cette forme présente l'avantage de mettre en évidence les nombreuses incertitudes qui existent sur cet arbre, largement utilisé mais finalement peu connu des scientifiques.

1.3.1. Variabilité génétique

D'après diverses observations le Moringa Oleifera présenterait une variabilité génétique qui pourrait être forte, mais qui serait toutefois d'importance inégale selon les pays : une forte variabilité a été constatée dans les pays d'Afrique de l'Est comme le Soudan, l'Egypte et le Kenya ; tandis qu'elle serait non décelable au Togo ou au Niger. Au Burkina-Faso elle serait par contre forte également⁵.

Ceci explique sûrement en partie les différences fréquentes dans les observations phénologiques et en tout cas doit conduire à la prudence quant à la généralisation des caractéristiques observées ici ou là.

⁵Observations faites respectivement par B. Durand, A. de Saint Sauveur et l'IRBET

1.3.2. Multiplication et croissance

Le Moringa Oleifera est sans conteste un arbre à croissance rapide, au moins pendant les premiers mois de son développement : au Soudan, Mme Jahn rapporte que dans la pépinière de Soba on a obtenu des arbres de plus de 4 m au bout de 14 mois; au Burkina-Faso différents maraichers ont évalué à moins d'un an l'âge d'arbres atteignant 2 à 2,5 m.; dans la plantation de l'I.R.B.E.T. à Bobo-Dioulasso on a constaté des repousses de l'ordre de 80 cm par an après taille.

Les observations sur la croissance du Moringa O. concernent principalement le développement pendant les premières années, de la germination jusqu'à la maturité de l'arbre. Selon J. Audru (I.E.M.V.T.) la croissance serait forte surtout les deux ou trois premières années et se stabiliserait par la suite. Cependant il semble que ce soit un arbre relativement sensible au milieu dans lequel il évolue et les expériences de culture menées mettent en lumière l'influence de nombreux facteurs sur sa croissance.

Parmi ceux-ci différentes méthodes de multiplication et germination ont été expérimentées :

- c'est un arbre qui se multiplie de multiples façons, par semis direct ou indirect ,par bouturage (considéré comme très facile) ou encore par rejets de souche,
- la croissance par semis direct serait cependant meilleure que celle des plants issus de sachets, selon des observations faites par D. Depommier de l'I.R.B.E.T. au Burkina-Faso,
- la reproduction par semences donnerait de meilleurs résultats que par boutures, selon les recherches de Mme Jahn,
- des essais de pré-traitement des semences faits au Soudan ne semblent pas très concluants...

L'influence de l'âge des graines sur leur capacité germinative est sujet à observation contradictoire : d'après les expériences de Mme Jahn les graines de Moringa Oleifera pourraient garder une haute fréquence de germination même après plusieurs années de stockage. Cependant, selon J. Audru, les semences perdraient assez vite leur capacité germinative (diminution dès la première année) à l'instar de toute graine oléagineuse,

Les recherches effectuées au Soudan, en pépinières, par Mme Jahn ont mis en évidence plusieurs autres facteurs ayant également un impact, plus ou moins important, sur la croissance du Moringa Oleifera -au moins à ces débuts- tels que :

- l'arrosage : celui-ci apparait comme le plus décisif de tous les facteurs observés. Il semble qu'il soit assez essentiel que la plantule évolue dans un milieu suffisamment humide pour un bon démarrage. Un arrosage régulier est nécessaire, mais il doit être adapté aux caractéristiques du sol car la plantule souffre également en cas d'excès d'eau,
- la composition du sol: "presque tous les types de sol peuvent être utilisés pour la plantation du Moringa Oleifera"; cependant les meilleurs résultats sont observés sur des sols sableux et limoneux, tandis que la germination est un échec total sur argiles dures. Quant à eux "les horticulteurs indiens considèrent que le sol convenant le mieux à l'espèce est un sol forestier riche en humus",
- l'espacement des plants: de multiples espacements ont été testés par différents chercheurs -de 0,5 à 5m -. Dans tous les cas le Moringa Oleifera pousse mais son développement et sa phénologie en sont influencés ; l'utilisation de l'arbre induite par cet espacement - haie vive ou production de feuilles ou arbre d'ombrage ou production de fruits - nécessite alors un entretien adéquat,
- les conditions d'éclairement : la demi-ombre paraît être la situation la plus favorable. La pleine ombre retarderait la germination, tandis que la pleine lumière peut affecter le développement de la plantule selon la saison de semis,
- l'époque des semis : un temps chaud et humide accélère la germination,

- la profondeur des semis : il faut trouver un compromis entre une profondeur suffisante pour que le sol conserve assez d'humidité et une profondeur minimale pour que la plantule puisse suffisamment vite accéder à la lumière,
- l'utilisation d'engrais : la croissance peut être visiblement accélérée par l'addition de fumier ou de cendres.....

1.2.3. Phénologie

a/ Facteurs influençant la phénologie

Les facteurs influençant la phénologie du *Moringa Oleifera* paraissent assez nombreux et pourraient être d'importance variable selon les régions. Au stade actuel des recherches leur rôle constitue plus une hypothèse intéressante pour orienter des recherches complémentaires qu'une certitude.

Les différentes études consultées et personnes interrogées évoquent les facteurs suivants, dont plusieurs sont les mêmes que ceux qui interviennent sur la croissance de l'arbre :

- le type de sol : les arbres les plus fleuris et fructifiant le plus abondamment observés par Mme Jahn ou ses collaborateurs indiens étaient tous situés en sol sableux,
- l'espacement : les arbres plantés serrés pour former des haies vives donneraient peu de fruits, les arbres isolés dans les jardins familiaux donneraient plus de fruits,
- le régime de coupe : il peut favoriser le développement des feuilles (essai de l'I.R.B.E.T. à Bobo- Dioulasso, pratique traditionnelle des maraîchers),
- l'apport de fumier : en Inde l'apport de fumier pendant la saison des pluies permettrait d'obtenir de hauts rendements en fruits,
- la méthode de multiplication : selon J. Audru, la floraison et la fructification seraient plus précoces chez les arbres issus de boutures ; Mme Jahn a cependant observé des fruits sur des arbres moins d'un an déjà après le semis,
- le rythme et l'importance des saisons : dans différents pays d'Afrique les observations concluent à l'existence, généralement, d'une seule fructification - plus ou moins étalée - dans l'année. En Inde il y aurait par contre deux fructifications par an,
- l'apport en eau : selon B. Durand (Association Propage) un apport important d'eau permettrait la persistance des feuilles pendant la fructification en Egypte et au Kenya; et si l'eau provient de la pluie, la fructification serait plus étalée.....

b/ Phénologie

* Première fructification

L'âge de l'arbre à la première fructification reste une relative inconnue . On sait néanmoins qu'un *Moringa Oleifera* peut, dans certaines conditions d'entretien, donner des fruits dès la première année. En général les spécialistes considèrent que le *Moringa Oleifera* fructifie normalement au bout de deux à trois ans.

* Feuillaison/Floraison /Fructification

Selon les observateurs et les pays d'observation, les périodes de feuillaison, de floraison et de fructification sont variables et sont concomitantes ou successives.

Selon le rapport de J. Audru de l'I.E.M.V.T., l'espèce se défeuillerait au début de la saison sèche -quand celle-ci est bien marquée- la floraison s'effectuant peu avant ou en même temps que la feuillaison ; les fruits seraient alors mûrs 4 à 6 mois après.

Au Togo et au Niger, A. de Saint Sauveur (Association Propage) a constaté, en mars, plusieurs stades phénologiques sur le même arbre: feuilles, fleurs et fruits plus ou moins mûrs.

Au mois de Novembre, tandis qu'il y avait peu de feuilles sur les Moringas Oleifera observés au Soudan, ces arbres au Kenya et en Egypte portaient feuilles, fleurs (B.Durard)

Au Burkina -Faso pratiquement tous les arbres que j'ai vus. en Décembre, portaient des feuilles, jeunes et moins jeunes, quelques rares jaunissantes La plupart des arbres les plus développés étaient en fleurs

Les quatre plus gros arbres rencontrés, dans le même champ - une huitaine de mètres de haut et une vingtaine de cms de diamètre- présentaient tous les stades phénologiques : feuilles jeunes ou moins jeunes. fleurs fermées ou ouvertes, fruits verts à gris foncé et ouverts en passant par brun.

Toutefois selon les observations de G.L. du C.N.S.F. (Centre National de Semences Forestières) à la station de près de Ouagadougou. Les différents stades phénologiques seraient plus prononcés selon les périodes ; floraison plutôt en fin de saison des pluies (Août à Octobre).

feuillaison ralentie d'Octobre à Février correspondant à la période d'élongation et de maturation des fruits.

* Période de frutification

Les données sont peu nombreuses et leur fiabilité dépend largement de l'intérêt porté aux fruits.

Au Togo et au Niger, la frutification s'étalerait toute l'année avec cependant une période de pointe, distincte pour chacun de ces pays : d'Avril à Juin au Togo et d'octobre à Mars au Niger (A..de Saint Sauveur-Propage). Il en serait de même au Soudan. La pointe se situant en fin de saison sèche au mois de Septembre.

Au Kenya, il y aurait deux saisons de fructification. selon les enquêtes menées par B. Durand .en Mars-Avril et Octobre -Novembre.

"En Egypte les fruits sont mûrs en Septembre et en Novembre "(B.Durand)

Au Burkina-Faso. Le C.N.S.F. a coutume de récolter les fruits en Janvier. Mais l'on soupçonne une production quasi ininterrompue sur l'année, avec peut- être une période de pointe autour de Janvier et un ralentissement en fin de saison sèche., ce que confirment les paysans consultés en général. La période de maturation serait de l'ordre de deux à trois mois. Les arbres récoltés pour cette étude portent, en Décembre-Janvier une proportion importante de fruits déjà trop mûrs pour être utilisés tandis que la récolte de fruits à maturité (stade plus ou moins arbitrairement en l'état actuel des connaissances) pourrait s'étaler sur plusieurs mois, en tout cas presque sûrement jusqu'en Mai.

*Productivité en graines et en fruits

On a peu de renseignements sur les productions de graines et de fruits et encore moins sur l'évolution de celles-ci avec l'âge de l'arbre ou sur les conditions d'optimisation ou d'amélioration de cette production.

Selon Mme Jahn, au Kenya et au Soudan un Moringa Oleifera pourrait produire 6à 8000 graines par an: tandis que la production peut atteindre 20 à 24000 graines par an en Inde.

Dans les trois pays visités par B.Durand -Egypte, Kenya, Soudan- la production par arbre Moringa Oleifera variait de 20 à 300 fruits soit 330 à 5700 graines.

Comme le montre cet exemple le nombre de graines par fruit est variable . Dans ce cas il y aurait jusqu'à au moins 19 graines par fruits tandis que la moyenne de 10 graines par gousse est souvent prise comme base d'évaluation. Les gousses que j'ai pu observer renfermaient 3 à 16 graines: le nombre variant de 3 à 10 sur des gousses provenant de la même branche.

Les arbres les plus productifs observés au Burkina Faso dans le cadre de cette étude portent de l'ordre d'une bonne centaine de fruits et, d'après l'abondance des fleurs, ils pourraient en donner au moins encore autant d'ici quelques mois.

Mme Jahn suggère qu' il pourrait y avoir une diminution de la productivité de l'arbre avec l'âge. C'est pour pallier cela qu'elle propose d'étudier la possibilité d'étendre à l'Afrique une pratique culturale répandue dans la région du Tamil Nadu en Inde où l'on fait pousser des Moringas annuels, de petites tailles nuis assez productifs en fruits. Cependant il se peut que l'évolution de la production fruitière avec l'âge soit aussi un caractère particulier à chaque variété car en Egypte on aurait une production de fruits supérieure sur les arbres les plus âgés (B. Durand).

c/ Entretien et production

L'I.R.B.E.T. dans sa station de Gonse teste des régimes de coupe visant à améliorer le rendement en jeunes feuilles. Les paysans burkinabés qui s'intéressent presque exclusivement aux feuilles, taillent aussi assez régulièrement les arbres pour en accroître la production. Sans nul doute la cueillette des jeunes feuilles entraînant inévitablement l'arrachage des fleurs - est responsable de la rareté des fruits sur ces arbres. Mais il n'est par non plus impossible que la coupe telle qu'elle est pratiquée diminue la production de fleurs et de fruits car force est de constater la rareté assez générale des fleurs sur les arbres exploités pour leurs feuilles tandis qu'on observe une production assez forte de fleurs et de fruits sur les arbres à l'abandon. Au C.N.S.F. Les arbres dont on collecte les fruits pour les semences ne sont jamais taillés .

Les arbres abandonnés depuis cinq ans sont beaucoup plus vigoureux et hauts que des arbres d'âge voisin, qui poussent au milieu des maraîchages et ainsi reçoivent de l'eau tous les jours. Ceci pourrait signifier que l'arrosage n'a peut être pas une importance essentielle sur la croissance de l'arbre dès que celui-ci a atteint sa phase adulte ou que l'arrachage des feuilles a une influence assez grande, voire plus importante que l'apport d'eau sur la croissance.

d/ Sélection et production

On sait qu'il existe de nombreuses variétés de *Moringa Oleifera*. Certaines seulement sont un peu connues et possèdent un nom ; elles sont essentiellement répertoriées en Inde. Il y a des variétés que l'on cultive pour leur feuillage et qui fleurissent rarement tandis qu'il existe des variétés considérées comme fruitières. Selon les variétés la longueur moyenne des fruits peut être très différente : 15 cms pour certaines tandis que l'on pourrait trouver chez d'autres des fruits atteignant plus d'un mètre. Le goût et la consistance des fruits diffèrent également . Il est possible qu'il y ait ici ou là des essais de sélection de clones selon l'usage visé. mais je n'en ai pas connaissance. Par contre on pratique des essais de provenance à l'I.R.B.E.T., essais consacrés jusqu'à maintenant à la production de feuilles et à la recherche de variétés les plus adaptées à la constitution de haies vives.

e/Parasitisme

En Egypte, le *Moringa Oleifera* est appelé "arbre précieux " car il ne subirait jamais d'attaque parasitaire. De fait, à travers les diverses sources d'information consultées, il semble que le *Moringa* soit peu touché par le parasitisme. Il faut toutefois noter que peu d'études dans ce domaine semblent avoir été faites, sauf peut être en Inde. Par ailleurs on ne peut écarter a priori le risque d'apparition d'un nouveau parasitisme en cas de développement du *Moringa* sur de grandes surfaces.

1.4 Utilisations et propriétés

En Mooré, le *Moringa Oleifera* s'appelle "Argentiga" ou "Arzantiiga" ce qui veut dire "arbre du paradis". C'est dire si cet arbre est une ressource riche et utile. Ses usages sont effectivement exceptionnellement variés et ses propriétés multiples. Les utilisations sont cependant relativement diverses selon les régions et pays et il paraît rare qu'une même population exploite toutes les propriétés de l'arbre. Il est d'ailleurs possible que les différentes variétés présentent des propriétés distinctes et plus ou moins intéressantes selon les cas.

Toutes les parties du *Moringa Oleifera* s'utilisent, sauf le bois qui n'aurait aucune qualité comme combustible. C'est probablement une caractéristique déterminante, qui explique en partie la faible diffusion de cet arbre aux qualités par ailleurs assez remarquables et étendues. Cependant il faut peut-être relativiser cet inconvénient car, selon Mme Jahn, on développerait les plantations de *Moringa Oleifera* en Inde pour la production de bois de feu. Le bois pourrait avoir aussi certains débouchés dans l'industrie du papier.

Au Togo, au Burkina, au Mali et probablement dans d'autres pays de la région on cultive fréquemment le Moringa comme haies vives clôturant l'enclos.

En général cet usage est associé à la cueillette des jeunes feuilles avec lesquelles on prépare la sauce de couscous, de mil ou de blé . Au Burkina et au Niger. Les arbres sont cultivés par les maraîchers qui vendent les feuilles. Ce commerce paraît assez développé au Niger où l'on trouve de véritables petites le long du fleuve Niger ou Maradi. L'analyse de la composition chimique des feuilles (F. Busson. 1965) a montré qu'elles ont d'intéressantes vertus nutritives: elles sont très riches en vitamines A et C. ont une forte teneur en protéines et contiennent de nombreux minéraux et en particulier plus de calcium et de phosphore que la plupart des autres légumes (Mme Jahn).

Les jeunes gousses sont consommées comme des légumes verts dans certains pays africains comme le Kenya, le Sénégal ou le Cameroun et en Inde. Elles contiennent également beaucoup de protéines et de phosphore du calcium et du fer en quantité intéressante.

Les graines sont oléagineuses et on en tire une huile qui a la qualité de ne pas rancir. Elle était utilisée en mécanique de précision et en particulier en horlogerie. Il y avait des plantations cultivées à cette fin aux Antilles, à l'île Maurice et à La Réunion. Il semble qu'il y en avait aussi en Afrique de l'ouest au temps de la colonisation. L'huile est fabriquée et consommée crue ou cuite par différentes populations en Egypte, vraisemblablement au Mali et sans doute ailleurs.

L'huile présente également des propriétés intéressantes pour la fabrication de parfums, et semble être utilisée en Europe, notamment en France, à cette fin.

La propriété floculante des graines ne serait connue que des populations du Soudan qui l'ont découverte. Suite aux travaux du Séminaire de Ouagadougou en Octobre 1990. l'O.N.G. E.A.S.T.

(Eau. Assainissement et Santé en milieu Tropical) s'attache à répandre l'utilisation du Moringa pour la purification de l'eau dans les zones du Burkina où elle intervient.

Le Moringa Oleifera est également un arbre fourrager de grande qualité, les feuilles comme les jeunes gousses renfermant protéines. minéraux et fibres nécessaires à l'alimentation du bétail.

Les utilisations médicinales des racines. des feuilles et de l'écorce sont nombreuses et variées, mais inégalement répandues selon les pays. En particulier la plante contient une substance antibiotique, la pterygospermine et de la spirochine, antiseptique et analgésique. Les racines et l'écorce sont utilisées comme anti -scorbutique. La racine aurait une action efficace contre les inflammations. Les icères ou encore contre les rhumatismes. On fait des infusions avec les feuilles ou l'écorce pour lutter contre les fièvres, les parasites intestinaux. La fièvre jaune.

Les racines de Moringa Oleifera ont un goût de raifort et sont utilisées comme condiment et à des fins médicinales comparables à celles de la graine de moutarde. Elles présentent aussi des propriétés nématocides très efficaces.

Enfin on peut encore souligner que les fleurs produisent un nectar exploitable en apiculture.

1.5. Projets et recherches en cours

Les recherches concernant l'arbre Moringa Oleifera et sa phénologie ne paraissent pas particulièrement répandues. A Sikasso au Mali, comme dans la plantation de l'I.R.B.E.T. près de Bobo - Dioulasso les recherches sont principalement axées sur la culture du Moringa en haies vives et l'amélioration du rendement et de la qualité des feuilles pour la consommation humaine. Il existerait un projet Moringa mené par l'Université du Bénin au Togo, mais je n'en connais pas les détails. En Inde pays d'origine du Moringa Oleifera où il reste largement cultivé il est vraisemblable que la recherche soit plus poussée sur cet arbre : la diversité des variétés recensées a probablement donné lieu à des essais comparatifs de culture voire à des essais de sélection. Mais on connaît seulement, à travers les rapports de Mme Jahn» les essais de culture de Moringas annuels aux Tamil Nadu.

2. Pouvoir flocculant

2.1. Etude du pouvoir flocculant

Le *Moringa Oleifera* agit comme coagulant primaire. Le principe flocculant connu de longue date des populations soudanaises et mis en évidence notamment par les travaux de Mme Jahn, a été isolé et purifié en 1989 par les chercheurs de l'Université de Chatenay Malabry (France) .

Diverses méthodes d'extraction et de purification ont été pratiquées. méthodes simples ou beaucoup plus complexes. plus ou moins coûteuses. qui donnent toutes des résultats assez probants. Une extraction à échelle semi-pilote a été réalisée. Les différentes extractions ont été suivies d'essais de floculation avec les produits isolés. Parmi ceux- ci certains ont donné de très bons résultats.

Quatorze échantillons de graines de *Moringa Oleifera* ont par ailleurs été testés sur l'eau de la Seine en vue de comparer le dosage de principe actif effectué par une méthode analogique par Chromatographie Liquide à Haute Performance mise au point dans le cadre de ces études. Les résultats ont présenté une grande dispersion qui n'a pas pu être expliquée faute de connaître les provenances des échantillons et conditions de récolte.

L'étude chimique du principe actif a conduit à l'identification des fractions actives à l'aide d'un microtest de floculation. Il s'agit des produits possédant un poids moléculaire d'environ 5000 Daltons. En outre les analyses ont mis en évidence nerf acides aminés et la nature protéique du *Moringa Oleifera*.

Ces recherches ont été complétées d'études de dosage du carbone organique dissous, de toxicité et d'activité bactéricide.

Les expériences menées par Mme Jahn (G.T.Z.), au Soudan principalement, ont permis de démontrer l'efficacité du *Moringa Oleifera*, même lorsque le flocculant est utilisé à l'état brut sous forme de graines simplement pilées. Ses recherches ont couvert un large champ d'investigations touchant à l'ensemble des aspects intervenant dans la réussite des opérations de clarification de l'eau, qu'il s'agisse de la préparation et du dosage de la poudre de *Moringa*, des techniques et matériels d'agitation et de décantation ou encore de la diffusion du procédé parmi les populations.

D'après ces expériences le dosage optimal de *Moringa Oleifera*, en poudre, se situe, pour les eaux étudiées, entre 50 et 200 mg par litre d'eau, selon la qualité de l'eau. Cela correspond, au Soudan, environ à une graine pour un litres au maximum, une amande pesant entre 1 80 et 200 mg (cf. Tableau 1 ci- après) .

Selon les tests comparatifs effectués par Mme Jahn sur les eaux du Nil. Le dosage optimal de *Moringa* peut, selon la qualité de l'eau à traiter, être très proche de celui de sulfate d'alumine. Mais de manière plus générale il est supérieur. Les consommations de sulfate d'alumine relevées dans diverses stations de traitement de la région en 1987 se situaient entre 19 mg/l au Mali et 100 mg/l en Mauritanie (35 à 70 mg/l à Ouagadougou selon la saison). Mais aucune de ces stations n'ayant fait l'objet d'essais de traitement par le *Moringa*, on ne peut estimer le dosage de *Moringa* qui serait nécessaire, en comparaison. Mme Jahn a en outre constaté que le rapport de conversion entre les dosages de sulfate d'alumine et de *Moringa* étaient constants pour une eau donnée, sauf si le degré de turbidité de l'eau était très faible.

Tableau 1
Ratios et paramètres de rendement du Moringa Oleifera

Ratios/ Paramètres	Minimum	Moyen	Maximum
Rendement annuel d'un arbre adulte		500 gousses 5500 graines 1 kg d'amandes	800 à 1600 gousses 8000 à 16000 graines
Nombre de graines par gousse		10	une vingtaine
Poids des amandes		180 à 200 mg	
Dosage moyen - mg /litre - graine /litre - suspension	50 mg/l 1/4	à 2% soit 10 ml d'eau / graine	200 mg/l 1
On peut traiter: - 1 m ³ d'eau brute avec: - avec un arbre, de productivité moyenne: de productivité forte - avec 100 gousses . - avec 1 kg de graines :	250 graines 5,5 m ³ / an 8 m ³ / an 1 m ³ 5 m ³		1000 graines 22 m ³ / an 32 m ³ / an 6 m ³ 20 m ³
Surface nécessaire par arbre - 3 m d'espacement - 5 m d'espacement	9 m ²	25 m ²	
Capacité potentielle d'une plantation de 100 ha - nombre d'arbres - volume d'eau traitée par an - dosage moyen mini - dosage moyen maxi	40 000 1.300.000 m ³ 320.000 m ³		110.000 3 500.000 m ³ 880.000 m ³

Mme Jahn a étudié l'influence de plusieurs paramètres sur le dosage optimal de Moringa parmi lesquels:

- le degré de turbidité : le dosage nécessaire augmente avec la turbidité en règle générale : il parait y avoir un seuil inférieur de turbidité au dessous duquel le Moringa est peu efficace même à dosage supérieur. Cependant il n'y a pas de relation systématique entre la turbidité d'une eau et la dose nécessaire de Moringa Oleifera ainsi que le démontrent les essais de Mme Jahn sur différents types d'eau : à turbidité égale les eaux du Nil Blanc requièrent des concentrations jusqu'à deux fois supérieures à celles qui sont nécessaires pour les eaux du Nil Bleu. Ceci s'explique par le fait que de nombreux autres paramètres entrent en jeu dans la réaction d'une eau au flocculant dont.
- la composition de l'eau : la composition minéralogique aussi bien que ionique influence la floculation de même que la taille des particules de sédiments.
- la température de l'eau: la clarification de l'eau parait plus rapide lorsque la température de l'eau est plus élevée, à dosage optimum de Moringa identique.

Ces paramètres indiquent que, comme pour le sulfate d'alumine, les dosages nécessaires en Moringa fluctueront selon les saisons et seront généralement plus importants au début de la saison des pluies.

L'analyse de l'eau traitée montre qu'il y a une corrélation directe entre le résultat de la floculation et la diminution de la pollution bactérienne. Après une à deux heures de décantation le taux de réduction des coliformes fécaux atteint 98 à 100 % Par ailleurs on observe que le traitement avec le Moringa Oleifera ne change pratiquement pas le Ph ni la conductivité de l'eau. Il y a par contre diminution de la concentration d'ammoniaque, mais dans des proportions beaucoup moins importantes que dans le cas d'un traitement à l'alun.

Les analyses faites par Mme Jahn et d'autres chercheurs (en particulier Grabow, Madsen et Schlundt Danemark) dont elle rapporte les résultats dans son livre ont également eu pour objet :

- l'analyse bactériologique des graines de Moringa Oleifera et du risque de contamination de l'eau par le flocculant.
- les effets du Moringa Oleifera sur la réduction de diverses bactéries telles que : Escherichia Coli, Streptocoques, Salmonelles.....
- l'élimination des virus coliphages, des cercaires vecteurs de la bilharziose - l'analyse bactériologique des boues et notamment du taux de survie des bactéries.
- la recherche de substances cancérigènes et tests toxicologiques.
- l'étude du risque de recroissance microbienne lors du stockage de l'eau traitée par Moringa Oleifera.

D'après les résultats de ces diverses analyses, l'utilisation du Moringa Oleifera comme flocculant ne présenterait pas de danger connu pour la santé.

Les expériences de Mme Jahn mettent en évidence également l'importance de premier ordre de l'agitation sur le résultat de la floculation. Aussi bien le matériel d'agitation que la vitesse. La régularité et la durée d'agitation influencent fortement la qualité du processus de floculation. Ces essais ont toutefois principalement porté sur le matériel domestique : étude des jarres et mise au point d'un agitateur à ancre simple.

2. 2. Essais et projets en cours

La connaissance des projets en cours est essentiellement due aux informations contenues dans les documents élaborés par Mme Jahn.

Au Malawi, un projet d'expérimentation d'une poudre mixte d'alun et de Moringa Oleifera dans les stations publiques d'épuration de l'eau est mené par une équipe britanno-malawite.

Au Burundi, une équipe germano-burundaise a mis en place une petite unité de traitement de l'eau potable par le Moringa Oleifera d'une capacité de 2,5 m³ par jour qui alimente une centaine de personnes, à la Faculté des Sciences Appliquées. Cette expérience présente la particularité d'appliquer le coagulant à un flux continu d'eaux brutes.

En Indonésie, l'Institut des Etablissements Humains de Bandung développe l'utilisation de petites unités familiales d'une capacité journalière de 25 litres et d'unités collectives de 200 litres. L'eau est coagulée avec le Moringa Oleifera en suspension et filtrée à travers un filtre composé de graviers, sable et charbon. L'agitation se fait manuellement.

Au Guatemala enfin, l'O.N.G. Lemat mène un projet de développement de matériel de floculation domestique.

3. Marché des graines

Le bilan précédent met en évidence l'intérêt du Moringa Oleifera comme coagulant et les compétences acquises par différentes équipes dans ce domaine. Le problème central de toutes les expériences menées, au moins en Afrique, réside dans la difficulté d'approvisionnement en graines de Moringa Oleifera en quantité suffisante, de manière régulière et à des prix accessibles. Il n'y a pas aujourd'hui de marché des graines de Moringa pour la purification de l'eau.

En Afrique, l'utilisation des graines paraît relativement peu répandue, si ce n'est à des fins bien particulières et pour des usages d'ampleur limitée. Il semble qu'il y ait à la production artisanale d'huile dans certaines zones ou à la vente de graines comme semences pour un marché très étroit. Au stade actuel des investigations, on ne sait donc pas vraiment comment se procurer une quantité importante de graines ni même si, compte tenu de l'arrachage des feuilles sur la plupart des arbres, on pourrait disposer de cette quantité. Il faudrait en tout cas explorer les marchés du Niger où les graines se vendent ainsi que les pays, comme le Mali, où l'on fabrique l'huile de Moringa, ce qui laisse supposer une certaine production.

Dans le cadre de ce dossier, une offre de prix avait été demandée à un commerçant du Sénégal : elle s'est élevée à 3500 FCFA le kg pour la fourniture d'une centaine de kgs. Dans de telles conditions, l'utilisation du Moringa à grande échelle est évidemment impossible. Toutefois, on ne saurait s'arrêter à ce prix qui reflète avant tout la rareté de la demande. Il faut aussi souligner que ce devis est peu compréhensible et que la part des frais de transport des graines du Sénégal au Burkina est énorme. Une production locale devrait donc permettre de diminuer considérablement ce prix.

Avec l'objectif que les étudiants de l'E.I.E.R. disposent de Moringa en quantité suffisante pour les essais et compte tenu de l'impossibilité dans le cadre de cette étude de démarcher les pays de la région, j'ai prospecté un peu les alentours de Ouagadougou. Il y a deux types d'arbres "accessibles" au marché de graines de Moringa : d'une part les arbres cultivés pour la vente des feuilles et d'autre part des arbres abandonnés, cas certainement plus rare. Dans le premier cas, l'achat des graines implique l'arrêt de l'arrachage des feuilles et donc pour les graines, au moins le prix de compensation ; dans le deuxième cas, il faut prévoir la main d'œuvre pour le ramassage des gousses et accessoirement pour une surveillance régulière des arbres afin de cueillir les fruits à maturité.

Dans les deux cas le prix du kilo de graine sera nécessairement élevé : la vente des feuilles pourrait rapporter de 300 à 500 FCFA par mois et par arbre, alors que ces arbres ne donneront vraisemblablement au maximum que quelques poignées de fruits et qu'il en faut plusieurs centaines pour faire un kilo de graine (300 à 700 fruits par kilo de graines).

Les arbres abandonnés ont par contre une production intéressante de fruits - jusqu'à plus d'une centaine par arbre au moment de l'observation et la perspective de nombreux autres compte tenu de l'abondance des fleurs. Dans ce cas le coût serait constitué principalement de celui de la main d'oeuvre. Les arbres sont hauts et la récolte doit s'effectuer avec une gaule ce qui allonge singulièrement son délai par rapport aux arbres à hauteur humaine situés dans les jardins maraîchers.

Le premier essai de récolte a fourni environ 200 gousses à deux personnes en près de trois quart d'heure. Le rendement sera vraisemblablement augmenté avec le temps et l'amélioration de la gaule. Parmi différentes propositions pour rémunérer le travail réalisé, il a été retenu le principe d'un prix par gousse (1 FCFA), le comptage des gousses étant une mesure indiscutable. Ceci a paru, en outre, plus adapté que la pesée, compte tenu de la difficulté de se procurer une balance et de la différence très sensible du poids des gousses selon leur degré de maturité. Il est prévu que la récolte s'étale au moins sur quatre mois (jusqu'à fin Avril). Il est difficile toutefois de prévoir la quantité de graines de Moringa qui sera alors disponible.

J'ai pu acheter également, par hasard un petit sac de graines de Moringa à un pépiniériste qui dit les vendre comme semence. Dans ce cas le prix se négocie sans référence. Le vendeur avouant par ailleurs qu'une poignée de graines, quantité vraisemblablement recherchée par la plupart des acquéreurs en _e de faire une haie vive, est en fait donnée à titre gratuit.

5. Conservation et stockage des graines

La conservation des graines et l'évolution de leur pouvoir floculant avec l'âge sont d'une importance primordiale pour le développement du traitement de l'eau avec les graines de Moringa. Ces domaines sont pourtant très peu explorés. On sait qu'il faut des graines sèches pour réaliser la floculation. Mais il semble qu'aucune étude n'ait testé le pouvoir floculant selon le degré de maturité des graines. Mme Jahn recommande toutefois de "cueillir les gousses lorsqu'elles sont d'une couleur brun gris, avant qu'elles ne se fendent par elles mêmes et libèrent alors des graines trop mûres qui se gâtent vite". Il n'y' aurait pas eu non plus de recherches sur la durée et la méthode de séchage ni sur la durée et l'ambiance de conservation des graines, avant et après séchage, permettant la meilleure conservation du pouvoir floculant.

Selon J. Audru les graines se conserveraient mal. Cependant, selon le C.N.S.F., sur le plan du pouvoir germinatif on peut conserver les graines au moins pendant deux ans, ce qui est apparemment confirmé par les observations de Mme Jahn. Mais il n'y a pas forcément de rapport entre la conservation du pouvoir germinatif et celle du pouvoir floculant.

6. Utilisation du Moringa pour la purification de l'eau par les populations

D'un usage courant en milieu rural au Soudan pour purifier l'eau du Nil, l'emploi du Moringa Oleifera comme coagulant pour l'eau de consommation humaine ne parait guère répandu ailleurs. Quelques actions de vulgarisation ont toutefois été lancées dans divers pays comme en Indonésie ou au Guatemala (cf. § 2.2 ci -dessus). Au Burkina, l'O. N.G. E.A.S.T. tente de vulgariser l'utilisation du Moringa Oleifera comme floculant dans les écoles, dans deux régions du pays. Le Bazega et le Bulkiendé. Cette expérience est menée avec le but principal d'optimiser l'action du chlore et la démonstration se limite à l'effet de clarification de l'eau par simple décantation de l'eau additionnée de poudre de Moringa.

Dans le cadre de ses travaux au Soudan, Mme Jahn a également mené une expérience très approfondie de vulgarisation des propriétés floculantes du Moringa, en milieu rural et urbain. Ses observations et recherches ont abouti à la mise en forme d'un "guide pratique pour le traitement domestique et le stockage de l'eau" qui constitue une base très riche d'enseignements pour la conduite d'autres actions de vulgarisation. Après avoir passé en revue les diverses conditions et perspectives d'implantation de cette pratique l'ouvrage aborde les différents aspects techniques concernant la culture des arbres et les opérations de traitement. Concernant ces derniers les recommandations portent par exemple sur: les standards des jarres appropriées» les moyens et méthodes de dosage et d'agitation, la préparation de la suspension de Moringa, le déroulement et les conditions adéquates des opérations de traitement.....

7. Conclusions et perspectives

7. 1 Atouts du Moringa

A travers les études et recherches faites, le Moringa Oleifera apparaît comme une ressource potentielle de grand intérêt pour la purification de l'eau, dont le développement pourrait en outre offrir de nombreux atouts sur le plan de la santé mais aussi sur le plan économique et agro-forestier. En résumé:

- le Moringa Oleifera agit avec l'efficacité d'un coagulant primaire. Il clarifie et purifie l'eau de manière comparable au sulfate d'alumine. En l'état actuel des connaissances son action ne présenterait aucun inconvénient ni danger pour la santé.
- il agit sous forme d'extrait du principe actif mais aussi sous la forme simple de poudre fabriquée de manière artisanale,
- c'est un arbre facile à cultiver et assez peu exigeant : c'est une espèce à croissance rapide, qui se multiplie facilement. qui s'adapte en zone tropicale à une gamme variée de sols et de conditions climatiques, et n'exige pas d'entretien sophistiqué.
- sa productivité potentielle en fruits permettrait qu'un à quelques arbres couvrent les besoins annuels de floculant pour une famille rurale alimentée par des eaux de surface, - outre ses propriétés floculantes, le Moringa présente pour les populations les atouts suivants :
- la qualité nutritive de ses feuilles et fruits.
- un fourrage de qualité pour les animaux,
- de nombreuses propriétés médicinales,
- la faculté d'associer des cultures pour lesquelles son ombrage léger est favorable.
- un enracinement puissant qui pourrait avoir un intérêt pour la lutte anti-érosive.
- un potentiel économique: vente des feuilles et fruits. extraction de l'huile et de condiment.
- il est une ressource locale dont les avantages sur le plan économique pourraient se traduire par :
- la création de ressources complémentaires pour les milieux ruraux.
- une économie de devises et une moindre soumission aux aléas des cours mondiaux des produits classiques de traitement de l'eau,
- la disponibilité sur place du produit, évitant la dépendance des pays enclavés vis à vis des pays à façade maritime par lequel le sulfate d'alumine est importé.
- la création potentielle d'emplois en milieu semi - urbain dans les plantations,
- le développement parallèle de petites unités industrielles de fabrication de divers produits à base de Moringa....

7.2. Ordres de grandeur d'un projet de développement du Moringa pour ses capacités floculantes dans les pays membres du C.I.E.H.

La mise en oeuvre d'un tel projet mobilisera à coup sûr d'importantes ressources aussi bien sur le plan humain que sur le plan financier, aux divers niveaux d'études et d'expérimentations. On ne saurait valablement plaider pour l'engagement de ces ressources sans tenter d'estimer l'ampleur des intérêts en jeu. Dans le cadre d'une étude aussi sommaire il n'est cependant pas possible de faire une estimation complète et fiable. Les données disponibles permettent toutefois d'apprécier quelques ordres de grandeur relatifs d'une part aux quantités de Moringa et aux volumes financiers en jeu et d'autre part aux poids des populations concernées.

7.2.1 Données relatives à la consommation de sulfate d'alumine

D'après l'étude réalisée par le C.I.E.H. en 1984 et les enquêtes menées ultérieurement, l'ensemble des pays membres utilise le sulfate d'alumine comme produit de floculation de l'eau brute dans les stations. Le produit provient d'Europe, du Japon ou des Etats Unis en règle générale.

Le plus souvent l'approvisionnement est assuré par des sociétés choisies sur appels d'offres internationaux renouvelés périodiquement. En 1984, l'étude du C.I.E.H. notait que le problème d'approvisionnement en sulfate d'alumine était assez bien résolu. Selon l'enquête rapide menée auprès de l'O.N.E.A. à Ouagadougou il semble qu'il y ait effectivement très rarement des ruptures de stock, même si une ou deux fois par an la situation est proche du seuil critique.

La consommation annuelle globale de l'ensemble des pays membres du C.I.E.H se situe vraisemblablement autour d'une dizaine de milliers de tonnes de sulfate d'alumine. Ce total recouvre de grandes disparités des besoins en sulfate d'alumine selon les pays, en fonction du volume des eaux à traiter et de leur qualité. En 1987, la consommation annuelle a été de l'ordre de 200 tonnes au Togo tandis qu'elle a dépassé le millier de tonnes au Cameroun ou au Sénégal. Au Burkina les prévisions pour 1993 s'élèvent à environ 640 tonnes de sulfate d'alumine pour Ouagadougou.

La consommation par m³ est également très variable suivant les ressources en eau mobilisées et les saisons, comme le montre le tableau ci-après :

Tableau 2
Consommations et prix du sulfate d'alumine dans les pays africains

Pays	Consommation (gr / m ³) * (84)		Consommation moyenne (87) gr /m ³	Consommation totale (87) en tonnes	Prix du kilo (FCFA)		Coût du sulfate d'alumine par m ³ en FCFA (87)
	saison sèche	saison des pluies			(82/84) *	(87)	
Benin	100	178	59	100	90	112	6,6
Cote d'Ivoire	48	150			84		
Burkina Faso	35 (92)	70 (92)			187	249 (92)	9,3
Niger	42	150	45	712	155	155	7,0
Mali	7	24	19	405	160	135	2,6
Sénégal	50	200	57	1028	118	86	4,9
Togo	107	135	70	220	78	98	6,9
Cameroun	17	18	23	1015	79	108	2,5
Gabon	10	30			109		
Congo					221		
Zaire	32	42			140		
Mauritanie			100	37		154	15,4

* Données relevées dans l'étude faite par le C.I.E.H. en 1984

Le prix du sulfate d'alumine dans les divers pays est très variable. Il dépend de plusieurs facteurs: pays de provenance, position géographique par rapport au lieu d'arrivée du produit sur le continent africain.

marge des intermédiaires, politique fiscale des pays. En 1982/84 la fourchette des prix du kilo s'étalait de 87FCFA en Côte d'Ivoire (qui bénéficiait d'un prix particulièrement favorable) à plus de 200 FCFA au Congo. En 1987 les prix variaient de 86 FCFA au Sénégal à 187 FCFA au Burkina Faso. En règle générale le prix a augmenté durant cette période, mais comme le montrent ces exemples ceci n'est pas systématique : au Sénégal comme au Mali le prix a baissé tandis qu'il est resté stable au Niger. Au Burkina par contre le prix du sulfate d'alumine atteignait 249 FCFA en 1992.

Le montant des dépenses annuelles des pays membres du C.I.E.H. pour l'achat du sulfate d'alumine ne peut être calculé précisément à partir des données disponibles : mais on peut estimer qu'il devrait se situer autour de un à deux milliards de FCFA. Ceci recouvre évidemment de fortes disparités selon les pays. Les états membres du C.I.E.H. Les plus gros consommateurs de sulfate d'alumine - la Côte d'Ivoire, le Burkina Faso, le Niger et le Cameroun - consacrent chacun 100 à 200 millions de FCFA à cette dépense chaque année.

Le coût de revient du m³ d'eau traitée dépend selon les pays de différents paramètres et de leur importance respective. Il serait intéressant de connaître la part du sulfate d'alumine dans la constitution des coûts. Au Burkina Faso le coût de revient du mètre cube d'eau traitée sortie usine - non compris les coûts de distribution - se situe autour de 47 FCFA à Ouagadougou. Pour une consommation moyenne de 50w de sulfate d'alumine par litre d'eau brute, la part de celui-ci dans l'ensemble des coûts de production d'eau s'élèverait à 12,5 FCFA par m³ soit autour de 25%. Les données disponibles pour les autres pays permettent seulement d'appréhender la part des dépenses de sulfate d'alumine par rapport au prix de vente de l'eau traitée : elle est très variable et se situe entre 2 % au Cameroun ou au Mali, 7 % au Bénin ou au Niger et près de 10% au Burkina Faso.

A partir des diverses données sur les consommations ou productions d'eau dans les pays membres du C.I.E.H. on peut grossièrement estimer que la production journalière des stations de traitement alimentées en eau de surface ne dépasse pas 500.000 m³ globalement. En prenant pour base la capacité moyenne d'un arbre de bonne productivité (on se place dans une situation favorable où l'on a pu sélectionner des variétés de bon rendement en fruits) permettant de traiter 20 m³ d'eau par an (cf. tableau 1) on peut évaluer à 15 000 à 20 000 hectares la surface à planter dans la région (avec un espacement inter-arbre de 4 à 5 mètres) pour substituer le Moringa au sulfate d'alumine.

7.2.2. Populations concernées

La population globale des pays membres du C.I.E.H. se situe autour de 80 millions de personnes aujourd'hui. Les états membres appartiennent à différentes zones agro-climatiques. Ceci implique des disparités importantes au niveau des facteurs déterminant les zones propices à la culture du Moringa et à son emploi pour le traitement de l'eau tels que les ressources en eau mobilisées et les caractéristiques des sols et des climats.

Aussi pour évaluer les populations qui seraient a priori plus concernées par un développement du Moringa il faudrait pouvoir les différencier selon différentes catégories :

- la population rurale et la population urbaine,
- la population desservie par des ressources en eau souterraines et la population tributaire de l'eau de surface,
- la population répartie selon les zones propices à la culture du Moringa Oleifera et les autres.

Une série d'études "Evaluation hydrologique de l'Afrique sub-saharienne" a été menée très récemment par l'ORSTOM, SOGREAH et le BCEOM sur l'ensemble des pays du C.I.E.H.. Les données dont on dispose sont assez hétérogènes selon les dossiers, mais elles permettent d'estimer, plus ou moins approximativement suivant les pays, la répartition de la population selon les deux premières catégories présentée dans le tableau 3 ci-après :

Tableau 3
Repartition de la population des Etats Membres du CIEH selon les ressources en eau utilisées

Pays	Population totale	Population urbaine			Population rurale		
		Totale	Eaux de surface traitées	Eaux souterraines	Totale	Eaux de surface non traitées	Eaux souterraines
Guinée Bissau (79)	767.750	177.000	peu	± 177.000	590.750	peu	± 590.750
Burkina Faso (90)	9.200.000	2.300.000	la plupart	peu	6.900.000	peu	
Côte d'Ivoire	11.220.000	5.320.000	?	?	5.900.000	peu	
Congo	2.150.000	1.350.000	± 500.000	?	800.000	± 800.000	peu
Gabon	1.000.000	500.000	± 500.000	peu	500.000	± 500.000	
Centrafrique	2.800.000	1.100.000	?	?	1.700.000	?	?
Togo (90)	3.500.000	1.030.000	¼ de la prod.	¼ de la prod.	2.470.000	en partie	5000 puits
Sénégal (88)	7.100.000	2.600.000	peu	la plupart	4.500.000	± 3.700.000	± 800.000
Mauritanie (88)	1.905.000	816.000	peu	la plupart	1.089.000	peu	la plupart
Mali (89)	7.905.000	1.715.000	1.142.000	185.000	6.190.000	peu	la plupart
Tchad (90)	5.680.000	?	?	?	?	?	?
Cameroun (92)	11.740.000	?	?	?	?	?	?
Bénin (90)	4.740.000	2.440.000	267.700	?	2.300.000	la plupart	
Niger (88)	7.250.000	1.300.000	400.000	?	6.000.000	?	?
TOTAL*	76.957.750	20.648.000	± 5.000.000		38.939.750	± 7.000.000	

* sur données connues

En confrontant ces données avec les zones où le Moringa serait cultivé, on peut évaluer à :

- au moins 7 millions le nombre de personnes du milieu rural qui pourraient éventuellement bénéficier d'une amélioration de la qualité de l'eau en utilisant le Moringa comme coagulant,
- 5 à 10 millions le nombre de personnes alimentées par réseaux d'eau traitée au sulfate d'alumine en milieu urbain,
- à près de 27 millions le nombre de personnes vivant en milieu rural dans l'ensemble des pays où le Moringa est déjà implanté et à qui le développement de cette culture pourrait offrir de nouveaux débouchés économiques.

7.3. Conclusions : intérêt et conditions du développement de l'emploi du Moringa

Sous réserve des inconnues qui règnent dans plusieurs domaines. Les données précédemment établies permettent de conclure que le développement du Moringa présenterait un intérêt à plus d'un titre, et qu'il serait techniquement envisageable. Par contre ces données sont largement insuffisantes pour en apprécier la factibilité économique. Les ordres de grandeur d'un tel projet paraissent toutefois assez importants pour qu'on investisse dans des recherches complémentaires indispensables

Les bénéfices que les différents groupes cibles pourraient retirer de l'utilisation du Moringa sont particuliers à chacun :

- pour les populations rurales (ou semi- urbaines) captives de l'eau de surface. l'emploi du Moringa apporterait de meilleures conditions sanitaire à celles qui utilisent directement l'eau brute sans traitement et une économie de dépenses à celles qui pratiquent un traitement à l'alun,
- pour les petites collectivités autonomes sur le plan de l'alimentation en eau. Le Moringa constituerait une ressource dont l'approvisionnement serait plus facilement planifiable et réalisable parce que local sinon régulier et, pour autant qu'elles disposent de terrains pour le cultiver. moins onéreuse que l'alun.
- pour les grosses unités de traitement. Le Moringa présenterait l'avantage principal de la disponibilité locale et d'un meilleur contrôle sur l'évolution des prix voire probablement à terme sur les prix eux-mêmes,
- pour les pays le développement de la culture de Moringa apporterait intérêt d'un nouveau potentiel agro-forestier et économique pour les populations rurales et semi-urbaines. outre l'ensemble des intérêts directement liés à la substitution du sulfate d'alumine.

Face à ces objectifs cibles. Les contraintes actuelles entravant le développement de l'emploi du Moringa comme floculant sont d'ordres différents :

- pour le traitement de l'eau au niveau domestique et dans les petites stations des collectivités les contraintes principales résident d'une part dans la vulgarisation des méthodes adéquates de coagulation de l'eau brute avec le Moringa et d'autre part dans l'insuffisance des certitudes sur les conditions de succès de la culture du Moringa et de rendement optimum en fruits. En particulier la perspective d'une utilisation multiple des arbres qui est à la fois réaliste et souhaitable. se heurte aux inconnues relatives aux capacités de production diversifiée (feuilles. fruits) des arbres.
- pour le traitement de l'eau à échelle industrielle. en l'état actuel des connaissances. trois principaux facteurs bloquent toute décision en faveur de l'utilisation du Moringa comme floculant :
 - l'indisponibilité actuelle de graines sur le marché : d'usage limité en Afrique Occidentale et Centrale, les graines sont difficiles à trouver. L'absence d'études concernant les rendements potentiels et l'étendue des zones propices à cette culture dans la région rend difficile toute hypothèse sur les perspectives de production . L'indisponibilité de stocks suffisants sur le marché a empêché tout essai de traitement en grand,
 - l'inconnue sur le plan financier : corollaire de la contrainte précédente. Les graines n'ont pas de prix. Les différentes méthodes de calcul reviennent toutes à la conclusion d'un coût supérieur au sulfate d'alumine,

- les incertitudes concernant le stockage et la conservation des graines : on ne sait pas aujourd'hui si la graine et son pouvoir flocculant se conservent et encore moins comment et combien de temps cela serait possible . Ceci ajouté aux inconnues concernant les rythmes et quantités de production de fruits compliquent singulièrement toute planification.
- En outre, l'adaptabilité du matériel de flocculation courant au Moringa n'a pas été étudiée et crée donc une certaine incertitude sur la factibilité technique de la flocculation à grande échelle.

Ces contraintes tiennent principalement, à l'heure actuelle, à l'insuffisance des recherches. Elles ne sont donc pas insurmontables a priori.

On peut conclure qu'aucun projet sérieux de développement du Moringa Oleifera ne peut être engagé sur la base des données actuellement disponibles, celles-ci étant largement insuffisantes pour juger de la factibilité d'un tel projet. Toutefois les expériences diverses qui ont été menées sur le pouvoir flocculant et les conditions de sa culture invitent à poursuivre les recherches en vue de l'exploitation des atouts réels de cette plante.

I.1.1. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A MENER

1. Préambule

Les propositions qui suivent ont pour objectifs essentiels d'améliorer les connaissances indispensables et de mesurer l'ampleur des contraintes évoquées. Il s'agit d'une étape nécessaire mais non suffisante pour une utilisation optimale du Moringa.

Il faut en effet souligner que le séminaire- atelier tenu en Octobre 1990 à Ouagadougou a abouti à la définition d'un programme complet d'activités à mener sur quatre ans pour parvenir à l'objectif global de "l'utilisation optimale d'une plante à usages

multiples " (cf annexe 6). Cette réunion a rassemblé des personnalités compétentes dans les divers domaines - agro-forestier, ethnobotanique, santé.

vulgarisation, traitement de l'eau. On peut considérer, deux ans après, que ce travail reste pleinement d'actualité et qu'il constitue la base d'une programmation optimum pour atteindre l'objectif fixé.

Les propositions faites ici ne remettent nullement en cause le travail qui a alors été fait et qui prévoit des moyens financiers et en personnels nécessaires à la conduite de ces recherches approfondies, dans de bonnes conditions. L'objectif ici est

beaucoup plus modeste ; il vise la réactivation de ce dossier, Les propositions ci-dessous forment ainsi un programme d'investigations minimales qui devrait être considéré comme une première phase de recherches préliminaires. Au terme de cette phase on

devrait pouvoir discuter sur de bonnes bases de la viabilité, sur divers plans, du Moringa Oleifera comme produit de traitement de l'eau voire pour d'autres usages et ainsi orienter les recherches plus approfondies qui s'avéreront nécessaires et qui

nécessiteront très probablement des moyens plus importants.

Le séminaire de Ouagadougou a montré qu'il y a au Burkina Faso les personnalités et des structures d'appui ayant l'ensemble des compétences requises pour mener à bien ces investigations. Le programme présenté ici, dont la préparation a largement bénéficié de l'aide des personnes rencontrées, est ainsi conçu dans l'idée qu'il serait principalement réalisé au Burkina- Faso et, autant que possible, dans le cadre des expériences déjà engagées sur le Moringa.

Quatre axes principaux de recherches à mener prioritairement se dégagent du bilan des connaissances précédemment établi. Ils concernent :

- les conditions optimales de culture et de rendement du Moringa Oleifera.
- la vulgarisation de l'emploi du Moringa pour la purification de l'eau et des méthodes appropriées de culture de cet arbre, dans les milieux ruraux ou semi- urbains.
- l'étude des conditions potentielles d'approvisionnement en graines de Moringa Oleifera,
- des essais de floculation à grande échelle.

2. Programme préliminaires d'investigations

2. 1 . Culture du Moringa

2. 1 . 1 . Orientations des investigations

a/ Objectif principal

L'objectif fixé pour ce stade de recherches préliminaires est de déterminer les conditions appropriées pour un rendement optimal des Moringa et particulièrement pour une production optimale de fruits, dans les pays de la région.

Ces recherches devraient permettre :

- de préciser les techniques culturales les plus performantes du point de vue de la production fruitière,
- d'analyser les capacités de vulgarisation de ces techniques,
- d'identifier les caractéristiques des zones de la région qui seraient les plus adaptées à la culture du Moringa Oleifera,
- de faire une première estimation des surfaces et/ou quantités d'arbres qui pourraient être plantés dans la région en vue d'apprécier un ordre de grandeur de la production potentielle,
- de discuter de l'opportunité de lancer des recherches agro-forestières plus poussées telles que la sélection de clones,
- d'apprécier les implications et avantages (ou inconvénients) sur le plan agro-forestier et écologique de l'intensification de cette culture.

b/ Contenu

Compte tenu du bilan des connaissances qui a pu être dressé, les points suivants devraient être particulièrement traités :

- amélioration générale des connaissances concernant la phénologie de l'arbre,
- la production de fruits : rendement potentiel et qualité de la production, répartition au cours de l'année, évolution en fonction de l'âge de l'arbre,
- facteurs influençant la production de fruits et, en particulier les conditions d'entretien et de taille,
- possibilité d'usages multiples : effet de l'utilisation des feuilles ou d'autres parties de l'arbre sur la production de fruits et réciproquement,
- méthodes de semences et de culture les plus appropriées dans les pays de la région en fonction des caractéristiques du sol et des conditions agro-climatiques mais aussi en tenant compte de la capacité de vulgarisation,
- intérêt agro-forestier de l'arbre et impact écologique prévisible de son extension,
- importance de la variabilité génétique.

Il serait souhaitable avant l'engagement de ces recherches, de mener une enquête bibliographique plus approfondie et de consulter autant que possible les chercheurs identifiés travaillant sur le sujet dans d'autres pays, pour définir plus précisément les recherches à conduire prioritairement sur ces aspects.

2.1.2 Ressources humaines

Au Burkina - Faso, le C.N.S.F. et l'I.R.B.E.T. avaient participé au séminaire tenu en 90. Ces deux organismes travaillent déjà sur le Moringa ; le premier prépare et commercialise des semences de Moringa, le second étudie le Moringa pour son aptitude à former des haies vives et fait des essais de provenance. Pour l'un comme pour l'autre le Moringa n'est pas un axe prioritaire de recherches. Mais ils pourraient sans doute contribuer par leurs observations à ce programme de recherches. Toutefois il faut souligner l'existence d'un projet élaboré par Monsieur G.L. Ouedraogo du C.N.S.F., qui figure dans son intégralité en annexe 5 à ce rapport et qui devrait être prochainement soumis à la coopération néerlandaise pour financement. Ce projet vise une recherche très poussée dans le domaine de l'amélioration génétique et comprend en outre l'étude de la conservation des graines et de leurs pouvoirs germinatif et floculant. Son financement serait évidemment d'un très grand intérêt.

2.2 Vulgarisation de la culture du Moringa et de son utilisation pour la purification de l'eau

2.2.1 Orientations des investigations

a/ Ojectif principal

L'objectif principal des investigations qui seraient menées dans ce domaine consiste à l'appréciation des chances de succès de l'introduction du Moringa comme produit de floculation de l'eau brute et aux conditions à réunir pour cela.

b/ Contenu

Dans cette première phase d'études, il s'agit d'analyser la factibilité et les conditions essentielles d'un programme de vulgarisation de l'utilisation du Moringa. Pour cela, on devrait, à travers les informations disponibles et/ou en menant quelques enquêtes en milieu rural et le cas échéant en milieu péri-urbain, étudier les aspects suivants :

- la sensibilité des populations à l'eau potable,
- les connaissances, pratiques et usages relatifs au Moringa,
- l'opportunité de développer un usage multiple du Moringa,
- l'intérêt et la factibilité de la création de revenus complémentaires à partir des produits du Moringa,
- les consommations d'eau pour les divers usages familiaux,
- les modes et matériels de puisage, transport et stockage de l'eau pour la consommation humaine,
- les besoins en floculant (populations concernées, volume d'eau à traiter),
- les conditions essentielles de réussite de l'introduction du Moringa pour le traitement de l'eau,
- les zones potentielles de développement de la culture de Moringa compte tenu de ces divers aspects .

2.2.2. Ressources humaines

Les études ci-dessus devraient se dérouler dans chaque pays intéressé par l'utilisation du Moringa, en considérant les particularités propres à chacun, aussi bien en ce qui concerne les aspects socio-culturels et économiques qu'agro- climatiques et hydro- géologiques.

Au Burkina- Faso, ces études pourraient intéresser différents organismes ou O. N. G. travaillant dans le secteur. Le CREPA (Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût) par exemple conduit actuellement un programme de déferrisation de l'eau en milieu rural qui le place dans une situation privilégiée pour observer les pratiques en matière d'approvisionnement en eau potable et apprécier la sensibilité des usagers à la qualité de l'eau. L'O.N.G. EAST, qui avait proposé sa participation aux recherches prévues lors du séminaire de 90, reste intéressée et pourrait contribuer à ces investigations au travers des actions de vulgarisation qu'elle mène auprès des écoles pour la désinfection et la protection de l'eau potable.

Par ailleurs à l'ETSHER (Ecole des Techniciens Supérieurs de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural), qui était également représentée au séminaire de Ouagadougou, une équipe réalise des enquêtes en milieu semi-urbain sur les pratiques d'approvisionnement en eau des familles et fait des recherches sur les techniques de chloration des puits. Un programme de vulgarisation dans ce domaine devrait démarrer vers la fin de l'année 93. En outre l'ETSHER disposera à partir de Septembre 1993 et pour un an d'un stagiaire qui pourrait collaborer aux recherches proposées.

Pour les autres pays il faudrait aussi identifier des structures compétentes pour ces études, mais on peut d'ores et déjà suggérer de contacter le CREPA qui a des antennes dans les différents pays membres du C.I.E.H.

2.3. Approvisionnement en graines

2.3. 1 Orientations des investigations

a/objectif principal

Le sujet de l'approvisionnement en graines de Moringa pour le traitement de l'eau est pratiquement inexploré. Il est donc a priori vaste et recouvre de nombreux aspects. L'objectif principal à ce stade d'études préliminaires vise l'évaluation du taux actuel de couverture des besoins potentiels en Moringa des stations de traitement de la région et l'estimation des prix qui pourraient être négociés. Il s'agit ainsi de recherches d'un intérêt à relativement court terme mais qui sont indispensables pour apprécier la factibilité d'un projet de développement du Moringa.

b/ Contenu

Indissociables des recherches qui seront menées sur la culture des Moringa, les études devraient porter sur les points suivants :

- usages des graines et ressources dégagées,
- volume de la demande actuelle en graines pour les différents usages,
- étude de la structure des prix des différents produits du Moringa pratiqués dans les pays de la région,
- marché potentiel des graines et produits du Moringa dans la région et ailleurs.
- comparaison de l'intérêt économique des différents produits issus du Moringa et conditions de compétitivité des graines à usage de floculant.
- estimation sommaire des surfaces des plantations et des populations productrices et/ou consommatrices de produits du Moringa dans la région.
- estimation sommaire du volume des graines disponibles pour le traitement de l'eau dans les stations.

2.3.2, Ressources humaines

Lors du séminaire de Ouagadougou il avait été indiqué que ces études seraient menées par le C.I.E.H. Il faudrait également voir dans quelle mesure une telle étude pourrait faire l'objet d'un travail de recherches d'étudiants en sciences économiques, par exemple. Ces recherches devront être menées dans les divers pays de la région où il y a commercialisation des graines et autres produits du Moringa, comme le Mali, le Niger, le Sénégal, le Togo et le Burkina- Faso (et probablement dans d'autres pays à identifier).

2.4. Essais de floculation

2.4.1. Orientations des investigations

a/Objectif principal

Les essais et analyses proposés ici visent les aspects techniques d'une étude de factibilité d'un projet de développement du Moringa pour le traitement de l'eau. Ils s'attachent principalement à tester les capacités floculantes du Moringa Oleifera sur les eaux de la région. à l'échelle d'une station de traitement de l'eau potable et à étudier l'adaptabilité au Moringa du matériel couramment utilisé pour le sulfate d'alumine.

b/Contenu

Les recherches et essais aux capacités flocculants du Moringa Oleifera qu'il est proposé de réaliser dans le cadre de ce programme préliminaire font l'objet d'une présentation détaillée dans le chapitre IV ci-après.

En résumé, les recherches porteront sur les aspects suivants :

- tests en laboratoire :
- étude du processus de décantation de l'eau flocculée avec le Moringa oleifera en simulateur vertical,
- recherche de la préparation de Moringa O. La plus performante, étude des dosages et des plages d'efficacité optimum du Moringa O. en fonction des caractéristiques de l'eau brute,
- analyses de la qualité bactériologique de l'eau traitée selon les dosages et la qualité de l'eau brute.
- analyse des boues et du risque de recontamination de l'eau traitée,
- évolution de la qualité de l'eau traitée en fonction de la durée et des conditions de stockage,
- comparaison de l'efficacité du principe flocculant selon diverses caractéristiques et provenances des graines.
- étude des conditions optimales de conservation du pouvoir flocculant des graines.
- essais de floculation - décantation en stations :
- comparaison du processus sur deux types de décanteurs.
- étude de l'adaptabilité du matériel.
- analyses de la qualité de l'eau traitée et de la cohésion des boues.....

2.4.2. Ressources humaines

Ces essais et analyses devraient être réalisés dans le cadre d'un mémoire de fin d'études d'un (ou de deux) étudiant(s) de l'E.I.E.R. Il bénéficiera de l'encadrement d'un professeur de l'E.I.E.R. et de l'appui du personnel technique du laboratoire de l'E.I.E.R. et des stations de traitement de l'O.N.E.A.

Toutefois en ce qui concerne l'étude des conditions optimales de conservation du pouvoir flocculant. le délai imparti aux travaux des étudiants sera vraisemblablement trop court pour une recherche suffisamment poussée. Il faudra alors identifier d'autres intervenants car cet aspect est essentiel à étudier.

2.5. Financement

Un devis estimatif des coûts des essais et analyses à réaliser dans le cadre de l'E.I.E.R. est présenté au chapitre IV ci-après. Le calcul des coûts des autres investigations nécessiterait de fixer précisément les ressources humaines à mettre en oeuvre et

les délais et moyens à consacrer aux diverses études ce qui est plus de la compétence des spécialistes et /ou des personnes ou organismes qui pourraient s'investir sur ces recherches. On peut toutefois signaler parmi les institutions susceptibles d'être

intéressées par une participation financière à ces recherches la Coopération Française le Programme, le Programme de Solidarité Eau, la G.T.Z., les Pays Bas (par le canal du C.N.S.F.), les organismes de promotion de la recherche tel le C.R.D.I. ou encore certaines

O.N.G. comme Eau Vive présente au Burkina dans le secteur de l'eau potable.

IV. TENEUR ET DEVIS DES ESSAIS

1. Objectifs généraux des essais et analyses

Les essais dont il est question ici ont pour objectif principal de tester l'efficacité de la poudre de Moringa comme floculant sur les eaux brutes de la région (ce qui n'a semble -t'il jamais été fait) en laboratoire d'une part et préalablement à des essais en station de traitement de taille significative - ce qui constitue aussi une expérience inédite -, d'autre part.

La proposition faite ici se base sur les informations dont cette étude a pu bénéficier. Elle vise l'amélioration des connaissances concernant les méthodes et limites d'utilisation du Moringa, qui se révèle indispensable avant d'envisager le développement du Moringa comme floculant à grande échelle.

Les essais permettront également d'analyser l'adaptabilité du matériel d'injection, de dosage et d'agitation couramment utilisé pour le sulfate d'alumine, d'examiner le cas échéant les modifications possibles et, si nécessaire, de faire des propositions pour la conception d'un autre matériel. Les essais grande nature devraient en outre permettre d'identifier le type de décanteur le plus approprié à l'emploi du Moringa comme floculant : décanteur statique ou décanteur mécanique.

Parallèlement aux essais relatifs à l'utilisation du Moringa à grande échelle, il sera mené une recherche sur le matériel et les méthodes adéquats à un usage domestique du Moringa pour la purification de l'eau.

2. Conditions de réalisation

L'ensemble des essais et analyses dont il est question ici sont proposés comme composante d'un programme de stage tel que les étudiants de l'E.I.E.R. (Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural - Ouagadougou) ont à en réaliser au cours de leurs études. Il serait effectué sous la conduite et avec l'appui d'un professeur compétent dans ce domaine.

3. Teneur des essais et analyses

3.1 Préambule

Les essais en station sont soumis à la contrainte majeure du volume de Moringa dont on pourra disposer. La contrainte financière en est une autre. Cependant, cette contrainte n'est ni clairement fixée ni certaine. Ainsi il est proposé ici un programme dépassant un peu ces contraintes mais dont les résultats pourraient contribuer de manière peut être décisive à l'utilisation du Moringa comme floculant ou qui en tout cas permettra d'établir un programme d'études complémentaires fondées sur une base solide ce qui, en ce qui concerne une utilisation à grande échelle, manque sérieusement aujourd'hui.

Les essais seront effectués avec de la poudre de Moringa brut. Bien que le procédé d'extraction du principe actif soit mis au point, il n'est effectivement pas envisageable d'en produire dans le cadre de ces essais.

3.2 Choix des stations

On peut envisager des essais dans deux types de station:

- la station de l'ONEA à Ouagadougou : il s'agirait là d'essais caractéristiques d'une station de grande envergure tels qu'ils ont été recommandés mais jamais réalisés à notre connaissance,

- la station de l'ONEA à Koudougou qui est une petite station de taille plus proche des petites unités rurales telles que celles dont disposent certaines collectivités, équipée de matériel peu sophistiqué, qui présenterait l'avantage d'étudier l'adaptabilité de ce matériel au Moringa. En outre sa capacité beaucoup plus faible permettrait, si l'on dispose d'assez de Moringa, de répéter plusieurs fois les essais de floculation et de faire des comparaisons selon les conditions du traitement appliqué.

La station de l'E.I. E. R ne dispose pas d'un système de floculation - décantation. On ne peut donc pas envisager d'essais grandeur nature. Mais il est proposé d'utiliser le cadre de cette station et son équipement pour effectuer des simulations de décantation en colonnes. Par ailleurs cette station dispose d'un laboratoire bien équipé qui sera mis largement à profit pour les recherches et analyses relatives aux conditions d'utilisation du Moringa.

4. Station de l'ONEA à Ouagadougou

Sous réserve de l'acceptation de la Direction de l'ONEA, l'entretien que nous avons eu, Monsieur Faby et moi même, avec le chef de la station, Monsieur Pare, et les chimistes, Monsieur Boly et Madame Traoré, a permis de définir les essais qui pourraient être réalisés à la station de Ouagadougou.

4.1 Filières à utiliser

La station dispose de trois types distincts de flocculateur-décanteur:

- un décanteur statique de capacité nominale 200 m³/h,
- trois décanteurs accélérateur : deux de capacité 300 m³/h et un de capacité 200 m³/h,
- trois décanteurs pulsator, dont l'un fonctionne en statique : chacun d'une capacité de 400 m³/h.

Pour les essais concernés le choix se porte sur les deux décanteurs de capacité les plus faibles, pour des raisons autant économiques que techniques. En particulier, les filières de traitement sont ainsi constituées que l'on ne peut pas récupérer l'eau décantée pour la faire repasser par la filière de traitement classique au sulfate d'alumine. Ceci signifie que s'il s'avère que l'eau traitée au Moringa est d'une turbidité résiduelle trop importante elle devra être rejetée dans les canaux de trop plein et donc perdue.

Il serait intéressant de faire des essais comparatifs avec au moins deux types de décanteur différents afin de tester d'une part les méthodes d'agitation, qui selon les études précédentes se révèlent d'une grande importance et d'autre part des systèmes de décantation différents. Pour les raisons précédemment évoquées il est proposé d'utiliser pour les essais le décanteur statique (agitation à écoulement gravitaire et décantation horizontale) et le décanteur accélérateur (agitation mécanique avec recirculation des boues). Ces types de décanteur ne sont pas aussi performants, en général, que les décanteurs pulsator mais ces derniers requièrent un volume trop important d'eau pour que l'on puisse envisager de les utiliser dans cette phase d'études préliminaires.

Le Moringa en poudre pourra être versé dans une des deux cuves utilisées habituellement pour le sulfate d'alumine, préalablement vidée et bien nettoyée, puis il sera injecté dans le circuit d'eau brute au moyen d'une des trois pompes doseuses. Chaque filière pouvant être utilisée indépendamment, les essais devraient pouvoir se dérouler sans perturber le fonctionnement normal de la station.

4.2 Durée des essais

Pour les mêmes raisons que précédemment la durée des essais devra être limitée au strict minimum nécessaire à la production de résultats exploitables.

En ce qui concerne le décanteur statique une durée de test de l'ordre de deux heures (correspondant à deux fois le temps de séjour moyen de l'eau dans le décanteur) devrait être suffisante pour une appréciation correcte de l'efficacité de ce type de décanteur appliqué au Moringa. Par contre, la nécessité d'analyser l'eau traitée dans les conditions optima de décantation dans le système à acélérateur, oblige à attendre la formation du voile de boue. Ceci signifie qu'il faudrait prévoir un minimum de dix heures d'essai.

4.3 Fréquence des essais

La variabilité potentielle de la qualité de l'eau brute rendrait intéressants des essais effectués à quelques temps d'intervalle. Néanmoins les difficultés d'approvisionnement en Moringa ainsi que les volumes d'eau considérables qui seraient nécessaires à une époque de l'année déficitaire en eau amène à ne prévoir d'essais comparatifs qu'en laboratoire. Ainsi chaque essai sur chacun des décanteurs retenus ne sera réalisé qu'une seule fois.

4.4 Observations et analyses

Outre les observations sur le fonctionnement des installations, pendant toute la durée des essais, des prélèvements d'eau seront effectués de manière systématique et régulière pour être analysés au laboratoire. Les mesures suivantes seront réalisées sur l'eau brute et l'eau décantée:

- turbidité,
- pH,
- matières en suspension, matières organiques,
- T.A.C.,
- matière minérale,
- analyse bactériologique,
- essais gustatifs et d'odeur,

Le laboratoire de la station de Ouagadougou dispose de la plupart des appareils nécessaires à l'analyse de l'eau traitée et, sous réserve des autorisations nécessaires, les analyses seront de préférence réalisées sur place afin d'être disponibles immédiatement. L'appui du laboratoire de l'E.I.E.R. est aussi envisageable.

Dans la mesure du possible on procédera à l'analyse des boues résiduelles après décantation.

La filière "décanteur statique " présente un phénomène plus ou moins inexpliqué de remontées de boues et il sera aussi intéressant d'observer l'effet éventuel du traitement de l'eau par le Moringa sur celui-ci.

5. Station de l'O.N.E.A. à Koudougou

La station de l'O.N.E.A. à Koudougou dispose de deux décanteurs statiques de capacité 50 m³/h et 100 m³/h. Mais, plus intéressant pour nos recherches est la présence d'une petite station compacte danoise, équipée d'une pompe doseuse, d'un flocculateur décanteur à chicanes, d'une filtration et de bâches de neutralisation et stérilisation Cette station présente en outre l'avantage d'être d'une capacité de 20 m³/h et d'être facilement isolable pour ne pas perturber le service normal.

Toutefois le projet d'essais dans cette station a été formé sur la base des informations techniques disponibles à Ouagadougou ; il faudrait donc vérifier leur faisabilité aussi bien sur le plan technique qu'administratif. Les essais et analyses qui y seraient réalisés sont de même nature que ceux qui sont proposés pour la station de Ouagadougou. Cependant cette station ne dispose pas d'équipement de contrôle de la qualité bactériologique et il faudrait pouvoir disposer lors des essais au moins d'un kit d'analyses comme ceux dont dispose l'O.N.G. EAST ou autre.

6. Site de l' E.I.E.R. à Ouagadougou

Les expériences proposées ici se basent sur les informations recueillies dans le cadre de cette étude sur les recherches faites (ou en cours de réalisation) sur le pouvoir flocculant du Moringa. Il serait nécessaire dans un premier temps de parfaire les connaissances à ce propos - un travail bibliographique devrait utilement compléter cette étude sommaire - et d'essayer d'avoir plus de renseignements sur les essais effectués, notamment sur les essais en station au Burundi, au Malawi ou ailleurs (cf. § I.I. 2.2. Essais et projets en cours).

Sous réserve des conclusions de ces investigations, les recherches et expériences à mener dans le cadre du stage d'un étudiant de l'E.I.E.R. pourraient porter sur:

- préparation de la poudre de Moringa : méthodes et matériel de broyage. On pourrait tester des méthodes et matériel adaptés à un usage domestique d'une part et à une utilisation à l'échelle d'une petite station, d'autre part,
- présentation du produit pour une efficacité optimum et le meilleur fonctionnement du matériel de dosage, agitation et floculation couramment utilisé,
- dosage optimum, plage de variation de ce dosage en fonction des caractéristiques de l'eau brute,
- comparaison de l'efficacité du principe flocculant selon diverses caractéristiques des graines - âge, humidité, taille, origine des graines - et selon les techniques et durée de dessiccation, de conservation et de stockage....
- efficacité et limites d'utilisation du Moringa (tableau des dosages et du rendement en fonction des caractéristiques de l'eau brute -telles que turbidité, température, composition minéralogique et ionique, taille moyenne des particules...), caractéristiques bactériologiques de l'eau traitée selon celles de l'eau brute et selon les dosages de Moringa,
- méthodes, durée et ambiance de conservation des graines et du principe flocculant,

Par ailleurs on pourrait charger le stagiaire d'étudier dans quelle mesure les matériels de dosage, agitation et floculation couramment utilisés -de préférence parmi les moins sophistiqués - pourraient convenir ou être adaptés au Moringa.

Compte tenu des moyens matériels dont dispose le laboratoire de l'E.I.E.R. on pourrait mener ces recherches par des tests au Jar Test pour ce qui des essais de floculation. La décantation pourrait être simulée par des tests en colonne de deux types :

- dans des colonnes de décantation statique verticale. Des prélèvements à diverses hauteurs permettront d'étudier le processus de décantation et d'analyser l'adaptabilité du matériel de décantation statique, vertical ou horizontal couramment utilisé,
- en alimentation pulsée sur petite colonne, pour simuler la décantation par pulsator,

Ce deuxième type de tests sera d'autant plus intéressant qu'il devrait permettre d'analyser le comportement des floes de Moringa et la cohésion de la boue.

Ces tests permettront d'une part de préparer les essais qui seront réalisés dans les stations de l'O.N.E.A. et d'autre part de compléter les observations qui seront faites lors de ces essais.

En outre les essais de floculation en laboratoire devront permettre d'analyser la qualité de l'eau traitée, afin de savoir si l'eau qui serait traitée dans les stations de l'O.N.E.A. pourrait être ou non distribuée et d'envisager les opérations dans ces stations en conséquence.

7. Devis des essais et analyses

Les essais à la station de l'O.N.E.A. à Ouagadougou seront gros consommateurs de Moringa. Compte tenu de l'incertitude concernant l'approvisionnement en Moringa au moment de la préparation de ce dossier, il est présenté ci-après deux variantes, l'une prévoyant la réalisation de l'ensemble des essais proposés et souhaitable, l'autre ne comprenant que les essais avec le décanteur statique.

Il est aussi envisageable de différer l'ensemble des essais à la station de Ouagadougou jusqu'à l'année suivante, le temps que les circuits d'approvisionnement soit étudiés. Les essais à Koudougou et les tests à l'E.I.E.R. constituent déjà en eux-mêmes une base solide d'investigations, dont on devrait pouvoir tirer des enseignements enrichissants pour la poursuite des recherches et la prise en compte du Moringa comme flocculant potentiel.

Devis des Essais

	Prix unitaire	Nbr.d'unités	Coût total en FCFA	
<ul style="list-style-type: none"> • Achat de graines de Moringa (Base: 50 à 200 g/m³) * Station OUAGADOUGOU <ul style="list-style-type: none"> - décanteur statique ¹ (capacité 500 m³ + 200 m³ /h- 2 h d'essais) - décanteur accélérateur ² (200 m³/h - 10 h d'essais) * Station KOUDOUGOU (20 m³/h - 2*5 h d'essais) * Recherches à l'E.I.E.R. 	2000 F CFA/kg			
			140 kg	280.000
			200 kg	400.000
			30 kg	60.000
			20 kg	40.000
Total Achat de graines de Moringa			780.000	
<ul style="list-style-type: none"> • Achat d'eaux brutes * Station OUAGADOUGOU <ul style="list-style-type: none"> - décanteur statique (500 m³ pour remplissage + 200 m³/h - 2 heures d'essais) - décanteur accélérateur (200 m³/h - 10 h d'essais) * Station KOUDOUGOU (20 m³/h - 2*5 h d'essais) 	182 F CFA/m ³			
			900 m ³	163.800
			2000 m ³	364.000
			200 m ³	36.400
Total Achat eaux brutes			564.200	

• Réactifs/Produits d'analyse	Forfait		200.000
• Utilisation des stations de l'ONEA * Station OUAGADOUGOU * Station KOUDOUGOU Total Utilisation des stations	30.000 FCFA/jour	2 jours 2 jours	60.000 60.000 120.000
• Etude et recherche concernant le matériel de floculation - décantation adapté pour petites stations	Forfait		50.000
• Fournitures diverses pour l'analyse des méthodes et matériel de broyage et d'agitation à niveau domestique	Forfait		10.000
• Frais complémentaires de stage * Recherche bibliographique/Etude des projets en cours (correspondances/Fax/Téléphone) * Voyages Ouagadougou-Koudougou	Forfait Forfait		50.000 15.000
Sous-Total			1.789.200
• Divers et imprévus	10 %		170.800
TOTAL			1.970.000

- ¹ la nécessité de remplir le décanteur statique avec de l'eau floculée oblige à prévoir une consommation de Moringa correspondant, éventuellement, au dosage maximum. Selon le dosage qui sera effectivement nécessaire, le processus de décantation pourra être observé pendant une à 10 heures
- ² les essais avec le décanteur pulsateur ne seraient entrepris que s'il s'avère que le dosage optimal de Moringa par m³ ne dépasse pas 100 g/m³

Variante 1: sans essai avec décanteur accélérateur

	Coût total en FCFA
• Achat de graines de Moringa	300.000
• Achat d'eaux brutes	200.000
• Réactifs/Produits d'analyse	200.000
• Utilisation des stations de l'ONEA	90.000
• Etude et recherche concernant le matériel de floculation - décantation adapté pour petites stations	50.000
• Fournitures diverses pour l'analyse des méthodes et matériel de broyage et d'agitation à niveau domestique	10.000
• Frais complémentaires de stage	65.000
Sous-Total	915.000
• Divers et imprévus	91.500
TOTAL	1.006.500

V. CONCLUSIONS

L'ensemble des études proposées ici devrait permettre de discuter de la viabilité d'un projet de développement du Moringa en répondant aux questions centrales suivantes :

- pourrait-on disposer de Moringa en quantité suffisante, régulière et stockable pour subvenir aux besoins en floculant dans les stations de la région ?
- à quelle échéance et dans quelles conditions pourrait-on parvenir à une telle production ?
- quel peut être l'ordre de grandeur du prix des graines de Moringa ?
- quelle serait la nature et l'ampleur des aménagements à prévoir dans les stations de traitement classique en cas d'utilisation du Moringa ?
- la vulgarisation en milieu rural de la floculation par le Moringa et de sa culture Est elle opportune ? est-elle réalisable ?
- quels avantages annexes sur le plan économique et agro-forestier l'extension de la culture du Moringa pourrait-elle apporter à la région ?

Si les perspectives d'un tel projet apparaissent favorables il sera ensuite indispensable d'approfondir les recherches sur un certain nombre de points avant d'envisager la phase opérationnelle. En effet les investigations précédemment recommandées relèvent, par souci de phasage des recherches» plusieurs aspects en deuxième phase d'études, ce qui ne leur confère pas moins d'importance pour autant.

Parmi ces aspects. on peut d'ores et déjà. compter:

- des analyses plus poussées en ce qui concerne la toxicologie et les risques de recontamination de l'eau par les boues et en cas de stockage prolongé de l'eau traitée notamment dans les familles rurales.
- la sélection de variétés les plus productives et les méthodes de leur diffusion
- la recherche des coûts minimaux pour la préparation des suspensions de floculant et l'étude complète des coûts de substitution du sulfate d'alumine (production. préparation et conservation du produit floculant. formation du personnel, adaptation du matériel),
- l'étude des multiples implications sur le plan économique et financier de la substitution du sulfate d'alumine.
- l'étude des avantages socio-économiques du développement de l'utilisation et de la culture du Moringa.
- l'analyse des implications sur le plan agro-forestier et écologique du développement du Moringa sur de grandes surf surfaces,
- l'étude générale des coûts et avantages de l'intégration d'un nouveau produit dans les pays.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 - LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES

ANNEXE 2 - LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

ANNEXE 3 - COMPTE RENDU DES VISITES EFFECTUEES SUR LE TERRAIN

ANNEXE 4 - DOCUMENTATION SUR LE MORINGA

ANNEXE 5 - PROJET ELABORE PAR G.L. OUEDRAOGO DU C.N.S.F.

**ANNEXE 6 - PROJET ELABORE PAR LES PARTICIPANTS AU SEMINAIRE DE
OUAGADOUGOU EN 1990**

ANNEXE 1
LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES

LISTE DES DOCUMENTS CONSULTÉS

- * Méthodes de recherche ciblée de clarifiants végétaux à l'aide de la taxinomie, de la chimie et de la physico-chimie -S.A.A. Jahn - Projet de purification de l'eau (G.T.Z.) - Année ?-
- * Différents rôles des coagulants naturels dans la clarification traditionnelle de l'eau, dans les technologies appropriées à usage domestique et dans les installations communales d'épuration - S.A.A. Jahn- Projet de purification de l'eau (G.T.Z.) - Année ? -
- * Aperçu ethnobotanique sur les espèces de Moringa dans le monde - A. de Saint Sauveur - Association Propage - Année ? -
- * Conditions essentielles de réussite de la culture des espèces de Moringa destinées à la production de coagulant - S.A.A. Jahn - Projet de purification de l'eau (G.T.Z.) - Année ?-
- * Moringa Oleifera - Source d'aliments et de matériaux pour la purification de l'eau - Sélection de clones et culture des Moringas Annuels à courte tige - S.A.A. Jahn - Année ? -
- * Emploi des coagulants naturels pour la purification de l'eau potable en milieu rural - Recherches effectuées au Soudan et guide pour de nouveaux projets - S.A.A. Jahn (G.T.Z.) - 1989 -
- * Etude du pouvoir floculant des graines de Moringacées - Université de Paris Sud - Centre d'études pharmaceutiques de Chatenay Malabry - Syndicat des eaux d'Ile de France - Anjou Recherche - 1988/ 1989 -
- * Le Ben Ailé (Moringa Oleifera Lam.) et ses espèces voisines - Des arbres et arbustes à usages multiples - J. Audru - Institut d'Elevage et de Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux - 1988 -
- * Projet Moringa - Compte rendu de mission de prospection en Afrique de l'Est - 27 Octobre / 26 Novembre 1989 - B. Durand - Propage -
- * Projet Moringa - Compte rendu de mission de prospection en Afrique de l'Ouest - 19 Mars/ 1 Avril 1990 - A. de Saint Sauveur - Propage -
- * Le traitement de l'eau potable en Afrique - K. L. Ativon - C.I.E.H. - Séminaire organisé par la F.S.E.G. de l'Université du Bénin et G.T.Z. sur la graine de Moringa - 22 au 31 Mars 1990 - Lome-
- * Séminaire national sur le Moringa Oleifera - Résultats du séminaire et conclusion de la table ronde - Lome - Mars 1990-
- * Le Moringa - Dossier établi en vue de la réunion de Ouagadougou du 9 au 11 Octobre 1990 - A. de Saint Sauveur - Propage -
- * Atelier ZOPP III - Planification de projets par objectifs du 9 au 11 Octobre 1990 à Ouagadougou, Burkina Faso - Projet : Programme Moringa - Utilisation des graines de Moringa dans le traitement de l'eau potable et favoriser le développement rural - Cologne - Novembre 1990 - Renate A. Pasch -
- * Analyse critique des procédés de traitement d'eau potable en Afrique Centrale et Occidentale - C.I.E.H. K.L. Ativon et A. Seck - 1984 -
- * Proposition d'intervention du CERLAB 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
- * Projet d'expérimentation et de suivi de la production grainière de Moringa Oleifera et de quelques espèces voisines - 27/2/1989 - Auteur ? -
- * 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 - Proposition d'étude - Auteur ? - Année ?-
- * Utilisation des coagulants naturels et des méthodes électro-chimiques pour la clarification des eaux - Proposition d'étude - Auteur ? - Année ? -

ANNEXE 2
LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

LISTE DES PERSONNES RENCONTREES

IRBET

M. D. DEPOMMIER
M. O. BOGNOUNOU

C.N.S.F.

M. G.L.OUEDRAOGO

O.N.E.A.

M. A. PARE
MME TRAORE
M. BOLY

C.R.E.P.A.

M. TOUNKARA

E.I.E.R.

M. J.A. FABY

E.T.S.H.E.R.

M. J.M. BARBIER

E.A.S.T

MME V. MASURE
M. Y. FRADELLES
M. F. HELOIRE
M. B. THALAMY

MARAICHERS EN BORDURE DU BARRAGE N° 3 DE OUAGADOUGOU

ANNEXE 3
VISITES SUR LE TERRAIN

Compte rendu de la visite effectuée le 11 décembre 1992
dans les jardins potagers près du barrage de Ouagadougou

J'ai effectué une visite dans les jardins potagers situés sur les bords du canal le long du barrage n° 3 de Ouagadougou accompagnée d'un des pépiniéristes implantés le long de la route. J'ai vu beaucoup d'arbres *Moringa Oleifera* à des stades divers de développement et dans des états variables. Tous les arbres rencontrés étaient implantés de manière diffuse (espacement d'au moins 3m généralement) le plus souvent au milieu des parterres de salade.

Nombre d'arbres vus: plusieurs dizaines.

Taille des arbres: variable selon âge et coupes, de moins d'un mètre à autour de cinq mètres.

Epaisseur des troncs: d'environ un cm de diamètre à 10 cms : la personne interviewée a indiqué que l'on pouvait rencontrer des arbres gros comme le vieux papayer sur place soit des arbres d'un diamètre d'environ 20 à 25 cm.

Age des arbres : selon informations recueillies auprès d'un propriétaire :de six mois à plus de trois ans ; au delà les arbres ne donneraient plus de bonnes feuilles ; on les arrache et on replante régulièrement des graines.

Croissance des arbres: très rapide selon toutes les personnes interrogées; un arbre qui aurait été planté à la dernière saison des pluies (soit d'un âge de l'ordre de cinq à six mois) mesure 2,5 m de haut et a un tronc d'environ 1cm de diamètre.

Stade de floraison/fructification observé: variable, vu un arbre avec deux gousses vertes de taille distincte (de l'ordre de 20 cm jusqu'à près de 35 cm) tandis que d'autres étaient en fleurs ouvertes, d'autres en voie de floraison et d'autres encore sans fleurs ni fruits.

Floraison: sur les arbres en fleurs observés il m'a semblé que les fleurs étaient inégalement réparties sur l'arbre. plutôt situées vers le haut de l'arbre.

Epoque de fructification : selon les renseignements de deux personnes la fructification s'étendrait sur plusieurs mois : pour l'une la fructification se situe autour de Décembre (de Novembre à Janvier) pour l'autre autour de Février (de Janvier à Mars).

Durée de maturation des fruits : selon une personne la maturation durerait environ trois mois.

Production et récolte de fruits : sur les dizaines d'arbres que j'ai vus je n'ai observé que deux fruits ; les fruits ne paraissent être récoltés que pour la multiplication par semis.

Durée de conservation des graines mûres: sur l'arbre : imprécis mais plusieurs semaines voire peut-être plusieurs mois (la personne interrogée ne récolte les fruits que quand elle veut planter des arbres) : récoltées : réponse imprécise mais il se pourrait que les graines plantées ce jour aient été récoltées la saison dernière.

Nombre de fructifications par an: une selon la personne interviewée.

Utilisation des arbres: les feuilles sont vendues pour faire la sauce de couscous. rapport assez limité semble t-il (juste pour acheter la cola pour le vieux).

Compatibilité de divers usages de l'arbre: la personne interrogée a catégoriquement imputé la rareté des fruits produits à la cueillette des feuilles: l'observation d'une branche prélevée sur un arbre en fleurs (par la personne tel qu'elle le fait probablement quand elle les vend) confirmerait cette explication dès lors que les jeunes feuilles sont de préférence consommées; il semble en effet presque impossible de cueillir les feuilles sans les fleurs.

Tous les arbres vus étaient situés au milieu de plate-bandes de salade ou de carottes. La personne interrogée a indiqué qu'elle arrachait les arbres quand ils devenaient trop gros :ils la gênent pour cultiver.

Etat des arbres: variable; les arbres de la personne avec qui j'ai pu discuter étaient en fait parmi ceux à l'aspect le moins sain; sinon d'autres arbres présentaient un développement plus harmonieux, plus touffu y compris des arbres dont l'épaisseur du tronc indiquait un âge de plusieurs années. Entretien des arbres: la plupart des arbres un peu touffus rencontrés étaient des arbres coupés au pied ou à un à deux mètres de hauteur. Les arbres plantés doivent être bien arrosés pour bien pousser.

Méthode de multiplication: la personne interviewée a planté devant moi des graines en les enfouissant légèrement avec son doigt. Elle a aussi semé à la volée d'autres graines et dit que certains des pieds se développent à partir des graines tombées des arbres. Elle dit semer n'importe quand dans l'année.

Compte rendu de la visite effectuée le 12 Décembre 1992
dans les jardins potagers de Paspanga (secteur 12 derrière la station de l'ONEA)

J'ai pu rencontrer trois personnes - Maadi, Victor et Paul - ayant des arbres de Moringa. Dans l'ensemble ces arbres m'ont paru nettement plus productifs et de développement assez harmonieux. également implantés de manière diffuse au milieu des salades. Les personnes interrogées ce jour comme celles rencontrées la veille ne s'intéressent pas aux fruits si ce n'est pour planter de temps à autre des graines. Elles savent ainsi peu de choses sur la ou les période(s) de fructification et quantité de fruits.

Nombre d'arbres vus: une vingtaine.

Taille des arbres: jusqu'à environ 4 mètres.

Epaisseur des troncs : de quelques cms à une bonne dizaine.

Age des arbres: un des arbres vus chez Paul a au moins treize ans puisqu'il était déjà là quand il est arrivé en 1978. selon ce qu'il m'a dit: l'arbre en question atteint environ 4 mètres; il aurait subi trois ou quatre coupes.

Chez Maadi, un arbre d'une hauteur d'environ 2 mètres aurait de l'ordre de deux ans.

Stade de floraison/fructification : je n'ai vu qu'un arbre portant des fruits (chez Maadi). J'ai récolté une branche portant quatre fruits de couleur brune. Sur ce même arbre il y avait une seule autre gousse verte : en haut de l'arbre il y avaient des

fleurs, certaines étant déjà ouvertes d'autres non. Pratiquement tous les autres arbres que j'ai vus étaient en fleurs plus ou moins ouvertes situées le plus souvent vers le haut de l'arbre.

Taille et contenu des gousses

	Gousse1	Gousse2	Gousse3	Gousse 4
Taille des gousses: Longueur (les quatre gousses récoltées sont de taille inégale) (cm):	26	29	29	35
Largeur (cm):	1.7	2	2	1.8
Contenu des gousses: nombre de graines :	3	6	8	10
Taille des graines: Longueur (cm):	1.8	1.3 à 1.6	1.4 à 1.6	là 1.6
Largeur (cm):	1.3	1,2 à 1.5	là 1,4	0.6 à 1.4
Etat des graines: Nb. de graines rabougries ou très faiblement développées	0	2	2	3

Floraison: les fleurs sont le plus généralement situées vers le haut de l'arbre

Epoque de fructification : la plupart des arbres vus ce jour auront des fruits à partir de fin Décembre: j'ignore s'ils en ont déjà eus cette saison. Il apparaît en tout cas que la fructification est étalée sur plusieurs mois, peut être d'Octobre ou Novembre jusqu'à Février -Mars. Selon plusieurs personnes interrogées en fin de saison sèche il n'y aurait plus de fructification.

Etat des arbres: l'apparence des arbres est variable, de chétif à relativement touffu.. La plupart des arbres sont coupés à diverses hauteurs (pour faire pousser les feuilles). Les arbres vus ce jour paraissaient néanmoins en meilleur état que ceux vus la veille. La plupart de ces arbres n'avaient pas (encore?) été coupés depuis la dernière saison des pluies.

Entretien des arbres: les personnes interrogées, coupent les arbres pour avoir de jeunes feuilles en quantité mais elles ne coupent pas chaque année les arbres et pensent que la coupe trop fréquente abîme les arbres.

Utilisation des arbres: récolte des feuilles pour consommation propre pour la sauce de couscous et vente aux voisins.

Compte rendu de la visite effectuée le 16 Décembre 92
dans le jardin de Moumouni à ouatinoma

Moumouni chez qui j'ai effectué ma première visite de terrain et avec qui j'ai réalisé les premiers essais de floculation. m'a emmenée dans un de ses jardins (à l'abandon semble t-il) où il se souvenait avoir planté des arbres il y a longtemps.

Il y a là effectivement plusieurs arbres, hauts, pleins de fleurs et de fruits qui ne paraissent pas exploités.

Caractéristiques des arbres

	Arbre1	Arbre2	Arbre3	Arbre
Age	10 ans	10 ans	10 ans	
Hauteur (m)	8	8	6 à 8	6 à 8
Diamètre du tronc (cm)	29.6		26.4	vingtaine
Caract. du tronc	unique	multiples	unique	unique
Nombre de gousses	centaine	centaine	80 à 100	quinzaine
Couleur des gousses :				
vert	*	*	*	*
brune	*	majorité	*	majorité
gris	*	*	*	*
Fleurs	beaucoup	beaucoup	oui	oui

Ce sont les arbres les plus hauts et les plus fournis en fruits que j'ai vus au cours de mes visites. Ceci est peut-être dû à l'état d'abandon des arbres qui, de ce fait, ne sont pas exploités ni taillés pour augmenter la production de feuilles. ce qui

inévitavelmente détruit les fleurs et donc les fruits et conduit, semble t-il, à préférer planter de nouveaux arbres plutôt que de laisser se développer les arbres au delà de quelques années. Il faut souligner à ce propos que les arbres vus ce jour

présentaient dans l'ensemble un feuillage moins développé que les jeunes arbres rencontrés précédemment.

On a un peu le sentiment en voyant ces arbres que la floraison et/ou la fructification en abondance limite(nt) la production de feuilles.

Parmi les nombreuses gousses portées par ces arbres une part importante étaient déjà d'un gris foncé, sèches et ouvertes tout en restant encore sur l'arbre. Un prélèvement de quelques unes a montré des graines pour la plupart rabougries, l'intérieur de la gousse présentant un aspect de moisissure couleur noirâtre tout en étant sec.

Visites ultérieures sur les mêmes sites

Je suis retourné plusieurs fois sur ces sites. J'ai en particulier marqué une cinquantaine d'arbres dont il a été convenu que l'arrachage des feuilles cesserait afin de permettre la fructification et l'achat de ces fruits pour les besoins des essais prévus. Lors de visites effectuées près d'un mois après celles qui sont rapportées plus haut j'ai pu constater, bien que l'arrachage des feuilles n'ait pas été complètement interrompu, parmi les arbres qui à mi Décembre ne présentaient aucun fruit et relativement peu de fleurs, une bonne partie avait déjà... des gousses toutes jeunes, d'une longueur proche de celle qu'on observe à maturité mais d'une largeur encore très faible.

Essais de floculation chez les maraîchers (13 Décembre 92)

L'essai avait été convenu à la demande de la personne interrogée deux jours plus tôt et qui était intéressée de voir l'effet de la graine de Moringa. Elle n'avait jamais entendu de cette propriété du Moringa.

L'essai a été fait avec des graines apportées par la personne, en provenance d'un arbre de la cour de sa maison, arbre dont elle dit ne pas cueillir les feuilles et qui produirait "trop" de fruits.

J'ai pris trois graines dont nous avons mis à nu les amandes que j'ai pilées avec une pièce métallique trouvée sur place sur un couvercle de Nescafé. J'ai obtenu une sorte de pâte grossière et huileuse que j'ai ajoutée dans un litre d'une eau préparée

artificiellement. L'eau du puits n'étant effectivement que peu trouble, je craignais qu'elle le soit trop peu pour que l'essai soit probant. essai que je n'avais jamais pratiqué et que je savais, selon les expériences de Mme Jahn, plus difficile avec de l'eau faiblement trouble.

Dès l'introduction de la pâte de Moringa dans l'eau brunâtre, j'ai remué, avec le manche d'une cuillère en bois assez rapidement pendant deux minutes environ puis pendant dix minutes de manière plus lente mais aussi régulière que possible.

Au bout de trois quarts d'heure, après la fin de l'agitation, l'eau surnageant était déjà plus claire que l'eau du puits.

ANNEXE 4
DOCUMENTATION SUR LE MORINGA

INSTITUT FRANÇAIS D'AFRIQUE NOIRE

ICONES PLANTARUM
AFRICANARUM

Fascicule I

N° 2

MORINGA PTERYGOSPERMA GAERTN.

(MORINGACÉES)

DESSIN DE M.-A. DEVILLERS

TEXTE DE R. SCHNELL



IFAN-DAKAR

1953



MORINGA PTERYGOSPERMA GAERTN. 1791

DIAGNOSE : Petit arbre (4-8 m.), à écorce claire. Feuilles longues de 30 à 70 cm., bi- ou plus souvent tripennées; à folioles opposées, au nombre de 5 paires environ, — plus une terminale un peu plus grande, — elliptiques, ovées ou obovées, arrondies au sommet et souvent à la base, glauques en dessous, très légèrement pubescentes, à nervures secondaires peu visibles, à pétioles courts, grêles, articulés. Fleurs blanches, très odorantes, en panicule. Bractées linéaires, bien plus courtes que les pédicelles. Calice finement pubescent, à tube campanulé, court, à 5 lobes plus longs que le tube. Pétales libres, mégaux (les supérieurs un peu plus petits), plus ou moins spatulés, blancs, avec une tache jaune à la base, un peu plus longs que le calice. 5 étamines, insérées sur le bord du disque, alternant avec 5 staminodes; filets velus; anthères dorsifixes, uniloculaires, introrses. Ovaire stipité, velu, tricarpellé, uniloculaire. Ovules nombreux, anatropes, bisériés sur trois placentas pariétaux. Style terminal grêle, courbé, tronqué au sommet. Capsule allongée, de 20-40 cm. de longueur, pendante, à 9 côtes, s'ouvrant en 3 valves. Graines nombreuses, arrondies-trigones, généralement avec 3 ailes aux angles.

DISTRIBUTION : Originnaire des régions arides de l'Inde et de l'Arabie. Introduit dans les régions tropicales du monde entier. Cultivé dans les régions semi-arides de l'Afrique tropicale; assez commun autour des lieux habités.

REMARQUES : Feuilles jeunes, fleurs, fruits jeunes et graines comestibles. Racines vésicantes. Propriétés antiscorbutiques (présence d'acide ascorbique). Graine renfermant une huile. La plante contient une substance antibiotique, la *ptérygospermine* (KERHARO et BOUQUET, *Pl. méd. et tox. de la Côte d'Ivoire-Haute-Volta*, 1950, p. 30).

BIBLIOGRAPHIE : GAERTNER, *De Fructibus et Seminibus Plantarum*, II. 1791, p. 314. — *F.T.A.*, I, 1868, p. 101. — CHEVALIER, *Fl. viv. A. O. F.*, I, 1938, p. 194. — *P.W.T.A.*, I, 1, 1927, p. 90, fig. 28. — AUBREVILLE, *Fl. Soudan.*, 1950, p. 56, pl. 6.

LEGENDE DE LA PLANCHE : 1: fleur. — 2: dissection de la fleur. — 3: fruit. — 4: graine (luce et profil).

ANNEXE 5

PROJET DE RECHERCHE ELABORE PAR G.L. OUEDRAOGO DU CNSF

DESCRIPTION DE PROJET

SERVICE DU CENTRE: AMELIORATION DU MATERIEL VEGETAL

TITRE DU PROJET: SYLVICULTURE ET AMELIORATION DE LA PRODUCTION
FRUITIERE CHEZ MORINGA OLEIFERA AU BURKINA FASO

NUMERO DU PROJET:

CHEF DE PROJET: Lambert Georges OUEDRAOGO

DUREE DU PROJET: QUATRE ANNEES

SOURCE DE FINANCEMENT:

A PROBLEMATIQUE

1- Au Burkina Faso, *Moringa oleifera* est une essence exotique essentiellement cultivée pour ses feuilles. Quelquefois appelée "Arbre du paradis" ses feuilles entrent dans la composition de plusieurs mets.

2- Aussi pour assurer une meilleure production de feuilles l'espèce est cultivée dans des jardins maraichers surtout là où les eaux ménagères sont jetées.

3- Cependant, le comportement de l'espèce au Burkina reste peu, sinon, non maîtrisé en particulier dans des conditions naturelles de culture.

4- D'autres emplois telle l'utilisation du principe flocculant contenu dans les graines de *Moringa oleifera* pour clarifier l'eau peuvent également être valorisées.

5- Mais ici également ni les méthodes de conservations des semences, ni l'utilisation des graines pour clarifier l'eau, ni même la production fruitière ne sont bien connues.

B BUT

1- La promotion de l'espèce pour sa culture à une échelle plus grande, c'est à dire une plus grande utilisation de l'espèce dans les projets de plantations.

2- Accroître la production foliaire notamment assurer une production soutenue des feuilles durant toute l'année.

3- Ceci passe par une maîtrise du comportement de l'espèce sur différentes conditions de milieu et en fonction de différents traitements sylvicoles.

4- Améliorer la production fruitière et mettre au point des techniques simples de conservation des graines afin que celles-ci gardent leur pouvoir germinatif et leur principe floculant.

C MOTIVATION

Moringa oleifera est une espèce commune des régions humides et semi-arides d'Afrique, des Iles Comores et Mascareignes, d'Amérique centrale et australe et d'Asie. La graine possède un pouvoir de clarification des eaux. Les feuilles entre directement dans l'assaisonnement des mets. Les produits (feuilles et gaines), excellent fourrage ne s'attisent plus les besoins domestiques en milieu rural. La graine germe bien et l'arbre semble suffisamment plastique pour pousser sur la majeure partie des conditions écologiques du Burkina. Il peut être planté en pied isolé dans les champs. Par conséquent l'espèce est intéressante pour les activités de foresterie, de pastoralisme et d'agriculture (agro-sylvo-pastoralisme). De plus l'espèce semble bien connue et adoptée par les populations.

D METHODE DE TRAVAIL

RECHERCHES EN SYLVICULTURE

Techniques de production	Etude techniques d'émondage
Technique de semis direct	Etude de l'écartement
Technique de plantation	Etude apport en engrais
Etude de la croissance	Etude apport de fumure
Etude de la phénologie	Etude de plantation irriguée
et de la reproduction	Etude des écotypes

RECHERCHE EN AMELIORATION GENETIQUE

Sélection de provenances	Etude adaptabilité et plasticité
Sélection d'arbres mères	Etude comparative de provenances
Tests de descendances	Etude comparative de familles
Vergers à graines	Etude comparative de clones
	Etude des systèmes de reproduction et de l'héritabilité

RECHERCHE EN CONSERVATION

Plantation conservatoire	Essais de conservation ex-situ
Conservation de semences	Mise au point de techniques de conservation du pouvoir germinatif et du principe flocculant de graines
Conservation du principe flocculant des graines	

E MATERIEL DE TRAVAIL

Semences de provenances nationales disponibles à la chambre froide du CNSF.

<u>No lot</u>	<u>Provenances</u>
1369	Bobo - Dioulasso
1387	Fada N' Gourma
1409	Gonsé

1418

Banfora

1548

Orodara

Les recherches en amélioration nécessiteront des commandes de semences des provenances aussi bien de la sous-région que l'aire naturelle de l'espèce.

Les essais seront conduits:

- * au laboratoire de semences du CNSF,
- * à la pépinière expérimentale du CNSF,
- * dans divers milieux de conservation,
- * au niveau des stations expérimentales de Dori, Kaya, Fada, Gonsé et Dinderesso,
- * dans les périmètres maraîchers du Lac Dem (Kaya) à la vallée du Kou, etc....
- * dans des laboratoires spécialisées extérieurs.

F RAPPORTAGE

- Résultat de la prospection et sélection des provenances 1ere année
- Rapport sur l'analyse des essais 2 ans après la mise en place.
- Evaluation de toutes les études entreprises à la 4^{ème} année

G DUREE PAR CADRE

	AN1	AN2	AN3	AN4
OUEDRAOGO L. Georges	20	20	15	15
SAWADOGO Oumarou	30	20	10	10
Technicien supérieur	50	50	20	20

H DESCRIPTION DU MATERIEL A UTILISER

- Semences + pots plastiques + arrosoirs
- Boutures + bacs de bouturage
- Engrais NPK + fumure + zones irriguées

- Matériels de plantation
- Bocaux + sachets plastiques
- Matériel de bureau

I COUTS

Investissement	200.000x2 + 150.000x2 =	700.000FCFA
Fonctionnement	500.000x2 + 300.000x2 =	1.600.000FCFA
Frais de personnel	50.000x48 + 1048x1000HJx4 =	6.592.000FCFA
Exploit/Entretien	50.000x4 + 200.000x3 =	800.000FCFA
Frais divers	50.000x4 =	200.000FCFA
Séminaire extérieur	600.000x1 =	600.000FCFA
TOTAL	=	<u>10.492.000FCFA</u>

J COLLABORATION

INTERNE

Service Pépinière et régénération

|| Physiologie

|| Diffusion et production

EXTERIEUR

IRBET - CIRAD

IUFRO-DANIDA.

JARDIN BOTANIQUE DE MASCARIN

ANNEXE 6

PROJET ELABORE PAR LES PARTICIPANTS AU SEMINAIRE DE OUAGADOUGOU EN 1990

ANNEXE 6

PROJET ELABORE PAR LES PARTICIPANTS AU SEMINAIRE DE OUAGADOUGOU EN 1990

(Extrait du document de R. Pasch)

GTZ	SCHEMA DE PLANIFICATION DE PROJET S P P	DESIGNATION DU PROJET: PROGRAMME "MORINGA" NO. DU PROJET: DUREE PREVUE: 2 X 2 ANS = 4 ANS		DATE D'ETA-BLISSEMENT DU SPP: 11 OCT.90
DESCRIPTION SOMMAIRE		INDICATEURS OBJECTIVEMENT VERIFIABLES	SOURCES DE VERIFICATION	SUPPOSITIONS IMPORTANTES
<p><u>Objectif Global</u></p> <p>UTILISATION OPTIMALE D'UNE PLANTE A USAGE MULTIPLES, A DES FINS VARIEES (TRAITEMENT DES EAUX, ALIMENTATION, LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION)</p>				<ul style="list-style-type: none"> -contribution à la lutte contre la désertification -les importations de sulfate d'alumine sont réduites -les revenus des paysans, en particulier des femmes, sont augmentés -les paysans sont sensibilisés et formés aux techniques culturales
<p><u>Objectif du Projet</u></p> <p>MORINGA INTGRE DANS LE SYSTEME AGRO-FORESTIER ET COMMERCIAL</p>				<ul style="list-style-type: none"> -graines de Moringa sont disponibles -meilleure connaissance des qualités de la plante acquise par la population
<p><u>Résultats</u></p> <p>1. FLOCCULATION PAR MORINGA EST UNE NOUVELLE ALTERNATIVE DANS LE TRAITEMENT DES EAUX</p>		<ul style="list-style-type: none"> -rapport d'expérimentat. disponible pour la 1ère station pilote 4 mois après le début des essais -publication décrivant le prototype envisagé disponible pour le séminaire de Bamako en mars 1991 -publication décrivant les résultats des 1ers essais 4 mois après les essais -taux d'utilisation des graines de Moringa dans la flocculation en milieu rural -comparaison des rapports coût/efficacité concernant le Moringa et le sulfate d'alumine après chaque phase d'essai en 	<ul style="list-style-type: none"> -rapport CIEH sur les 1ers essais 4 mois après leurs débuts -rapport trimestriel CIEH avec commentaires GTZ -rapport CIEH sur la 1ère année d'ess., 13 mois après le début du programme -rapport CIEH sur la 2ème année d'expérimentation, 25 mois après le début du programme 	<p>pour les résultats 1 à 5</p> <ul style="list-style-type: none"> -la plantation de Moringa est rentable pour le paysan -les négociants sont acheteurs d'huile de Moringa -l'achat des graines de Moringa en quantité rentable est assuré par les distributeurs d'eau et autres utilisateurs -les graines de Moringa sont disponibles en quantité suffisante toute l'année <p align="right">(cont.)</p>

GTZ	SCHEMA DE PLANIFICATION DE PROJET S P P	DESIGNATION DU PROJET: PROGRAMME "MORINGA" NO. DU PROJET: DUREE PREVUE: 2 X 2 ANS - 4 ANS	DATE D'ETA- BLISSEMENT DU SPP: 11 OCT.90
DESCRIPTION SOMMAIRE		INDICATEURS OBJECTIVEMENT VERIFIABLES	SOURCES DE VERIFICATION
(cont.)		faveur du Moringa	
2. LES USAGES TRADITIONNELS DU MORINGA ET LES POSSI- BILITES DE VULGARISER CES SAVOIRS SONT CONNUS	<ul style="list-style-type: none"> -premier rapport précise: <ul style="list-style-type: none"> *détermination des usages multiples du Moringa *meilleure compréhension de la place du Moringa dans les systèmes agraires *taux d'utilisation du Moringa/autres *quantification *dynamique etc. -taux de production et de consommation des dérivés du Moringa en milieu rural augmente de "X" % après la première année -taux du Moringa/autres plantes -taux d'utilisaiton des régions/autres 	<ul style="list-style-type: none"> -premier rapport d'enquête disponible à la fin de l'année 1 -2ans après le début du programme, le rapport et la publication relatifs aux études ethnobotaniques au Burkina Faso 	
3. TECHNIQUES CULTURALES SONT PERFORMANTES ET VULGARISABLES	<ul style="list-style-type: none"> -comparaison des différents taux de production en fonction des différents techniques utilisées en milieu rural 	<ul style="list-style-type: none"> -publication des premiers résultats bibliographiques après 6 mois d'enquête -après 2ans rapport évolutif pour la vulgarisation décrivant les techniques culturelles à mettre en oeuvre par le paysan pour réussir la culture du Moringa 	
4. DES VARIETES A HAUT RENDEMENT ET VULGARISA- BLES SONT SELECTIONNEES	<ul style="list-style-type: none"> -Gain de production par rapport à la variété témoin -comparaison des différents rendements suivant les protocols appliquée en milieu rural (après 3 ans de programme) -carte de distribution de Moringa au Burkina Faso (18 mois après le début du programme) 	<ul style="list-style-type: none"> -rapports annuels d'évaluation des essais en plantation 	

(cont.)

GTZ	SCHEMA DE PLANIFICATION DE PROJET S P P	DESIGNATION DU PROJET: PROGRAMME "MORINGA" NO. DU PROJET: DUREE PREVUE: 2 X 2 ANS = 4 ANS	DATE D'ETA- BLISSEMENT DU SPP: 11 OCT.90
DESCRIPTION SOMMAIRE	INDICATEURS OBJECTIVEMENT VERIFIABLES	SOURCES DE VERIFICATION	
(cont.)	-carte de peuplements en Afrique Occidentale 24 mois après le début du programme		
5. LE MARCHÉ DES PRODUITS DU MORINGA EST CONNU	-en prix, quantités, circuits etc.	-sur place -études	

ACTIVITES ET MOYENS

ACTIVITES		MOYENS
N°	Résultat:	
1.	FLOCCULATION PAR MORINGA EST UNE NOUVELLE ALTERNATIVE DE TRAITEMENT DES EAUX	
1.1	Expérimentation en station pilote avec graines et tourteaux	CIEH: 3 stations expérimentales: <ul style="list-style-type: none"> - 1 en zone sahélienne (Ouaga) - 1 en zone soudanaïenne (RNET) - 1 en zone forestière (SNEC, Cameroun ou Congo ou Gabon) 1 techn. par station suivi par le CIEH: ATIVON/CHUZEVILLE Première étape: 2x3 mois sur une année <ul style="list-style-type: none"> - graines (en CFA?) - tourteaux Deuxième étape: si résultat positif (expérimentation sur une année complète) Budget: 1ère étape: 483.000 FF + 20% imprévus 2ème étape: KAST: sur 3 ans: 15 Mio CFA pour activités 1.4, 2.2, 4.1.2 CIEH: (1.1) 2 ans d'expérimentation sur 3 stations 1.149.000 FF <ul style="list-style-type: none"> - année 1: 2x3 mois <li style="padding-left: 40px;">= 6 mois : 543 KF année 2: 12 mois : 606 KF Etude (1.3) 40.000 FF 1.189.000 FF + Imprévus 111.000 FF 1.300.000 FF
1.2	Expérimentation à l'échelle scolaire et collective	
1.3	Conception des appareils de préparation du produit et d'injection	
1.4	Durée de vie, efficacité, principes actifs sous les différentes formes (graines, tourteaux, etc.)	
1.5	Etude des possibilités de substitution des flocculants traditionnels par des produits à base de Moringa	
	Remarque: Si les premiers résultats positifs expérimentation avec extraits de principes actifs	

ACTIVITES		MOYENS	
N°			
		Budget pour 2 années supplémentaires en cas de succès du premier programme + Imprévus	1.200.000 FF <u>200.000 FF</u> 1.400.000 FF
		Coordination de l'ensemble du programme CIEH	<u>390.000 FF</u>
2.	<u>Résultat:</u> LES USAGES TRADITIONNELS DU MORINGA ET DES POSSIBILITES DE VULGARISER CES SAVOIRS SONT CONNUS		
2.1	Enquêtes ethnobotaniques	Propage (2.1) par pays	30 KFF
2.1.1	Origine de la plante et mode d'acquisition (-bouture, -graine)	IRNEF (2 ans)	80 KFF
2.1.2	Place du Moringa dans le cycle agricole	EAST (2.2) (sur budget résultat 1)	
2.1.3	Connaissances traditionnelles sur les préférences écologiques et biologiques		
2.1.4	Utilisation de la plante - parties utilisées - formes de transformation - utilisation: aliment, médecin, etc.		
2.1.5	Croyances liées à la plante (aspect culturels)		
2.1.6	Etablissement d'un questionnaire guide pour l'enquête ethnobotanique		
2.2	Etude de l'acceptabilité de l'utilisation du Moringa en milieu rural dans les provinces du Sanguilé et du Bulkiendé		
3.	<u>Résultat:</u> TECHNIQUES CULTURALES SONT PERFORMANTES ET VULGARISABLES		

ACTIVITES		MOYENS
N°		
3.1	Recensement d'informations sur les cultures de Moringa	Propage (3.1.1) 25 KFF (3.1.2) 3 missions (Inde, Ethiopie, Guatemala) 183 KFF achat graines + transport 20 KFF
3.1.1	Etudes bibliographiques	
3.1.2	Enquêtes	IRDEF (3.2) pour 4 ans 140 KFF/an = 560 KFF
3.2	Expérimentation agronomique	
3.2.1	En station: mise au point des techniques de gestion de la plante (tailles, élagages engrais, irrigation etc.)	EAST (3.2.4) (sur budget résultat 1) CNSF (3.3) 10 KFF/an, pour 4 ans = 40 KFF
3.2.2	En station: recherche de techniques performantes de mise en place (densité, trouaison)	
3.2.3	Milieu paysan: mise au point de techniques culturales en milieu paysan	
3.2.4	Application des protocoles mis au point par la recherche en milieu rural dans les provinces de Sanguilé et du Bulkiendé	
3.3	Mise au point de techniques de conservation des qualités des graines de Moringa	
3.3.1	Conservation du pouvoir germinatif	
3.3.2	Conservation du principe actif	
4.	Résultat: DES VARIETES A HAUT RENDEMENT ET VULGARISABLES SONT SELECTIONNEES	
4.1	Expérimentations pour sélection de matériel végétal a) pour stations b) pour milieu rural	CNSF (4.1) 50 KFF/an, pour 4 ans = 200 KFF IRDEF (4.1.1) 140 KFF/an, pour 4 ans = 560 KFF
4.1.1	Evaluation du matériel végétal - répartition géographique - variabilité (enquêtes, étude, bibliographique)	(CNSF -Burkina (4.1.2): pour 1 mois de prospection au Burkina) 70 KFF - avec cartographie CILIS pour 5/6 pays 50 KFF

ACTIVITES		MOYENS
N°		IASY (4.1.b) (sur budget resultat 1)
4.1.2	Prospection - espèces - écotypes - cloues Remarque: Des recherches adéquates 4.1.a) en zone humide ne seront entreprises que si les résultats des activités de résultat N° 1 sont positifs. L'institut reste à déterminer - budget à prévoir environ	300 KFF
5.	<u>Résultat:</u> LE MARCHÉ DES PRODUITS DU MORINGA EST CONNU	
5.1	Etude de marché des graines de Moringa	CIEH (5.1.) (peut être réalisé par le CIEH après l'atteinte des résultats 1,2,3,4)
5.2	Etude du marché actuel et potentiel de l'huile de Moringa	Propage (5.2) peut faire une pré-prospection des négociants en huile (alimentaire, essentielles)
5.3	Etude de marché des autres produits de Moringa	25 KFF (5.3) ne peut être estimé qu'après atteinte des résultats 1 à 4







—

—

—

—

—

—

—
—
—
—

