

**BULLETIN DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DU BENIN**

*Numéro 59-Mars 2008*



**INSTITUT NATIONAL DES RECHERCHES AGRICOLES DU BENIN**

**01 B.P. 884 Recette Principale Cotonou**

**BÉNIN**

**Dépôt légal N° 3815 du 04/08/2008, 3<sup>ème</sup> trimestre 2008, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin**

**ISSN 1025-2355**

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin  
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin  
01 B.P. 884 Recette Principale  
Tél. : (229) 21 30 02 64 /21 35 00 70 - Fax : (229) 21 30 07 36  
E-mail: inrabd4@bow.intnet.bj/craagonkanmey@yahoo.fr/brabinrab@yahoo.fr  
Cotonou 01 – République du Bénin

## Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier du Cayor ( <i>Neocarya macrophylla</i> ) au Niger <b>A. Balla, M. Baragé, M. Larwanou &amp; T. Adam</b>	1
Influence du système mucuna-maïs sur le bilan de l'azote sur un plateau de sol ferrallitique au Sud-Bénin <b>H. Azontondé &amp; G. Kpagbin</b>	9
Evaluation de l'efficacité des Champs Ecoles Paysans dans le renforcement de capacité de production des agriculteurs de niébé au Bénin <b>B. J. Gbaguidi, O. Coulibaly &amp; A. Adégbidi</b>	23
Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klou au Centre-Bénin: Contribution à la gestion durable des ressources en eau <b>L. O. Sintondji, H. R. Awoye &amp; K. E. Agbossou</b>	35
Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname <b>M. M. Dédédji, R. Ahouansou &amp; D. J. Hounhouigan</b>	49
Production and traditional seed conservation of leafy vegetables in Benin rural areas <b>A. Dansi, A. Adjatin, H. Adoukonou-Sagbadja &amp; K. Akpagana</b>	59

Dépôt légal N°3815 du 04/08/2008, 3<sup>ème</sup> trimestre 2008, Bibliothèque National (BN) du Bénin

ISSN 1025-2355

## Informations générales

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) édité par l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) est un organe de publication créé pour offrir aux chercheurs béninois et étrangers un cadre pour la diffusion des résultats de leurs travaux de recherche. Il accepte des articles originaux de recherche et de synthèse, des contributions scientifiques, des articles de revue, des notes et fiches techniques, des études de cas, des résumés de thèse, des analyses bibliographiques, des revues de livres et des rapports de conférence relatifs à tous les domaines de l'agronomie et des sciences apparentées, ainsi qu'à toutes les disciplines du développement rural.

La publication du Bulletin est assurée par un comité de rédaction et de publication appuyés par un conseil scientifique qui réceptionne les articles et décide de l'opportunité de leur parution. Ce comité de rédaction et de publication est appuyé par des comités de lecture qui sont chargés d'apprécier le contenu technique des articles et de faire des suggestions aux auteurs afin d'assurer un niveau scientifique adéquat aux articles. La composition du comité de lecture dépend du sujet abordé par l'article proposé.

Rédigés en français ou en anglais, les articles doivent être assez informatifs avec un résumé présenté dans les deux langues, dans un style clair et concis. Une note d'indications aux auteurs est disponible dans chaque numéro et peut être obtenue sur demande adressée au comité de rédaction et de publication. Pour recevoir le bulletin de la recherche agronomique, il suffit de remplir la fiche d'abonnement et de l'envoyer au comité de rédaction avec les frais d'abonnement. La fiche d'abonnement peut être obtenue à la Direction Générale de l'INRAB, dans ses Centres de Recherches Agricoles ou à la page vii de tous les numéros.

BRAB publie quatre (4) numéros par an. Pour les auteurs, une contribution de vingt mille (20.000) FCFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal recevra gracieusement deux (2) exemplaires du numéro du BRAB contenant leurs articles et dix (10) tirés à part de leurs articles. Les exemplaires supplémentaires du BRAB seront à ses frais.

**Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin**

**01 BP: 884 Cotonou - Tél: (229) 21 30 02 64 / 21 35 00 70**

**inrabdg4@intnet.bj/craagonkanmey@yahoo.fr/brabinrab@yahoo.fr**

**Editeur :** Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

**Comité de Rédaction et de Publication :**

**Directeur de rédaction et de publication :** Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Maître de Recherche (CAMES)

**Secrétaire de rédaction et de publication :** MSc. Ir. KPERA-MAMA SIKA G. Nathalie

**Membres :** Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU, Maître de Recherche (CAMES), Dr Olorounto Delphin KOUDANDE, Chargé de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE, Chargé de Recherche (CAMES)

**Conseil Scientifique :** Prof. Dr. Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Prof. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Prof. Dr. Ir. Nestor SOKPON (Sciences Forestières, Bénin), Prof. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUIGAN, (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Prof. Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Prof. Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Prof. Dr. Ir. Jean T. Claude CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Prof. Dr. Ir. Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Prof. Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Prof. Dr. Ir. Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr. Ir. Guy Apollinaire MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr. Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr. Olorounto Delphin KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr. Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Socio-économie, Allemagne), Dr. Ir. André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir. Hessou Anasthase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr. Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Sénégal), Dr Ir. Pascal FANDOHAN (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Kakaï Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Dr. Ir. Adolphe ADJANOHOOUN (Agroforesterie, Bénin), Dr. Ir. Marcellin EHOINSOU (Zootechnie, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Dr. Ir. Luc O. SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent Joseph MAMA (Foresterie, SIG, Sénégal)

**Comité de lecture :** Les lecteurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

## Indications aux auteurs

### Types de contributions et aspects généraux

Le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) accepte des articles scientifiques, des articles de synthèse, des résumés de thèse de doctorat, des analyses bibliographiques, des notes et des fiches techniques, des revues de livres, des rapports de conférences, d'ateliers et de séminaires, des articles originaux de recherche et de synthèse, puis des études de cas sur des aspects agronomiques et des sciences apparentées produits par des scientifiques béninois ou étrangers. La responsabilité du contenu des articles incombe entièrement à l'auteur.

### Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés en trois (3) exemplaires au comité de rédaction et de publication de la Recherche Agronomique (voir adresse à la page précédente). Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). Ils doivent être accompagnés d'un CD contenant l'article saisi sous Winword ou Word 97-2003. L'auteur doit fournir des fichiers de tableaux et de figures en dehors du texte. Les figures doivent être en blanc noir et réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. Les illustrations seront saisies sur l'ordinateur et imprimées en Laser. Les photos doivent être suffisamment contrastées. Les articles sont soumis par le comité de rédaction à des lecteurs, spécialistes du domaine. Pour qu'un article soit accepté par le comité de rédaction, il doit respecter certaines normes d'édition et règles de présentation et d'écriture. Ne pas oublier que les trois (3) **qualités fondamentales d'un article scientifique** sont la **précision** (supprimer les adjectifs et adverbes creux), la **clarté** (phrases courtes, mots simples, répétition des mots à éviter, phrases actives, ordre logique) et la **brièveté** (supprimer les expressions creuses).

### Titre

On doit y retrouver l'information principale de l'article et l'objet principal de la recherche. Le titre doit contenir 6 à 10 mots (22 mots au maximum ou 100 caractères et espaces) en position forte, décrivant le contenu de l'article, assez informatifs, descriptifs, précis et concis. Il comporte les mots de l'index *Medicus* pour faciliter la recherche sur le plan mondial. Il est recommandé d'utiliser des sous-titres courts et expressifs pour subdiviser les sections longues du texte. Ils doivent être écrits en minuscules, à part la première lettre et non soulignés. Toutefois, il faut éviter de multiplier les sous-titres. Le titre doit être suivi par les prénoms et noms, puis les adresses complètes (structure, BP, Tél., e-mail, etc.) des auteurs. Il ne faut retenir que les noms des chercheurs et autres ayant effectivement participé au programme et à la rédaction de l'article. L'auteur principal est celui qui a assuré la direction de la recherche et le plus en mesure d'assumer la responsabilité de l'article.

### Résumé

Un bref résumé dans la langue de l'article est nécessaire. Ce résumé doit être précédé d'un résumé détaillé dans la seconde langue (français ou anglais selon le cas) et le titre sera traduit dans cette seconde langue. Le résumé est : un compte rendu succinct ; une représentation précise et abrégée ; une vitrine de plusieurs mois de dur labeur ; une compression en volume plus réduit de l'ensemble des idées développées dans un document ; etc. Il doit contenir l'essentiel en un seul paragraphe de 200 à 350 mots. Un bon résumé a besoin d'une bonne structuration. La structure apporte non seulement de la force à un résumé mais aussi de l'élégance. Il faut absolument éviter d'enrober le lecteur dans un amalgame de mots juxtaposés les uns après les autres et sans ordre ni structure logique. Un résumé doit contenir essentiellement : une courte **Introduction (Contexte)**, un **Objectif**, la **Méthodologie** de collecte et d'analyse des données (**Type d'étude, Echantillonnage, Variables et Outils statistiques**), les principaux **Résultats** obtenus en 150 mots (**Résultats importants et nouveaux pour la science**), une courte discussion et une Conclusion (**Implications de l'étude en termes de généralisation et de perspectives de recherches**). La sagesse recommande d'être efficacement économe et d'utiliser des mots justes pour dire l'essentiel.

### Mots-clés

Les mots clés suivront chaque résumé et l'auteur retiendra 3 à 5 mots qu'il considère les plus descriptifs de l'article. On doit retrouver le pays (ou la région), la problématique ou l'espèce étudiée, la discipline et le domaine spécifique, la méthodologie, les résultats et les perspectives de recherche. Il est conseillé de choisir d'autres mots/groupes de mots autres que ceux contenus dans le titre.

## Texte

Tous les articles originaux doivent être structurés de la manière suivante : Introduction, Matériel et Méthodes, Résultats, Discussion/Résultats et Discussion, Conclusion, Remerciements (si nécessaire) et Références bibliographiques. Le texte doit être rédigé dans un langage simple et compréhensible.

## Introduction

L'introduction c'est pour persuader le lecteur de l'importance du thème et de la justification des objectifs de recherche. Elle motive et justifie la recherche en apportant le background nécessaire, en expliquant la rationalité de l'étude et en exposant clairement l'objectif et les approches. Elle fait le point des recherches antérieures sur le sujet avec des citations et références pertinentes. Elle pose clairement la problématique avec des citations scientifiques les plus récentes et les plus pertinentes, l'hypothèse de travail, l'approche générale suivie, le principe méthodologique choisi. L'introduction annonce le(s) objectif(s) du travail ou les principaux résultats. Elle doit avoir la forme d'un entonnoir (du général au spécifique).

## Matériel et méthodes

Il faut présenter si possible selon la discipline le **milieu d'étude** ou **cadre de l'étude** et indiquer le lien entre le milieu physique et le thème. **La méthodologie d'étude** permet de baliser la discussion sur les résultats en renseignant sur la validité des réponses apportées par l'étude aux questions formulées en introduction. Il faut énoncer les méthodes sans grands détails et faire un extrait des principales utilisées. L'importance est de décrire les protocoles expérimentaux et le matériel utilisé, et de préciser la taille de l'échantillon, le dispositif expérimental, les logiciels utilisés et les analyses statistiques effectuées. Il faut donner toutes les informations permettant d'évaluer, voire de répéter l'essai, les calculs et les observations. Pour le matériel, seront indiquées toutes les caractéristiques scientifiques comme le genre, l'espèce, la variété, la classe des sols, etc., ainsi que la provenance, les quantités, le mode de préparation, etc. Pour les méthodes, on indiquera le nom des dispositifs expérimentaux et des analyses statistiques si elles sont bien connues. Les techniques peu répandues ou nouvelles doivent être décrites ou bien on en précisera les références bibliographiques. Toute modification par rapport aux protocoles courants sera naturellement indiquée.

## Résultats

Le texte, les tableaux et les figures doivent être complémentaires et non répétitifs. Les tableaux présenteront un ensemble de valeurs numériques, les figures illustrent une tendance et le texte met en évidence les données les plus significatives, les valeurs optimales, moyennes ou négatives, les corrélations, etc. On fera mention, si nécessaire, des sources d'erreur. La règle fondamentale ou règle cardinale du témoignage scientifique suivie dans la présentation des résultats est de donner tous les faits se rapportant à la question de recherche concordant ou non avec le point de vue du scientifique et d'indiquer les relations imprévues pouvant faire de l'article un sujet plus original que l'hypothèse initiale. Il ne faut jamais entremêler des descriptions méthodologiques ou des interprétations avec les résultats. Il faut indiquer toujours le niveau de signification statistique de tout résultat. Tous les aspects de l'interprétation doivent être présents. Pour l'interprétation des résultats il faut tirer les conclusions propres après l'analyse des résultats. Les résultats négatifs sont aussi intéressants en recherche que les résultats positifs. Il faut confirmer ou infirmer ici les hypothèses de recherches.

## Discussion

C'est l'établissement d'un pont entre l'interprétation des résultats et les travaux antérieurs. C'est la recherche de biais. C'est l'intégration des nouvelles connaissances tant théoriques que pratiques dans le domaine étudié et la différence de celles déjà existantes. Il faut éviter le piège de mettre trop en évidence les travaux antérieurs par rapport aux résultats propres. Les résultats obtenus doivent être interprétés en fonction des éléments indiqués en introduction (hypothèses posées, résultats des recherches antérieures, objectifs). Il faut discuter ses propres résultats et les comparer à des résultats de la littérature scientifique. En d'autres termes c'est de faire les relations avec les travaux antérieurs. Il est nécessaire de dégager les implications théoriques et pratiques, puis d'identifier les besoins futurs de recherche. Au besoin, résultats et discussion peuvent aller de pair.

## Résultats et Discussion

En optant pour **résultats et discussions** alors les deux vont de pair au fur et à mesure. Ainsi, il faut la discussion après la présentation et l'interprétation de chaque résultat. Tous les aspects de l'interprétation, du commentaire et de la discussion des résultats doivent être présents. Avec l'expérience, on y parvient assez aisément.

## Conclusion

Il faut une bonne et concise conclusion. Il ne faut jamais laisser les résultats orphelins mais il faut les couvrir avec une conclusion étendant les implications de l'étude et/ou les suggestions. Une conclusion ne comporte jamais de résultats ou d'interprétations nouvelles. On doit y faire ressortir de manière précise et succincte les faits saillants et les principaux résultats de l'article sans citation bibliographique. Elle fait l'état des limites et des faiblesses de l'étude (et non celles de l'instrumentation mentionnées dans la section de méthodologie). Elle suggère d'autres avenues et études permettant d'étendre les résultats ou d'avoir des applications intéressantes ou d'obtenir de meilleurs résultats. La conclusion n'est pas l'endroit pour présenter la synthèse des conclusions partielles du texte car c'est une des fonctions du résumé. Il faut retenir que la conclusion n'est pas un résumé de l'article.

## Références bibliographiques

Il existe deux normes internationales régulièrement mise à jour, la :

- **norme Harvard** : -i- West, J.M., Salm, R.V., 2003: Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, 17, 956-967. -ii- Pandolfi, J.M., R. H. Bradbury, E. Sala, T. P. Hughes, K. A. Bjorndal, R. G. Cooke, D. McArdle, L. McClenachan, M. J. H. Newman, G. Paredes, R. R. Warner, J. B. C. Jackson, 2003: Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301 (5635), 955-958.
- **norme Vancouver** : -i- WEST, J.M., SALM, R.V., (2003); Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conservation Biology*, vol. 17, pp. 956-967. -ii- PANDOLFI, J.M., et al., (2003); Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, vol. 301 N°5635, pp. 955-958.

Il ne faut pas mélanger les normes de présentation des références bibliographiques. En ce qui concerne le Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB), c'est la norme Harvard qui a été choisie. Les auteurs sont responsables de l'orthographe des noms cités dans les références bibliographiques. Il faut s'assurer que les références mentionnées dans le texte sont toutes reportées dans la liste des références et inversement. La bibliographie doit être présentée en ordre alphabétique conformément aux deux (2) exemples donnés ci-dessus comme suit : nom et initiales du prénom du 1<sup>er</sup> auteur, puis initiales du prénom et nom des autres auteurs ; année de publication (ajouter les lettres a, b, c, etc., si plusieurs publications sont citées du même auteur dans la même année) ; nom complet du journal ; numéro du volume en chiffre arabe, éditeur, ville, pays, première et dernière page de l'article. Dans le texte, les publications doivent être citées avec le nom de l'auteur et l'année de publication entre parenthèses de la manière suivante : Sinsin (1995) ou Sinsin et Assogbadjo (2002). Pour les références avec plus de deux auteurs, on cite seulement le premier suivi de « *et al.* » (mis pour *et alteri*), bien que dans la bibliographie tous les auteurs doivent être mentionnés : Sinsin *et al.* (2007). Les références d'autres sources que les journaux, par exemple les livres, devront inclure le nom de l'éditeur et le nom de la publication. Somme toute selon les ouvrages ou publications, les références bibliographiques seront présentées dans le BRAB de la manière suivante :

### Pour les revues :

- Adjanohoun, E., 1962 : Etude phytosociologique des savanes de la base Côte-d'Ivoire (savanes lagunaires). *Vegetatio*, 11, 1-38.
- Grönblad, R., G.A. Prowse, A. M. Scott, 1958: Sudanese Desmids. *Acta Bot. Fenn.*, 58, 1-82.
- Thomasson, K., 1965: Notes on algal vegetation of lake Kariba.. *Nova Acta R. Soc. Sc. Upsal.*, ser. 4, 19(1): 1-31.
- Poche, R. M., 1974a: Notes on the roan antelope (*Hippotragus equinus* (Desmarest)) in West Africa. *J. Applied Ecology*, 11, 963-968.
- Poche R. M., 1974b: Ecology of the African elephant (*Loxodonta a. africana*) in Niger, West Africa. *Mammalia*, 38, 567-580.

### Pour les contributions dans les livres :

- Whitton, B. A., Potts, M., 1982: Marine littoral: 515-542. In: Carr, N. G., Whitton, B. A., (eds), The biology of cyanobacteria. Oxford, Blackwell.
- Annerose, D., Cornaire, B., 1994 : Approche physiologique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées pour l'amélioration de la production en zones sèches: 137-150. In : Reyniers, F. N., Netoyo L. (eds.). Bilan hydrique agricole et sécheresse en Afrique tropicale. Ed. John Libbey Eurotext. Paris.

**Pour les livres :**

Zryd, J. P., 1988: Cultures des cellules, tissus et organes végétaux. Fondements théoriques et utilisations pratiques. Presses Polytechniques Romandes, Lausanne, Suisse.

Stuart, S.N., R. J. Adams, M. D. Jenkins, 1990: Biodiversity in sub-Saharan Africa and its islands. IUCN–The World Conservation Union, Gland, Switzerland.

**Pour les communications :**

Viera da Silva, J. B., A. W. Naylor, P. J. Kramer, 1974: Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves. Proceedings of Nat. Acad. Sc. USA, 3243-3247.

Lamachere, J. M., 1991 : Aptitude du ruissellement et de l'infiltration d'un sol sableux fin après sarclage. Actes de l'Atelier sur Soil water balance in the Sudano-Sahelian Zone. Niamey, Niger, IAHS n°199, 109-119.

**Pour les abstracts :**

Takaiwa, F., Tnifuji, S., 1979: RNA synthesis in embryo axes of germination pea seeds. Plant Cell Physiology abstracts, 1980, 4533.

**Thèse ou mémoire :**

Valero, M., 1987: Système de reproduction et fonctionnement des populations chez deux espèces de légumineuses du genre *Lathyrus*. PhD. Université des Sciences et Techniques, Lille, France, 310 p.

**Pour les sites web :**

<http://www.iucnredlist.org>, consulté le 06/07/2007 à 18 h. - <http://www.cites.org>, consulté le 12/07/2008 à 09 h.

**Equations et formules**

Les équations sont centrées, sur une seule ligne si possible. Si on s'y réfère dans le texte, un numéro d'identification est placé, entre crochets, à la fin de la ligne. Les fractions seront présentées sous la forme « 7/25 » ou « (a+b)/c ».

**Unités et conversion**

Seules les unités de mesure, les symboles et équations usuels du système international (SI) comme expliqués au chapitre 23 du Mémento de l'Agronome, seront acceptés.

**Abréviations**

Les abréviations internationales sont acceptées (OMS, DDT, etc.). Le développé des sigles des organisations devra être complet à la première citation avec le sigle en majuscule et entre parenthèses (FAO, RFA, IITA). Eviter les sigles reconnus localement et inconnus de la communauté scientifique. Citer complètement les organismes locaux.

**Nomenclature de pesticides, des noms d'espèces végétales et animales**

Les noms commerciaux seront écrits en lettres capitales, mais la première fois, ils doivent être suivis par le(s) nom(s) communs(s) des matières actives, tel que acceptés par « International Organization for Standardization (ISO) ». En l'absence du nom ISO, le nom chimique complet devra être donné. Dans la page de la première mention, la société d'origine peut être indiquée par une note en bas de la page, p.e. PALUDRINE (Proguanil). Les noms d'espèces animales et végétales seront indiqués en latin (genre, espèce) en italique, complètement à la première occurrence, puis en abrégé (exemple : *Oryza sativa* = *O. sativa*). Les auteurs des noms scientifiques seront cités seulement la première fois que l'on écrira ce nom scientifique dans le texte.

**Tableaux, figures et illustrations**

Chaque tableau (avec les colonnes rendus invisibles mais seules la première ligne et la dernière ligne sont visibles) ou figure doit avoir un titre. Les titres des tableaux seront écrits en haut de chaque tableau et ceux des figures/photographies seront écrits en bas des illustrations. Les titres et autres légendes seront écrits sur une feuille séparée avec les numéros correspondant aux tableaux de données et aux illustrations. Ces numéros seront écrits au crayon sur les originaux. Les tableaux et figures originaux seront envoyés avec deux photocopies. Seules les illustrations imprimées au laser seront acceptées dans le cas de celles dessinées à l'ordinateur, autrement, les illustrations seront faites sur du papier calque à l'encre de Chine. Seules les photographies en noir et blanc et de bonne qualité sont acceptées. Les places des tableaux et figures seront indiquées au crayon sur la marge. Les tableaux sont numérotés, appelés et commentés dans un ordre chronologique dans le texte. Ils présentent des données synthétiques. Les tableaux de données de base ne conviennent pas. Les figures doivent montrer à la lecture visuelle suffisamment d'informations compréhensibles sans recours au texte. Les figures sont en Excell, Havard, Lotus ou autre logiciel pour graphique sans grisés et sans relief. Il faudra fournir les données correspondant aux figures afin de pouvoir les reconstruire si nécessaire.

Bulletin d'abonnement N°.....

Nom :.....

Prénoms :.....

Organisme :.....

Adresse :.....

Ville :.....Pays :.....

désire souscrire.....abonnement(s) au Bulletin de la Recherche Agronomique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Date :.....Signature :.....

Paiement par (cocher la case) :

Chèque à l'ordre du CRA-Agonkanmey/INRAB

Virement à effectuer au compte bancaire du CRA-Agonkanmey/INRAB établi comme suit :

Nom :	CRA-AGONKANMEY/INRAB – 01 BP 884 RP – Cotonou - Bénin			
N° de compte bancaire :	Code bancaire	Position du code	Compte N°	RIB
	0062	01018	011720001108	66
Banque de paiement	ECOBANK - Agence Etoile - 01 BP 1280 Recette Principale – COTONOU - Bénin			
Swift code	ECOC BJ BJ			

Retourner ce bulletin accompagné de votre règlement à :

**CRA-Agonkanmey/INRAB**  
**01 B.P. 884 Recette Principale**  
**COTONOU 01 (République du Bénin)**

E-mail : [inrabdg4@bow.intnet.bj](mailto:inrabdg4@bow.intnet.bj) / [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr)

Tarifs pour un abonnement annuel donnant droit à 4 numéros + frais d'expédition par voie aérienne sauf Bénin :

Bénin :	Individu :	8.000 F CFA (# 12 euros)
	Institution :	16.000 F CFA (# 24 euros)
Hors du Bénin :	Individu :	30.000 F CFA (# 46 euros)
	Institution :	50.000 F CFA (# 77 euros)
Abonnement de soutien :		70.000 F CFA (# 107 euros)

## Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier du Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger

A. Balla<sup>1</sup>, M. Baragé<sup>2</sup>, M. Larwanou<sup>3</sup> et T. Adam<sup>4</sup>

### Résumé

Le pommier du Cayor, (*Neocarya macrophylla*) est une espèce forestière de la famille des Chrysobalanacées, très appréciée dans la région du Boboye au Niger. Cet arbre produit des fruits, appelés Gamsa en langue locale très consommés par les populations des zones de production et au-delà. Gamsa est d'une grande importance économique puisqu'il fait l'objet d'importantes transactions commerciales dans les régions de Dosso et de Niamey pendant la période de production (de décembre à février). Toutefois, la valorisation de ce fruit est limitée par son caractère très périssable à l'état frais. En effet, il est difficilement conservable à la température ambiante au-delà de 5 jours. Des études ont été initiées afin de prolonger la durée de conservation et de promouvoir la transformation de ce fruit. Malheureusement, le savoir-faire endogène n'a pas toujours fait l'objet d'une attention particulière de la part des chercheurs. Cette étude a pour objectif de mieux exploiter la connaissance du savoir-faire endogène dans la valorisation du Gamsa. La méthode utilisée repose sur une enquête dans les différentes zones de production, notamment dans le département de Boboye. Les résultats obtenus montrent que Gamsa occupe une grande place dans les zones de production. Cet arbre se présente en effet comme une source d'aliments, de revenus, de médicaments et de bois pour les populations locales. Par ailleurs, si les populations mettent en œuvre diverses stratégies de transformation du fruit, elles ne disposent d'aucune méthode de conservation. Les informations obtenues permettront de faire le point sur les technologies traditionnelles et d'envisager des voies de valorisation de ce fruit et surtout de contribuer à la régénération du Gamsa dans son écosystème naturel.

**Mots Clés :** Gamsa, transformation, conservation, savoir-faire, Niger.

## The Endogenous Know-how in the Valorisation of *Neocarya macrophylla* Fruits in Niger

### Abstract

*Neocarya macrophylla* from the chrysobalanaceae family is a tree species highly appreciated in the Boboye zone of Niger. It produces a fruit known as gamsa in local language. This fruit is highly appreciated and consumed locally and even abroad. Commercial transactions of the fruit occur in Boboye and Niamey areas and this activity gives cash money to rural populations, especially during the production period (from December to February). However, the valorisation of gamsa is hindered by its high perishable which causes important post-harvest losses due to lack of proper post-harvest handling. Few research studies were carried out on this issue while none investigation was done on the endogenous knowledge and know-how associated with the use of the tree and its derived products. The present paper aims for better exploitation of the Gamsa endogenous harvesting,

<sup>1</sup> Balla Abdourahamane, Maître de conférences CAMES, Doctorat en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique, option technologie agroalimentaire, CRESA de Niamey, Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Tel. (227) 20 31 59 42 ou (227) 96 27 10 44, E-mail : [goga@refer.ne](mailto:goga@refer.ne)

<sup>2</sup> Baragé Moussa, Maître assistant CAMES, Doctorat d'Université Polytechnique de Valencia, option Biotechnologie Végétale, Département des Productions végétales, Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Tel. (227) 20 31 59 42 ou (227) 96 98 17 07, E-mail : [mouba@refer.ne](mailto:mouba@refer.ne)

<sup>3</sup> Mahamane Larwanou, Doctorat de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, option Botanique, Ecologie forestière, Département de Génie rural, Eaux et Forêts, Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Tel. (227) 20 31 59 42 et (227) 96 97 34 42, [M.Larwanou@cgiar.org](mailto:M.Larwanou@cgiar.org)

<sup>4</sup> Adam Toudou, Maître de conférences, Doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger. Tel. (227) 20 31 59 42 ; Email : [atoudou@refer.ne](mailto:atoudou@refer.ne)

handling and marketing in Niger. Field surveys were conducted in different production zones in Boboye department. Results showed that Gamsa occupies an important place in the population daily life. This multipurpose tree species appears to be a source of feedstuffs, cash income, drugs and wood. While diverse strategies are developed by the population for the transformation of the Gamsa fruit but no real fruits conservation method was developed. Results of this study highlight the traditional know-how and bring out prospects for future works on valorisation and natural regeneration of Gamsa tree.

**Keywords:** Gamsa, transformation, Conservation, Know-how, Niger.

## Introduction

Le Pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla*), de la famille des chrysobalanacées, communément appelé Gamsa en langue locale, est un arbuste de 7 à 10 m de haut, à fût généralement court, branches tortueuses et cime ouverte. Ses feuilles sont alternes, ovales ou elliptiques, de 10-25 x 5-15 cm, coriaces duveteuses dessous (Photo 1). Le fruit est une drupe ellipsoïde, glabre, brune jaune, à surface verruqueuse grise, de 4-5 x 2,5-3,5 cm, à pulpe épaisse contenant un noyau dur (Bernus, 1980). Plante d'origine africaine, elle se répartit sur toutes les savanes côtières du Sénégal au Libéria, les savanes boisées au Sud du Niger et du Mali et au Nord du Nigeria. Elle est localement très connue (Bernus, 1980). C'est une plante des lisières ou bas-fonds soudaniens à sols sableux. Elle fleurit pendant presque toute l'année au Niger, mais en général plutôt en seconde partie de saison sèche (janvier à avril) (Chaumié, 1985)



**Photo 1. Plante de Pommier de Cayor ou Gamsa (*Neocarya macrophylla*) en végétation**

Cette plante fait aussi partie des espèces recensées dans la catégorie des plantes alimentaires spontanées par le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification du Niger (MHE/LD, 1998). Depuis plus d'une dizaine d'années, il n'existe pratiquement pas de régénération naturelle de cette espèce dans ces zones éco-géographiques du Niger (Marou *et al.*, 2002), à savoir les dallols Maouri et Bosso au sud-est nigérien (département de Matameye et Magaria). Les quelques pieds qui végètent encore dans ces zones sont actuellement dans la dernière phase de vieillissement. Les jeunes plants sont quasiment inexistantes dans les écosystèmes selon le dernier inventaire réalisé par le Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification du Niger en février 1998 (MHE/LD, 1998).

La réhabilitation de cette espèce menacée de disparition est donc nécessaire car s'inscrivant dans la logique de la politique du Niger en matière de sécurité alimentaire, de valorisation et de gestion des ressources naturelles pour un développement durable.

## **Méthodologie d'étude**

### **Zone d'enquête**

Cette étude a été réalisée au cours de la saison de production 2006 dans le département de Boboye (République du Niger). Compris entre 12°30' et 13°4 0' de Latitude Nord et 2°30' et 3° de Longitude Est, le département de Boboye couvre une superficie de 4423 km<sup>2</sup>. Le climat est de type sahélo soudanien au Sud et typiquement sahélien au Nord. Les températures varient de 16 °C (décembre-février) à 40 °C (avril-mai).

Le relief est composé de trois grands ensembles : les plateaux de Fakara au Nord-Ouest, s'élevant sur une altitude de 240 à 260 m, les plateaux de Zigui ou zone de glacis au modèle dunaire bordée à l'Est par une falaise latéritique et la vallée du dallol Bosso qui reçoit les eaux des plateaux, traversant le département sur une longueur de 170 km et une largeur de 10 à 20 km. La végétation est quant à elle caractérisée dans son ensemble par une savane de type soudano-sahélien dominée par des combrétacées, des acacias, etc. et un tapis graminéen discontinu sur les plateaux. La vallée du dallol est dominée par *Neocarya macrophylla*, *Borassus aethiopicum*, *Hyphaene thebaica*, etc. et un tapis associant graminées et légumineuses herbacées.

### **Outil d'investigation et enquête**

Une enquête basée sur un questionnaire élaboré selon la méthode d'interview semi structurée a été réalisée dans les différentes localités visitées (Kouringuel, Harikanassou, Birni Gaouré, Doubidana Foulan, Doubidana zarma). Le choix des localités est basé sur la présence de peuplements naturels de *N. macrophylla*. Dans chaque localité, un échantillon de 45 exploitants (sexes et catégories confondus) a été enquêté.

Les informations recueillies de ces enquêtes ont porté sur les connaissances générales de l'arbre, les différentes formes d'utilisations, la période de production, les utilisations et techniques traditionnelles de transformation des fruits, et les acteurs de la filière Gamsa.

Le dépouillement des fiches a été réalisé de façon manuelle par la technique du tri à plat.

## **Résultats et discussion**

### **Utilisations de l'arbre**

Au Niger, Gamsa est une plante qui fait l'objet de diverses utilisations par les populations autochtones. En effet, dans toutes les localités visitées, divers produits issus de cet arbre sont utilisés à des fins diverses (usage alimentaire, usage médicinal, usage du bois, etc.).

### **Usage alimentaire**

La pulpe du fruit (photo 2a) est sucrée et aromatisée. Elle est consommée crue ou sous forme de confitures localement élaborées. Les graines (photo 2b) ou amandes oléagineuses (pilosités à l'intérieur du noyau) sont utilisées soit pour l'extraction traditionnelle d'huile comestible, soit pour la consommation directe.

La pulpe nutritive peut être utilisée en période de disette comme aliment d'appoint. Le tourteau résiduel est utilisé comme condiment par les ménages.



Photos 2. Fruits (a) et amandes (b) du Pommier de Cayor

### Usage médicinal

Les écorces et les racines du Gamsa sont utilisées comme hémostatiques, antivenimeuses, contre la carie dentaire, les troubles respiratoires, la conjonctivite, la diarrhée, etc., par les populations locales. En plus de son importance alimentaire et médicinale, la tradition attribue au Gamsa de nombreux usages magico-religieux (talismans, charmes, ornements sacerdotaux, etc.).

### Usages du bois

Le bois issu du tronc et des branches est utilisé par les populations locales comme bois de chauffe surtout dans les zones de fort peuplement. Les jeunes branches et feuilles servent également comme fourrage aérien. En effet, les Malinké des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire font des usages multiples de fruits appartenant à diverses espèces sauvages, notamment le néré (*Parkia biglobosa*), le baobab (*Adansonia digitata*), le karité (*Vitellaria paradoxa*). Ces fruits peuvent être consommés crus ou après préparation (boisson fraîche, huile alimentaire, épice, etc.) (Ambee, 2001).

### Gamsa comme source de revenus

Une importante activité économique s'est développée autour du Gamsa dans le Boboye. Cette activité permet de générer d'importants revenus dont les bénéficiaires sont répartis entre les divers acteurs de la filière : collecteurs, vendeurs, grossistes, détaillants. L'ampleur de l'activité varie fortement selon les zones de production. A Kouringuel par exemple, les femmes ont déclaré des gains substantiels (tableau 1) liés à la vente du Gamsa. La commercialisation du Gamsa s'effectue principalement sur le marché de Birni Gaouré qui est le département administratif du Boboye et qui est placé sur la route nationale n°1 le reliant à la capitale Niamey. Les transactions se font généralement les jours de marché, entre des collectrices, grossistes et détaillants. Le tableau 1 donne un aperçu d'un compte d'exploitation mensuel de vendeuses de fruits de Gamsa par localité. L'analyse de ce tableau montre que l'exploitation du Gamsa est une activité économique rentable pour les femmes du Boboye bien qu'elles ne profitent pas en totalité des gains liés à cette activité. En effet, des contraintes limitent cette commercialisation : on peut citer une offre concentrée à une période de l'année (3 mois), une faible marge bénéficiaire pour les collectrices et une importante implication d'intermédiaires opportunistes. Néanmoins, cette activité de commercialisation des fruits de Gamsa présente quelques atouts : une demande importante des fruits, une importante production (en fonction des peuplements naturels) au niveau de la zone et également une grande opportunité d'exploitation de l'amande. Les amandes oléagineuses sont utilisées comme condiment par la population locale. La zone de Boboye constitue le principal site d'approvisionnement de la capitale Niamey et concentre la plus grande proportion du Gamsa vendue sur les marchés du Niger. A l'image du Gamsa dans la zone de Boboye, Ambee (2001) cite le *Vitellaria paradoxa* (le karité) parmi les plantes sauvages bien exploitées pour leur fruit dans les savanes guinéennes de Côte d'Ivoire.

Ses fruits entrent dans les ingrédients de la cuisine locale, ce qui lui vaut d'avoir un niveau d'exploitation élevé. Les produits dérivés (beurre de karité) font aussi l'objet d'un commerce très important (Ambee, 2001).

**Tableau 1. Compte d'exploitation mensuel (F CFA) d'une commerçante de Gamsa (valeur moyenne par localité)**

Désignation	Doubidana Foulan	Doubidana Zarma	Kouringuel	Grossiste Niamey
Prix d'achat du produit	-	-	-	96.000
Amortissement	1.085	-	915	-
Conditionnement	-	2.500	1.875	9.600
Transport	-	1.000	750	56.000
Main d'œuvre	1.000	MF	800	-
Total des charges	2.085	3.500	4.340	161.600
Produit	Avril-Mai	6.000	4.000	7.000
	Mars	8.000	8.000	8.500
Marge	Avril-Mai	3.915	500	2.660
	Mars	5.915	4.500	4.160

### **Périodes et technique de récoltes des fruits**

Le Gamsa fleurit pendant presque toute l'année au Niger, mais la floraison est beaucoup plus abondante en seconde partie de la saison sèche froide. La cueillette des fruits s'effectue de décembre à avril. Le pic de rentabilité, pour cette activité se situe en période froide au Niger (décembre à février). A partir du mois de mai, les fruits sont abandonnés aux animaux.

La récolte du Gamsa se fait essentiellement par cueillette ou ramassage des fruits. Elle est pratiquée par les jeunes hommes et les femmes qui se servent des sacs pour ramasser les fruits tombés au sol. A l'état sec, le fruit perd sa valeur commerciale, ce qui limite l'exploitation du Gamsa contrairement à certains fruits sauvages des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire comme le baobab (*Adansonia digitata*), le néré (*Parkia biglobosa*) ainsi que le tamarinier blanc (*Dialium guineense*) dont les fruits secs sont consommables et disponibles presque toute l'année sur les marchés locaux (Ambee, 2001).

### **Conservation et transformation des fruits**

- **Concassage des noix** : Il s'effectue à l'aide d'une hache sur laquelle on place la noix et avec un morceau de bois sec on applique une forte pression : la noix se fend et on obtient 2 amandes. Le rendement de concassage reste cependant très faible ; il est d'environ 2,5 kg par jour de travail. Les fragments de noix issus du concassage servent de combustible pour la suite des travaux de l'extraction.
- **Nettoyage** : C'est une opération qui consiste à débarrasser les amandes de multiples débris (pierres, feuilles, tiges etc.). Pour cela, les amandes sont étalées sur une natte et l'on procède au tri à la main jusqu'au dernier débris.
- **Torréfaction** : C'est une légère cuisson permettant de rompre l'étanchéité entre l'amande et le tégument séminal et faciliter les opérations qui suivent.
- **Dépelliculage** : Les amandes torréfiées sont légèrement concassées à l'aide de deux pierres. Pour séparer le tégument séminal des amandes, les graines concassées sont secouées en direction du vent à l'aide de deux Calebasses.
- **Broyage** : Les amandes ainsi obtenues sont mises dans de grandes tasses pour le transport au moulin. Le broyage au moulin permet d'obtenir une pâte jaunâtre peu consistante.

- **Premier pressurage :** La pâte ainsi obtenue est malaxée dans un grand mortier à l'aide d'un pilon en additionnant au fur et à mesure de l'eau chaude (1 litre d'eau pour une pâte de 5 kg d'amandes). Cette étape dure 30 à 45 minutes et permet d'obtenir l'huile de première pression. Au fur et à mesure que l'opération se poursuit, la pâte s'éclaircit et l'huile remonte en surface. La pâte plus consistante occupe ainsi le fond du mortier. A la fin de l'opération, les produits obtenus (huile et tourteau) sont séparés.
- **Deuxième pressurage :** Le tourteau issu de la première pression (pâte consistante) est de nouveau pressé à la main en des boulettes pour extraire l'huile résiduelle; ensuite ces boulettes de tourteau sont torrifiées dans l'huile obtenue à l'aide d'une casserole. L'extraction prend fin lorsque les boulettes de tourteau deviennent dures et sèches avec une coloration marron et l'huile suffisamment déshydratée.

### **Comment contribuer à la régénération du Gamsa dans son écosystème naturel ?**

Gamsa fait partie de la liste des espèces ligneuses menacées de disparition au Niger (Larwanou, 1998). Les causes potentielles de sa disparition progressive ont été évoquées lors de l'enquête ; plusieurs hypothèses peuvent être retenues, sans qu'elles aient pour autant été testées. Les régions subsahariennes (dont le Niger) sont très souvent soumises à d'importantes modifications des pratiques agricoles et de l'environnement socio-culturel et agro-économique, et parfois à des aléas climatiques très marqués. Les divers facteurs qui concourent dans ces modifications sont entre autres :

- **Facteurs climatiques :** Les cycles répétés de sécheresse ont contribué à une baisse considérable de la production agricole et poussé les populations à intensifier l'exploitation d'autres espèces sauvages comme sources alimentaires.
- **Facteurs Démographiques :** L'augmentation des populations, sans augmentation des rendements, a conduit à l'accroissement des surfaces cultivées, à une réduction des temps de jachère, ainsi qu'à l'épuisement des sols : certaines espèces sont alors appelées à disparaître car n'étant plus adaptées à ces pratiques culturales (Renard, 1993). Par ailleurs, l'augmentation des populations conduit à des changements de régimes ou d'habitudes alimentaires pouvant provoquer la conquête d'autres espèces encore moins connues (FAO, 1997).
- **Baisse de la nappe phréatique :** D'une manière générale, cette espèce évolue dans des zones où la nappe phréatique est superficielle comme le cas des dallols (vallées fossiles). Il est apparu dans beaucoup de zones naturelles de cette espèce, une légère voire importante baisse de la nappe phréatique et cela ne va pas sans conséquence sur la survie de l'espèce.
- **Facteurs socio-économiques :** Le contexte actuel de pauvreté et de déficit alimentaire oblige fréquemment les populations à s'adonner à la destruction des ressources naturelles (abattage des arbres, etc.) afin de subvenir à leurs besoins économiques les plus élémentaires.
- **Facteurs agro économiques :** L'introduction dans les systèmes agraires sahéliens de nouvelles cultures plus rentables, d'espèces exotiques ou même d'organismes génétiquement modifiés (OGM), peut conduire à un bouleversement radical des systèmes de culture traditionnels ou à l'abandon de certaines cultures, d'où la perte d'un nombre important de variétés ou espèces locales.

Pour contribuer à palier ces contraintes, il faudrait envisager entre autres, la création de parcs à Gamsa à l'instar des parcs à karité (Djossa *et al.*, 2008) en plus de l'entretien des peuplements naturels existants. Pour ce faire, des essais de germination et d'élevage des plantules en pépinière à partir des semences botaniques seront nécessaires. Ces essais doivent être conduits en collaboration avec les populations bénéficiaires aux alentours des villages ciblés et sur les parcelles expérimentales affectées à cet effet. Comme l'ont d'ailleurs préconisé Assogbadjo et Sinsin (2007) dans leurs stratégies de conservation du baobab (*Adansonia digitata*) dans les paysages agraires du Bénin. Compte tenu des caractéristiques morphologiques des semences (dureté), différents traitements physiques et chimiques seront envisagés pour déterminer leurs conditions optimales de germination. En fonction du succès des essais en pépinière, des actions de plantation seront

entreprises dans l'espace réservé au parc à Gamsa par les populations bénéficiaires. Une fois mises en place, les plantations seront entretenues par les bénéficiaires à l'aide d'intrants (principalement du fumier) et d'un dispositif d'irrigation qui sera mis en place. La nappe phréatique étant peu profonde dans le dallol Bosso (1 à 5 m), l'irrigation ne sera nécessaire qu'au cours des deux (2) premières années.

## Conclusion

Les ressources forestières alimentaires ou produits forestiers non ligneux (PFNL) font partie intégrante du régime alimentaire des peuples dans diverses régions du Niger et jouent un rôle majeur dans leur stratégie de subsistance. En effet, ces ressources forestières alimentaires végétales et animales qui sont pour la plupart transformées et commercialisées au niveau local sur la base d'un savoir-faire endogène séculaire, doivent être valorisées. Dans cet ordre d'idée, les fruits du Pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla*) ou Gamsa occupent une grande place dans la vie des populations et plus précisément celles du Boboye. Dans ces zones, Gamsa se présente comme une espèce à usages multiples. En plus de l'usage alimentaire des fruits le plus répandu, diverses autres parties de la plante (écorces, racines et feuilles) sont utilisées à des fins médicinales, le bois est également utilisé comme bois de chauffe ou bois d'œuvre. Le commerce des fruits procure des revenus substantiels aux femmes. Globalement, les fruits présents de mars à mai sont récoltés par cueillette ou ramassage. Par ailleurs il existe une timide activité de transformation des amandes en huile alimentaire.

Mieux, quelques espèces fruitières préférées sont déjà épargnées et entretenues par les producteurs lors des défrichements de leurs champs car présentant pour eux un intérêt socio-économique. Cette forme de culture de fruitiers spontanés ou subspontanés est généralement pratiquée dans divers pays en Afrique au Sud du Sahara (Bahuchet *et al.*, 1989 ; Kokwaro, 1990 ; Malaisse, 1997). Certes, la disponibilité de toutes les ressources forestières alimentaires végétales est surtout tributaire des saisons. Toutefois, la régénération naturelle des arbres dans les systèmes agraires sahéliers (particulièrement au Niger) pour la conservation et l'utilisation durable des espèces ligneuses à des fins multiples et diverses dans les terroirs s'impose comme une nécessité. En effet, des menaces de disparition pèsent sur plusieurs espèces dont Gamsa soumises aux aléas climatiques sévères et aux pressions anthropiques.

La présente étude laisse paraître un besoin pressant des stratégies à mettre en œuvre pour favoriser la régénération naturelle de l'espèce d'une part et la nécessité de démarrer des travaux de recherche axés sur des procédés de transformation des fruits et amandes afin que les produits et sous-produits dérivés obtenus soient stabilisés d'autre part. Ces questions constituent donc des pistes qui seront explorées dans la suite de cette étude.

## Références bibliographiques

- Ambee, G. A., 2001 : Les fruits sauvages comestibles des savanes guinéennes de Côte d'Ivoire : état de la connaissance par une population locale, les Malinké. *BASE 5* (1), 43-58.
- Assogbadjo, A., Sinsin, B., 2007 : Caractérisation et stratégies de conservation du baobab (*Adansonia digitata* L.) dans les paysages agraires du Bénin : 35-50. In Mayaka TB., Ilong H. & Sinsin B. (eds). *Proceedings of the Third RNSCC International Seminar, 6th February 2007, Cotonou, Benin*. CEDC/CML, Leiden University, Netherlands.
- Bahuchet S., C. M. Hladik, A. Hladik, E. Dounias, 1989: Les stratégies agricoles complémentaires de la chasse et de la pêche. In Hladik, C.M., Bahuchet, S. & Garine, I (eds). *Se nourrir en forêt équatoriale*. Paris : UNESCO/MAB/CNRS, 31-34
- Bernus, E., 1980 : L'arbre dans le nomad's land. In: L'arbre en Afrique tropicale: la fonction et le signe. *Cahiers ORSTOM. Séries sciences humaines (FRA)*. Vol., n° 3-4, 171-176.
- Chaumie, J., 1985 : Gestion de l'environnement dans les pays sahéliers. *Les cahiers de la Recherche-Développement. CIRAD*, n° 8, 17-24.
- Djossa B., J. Fahr, T. Wiegand, B. E. Ayihouenou, E. K. Kalko, B. Sinsin, 2008: Land use impact on *Vitellaria paradoxa* C.F. Gaerten. Stand structure and distribution patterns: a comparison of Biosphere Reserve of Pendjari in Atacora district in Benin. *Agroforestry System*, 72, 205-220.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1997: *FAO Production Yearbook 1996*. Rome, FAO, 235 p.

Kokwaro, J. O., 1990: Seasonal traditional fruits and vegetable o Kenya. *Proceedings of the twelfth plenary meeting of AETFAT Symposium VIII*, 911-928.

Larwanou, M., 1998 : Rapport technique d'activités. Institut National de la Recherche Agronomique du Niger. Niamey - Niger 58 p.

Malaisse, F., 1997 : Se nourrir en forêt claire africaine: Approche écologique et nutritionnelle. *CTA*. 384 p.

Marou Z.A., Abass A.T., Bokar M., Niang A., Cheick O. T., 2002: Analyse de l'adoption de la régénération naturelle assistée dans la région de Maradi au Niger. Rapport d'activité, INRAN/ICRAF, Niamey, Niger. 56 p.

MHE/LD (Ministère de l'Hydraulique, de l'Environnement et de la Lutte contre la Désertification), 1998 : Evaluation de la Diversité Biologique au Niger. Eléments constitutifs de la biodiversité végétale. Rapport de consultation, Niamey, Niger. 45 p.

Renard, C., 1993 : Evolution d'une jachère sur une période de huit ans à Sadoré (Niger): composition botanique et régénération forestière. *Collection colloques et séminaires. ORSTOM, Paris*, 297-306.

## Influence du système mucuna-maïs sur le bilan de l'azote sur un plateau de sols ferrallitiques au Sud-Bénin

A. H. AZONTONDE<sup>5</sup> et G. KPAGBIN<sup>5</sup>

### Résumé

La croissance démographique et la surexploitation suite aux pratiques culturales ont conduit les sols du Bénin et particulièrement les terres de barre au Sud-Bénin à une dégradation importante et à une chute drastique des productions agricoles. C'est dans cet environnement en pleine dégradation que *Mucuna pruriens* variété *utilis* a fait son apparition en 1988 au Bénin comme plante introduite pour la lutte contre *Imperata cylindrica* et la restauration des sols sur les plateaux du Sud-Bénin. La présente étude compare 4 systèmes de culture pendant 10 ans : le système mucuna-maïs où le mucuna est renouvelé tous les ans ; le système mucuna-maïs où le mucuna est renouvelé tous les 2 ans ; le système conventionnel de fertilisation minérale NPK avec 76 N, 30 P et 30 K ; le système traditionnel d'agriculture minière où le sol ne reçoit que les restitutions végétales. Après 10 ans d'essai, l'ensemble des traitements a modifié le sol en profondeur. La prise en compte de la couche 0-40 cm permet de calculer le bilan de l'azote que ne le permet la couche 0-20 cm. Dans le traitement témoin qui correspond à une agriculture minière, les pertes épuisent le sol ( $\Delta N_{T_1} = 1.276 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), alors que dans les traitements système mucuna-maïs, M1 qui renouvelle le mucuna tous les ans donne  $\Delta N_{M_1} = -2.013 \text{ kg.ha}^{-1}$  et M2 où le mucuna est renouvelé tous les 2 ans,  $\Delta N_{M_2} = -660 \text{ kg.ha}^{-1}$ , les pertes sont dues à une abondance de l'azote dans le système, l'azote est en excès par rapport au besoin ( $\Delta N < 0$ ). Par contre, les pertes globales d'azote par le système sont par ordre décroissant T (1343) > M2 (741) > M1 (723) > NPK (183) et montrent que la couverture du sol par le mucuna réduit les pertes globales d'azote à la parcelle par rapport à la culture traditionnelle non fertilisée (90 versus 138) mais ces pertes augmentent considérablement par rapport à la culture fertilisée avec NPK (90 versus 23).

**Mots clés :** Système mucuna-maïs, bilan, nutriments, pertes, Bénin.

## Impact of maize-mucuna system on nitrogen balance on a plateau of ferralitic soil at southern Benin

### Abstract

Increasing population and shifting cultivation lead Benin's land and particularly ferralitic soils (terres de barre) of southern Benin to exhaustion and drastic decrease of crop productions. It is in this degraded environment that *Mucuna pruriens* variety *utilis* has been introduced in 1988 in Benin as crop eradicates weeds such as *Imperata cylindrica* and to restore soil fertility on the plateau in southern Benin. This study compare four crop systems during 10 years: maize-mucuna system where the mucuna is planted every year, maize-mucuna system where the mucuna is planted every 2 years, conventional system of NPK mineral fertilization system with 76 N 30 P 30 K, the traditional system of mining agriculture where only crop residues are applied on soil. After 10 years of experimentation, the whole treatments modified the soil in deep down. By considering the first 40 cm soil layer, nitrogen balance is calculated than the first 20 cm. In the traditional system corresponding to mining agriculture, nitrogen losses exhaust the soil ( $\Delta N_{T_1} = 1,276 \text{ kg.ha}^{-1}$ ); but with maize-mucuna system treatments (M1 and M2), M1 where the mucuna is planted every year leads to  $\Delta N_{M_1} = - 2,013 \text{ kg.ha}^{-1}$  and M2 where the mucuna is planted every 2 years,  $\Delta N_{M_2} = - 660 \text{ kg.ha}^{-1}$ , nitrogen losses are attributed to an abundance of the nitrogen in the system; the nitrogen is excessive with regard to the soil supply ( $\Delta N < 0$ ). On the other hand, global nitrogen losses by the system are in descending order T (1,343) > M2 (741) > M1 (723) > NPK (183). These values show that the mucuna soil cover reduces global nitrogen losses on plots with regard to the traditional system without fertilizer (90 versus 138), on the other hand, these losses increase greatly with regard to NPK fertilized system.

<sup>5</sup> Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE), Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB), 01 BP 988 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 21 35 00 70, e-mail : anastase12000@yahoo.fr, gkpabin@yahoo.fr

**Key words:** maize-mucuna systems, balance, nutrients, losses, Benin.

## Introduction

Les sols du Bénin sont depuis des décennies en proie à une dégradation importante suite à leur surexploitation. Les plants de maïs jaunissent en pleine saison des pluies témoignant de fortes et fréquentes carences en azote. Cette dégradation affecte tout particulièrement les sols sableux à argilo sableux du Sud Bénin. Ce qui entraîne une baisse constante des rendements en céréale et notamment en maïs qui constitue la principale culture vivrière de cette partie du pays. Les prix des engrais ne sont pas souvent au niveau de la grande masse paysanne. Pour restaurer ces sols, de nombreux systèmes de culture sont mis en essai aussi bien en station qu'en milieu paysan. La présente étude compare le système mucuna-Maïs (M1) au système traditionnel (T) d'agriculture minière où le sol ne reçoit que les restitutions végétales. Le mucuna est une légumineuse de couverture qui existe au Bénin sous forme sauvage avec des feuilles veloutées très urticantes. Une rotation de type mucuna-maïs conduit à une augmentation graduelle de la teneur en matière organique dans les 10 premiers cm du sol pendant 10 ans (Redshaw, 1982; Triomphe, 1996; Mandimba *et al.*, 1996). L'espèce "*utilis*" introduite en 1988 a été suivie dans les régions adoptée par les producteurs du Sud-Bénin (Aklamavo et Mensah, 1997; Azontonde, 2000; Azontondé *et al.*, 2005).

Cette étude réalisée en plein champ sur terres de barre pendant 10 ans (1996-2005) vise à quantifier l'effet de cette légumineuse sur le bilan de l'azote dans le système sol-plante et d'en tirer les conséquences agronomiques et environnementales par rapport à la culture traditionnelle.

Les trois hypothèses d'étude sont les suivantes :

- Hypothèse 1 (H1) : Le taux d'azote libre (% NFix) moyen est égal à 75 %.
- Hypothèse 2 (H2) : Le taux d'azote libre (% NFix) moyen est inférieur à 75 %.
- Hypothèse 3 (H3) : Les pertes d'azote (N) sont nulles.

## Matériel et méthodes

La méthodologie utilisée dans cette étude est inspirée de celle décrite par Wetselaar et Ganry (1982). Elle est fondée sur la méthode des bilans appliquée aux résultats d'un essai de longue durée. La présente étude, étant réalisée de 1996 à 2005, se situe bien dans le cadre de ce genre d'essai.

### *Dispositif expérimental*

Les essais se sont déroulés en milieu réel sur le plateau d'Aplahoué à Klouékanmey dans le département du Couffo au Sud-Bénin. Les sols sont de type ferrallitique faiblement désaturés sous un climat de type soudano-guinéen caractérisé par l'alternance de deux saisons des pluies et de deux saisons sèches.

La végétation est un fourré arbustif dense dominée sous l'effet des cultures par des palmiers à huile qui poussent à l'état naturel. Le climat est subéquatorial avec une pluviométrie annuelle variant entre 1.000 et 1.200 mm.

Le dispositif expérimental, un bloc de Fisher complètement randomisé, est constitué de 40 parcelles de forme rectangulaire de 20 m x 5 m, de pente faible 1 à 2 % réparties sur 10 producteurs (sites) à raison de 4 parcelles (traitements) chacun. Une allée de 3 m de large sépare les parcelles les unes des autres au niveau de chaque producteur.

### *Traitements*

Les traitements décrits ci-dessous sont appliqués par chaque producteur au niveau de son site. Ces traitements apportés sur les 4 parcelles d'essais sont les suivants :

- Traitement témoin T : culture traditionnelle continue de maïs sans mucuna ni fumure minérale, résidus de récolte ( $970 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) laissés à la surface du sol.
- Traitement NPK : culture continue du maïs avec apport de  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  de NPK et  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  d'urée, soit au total à l'hectare,  $76 \text{ kg N}$ ,  $30 \text{ kg P}$  et  $30 \text{ kg K}$ , les pailles de maïs ( $9.200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) laissées en mulch sur le sol.

- Traitement M2 : association mucuna–maïs avec renouvellement du maïs tous les ans et du mucuna tous les deux ans, pas de fertilisation minérale, pailles de maïs ( $6.140 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) et litière de mucuna ( $10.890 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) laissées en mulch sur le sol.
- Traitement M1 : association mucuna–maïs renouvelée tous les ans, pas de fertilisation minérale, pailles de maïs ( $10.510 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) et litière de mucuna ( $10.890 \text{ kg.ha}^{-1}$ ) laissées en mulch sur le sol.
- Il met en expérimentation une nouvelle technique qui consiste à cultiver une légumineuse de couverture, *Mucuna pruriens utilis*, sous forme d'une courte jachère de 7 à 8 mois décalée de 30 jours par rapport au cycle du maïs.

### **Prélèvements des plantes**

#### **Maïs**

Les parties aériennes sont prélevées, pour chaque traitement, sur une surface de  $1 \text{ m}^2$  (6 plants) dans les quatre parcelles réparties au hasard.

L'estimation du rendement en grains est faite après récolte sans tenir compte des plants de bordure, soit sur une surface utile de  $1 \text{ m}^2$  correspondant à 6 pieds de maïs.

Les teneurs en carbones, azote et autres (P, K, Ca et Mg) sont déterminées sur les grains, les tiges et les feuilles.

Les dates de prélèvement sont : début juin (début floraison), fin juin (pleine floraison) et août (à la récolte du maïs). La biomasse racinaire est estimée en fin de récolte.

#### **Mucuna**

Les parties aériennes et racinaires sont prélevées sur une surface de  $1 \text{ m}^2$  sur les quatre parcelles.

Les parties souterraines sont prélevées sur les profondeurs 0-10, 10-20 et 20-40 cm. Les débris végétaux supérieurs à 1 mm sont séparés par tamisage sous eau et les racines sont triées manuellement.

Les dates de prélèvement sont mi-avril (il s'agit du mucuna de l'année) pour les traitements M1 et M2 (année mucuna), début août, début octobre (période de croissance végétale maximale).

Sur l'ensemble des traitements, seuls les épis avec rafles sont exportés des parcelles.

L'azote (N) total plante exporté (N<sub>ex</sub>) ou recyclé est le produit du rendement (grains + rafles) exprimé en  $\text{kg MS ha}^{-1}$  et de la teneur en N de ces organes.

### **Prélèvements de sol**

Chaque traitement correspondant à une seule parcelle au niveau de chaque producteur (site).

Les échantillons sont prélevés sur trois profondeurs 0-10, 10-20 et 20-40 cm (Tableau 1).

Pour les déterminations du Carbone organique (C) et de l'Azote total (N), du pH, les prélèvements sont effectués à la tarière dans toutes les parcelles suivant la méthode de la diagonale pour constituer un échantillon composite, soit 4 échantillons par profondeur et par site en 1996 puis en 2005.

Ce qui fait en tout 40 échantillons pour chacune de ces deux années qui représentent le début et la fin des essais.

Tableau 1. Caractéristiques générales des sols des producteurs

Sites	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	m	$\sigma$	
<b>0-10 cm</b>	<b>20-2.000 <math>\mu</math></b>	77,95	77,75	78,05	78,15	77,85	77,85	77,77	77,65	78,00	78,10	77,91	0,15
	<b>2-20 <math>\mu</math></b>	10,01	10,11	10,10	9,91	10,06	10,02	10,11	10,21	10,05	10,11	10,06	0,07
	<b><math>\leq 2 \mu</math></b>	12,04	12,15	12,05	11,94	12,09	12,13	12,12	12,14	12,05	12,09	12,08	0,06
<b>10-20 cm</b>	<b>20-2.000 <math>\mu</math></b>	69,65	68,95	69,20	69,52	69,58	70,05	69,80	69,15	69,75	69,90	69,55	0,31
	<b>2-20 <math>\mu</math></b>	8,50	8,70	8,75	8,53	8,55	8,30	8,45	9,00	8,60	8,40	8,57	0,24
	<b><math>\leq 2 \mu</math></b>	21,75	22,25	21,95	21,85	21,77	21,55	21,65	21,75	21,70	21,60	21,78	0,22
<b>20-40 cm</b>	<b>20-2.000 <math>\mu</math></b>	65,53	64,90	65,45	65,60	65,85	65,55	65,50	65,72	65,43	65,53	65,51	0,23
	<b>2-20 <math>\mu</math></b>	7,40	7,43	7,45	7,40	7,28	7,38	7,47	7,31	7,40	7,37	7,39	0,05
	<b><math>\leq 2 \mu</math></b>	27,07	28,07	27,10	27,00	26,87	27,05	27,03	26,97	27,17	27,10	27,14	0,32
<b>0-10 cm</b>		0,87	0,82	0,84	0,78	0,80	0,86	0,85	0,88	0,87	0,80	0,84	0,06
<b>10-20 cm</b>	<b>C (%)</b>	0,48	0,51	0,46	0,42	0,50	0,49	0,54	0,48	0,50	0,47	0,485	0,04
<b>20-40 cm</b>		0,32	0,26	0,35	0,30	0,32	0,28	0,33	0,29	0,27	0,31	0,30	0,03
<b>0-10 cm</b>		0,60	0,56	0,57	0,55	0,56	0,60	0,59	0,62	0,61	0,56	0,58	0,02
<b>10-20 cm</b>	<b>N (‰)</b>	0,53	0,53	0,54	0,50	0,50	0,55	0,53	0,54	0,54	0,50	0,53	0,02
<b>20-40 cm</b>		0,40	0,35	0,38	0,37	0,38	0,41	0,42	0,43	0,42	0,39	0,39	0,02

m : valeurs moyennes ;

 $\sigma$  : écart-type ;

Les valeurs moyennes sont significatives au seuil de 5 %.

## Méthodes analytiques

### Plantes

Les échantillons végétaux sont finement broyés (1 mm) après séchage à l'étuve (70 °C).

Les teneurs en C et N sont déterminées respectivement selon les méthodes Walkley et Black (1934) et Kjeldahl.

### Sols

La granulométrie est déterminée selon la méthode internationale avec la pipette Robinson.

Le carbone total (C) a été dosé par voie sèche à l'auto analyseur CHN LEGO et l'azote total (N) par la méthode Kjeldahl. Ces deux dosages sont faits sur des échantillons de sol séchés à l'air et finement broyés. Les résultats sont exprimés en g de C (ou N) par kg de sol. Le stock (Q en kg.ha<sup>-1</sup>) de C ou de N contenu dans une couche d'épaisseur e (dm) est obtenu par la formule suivante :

$$Q_{cn} \text{ (t.ha}^{-1}\text{)} = C, N \text{ (g.kg}^{-1} \text{ sol)} \times e \text{ (dm)} \times Da \text{ (g.cm}^{-3}\text{)}, \text{ où :}$$

Da est la densité apparente et C, N les teneurs en carbone, azote exprimées en g.kg<sup>-1</sup> se sol.

### Caractéristiques du *Mucuna pruriens utilis*

Le mucuna a été introduit aux Etats-Unis depuis le début du 19<sup>e</sup> siècle où il était utilisé en association aux fourrages pour les mules des bananeraies. Il existe en Amérique centrale depuis 1920. Au Sud du Mexique et au Guatemala, les agriculteurs ont remarqué son intérêt pour lutter contre les adventices et améliorer les rendements de maïs (Bucles, 1995). Il a été introduit au Nord du Honduras dans les années 1980 où il est adopté par 10 % des petits agriculteurs de la côte atlantique (Triomphe, 1996). C'est une plante annuelle volubile et vigoureuse, une légumineuse agressive, fixatrice d'azote produisant des tiges (lianes) de 2 à 18 m de long et un feuillage abondant. Les feuilles sont grandes avec des fioles amples et ovales. Cette légumineuse fait partie de la famille des Fabacées, de la sous famille des Papillonacées de la tribu des Phaseolées, de la sous tribu des Glycinées, du genre *Mucuna*, de l'espèce *pruriens* et d'une variété sélectionnée non urticante appelée *utilis*. Son cycle végétatif est adapté aux tropiques humides (en dessous de 1,500 m) et supporte bien les stress liés à la pauvreté minérale des sols, à l'acidité et à la sécheresse (Berhaut, 1976 cité par Leger-Cresson, 1989). Il perd une quantité importante de feuilles avant la maturité et forme une litière que colonisent ses racines superficielles. Son cycle varie de 100 à 300 j et dure 150 à 200 j au Bénin. Les graines contiennent une substance toxique (*L-dopa*) pour les insectes et les hommes. Toutefois, la consommation des graines de mucuna est possible après certains traitements physico-chimiques spécifiques (Osei-Bonsu *et al.*, 1995; Dossa *et al.*, 1999) comme substitut du café (Tchad), sous forme solide à faible doses (Ghana). Les graines de mucuna ainsi traitées sont utilisées au Bénin dans l'alimentation des animaux monogastriques d'élevage (Koudjou *et al.*, 2001). Le mucuna aurait un effet nématocide sur certaines cultures, mais serait lui-même sensible à certains nématodes. Il est largement épargné de la compétition des adventices grâce à son agressivité naturelle. Il est souvent utilisé comme plante de couverture pour éliminer ou réduire les populations d'adventices et surtout celle du chiendent (*Imperata cylindrica*) ; (Coultras *et al.*, 1996), comme engrais vert pour la restauration des sols (Lal *et al.*, 1978) ; comme fourrage et comme légume consommé par certaines tribus du Sud de l'Inde (Rajyalakshmi *et al.*, 1995). La matière sèche fourragère contient en moyenne 10,7 % de protéine digestibles, 63,4 % de matière digestible totale (Leger-Cresson, 1989), 2,6 % d'azote, 0,9 % de phosphore et 2,1 % de potassium (Igue, 1996 ; Azontonde, 1998, 2000).

### Calage des cycles du maïs et du mucuna

Le système mucuna-maïs est une association-rotation entre le maïs de grande saison des pluies (avril-juillet) et *Mucuna pruriens* variété *utilis*. Après, la préparation du sol, qui consiste à réaliser dès les premières pluies de l'année un sarclage léger limité aux 5 premiers cm du sol, le semis du maïs a lieu en avril à une densité de 80 cm sur 40 à raison de 2 graines par poquet. Celui du mucuna se fait un mois après (mai) entre les lignes du maïs à raison d'une graine par poquet. La récolte du maïs a lieu 3 à 4 mois après le semis (août). Le mucuna se développe alors rapidement, recouvre les autres

herbes ainsi que les résidus de maïs et atteint sa pleine croissance en septembre et octobre, il amorce sa sénescence en novembre, se dessèche en décembre, janvier et février. En mars, au moment où démarrent les pluies et les opérations culturales, la couche de paillis n'est plus que de 1 à 2 cm. Les semis de maïs sont réalisés après une pluie supérieure à 15 mm, généralement entre 15 avril et le 15 mai. Le maïs est semé à une densité de 31.000 pieds ha<sup>-1</sup> (40 cm sur ligne et 80 cm entre ligne avec 2 grains par poquet). La récolte se fait entre le 30 juillet et le 30 août. La variété de maïs utilisée, le DMR, est un hybride variétal, issu du croisement d'une variété nigériane avec une variété locale. C'est un maïs de 100 à 110 j. Le sol n'est pas labouré mais subit un travail superficiel. Ce travail est effectué à la houe au début de la grande saison des pluies ; ensuite un sarclage superficiel est effectué à la houe les deux semaines si les pluies sont fréquentes et régulières sur une profondeur de 5 cm environ. Les résidus de récolte de maïs sont laissés à la surface du sol et le paillis du mucuna est perturbé le moins possible. L'engrais minéral NPK (15-15-15) est fractionné en deux apports de 100 kg chacun, 15 et 45 j après le semis du maïs. L'urée est apportée 300 j après le semis.

### **Caractéristiques générales des sols**

Les sols sont ferrallitiques faiblement désaturés, développés sur des formations meubles du crétacé (CPCS, 1967 ; Volkoff, 1976 et Willaime, 1976) qui forment un ensemble très homogène le long du golfe de Guinée, depuis Accra (Ghana) jusqu'au delta du Niger au Nigeria. Ils s'étendent jusqu'à environ 120 km du littoral à l'intérieur du pays. Ils occupent la quasi-totalité des plateaux du Sud-Bénin. La teneur en argile est comprise entre 12 et 28 % dans les 40 cm supérieurs. Cette teneur augmente progressivement avec la profondeur, sans qu'un horizon d'accumulation (« vendre » d'argile) n'ait été observé. L'analyse minéralogique de la fraction argileuse révèle la dominance de kaolinite (Fauk, 1972). Les teneurs en carbone (0,84 %) et azote (0,058 %) sont faibles dès la surface. Ces sols sont moyennement acides (pH eau : 5,5) en surface et deviennent fortement acides (pH eau : 4,4) dans la couche 74-150 cm. Seuls les 40 cm supérieurs ont été pris en compte dans ces essais.

### **Rappel de la méthode du bilan**

La méthode du bilan se penche sur la différence entre les entrées (inputs) et les sorties (outputs). Ainsi, selon Wetselaar et Ganry (1982) ce bilan est obtenu par la formule :  $\Delta N = \Sigma \text{inputs} - \Sigma \text{outputs}$

#### **Entrées (inputs):**

Ces inputs sont désignés Y dans l'équation du bilan et il s'agit de :

- la fixation de N<sub>2</sub> symbiotique (NFix) et libre (Nfix);
- l'apport de N par les pluies et les poussières (Np);
- l'apport de N par l'engrais (NF).

#### **Sorties (outputs):**

Dans l'équation du bilan, les outputs sont représentés par X (outputs inconnus ou pertes globales) et Z (outputs connus). Ainsi, sont prises ici en considération les :

- exportations du maïs (Nex) que nous désignons par Z dans l'équation des bilans;
- pertes globales que nous désignons par X dans l'équation du bilan (Figure 3).

### **Mise en équation et calcul des pertes**

Le calcul des se fait comme suit :

- $X = \Sigma \text{outputs inconnus} = \text{pertes totales de N hors du système sol-plante durant } n \text{ années de } t_0 \text{ à } t_n \text{ (ici } n = 10 \text{ ans ; } 1996\text{-}2005\text{)}$ .
- $Y = \Sigma \text{inputs} = \Sigma Np + \Sigma Nfix + \Sigma Nfix + \Sigma NF \text{ de } t_0 \text{ à } t_n$ .
- $Z = \Sigma \text{outputs connus} = \Sigma N \text{ total plante exporté}$ .
- $\Delta N \text{ sol (0-20 cm)} = N \text{ total sol (0-20 cm) au temps } t_0 - N \text{ total sol (0-20 cm) au temps } t_n$ .

Ces différentes variables vérifient la relation suivante (Wetselaar et Ganry, 1982) :

- $X = Y - Z + \Delta N \text{ sol}$ .

Si le système sol-plante est à l'équilibre organique, alors nous avons :

- $Y = X - Z$  et  $\Delta N \text{ sol} = 0$ , où :

$\Delta N \text{ sol}$  est la variation des taux d'azote dans le sol entre le début et la fin de l'expérimentation.

Les entrées (inputs) et sorties (outputs) sont schématisées sur la figure 1.

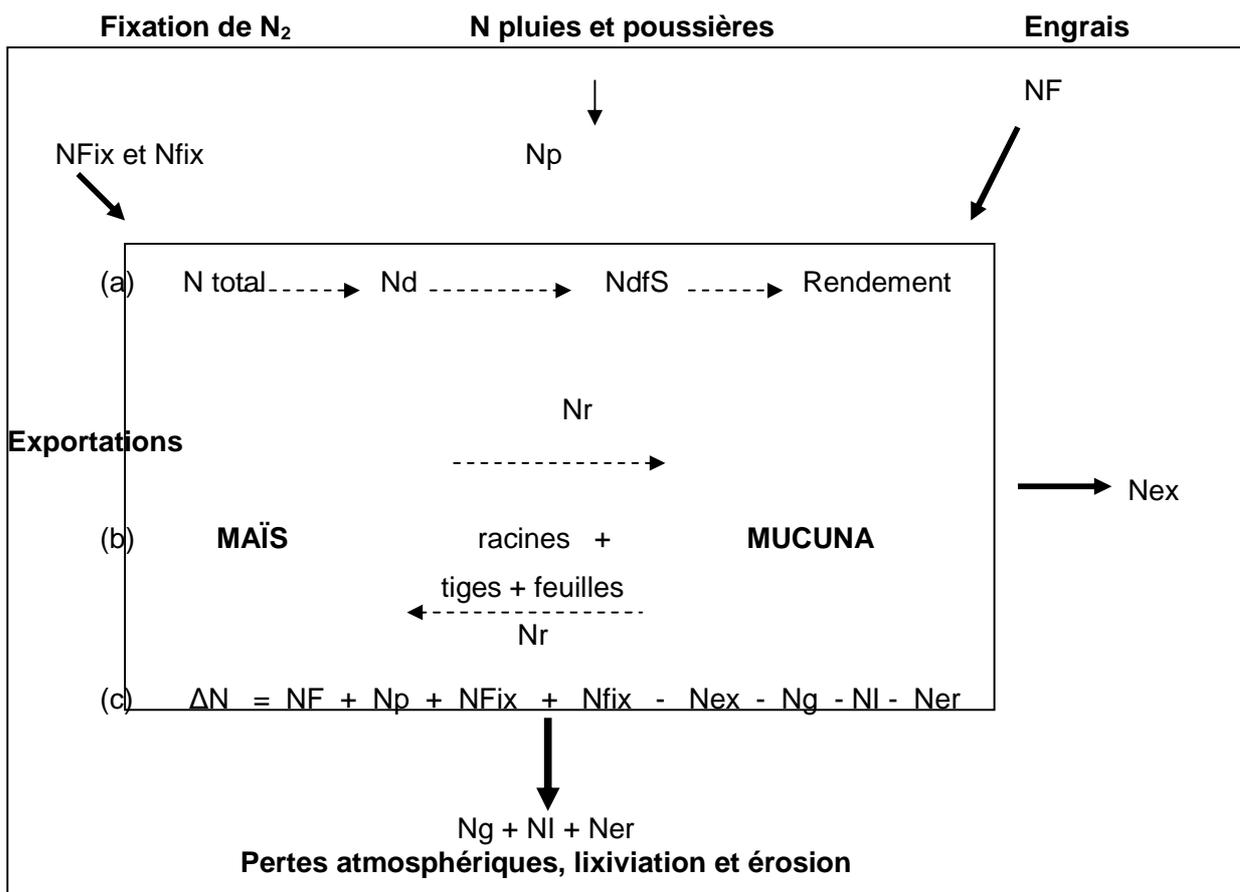


Figure 1. Schéma représentant les entrées (inputs) et les sorties (outputs) de N dans le système de culture mucuna-maïs et son fonctionnement interne.

Ligne (a) : rôle central du pool d'azote minéralisable (Nd) dans la formation du rendement ;

Ligne (b) : transferts internes ;

Ligne (c) : équation du bilan.

**Légende :** **Nt**: Azote du sol; **Np**: Azote provenant des pluies et poussières; **Ndfs**: Azote de la plante provenant du sol (N derived from fertilizer); **NFix**: Azote provenant de la fixation symbiotique de N<sub>2</sub>; **Nfix**: Azote provenant de la fixation libre et rhizosphérique de N<sub>2</sub>; **Nd**: Azote disponible : pool d'azote minéralisable (quantité d'azote minéralisable à la disposition d'une culture de la levée à la récolte); **Nr**: Azote provenant des restitutions par la culture (racines + tiges + feuilles); **NF**: Azote total de l'engrais; **Nex**: Azote exporté par cultures; **Ng**: Azote volatilisé et dénitrifié (NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O et N<sub>2</sub>); **NI**: Azote lixivié.

## Résultats et discussion

### Calcul des inputs

Les résultats des calculs sont consignés dans le tableau 2.

### Fixation symbiotique de N<sub>2</sub> (NFix)

L'évaluation de NFix suppose au préalable de connaître la quantité de N total produite et recyclée par le mucuna (hypothèse 1). Une fois cette donnée connue, il importe ensuite d'évaluer le taux de NFix moyen (hypothèse 2).

### Evaluation de N total sur MS du Mucuna (Hypothèse 1)

- **Parties aériennes**

D'après Triomphe (1996), au Honduras dans une situation écologique proche de celle du Sud-Bénin, la quantité de litière de Mucuna (vivante et morte) produite varie de 10 à 14 t MS ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> nos mesures indiquent une biomasse végétale de 11 t MS ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> (tableau 2). Cette mesure ayant été faite à une période (octobre) où la litière a déjà amorcé sa décomposition, nous considérons que nous sommes dans une situation proche de celle de Triomphe (1996) et tablons sur une production maximale de 14 t MS.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, soit 370 kg N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Il est bon de préciser que la matière sèche (MS), le carbone (C) organique et éléments minéraux du mucuna sont nuls une année sur deux

- **Parties racinaires**

Nos résultats donnent 2,5 t MS.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> et 2,0 % de N (tableau 2). Comme pour les parties aériennes, il est vraisemblable que la production racinaire maximale soit supérieure à 2,5 t. Nous admettons que l'évolution de la biomasse racinaire suit celle des parties aériennes, à savoir : (2,5 x 14)/10 = 3,5 t MS.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, soit N total racine = 70 kg N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

Tableau 2. Matière sèche et composition chimique du maïs et du mucuna de 1996 à 2005

Plante	Organe	Traitements	Valeur moyenne (Sx ± σ)		
			MS restituée (kg.ha <sup>-1</sup> , n = 4)	C (g.kg <sup>-1</sup> )	N (g.kg <sup>-1</sup> )
Maïs	Parties aériennes (PA)	T	970 ± 43	532,5 ± 26	4,50 ± 0,09
		NPK	920 ± 230	523,6 ± 16,0	7,00 ± 0,30
		M2	6.140 ± 184	533,1 ± 14,0	6,30 ± 0,23
	Parties racinaires (PR)	M1	10.510 ± 265	538,4 ± 9,5	6,6 ± 0,3
		T	280 ± 9	473,6 ± 19,9	4,00 ± 0,20
		NPK	2.180 ± 68	508,1 ± 20,3	6,50 ± 0,26
Mucuna	Parties aériennes (PA)	M2	0/10.890 ± 357	0/488,4 ± 26,8	0/26,50 ± 1,30
		M1	10.890 ± 316	488,4 ± 24,5	26,50 ± 1,15
		M2*	0/2.450 ± 95	0/454,6 ± 23,5	0/20,50 ± 0,40
	Parties racinaires (PR)	M1	2.450 ± 76	454,6 ± 20,2	20,50 ± 1,20

Sx = moyenne

σ = écart - type

M2\* = Matière sèche, C organique et éléments minéraux du mucuna sont nuls 1 année sur 2.

**Tableau 3. Somme des inputs de N ( $\text{kg N ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ ) dans le système mucuna-maïs entrant dans le calcul du bilan de N, selon les traitements au cours de l'essai au champ mucuna-maïs à Klouékanmey de 1996 à 2005**

Termes du bilan ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ )	Traitements			
	T	NPK	M2	M1
N engrais (NF)	$0,0 \pm 0,0$	76	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$
N apporté par les poussières et les pluies (Np)	$9 \pm 0,4$	$9,0 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,5$	$9,0 \pm 0,0$
Fixation symbiotique de N (NFix)	$0,0 \pm 0,0$	$0,0 \pm 0,0$	$175,0 \pm 5,3$	$350,0 \pm 8,2$
Fixation libre et rhizosphérique de N (Nfix)	$2,0 \pm 0,2$	$5,0 \pm 0,2$	$20,0 \pm 0,8$	$30,0 \pm 0,7$
<b>Y = <math>\Sigma</math> inputs de N</b>	<b><math>11,0 \pm 0,7</math></b>	<b><math>90,0 \pm 5,2</math></b>	<b><math>204,0 \pm 7,4</math></b>	<b><math>389,0 \pm 10,1</math></b>

Sx = moyenne

$\sigma$  = écart - type

### **Evaluation de % NFix du Mucuna (Hypothèse 2)**

Nous savons que dans un milieu pauvre en N minéral, la fixation de  $\text{N}_2$  est élevée les premières années. Ensuite, le sol s'enrichissant en N minéralisable, le taux de Nfix diminue (Ganry, 1990; Sangingan *et al.*, 1996; Aihou *et al.*, 2006a, 2006b). Nous ferons l'hypothèse d'une variation dans le temps de NFix de 90 à 60 %, soit un NFix moyen de 75 %. Ce niveau moyen est en accord avec celui indiqué par Giller (1996) qui trouvent que les légumineuses telles que *Pueraria*, *Desmodium* et *Centrosema*, du groupe cowpea (niébé) dont fait partie *Mucuna*, ont des niveaux de fixation compris entre 70 et 90 %. Par ailleurs nos observations faites sur la nodulation montrent de nombreux nodules tous efficaces (couleur rouge), traduisant une fixation de  $\text{N}_2$  élevée.

### **Calcul de NFix ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ )**

- NFix = N total (parties aériennes et racinaires) x % NFix
- Nfix =  $440 \times 0,75 = 350 \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour M1 et  $350/2 = 175 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour M2.

### **Fixation libre de $\text{N}_2$ (Nfix)**

Selon Ganry (1990) qui l'a estimée pour des systèmes de culture « conventionnel » au Sénégal, la fixation libre de  $\text{N}_2$  (Nfix) varierait de 2 à 7  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  suivant le niveau d'intensification du système de culture. Appliquée à notre cas, elle serait de 5  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour le niveau semi intensif NPK et de 2  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour le niveau extensif T. pour les traitements M1 et M2, nous ferons une estimation fondée sur la quantité de biomasse végétale (Q) produite annuellement et recyclée dans le sol (donc source de carbone pour les micro-organismes fixateurs). Sur la base d'une valeur de Q égale à 30 t  $\text{MS} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  (mucuna + maïs) correspondant à 13 t de C et un rendement de la fixation de  $\text{N}_2$  par défaut de 0,1 % (Dommergues et Mangenot, 1970) nous estimons donc la fixation à 30  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour M1 et à 20  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  pour M2.

### **Azote apporté par les poussières et les pluies (Np)**

L'azote apporté par les poussières n'a pu être évalué à la station d'essai, à défaut de matériels adéquats. Néanmoins, selon Roose (1981) au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire, l'azote apporté par les poussières et les pluies peut atteindre 5,4  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  sous 860 mm et 12,2  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  sous 1,350 mm respectivement. Sous une pluviométrie de 1.100 à 1.200 mm qui est celle du site de Klouékanmey, des installations réalisées du nord au sud du Bénin par Herrmann (1996) ont permis de quantifier l'azote à Agouagon au Bénin à moins de 50 km de la station d'essai ; la teneur en azote dans les poussières dans cette localité s'élève à 0,74 % ; on peut estimer alors l'apport d'azote par les pluies et les poussières à une valeur moyenne de 8,8  $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  (tableau 3), tous traitements confondus.

### Azote apporté par fertilisation minérale (NF)

Le traitement NPK seul bénéficie de cet apport qui est de 76 kg N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> correspondant à 200 kg N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> de NPK (15-15-15) et 100 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> d'urée (46 % N).

### Calcul de $\Delta N$ sol

Les résultats de  $\Delta N$  sol de t0 à tn sont consignés dans le tableau 4. Les résultats montrent que les valeurs de  $\Delta N$  sol dans les deux couches sont positives pour T, ce qui indique que le sol s'est appauvri, et négatifs pour les autres traitements (le sol s'est enrichi).

**Tableau 4. N total du sol g N.kg<sup>-1</sup> et variation de N total ( $\Delta N$  sol kg.ha<sup>-1</sup>) au cours du temps (t0 - tn) des traitements au cours de l'essai au champ mucuna-maïs Klouékanmey en 1996-2005**

N total sol (g kg.ha <sup>-1</sup> ) et $\Delta N$ sol (kg.ha <sup>-1</sup> )	Traitements							
	T		NPK		M2		M1	
	t0	tn	t0	tn	t0	tn	t0	tn
N sol 0-20 cm (1)	0,49 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,44 ± 0,01	0,49 ± 0,02	0,42 ± 0,01	0,53 ± 0,02	0,39 ± 0,01	0,81 ± 0,03
N sol 0-40 cm (2)	0,42 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,43 ± 0,02	0,37 ± 0,01	0,48 ± 0,02	0,35 ± 0,02	0,69 ± 0,02
$\Delta N$ sol (1)	1.139,00 ± 10,35		- 183,00 ± 6,51		- 408,00 ± 7,12		- 1.470,00 ± 25,70	
$\Delta N$ sol (2)	1.470,00 ± 36,34		- 450,00 ± 8,68		- 825,00 ± 16,55		- 2.516,00 ± 38,34	

Sx = moyenne

$\sigma$  = écart - type

$\Delta N$  sol = variation de N de t0 à tn (0-10 ans)

(1) Si nous considérons la couche 0- 20 cm

et (2) Si nous considérons la couche 0-40 cm

### Calcul des outputs

#### • Outputs connus (Z)

Les outputs connus concernent l'exportation par les récoltes désignées par Nex (figure 1).

Les valeurs de Nex (Z) pour les 10 années d'essais sont rappelées dans le tableau 5. Elles diminuent selon les traitements dans l'ordre décroissant suivant : M1 > NPK > M2 > T.

#### • Outputs inconnus (X)

Les deux termes Y et Z étant connus ainsi que  $\Delta N$  sol, il nous est possible d'évaluer les outputs inconnus (X) correspondant aux pertes de N globales.

### Calcul de X

Les valeurs de X sont déterminées en prenant en compte les couches 0-20 cm et 0-40 cm. Elles sont consignées dans le tableau 5.

Si nous considérons les couches 0-20 cm et 0-40 cm, ces valeurs sont toutes positives, ce qui indique que pour tous les traitements appliqués, le système sol-plante perd chaque année de l'azote (en fait, il est normal dans un sol cultivé qu'il y ait des pertes en dehors des exportations, quel que soit le niveau des inputs de N), et le niveau des pertes varie avec les traitements.

Dans le traitement témoin qui correspond à une agriculture minière, la perte épuise le sol ( $\Delta N > 0$ ) ; dans les traitements avec le mucuna (M1 et M2), les pertes sont dues à l'abondance de N dans le système, en excès par rapport aux besoins. Par ailleurs, en prenant en compte la couche 0-20 cm, les pertes exprimées en kg N ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup> sont respectivement de 195, 134, 122, et 49 pour M1, M2 et T et NPK. Toutefois, si nous considérons la couche 0-40 cm, elles sont de 168, 93, 90, et 23 kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> pour T, M2, M1 et NPK respectivement.

Nous voyons donc que le bilan de N diffère suivant la profondeur de sol prise en compte, ce qui s'explique par une modification du sol en profondeur sous l'action des traitements.

Nous retiendrons la couche 0-40 cm qui permet d'assurer un bilan en N plus rigoureux que la couche 0-20 cm.

**Tableau 5. Évaluation des différents termes de l'équation  $X = Y - Z + \Delta N$  permettant d'estimer les pertes globales dans l'essai mucuna-maïs en plein champ à Klouékanmey en 1996-2005**

Termes du bilan (kg.ha <sup>-1</sup> )	Traitements			
	T	NPK	M2	M1
Y	88,00 ± 4,02	720,00 ± 11,70	1.552,00 ± 34,25	2.952,00 ± 38,55
Z	21,00 ± 0,41	177,00 ± 6,10	151,00 ± 4,31	216,00 ± 5,98
$\Delta N$ (1) 0-20 cm	1.139,00 ± 10,35	- 183,00 ± 6,51	- 408,00 ± 7,12	- 1.470,00 ± 25,70
$\Delta N$ (2) 0-40 cm	1.470,00 ± 36,34	- 450,00 ± 8,68	- 825,00 ± 16,55	- 2.516,00 ± 38,34
Pertes N X (1)	1.206,00 ± 12,45	360,00 ± 8,70	993,00 ± 24,10	1.266,00 ± 32,53
Pertes N X (2)	1.537,00 ± 41,26	93,00 ± 3,36	576,00 ± 11,76	220,00 ± 11,10
Pertes annuelles (1) Nex + Ng + Ni	122,00 ± 4,01	49,00 ± 3,20	134,00 ± 5,06	195,00 ± 5,89
Pertes annuelles (2) Nex + Ng + Ni	168 ± 4,83	23,00 ± 0,44	93,00 ± 5,20	90,00 ± 4,29
<b>Ner</b>	<b>13,00 ± 0,42</b>	<b>13,00 ± 0,36</b>	<b>10,00 ± 0,22</b>	<b>0,00 ± 0,00</b>

**Sx = moyenne**       **$\sigma$  = écart-type**       **$\Delta N$  = variation de l'azote total de t0 à tn dans le sol**

**Y = somme totale des entrées d'azote**      **Z = azote exporté par la plante**

**X = somme totale des sorties inconnues d'azote**

**(1) pertes annuelles par les récoltes (Nex), par volatilisation et dénitrification (Ng) et par lixiviation (Ni) dans la couche 0-20 cm**

**(2) si nous considérons la couche 0-40 cm, Ner = azote perdu par érosion.**

Nous pouvons comparer ces pertes à celles occasionnées par l'érosion : l'érosion exprimée en kg.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, respectivement pour T, NPK, M2 et M1, est de 13 (8 %), 13 (56 %), 10 (11 %) et 6 (6,5 %) des pertes. L'érosion est donc bien un phénomène qui appauvrit le sol en N (Barthès *et al.*, 2001, 2006) mais qui est secondaire par rapport aux autres causes de pertes qu'il reste à identifier (lixiviation et/ou perte par volatilisation et/ou par dénitrification). Même dans le traitement NPK, l'érosion reste faible en valeurs absolues. Les deux inconnus majeurs dans l'équation du bilan sont le % NFix et les pertes. Notre discussion porte sur la validité de l'estimation du taux (%) de NFix moyen du mucuna et par voie de conséquence sur la validité de l'estimation des pertes en N. En faisant une hypothèse sur la valeur de l'une, nous pouvons en déduire l'autre. Ainsi, nous avons trois hypothèses en présence :

La première hypothèse (H1) est que le taux de NFix moyen est de 75 % (NFix moyen = 75 %). Une telle hypothèse est étayée par les données de la littérature et par nos observations de la nodulation *in situ*. C'est cette hypothèse que nous avons finalement retenu et sur laquelle sont basés nos calculs.

L'hypothèse 2 (H2) est que le taux de NFix moyen est inférieur à 75 % (NFix moyen < 75 %). Deux raisons rendent peu vraisemblable cette hypothèse :

- (i) La première raison est que nous observons que le N total du sol dans le traitement M1 augmente régulièrement et considérablement au cours du temps durant les 4 premières années (+ 400 kg N.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) dans les 0-40 cm. Dans un sol fortement carencé en N au départ, cette augmentation atteste d'une fixation de N<sub>2</sub> très élevée, la seule source de N dans le système. Sur les 8 années d'essai, même en admettant une forte baisse de la

fixation au cours du temps, il est difficile d'envisager un taux de NFix moyen inférieur à 75 % car cela nécessiterait un taux de NFix < 60 % les dernières années, ce qui est en deçà des données de la littérature.

- (ii) La seconde raison est que pour permettre au mucuna de produire  $440 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  qui est la production que nous avons mesurée sur les 4 premières années, sur la base d'un taux de NFix de 90 %, la fourniture de N par le sol doit être au minimum de  $44 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$  (Azontonde *et al.*, 2005). Ce NdfS semble être une valeur maximum de fourniture de N par le sol, car le sol est carencé en N. Ceci écarte l'hypothèse d'une fixation NFix < 90 % la première année.

La troisième et dernière hypothèse (H3) est que les pertes de N sont nulles. Par conséquent, en prenant en compte les données suivantes se rapportant aux 4 premières années : le N total du mucuna (tableau 2), le  $\Delta N$  sol (tableau 4) et les apports de N par l'atmosphère et par la fixation libre de  $N_2$ , (tableau 3), l'équation du bilan donne un taux de NFix annuel moyen de 85 %. En appliquant la même méthode de calcul aux 8 années d'essai, le taux de NFix annuel moyen serait de 55 %. Compte tenu du taux de NFix de 85 % les 4 premières années, il faudrait que le taux de NFix des 5 années suivantes soit de 25 % pour permettre une moyenne de 55 % sur les 10 ans. Nous montrons bien par là que pour que l'hypothèse « pertes N nulles » soit satisfaite, il faudrait que le niveau du taux de NFix soit faible surtout après les 5 premières années de cultures du mucuna. Nous rejoignons ici l'hypothèse 2 précédente. Pourtant, bien que peu vraisemblable, cette hypothèse d'une fixation faible de N ou d'une fixation de N décroissante très rapidement demande à être vérifiée.

L'ensemble des traitements modifie le sol en profondeur ; la prise en compte de la couche 0- 40 cm permet de calculer plus rigoureusement le bilan de N que ne le permet la couche 0 - 20 cm. En se basant sur l'hypothèse de fixation de  $N_2$  du Mucuna de NFix = 75 % par ordre décroissant des pertes, nous avons :  $T > M1 > M2 > NPK$ . Ces bilans montrent que la couverture du sol par le Mucuna réduit les pertes globales de N à la parcelle par rapport à la culture traditionnelle non fertilisée avec NPK et l'urée (90 versus 23). Elle réduit également les pertes par érosion qui passent de  $13 \text{ kg}$  (système de culture traditionnelle), à  $6 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$  (système Mucuna-maïs) comme l'ont déjà aussi souligné au Bénin Aihou *et al.* (2006a, 2006b).

Ces pertes de N, outre les conséquences sur la baisse de fertilité azotée du sol peuvent introduire une pollution de la nappe phréatique ou accroître l'émission des gaz à « effets de serre » par dénitrification (libérant du  $N_2O$ ). Cette étude montre l'intérêt de la couverture végétale du sol d'un point de vue agronomique certes, mais laisse entrevoir un risque pour l'environnement en rapport avec l'excès d'azote (N). Ce risque contrôlé, le système Mucuna permet à lui seul une régénération rapide de la fertilité du sol sans apport d'intrants et constitue à ce titre un type d'agriculture biologique hautement performant, dans la mesure où nous disposons des indicateurs permettant de contrôler l'excès de N dans le milieu,  $\Delta N$  passant de  $1470 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  pour le témoin à  $-2516 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  pour le système Mucuna-maïs (M1) avec renouvellement du Mucuna tous les ans. Cette évolution montre que ce système M1 entraîne un changement de l'état du sol épuisé en azote à l'état d'excès d'azote dans le sol par rapport à ses besoins.

## Conclusion

L'évaluation des bilans de N des différents systèmes de culture (T, NPK, M2 et M1) étudiés a permis de dégager un certain nombre d'enseignements importants quant au maintien de la fertilité des sols ferrallitiques des terres de barre cultivées au sud du Bénin. Cependant, il faut considérer les bilans comme estimatifs car dans l'évaluation des différents bilans de N des systèmes de culture, un certain nombre de termes sont estimés, notamment dans l'évaluation des entrées, la fixation de  $N_2$  (symbiotique et non symbiotique) et l'azote apporté par les pluies et la poussière ( $N_p$ ). Toutefois, la validité du bilan repose surtout sur la précision de  $\Delta N$  sol. De ce fait, le bilan est d'autant plus précis que son calcul porte sur un nombre d'années d'essai élevé.

## Références bibliographiques

- Aihou K., N. Sanginga, B. Vanlauwe, J. Diels, R. Merckx, O. Van Cleemput, 2006a: Influence of rock phosphate on growth and biomass production of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) millsp.) in different farmers' fields and its residual effect on maize in the derived savanna of Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. N° 51-Mars 2006, 1-11.
- Aihou K., N. Sanginga, B. Vanlauwe, J. Diels, R. Merckx, O. Van Cleemput, 2006b: Soil factors limiting growth and establishment of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) millsp.) in farmers' fields in the derived savanna of Benin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*. N° 52-Juin 2006, 12-21.
- Aklamavo, M., Mensah G. A., 1997 : Quelques aspects de l'utilisation du mucuna en milieu rural en République du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, N° 19, 34-46.
- Azontonde H. A., C. Feller, F. Ganry, J. C. REMY, 1998 : Le Mucuna et la restauration de la fertilité d'un sol ferrallitique au sud du Bénin. *Agriculture et Développement* n° 18 Juin 1998, 14-21
- Azontonde H. A., 2000 : Dynamique de la matière organique et de l'azote dans le système Mucuna-maïs sur un sol ferrallitique (terre de barre) au Sud-Bénin. Thèse de doctorat, ENSA-Montpellier, 241 p.
- Azontondé H. A., F. A. G. Hazoumè, C. Nngangassi, G. Kpagbin, 2005 : Impact d'une plante de couverture (*Mucuna pruriens utilis*) sur la productivité du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique du Sud-Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* 50, 47-55 p.
- Barthès B., H. A. Azontondé, B. Z. Boli, C. Prat, E. Roose, 2001: Field-scale run-off and erosion in relation to topsoil aggregate stability in three tropical regions (Benin, Cameroon, Mexico). *European Journal of Soil Science*, 51, 485-495.
- Barthès B., H. A. Azontondé, E. Blanchart, C. Girardin, Villenave, C. Feller, 2006 : Effect of a legume cover crop on carbon storage in an Ultisol under maize cultivation in southern Benin. In: *Soil Erosion and Carbon Dynamics, Advances in Soil Science*, CRC Press, Boca Rato 143-155.
- Buckles D., 1995: Velvet bean: a "new" plant with a history. Mexico, Mexique, *Cimmyt economic botany*, 49(1), 13-25.
- CPCS (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols), 1967 : Classification des sols. multigr. Edition 1967, 87 p.
- Coultas C. L., T. J. Post, J. B. Jones, Y. P. Hsieh, 1996: Use of velvet bean to improve soil fertility and weed control in corn production in Northern Belize. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27 : 9-10, 2171-2196.
- Dommergues, Y., Mangenot, F., 1970 : Ecologie microbienne du sol. Ed. Masson & Cie. 796 p.
- Dossa C. S., G. A. Mensah, A. D. Dossa, C. Adoun, 1999 : Influence de divers traitements physico-chimiques de graines de *Mucuna pruriens* sur leur composition chimique en nutriments. *Tropicultura*, 1998-1999, 16-17, 3 : 141-146.
- Fauck R., 1972 : Les sols rouges sur sables et grès d'Afrique Occidentale. Mém. ORSTOM, Paris, n° 61, 257 p.
- Fauck R., Cl. Moureaux, Ch. Thomann, 1969 : Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue. *Agron. Trop.* 3, Montpellier, France; 263-301
- Ganry, F., 1990 : Application de la méthode isotopique à l'étude de bilans azotés en zone tropicale sèche. Th. Université Nancy I, 355 p.
- Gillier, P., 1966 : Les exportations en éléments minéraux d'une culture d'arachide dans les différentes zones du Sénégal : oléagineux. *Revue internationale des corps gras*, 19<sup>ème</sup> année n° 16, 174-180.
- Herrmann, L., Sterk, G., 1996: Towards a regional mass budget of aeolian transported material in a Sahelian environment. In : *Proceedings of the International Seminar on "wind Erosion in West Africa : The Problem and its Control,"* B. Buerkert, B. E. Allison and M. von Oppen, 5-7. Dec. 1994. Margraf Verlag, Weikersheim, 319-326.
- Koudjou A. L., G. A. Mensah, K. Y. K. B. Adjahoutonon, 2001 : Influence comparée d'une alimentation à base de farine de graines de Mucuna et /ou de farine d'asticots sur la croissance pondérale des canetons de barbarie. In : *Actes de l'Atelier scientifique 1, INRAB, Niaouli 11-12 janvier 2001, Programme Régional sud-centre du Bénin, Recherche Agricole pour le Développement*, 348-356.
- Lal R., G. F. Wilson, B. N. Okigbo, 1978: No till farming after various grasses and leguminous crop covers in tropical Alfisol. I. Crop performance. *Field Crops research*, 1, 71-84.
- Lal, R., 1996: Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I: Soil physical and hydrological properties. II : Soil chemical properties. *Land-Degradation-and-Development*, Nigeria, 7(1) : 19-45

- Leger-Cresson, N., 1989 : Introduction d'une légumineuse fourragère, (*Mucuna aterrima* Holl.) dans la culture du maïs pluvial à Colima (Mexique). Thèse Doct. Biol. et Physiol. vég. Univ. Montpellier II, 100 p. + annexes.
- Mandimba, G. R., West, N. E., 1996: Performance of *Mucuna pruriens* as biofertilizer on the growth of soybean and maize crops in the Congo. Proceedings of the fifth international rangeland congress, Salt Lake City, Utah, USA, 23-28 July, 1995, I, 340-341
- Osei-Bonsu P., D. Buckles, F. R. Soza, J. Y. Asibuo, 1995: Traditional food uses of *Mucuna pruriens* and *Canavalia ensiformis* in Ghana Internal Document CIMMYT, Mexico, Mexique et Crops Research Institute, Ghana, 39 p.
- Ratyalakshmi, P., Geervani, P., 1995: Nutritive value of the foods cultivated and consumed by the tribals of South India. *Plant Foods for Human Nutrition*, 46(1), 53-61.
- Redshaw, M. J., 1982: Leguminous cover crops, the key to sustained agriculture on upland soils in Indonesia. *Indonesian Agricultural Research and Development Journal*, 4(4), 117-123
- Roose, E., 1981 : Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Travaux et Documents de l'ORSTOM n°130, 566 p.
- Sanginga N., B. Ibewiro, P. Hounngandan, B. Vanlauwe, J. A. Okogun, I. O. Akobundun, B. L. Triomphe, 1996: Seasonal nitrogen dynamics and long term changes in soil properties under the *Mucuna*-maïs cropping system on the hillsides of northern Honduras. Ph.D. thesis, Cornell. University, Ithaca, New York, USA, 217 p.
- Volkoff, B., Willaime, P., 1976 : Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin au 1/200.000. Feuille de Porto-Novo Notice explicative n°66(1), ORSTOM (Paris), 1 carte h.t., 39 p.
- Volkoff, B., 1976 : Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin au 1/200.000. Feuille d'Abomey. Notice explicative n°66(2), ORSTOM (Paris), 1 carte h.t., 40 p.
- Walkley, A., Black, I., 1934: An examination of the degt-jareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37, 29-38.
- Wetselaar, R., Ganry, F., 1982: Nitrogen balance in tropical agrosystems. *Microbiology of tropical soils and plant productivity*, Y.R. Dommergues and H.G. DIEM Edit., the Hague, Nijhoff-Junk publ., 328 p.

## Evaluation de l'efficacité des Champs Ecoles Paysans dans le renforcement de capacité de production des agriculteurs de niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp) au Bénin

B. J. Gbaguidi<sup>6</sup>, O. Coulibaly<sup>7</sup> et A. Adégbidi<sup>8</sup>

### Résumé

Le Champ Ecole Paysan (CEP) a été introduit et expérimenté au Bénin en 1999 par le Projet Niébé pour l'Afrique (PRONAF) de l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) en collaboration avec l'Institut National de Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Son objectif principal est de renforcer la capacité des producteurs pour une production saine et efficiente du niébé (*Vigna unguiculata* (L) Walp). La présente étude a pour objectif d'évaluer l'efficacité des CEPs tels que promus par PRONAF dans la diffusion des technologies et le renforcement de capacité des producteurs de niébé. L'étude a été réalisée dans les départements du Couffo et des Collines respectivement au sud-ouest et au centre du Bénin. L'échantillon était composé de 54 producteurs formés et devenus formateurs, de 90 producteurs formés non formateurs et de 60 producteurs non formés mais résidant dans les mêmes villages que les producteurs formés. Les résultats montrent que les variétés améliorées de niébé proposées par le PRONAF et l'INRAB dans le cadre de la formation sont utilisées par environ la moitié des producteurs formés. Les bonnes pratiques agronomiques comme le test de germination, les extraits botaniques et la prise de décision basée sur l'analyse de l'agro-écosystème de la culture sont mieux utilisées par les producteurs formés avec un taux de plus des 3/4. Le renforcement de capacité à travers l'approche CEP a permis d'aboutir à l'utilisation par les producteurs des extraits botaniques comme alternatifs aux insecticides chimiques de synthèse de coton et contre-indiqués pour le niébé.

**Mots clés :** Champ Ecole Paysan, Renforcement des capacités, niébé, IPM, Bénin.

## Efficiency assessment of Farmer Field School in cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) farmer's capacity building in Benin

### Abstract

Farmer Field School (FFS) was introduced and experimented in Benin by the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) based Project called PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique) in collaboration with the Agricultural Research Institute of Benin (INRAB) in 1999. The project aims to build farmer's capacity for healthy and efficient cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp) production. This paper assesses the performance of the pilot FFS promoted by PRONAF. The study was carried out in the Departments of Couffo and Collines respectively in West-southern and Central regions of Benin Republic. Samples included 90 FFS participants, 60 non-participants in FFS but living in the FFS villages and 54 trained farmers to become facilitators. The results show that half of FFS participants use improved varieties released by the pilot FFS program (PRONAF) in collaboration with INRAB and other development projects. Best agronomic practices like germination test, use of plant extracts and agro-ecosystem analyses as a guide for decision taking were used by more than 75 % of trained farmers. By training farmers through

<sup>6</sup> Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-Bénin), 08 B.P. 0932 Tri Postal, Cotonou, Bénin, Tél. : (+229) 21 35 01 88, e-mail : [b.gbaguidi@cgiar.org](mailto:b.gbaguidi@cgiar.org)

<sup>7</sup> Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA-Bénin), 08 B.P. 0932 Tri Postal, Cotonou, Bénin, Tél. : (+229) 21 35 01 88, e-mail : [u.coulibaly@cgiar.org](mailto:u.coulibaly@cgiar.org)

<sup>8</sup> Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 21 36 01 22, e-mail : [ansadegbidi@yahoo.fr](mailto:ansadegbidi@yahoo.fr)

FFS, PRONAF encouraged farmers to use botanical pesticides as alternative to highly toxic cotton pesticides which are not recommended for cowpea.

**Key words:** Farmer Field School, Capacity building, Cowpea, IPM, Benin.

## Introduction

Le niébé (*Vigna unguiculata* [L.] Walp) est la plus importante légumineuse à graine cultivée et consommée au Bénin. Cependant, son rendement moyen ne dépasse guère 600 kg/ha au Bénin (OBOPAF, 2004) par rapport au rendement potentiel de 1,5 t/ha (IITA, 2004). Les contraintes majeures à la production du niébé sont la mauvaise qualité des semences, les pertes dues aux ravageurs et le manque d'encadrement des producteurs. Pour lever ces contraintes, l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) en collaboration avec les Instituts Nationaux de Recherche Agricole et de vulgarisation d'un certain nombre de pays africains a initié et exécuté le Projet Niébé pour l'Afrique (PRONAF). L'objectif de ce projet est d'assurer le développement et la diffusion de technologies appropriées pour la promotion du niébé en Afrique de l'Ouest et du Centre. Pour atteindre cet objectif, le Projet a assuré le renforcement des capacités des producteurs à travers les Champs Ecoles Paysans (CEPs). La présente étude évalue l'efficacité des CEP au Bénin.

Le Champ Ecole Paysan est une traduction littérale du terme anglo-saxon "Farmer Field School (FFS)". Basé sur le principe de l'éducation non formelle, il a été développé pour pallier certaines insuffisances observées, au niveau des approches antérieures de diffusion de technologies (Gbaguidi, 2005). Les imperfections concernent la faible implication des producteurs au processus de développement et de diffusion des technologies et de la non prise en compte de la spécificité socio-économique, agronomique et écologique de chaque localité et des producteurs. Ainsi, le CEP apparaît beaucoup plus comme un outil de renforcement de capacité qu'un outil de transfert de technologies (Gbaguidi, 2005). Les premiers CEP ont été développés et expérimentés en Asie du Sud Est vers la fin des années 80, où ils ont connu assez de succès dans la production agricole et animale, et dans la gestion de la fertilité des sols (Dragon, 2001; FAO, 2001; Kenmore, 1991). Dès lors, le CEP a été utilisé dans la gestion des maladies importantes comme le paludisme (van den Berg et Knols, 2006; FAO, 2007) et le VIH/SIDA (Swaans *et al.* 2008). L'approche a été introduite plus tard en Amérique latine et en Afrique (Nelson *et al.* 2001).

Le champ école paysan est basé sur des rencontres hebdomadaires, durant le cycle de la culture<sup>9</sup>. Le CEP est développé suivant un programme élaboré, et constitue une base fondamentale d'échanges d'information, de connaissance et de compétences, pour la gestion des cultures, selon les principes de l'éducation non-formelle, de l'apprentissage par découverte (Discovery-Learning), et de l'analyse de l'agro-écosystème (AAES) (Gallagher, 1999; Labrada et Fornasari, 2001). L'objectif visé par PRONAF à travers les CEP est de renforcer les capacités des producteurs pour gérer et résoudre les contraintes agronomiques du niébé, dans le contexte agro-écologique du champ, à travers la prise de décisions basée sur l'observation du champ, la collecte de données et l'identification des nuisibles et leurs ennemis naturels. Le but est de s'assurer que les technologies proposées sont adaptées aux conditions agro-écologiques et socio-économiques locales.

## Présentation des CEP

Le CEP commence par les réunions d'information, et une enquête diagnostic participative, pour identifier les contraintes et leur gestion par les producteurs. L'enquête permet également, d'identifier les pratiques agricoles des producteurs, ainsi que leurs besoins en formation. Après l'enquête, les facilitateurs procèdent à l'élaboration du curriculum détaillé du programme, et à sa validation par les partenaires. Le curriculum de formation prend en compte l'ensemble de l'itinéraire technique agricole: choix des variétés, test de germination, gestion de la fertilité du sol,

<sup>9</sup> Tout au long du cycle du niébé, les producteurs au nombre de 25 se réunissent une fois par semaine pour exécuter des activités comme l'analyse de l'Agro-écosystème, la discussion autour de thèmes spécifiques et le suivi des parcelles expérimentales etc.

techniques culturales appropriées, identification des insectes du niébé et de leurs ennemis biologiques naturels, gestion intégrée des nuisibles, techniques de récolte et évaluation financière de la production. Au cours de la formation, la priorité est accordée à l'utilisation des intrants non chimiques (fumure organique, pesticides botaniques et biologiques, etc.).

Afin d'assurer une large diffusion des technologies et une meilleure prestation des producteurs formateurs, la formation se déroule en deux étapes concomitantes (figure 1). Le niveau 1 correspond à la formation des producteurs facilitateurs alors que le niveau 2 indique la restitution des connaissances acquises par les producteurs facilitateurs à la base. Il s'agit donc de formation de producteur à producteur. Les participants du niveau 1 sont des producteurs délégués par les communautés ou les associations. Parfois des agents de vulgarisation de la localité y participent.

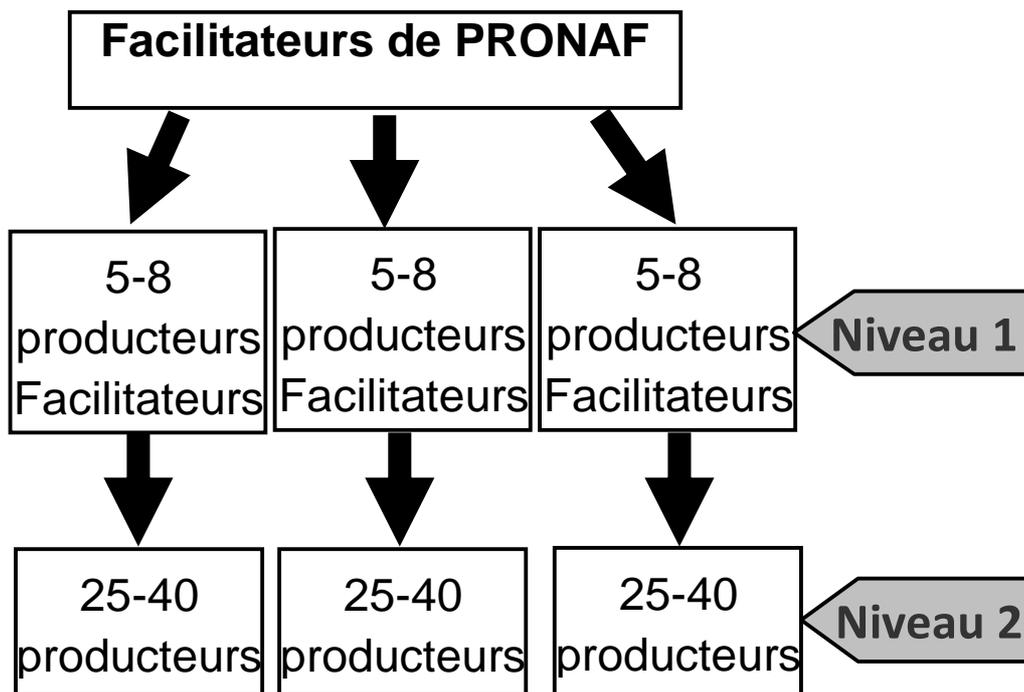


Figure 1: Schémas de formation des CEP

### Méthodologie de l'étude

Cette étude a été effectuée dans les départements des Collines et du Couffo au Bénin. A l'intérieur de chaque département, trois villages ayant abrité une fois au moins le CEP, ont été choisis au hasard. Les participants aux questionnaires ont été sélectionnés de façon aléatoire au sein des trois villages. En effet, le mode aléatoire a été utilisé pour constituer l'échantillon de répondants dans les localités où le nombre de participants aux CEP dépasse le quota qui leur est attribué.

### Echantillonnage

L'échantillonnage, comme indiqué dans le tableau 1, comprend :

- (i) Des producteurs facilitateurs ou formateurs.
- (ii) Des participants simples ayant participé une fois au moins à une session CEP.
- (iii) Des producteurs n'ayant jamais participé au CEP, mais habitant dans les villages CEP.

En plus des répondants précédemment décrits, des personnes ressources comme les chefs des communautés et des associations paysannes, les facilitateurs de PRONAF ainsi que les responsables des ONG, des Centres Régionaux pour la Promotion Agricole (CeRPA) et des projets de développement partenaires ont été rencontrés pour des entretiens semi-structurés.

**Tableau 1. Effectif des producteurs de l'échantillon par catégorie**

Département	Sites	Participants	Non participants	Facilitateurs	Total
Collines	Gobé/Atchakpa	15	10	11	36
	Dani	15	10	7	32
	Madengbé	15	10	9	34
Couffo	Davihoué	15	10	10	35
	Tchokponhoué	15	10	11	36
	Gbaconou	15	10	6	31
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>90</b>	<b>60</b>	<b>54</b>	<b>204</b>

Source : Enquête 2004

### Questionnaires

Deux types de questionnaires ont été développés, testés et remplis. Le premier est destiné aux participants et non participants aux formations. Le second est adressé aux facilitateurs qu'ils soient producteurs ou non.

### Analyses statistiques

Pour la comparaison des rendements et des revenus l'analyse de variances a été faite à l'aide du logiciel SAS 8.2 de 2001. L'analyse de régression simple a été utilisée pour évaluer l'utilisation des pesticides chimiques, des extraits botaniques et de la pratique de l'agro-écosystème. Des corrélations ont été calculées pour déterminer les relations entre l'augmentation du rendement ou du revenu, ainsi que l'utilisation des technologies par les producteurs.

### Résultats et discussion

Le tableau 2 montre que le niveau d'utilisation des technologies et des pratiques recommandées par les CEP, varie significativement entre les deux groupes de producteurs de l'échantillon. Il existe une différence significative au seuil de 1 % entre les participants et les non participants pour l'utilisation des pratiques proposées par les CEP

**Tableau 2. Comparaison entre participants et non-participants dans l'utilisation des technologies**

Technologies/Bonnes pratiques	t-test	Probabilité (P)	Erreur standard
Variétés améliorées	6,577	<0,0001	0,092
Test de germination	9,272	<0,0001	0,073
Analyse de l'agro-écosystème (AAES)	5,672	<0,0001	0,094
Utilisation des pesticides chimiques de synthèse avant la formation	-0,508	0,612	0,066
Utilisation des pesticides chimiques de synthèse après la formation	-3,987	0,000	0,130
Utilisation des extraits botaniques	6,332	0,000	0,089

Source : Enquête 2004

### **Technologies et pratiques diffusées**

L'étude a montré que les différentes technologies proposées par les CEP, n'ont pas connu le même niveau de diffusion, entre participants et non participants.

### **Variétés améliorées**

Le Projet Niébé pour l'Afrique (PRONAF) a proposé aux producteurs essentiellement trois variétés améliorées de niébé ; IT83D-326-2, K VX 396-18 et K VX 61-1. Les résultats montrent que seuls 41 % des producteurs ayant suivi la formation, et 5 % seulement des non participants, utilisent ces variétés (tableau 3).

**Tableau 3. Taux d'utilisation et de diffusion des variétés de niébé**

Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
N'utilise pas	47	95
Utilise	41	5
Ignore	12	0
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source: Enquêtes 2004, IITA-Bénin

Ce faible taux de diffusion et d'adoption des variétés du projet, peut s'expliquer par leur cycle relativement long (75-80 j) par rapport aux variétés locales (60-65 j). Les variétés K VX proposées aux producteurs à travers les CEP, sont développées au Burkina Faso sous des conditions climatiques relativement sèches. Compte tenu du taux d'humidité de l'air (50-90 %) relativement élevé au Sud et au centre du Bénin, ces variétés connaissent des attaques de pourritures et de maladies qui affaiblissent leur potentiel de rendement. Certains producteurs (25 %) pensent plutôt que la susceptibilité des variétés K VX aux insectes et aux maladies serait liée à leur teneur en sucre élevée. De plus il conviendrait d'ajouter la non disponibilité des semences de ces nouvelles variétés.

### **Les extraits botaniques**

Les extraits botaniques sont utilisés aussi bien par les producteurs formés, que les producteurs non formés avec des taux relativement élevés 85 % et 22 % respectivement (Tableau 4).

**Tableau 4. Taux d'utilisation et de diffusion des extraits botaniques**

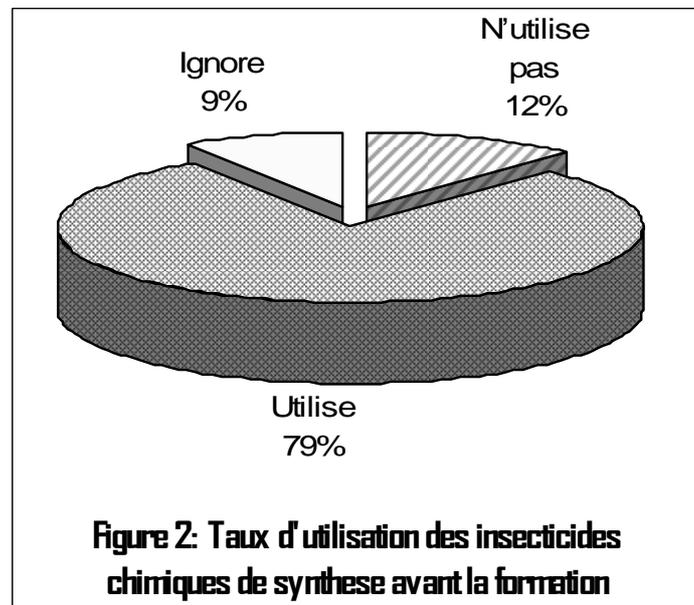
Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
N'utilise pas	7	67
Utilise	85	22
Ignore	8	11
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source: Enquête 2004

Les extraits botaniques ont connu une meilleure diffusion, comparés aux variétés améliorées de niébé (22% de non participants utilisent les extraits botaniques contre seulement 5 % pour les variétés améliorées). En effet, l'utilisation des extraits botaniques permet aux producteurs d'économiser sur les intrants tout en préservant leur santé et l'environnement à travers la réduction de la quantité de pesticides toxiques utilisée. Les extraits botaniques proposés aux producteurs sont les extraits aqueux de feuilles et de graines de neem (*Azadirachta indica*), des feuilles de papayer (*Carica papaya*) et des feuilles d'hyptis (*Hyptis suaveolens*). L'existence de premium de prix pour le niébé produit exclusivement avec les extraits botaniques, pouvait

constituer une motivation pour les producteurs et accroître le taux d'adoption des extraits botaniques.

La figure 2 montre qu'avant la formation, 79 % des producteurs utilisaient déjà des pesticides de synthèse pour traiter le niébé. Mais selon ces derniers, il s'agissait des pesticides subventionnés destinés au coton (PRONAF-Bénin, 2000).



Après la formation 35 % d'entre eux continuent de faire confiance aux insecticides de synthèse mais essentiellement ceux recommandés par la vulgarisation (figure 3).

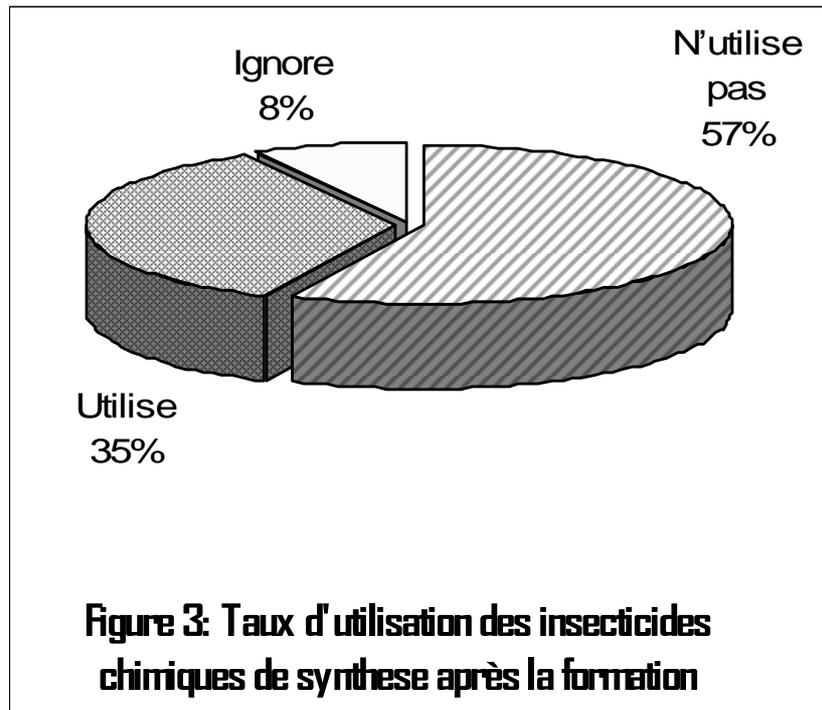
Ces résultats corroborent ceux de Van den Ber *et al.* (2003) au Sri Lanka et Khalid (2002) au Soudan dont les études ont montré que les pesticides botaniques, et la gestion intégrée des ravageurs ont permis de réduire de près de 81 % l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse par des riziculteurs et les maraîchers. Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres pays. Ainsi, la quantité de pesticides de synthèse appliquée au coton a baissé de 68 % au Pakistan de 92 % avec les producteurs Kenyans de plantain de 95 % avec les maraîchers et riziculteurs Ghanéens et de 100 % chez les riziculteurs du Bangladesh, Vietnam, Philippines (Williamson, 2003). Quant à Opolot *et al.* (2006) ils ont conclu à la suite de leurs travaux que les pesticides botaniques peuvent être substitués aux pesticides de synthèse à la phase de fructification du niébé pour contrôler les ravageurs en cas de faible infestation. Par contre, selon Shazia *et al.* (2006), les feuilles ou les graines de neem utilisées sous la forme de poudre, ne peuvent se substituer aux insecticides de synthèses de synthèse dans le contrôle des bruches du niébé en stockage.

Dans l'utilisation des extraits botaniques, les producteurs rencontrent essentiellement trois types de contraintes :

- (i) la non disponibilité des extraits sous forme de formulation directement utilisable comme les pesticides de synthèse
- (ii) la pénibilité liée au pilage des feuilles ainsi que la fréquence des traitements et,
- (iii) l'absence de prix préférentiels (premiums) pour le niébé produit avec les extraits botaniques.

Ces difficultés ont fait qu'après la formation, beaucoup de producteurs ont opté pour les extraits botaniques mais, uniquement sur de petites parcelles, généralement réservées à la consommation familiale. Le reste de leur champ de niébé, est traité soit avec les pesticides

chimiques de synthèse recommandés soit avec une combinaison des deux types de pesticides. La combinaison peut être un mélange ou une application séquentielle des deux. En effet, les CEP n'interdisent pas l'utilisation des pesticides chimiques, mais plutôt préconisent leur utilisation rationnelle et efficiente. Par ailleurs, après la formation, beaucoup de producteurs qui n'utilisaient pas les insecticides de synthèse ont commencé par le faire mais à des doses et périodes appropriées.



### Test de germination

Le test de germination constitue l'une des pratiques agricoles non conventionnelles (les producteurs n'y sont pas habitués) promues par les CEPs. Cette pratique permet aux producteurs de tester la viabilité des semences, et de diminuer le nombre de re-semis et les densités de semis. Après la formation au CEP, les producteurs sont capables de déterminer le pouvoir germinatif des semences. Le tableau 5, indique que la pratique du test de germination, a connu un taux d'utilisation assez élevé (85 % des producteurs formés).

Tableau 5. Pratique et diffusion du test de germination

Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
N'utilise pas	7	73
Utilise	85	25
Ignore	8	2
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source : Enquête 2004

La diffusion de cette technologie dans les communautés ciblées est encore faible et tourne autour de 25 %. Ces résultats corroborent ceux de Winarto (2004), selon lesquels, au Cambodge, les producteurs formés aux CEPs, utilisent deux fois moins de semences que les leurs homologues qui n'ont pas bénéficiés de la formation.

### Analyse de l'agro-écosystème (AAES)

L'analyse de l'agro-écosystème, est une activité essentielle des CEP. L'AAES, permet aux producteurs d'évaluer la situation réelle de leur champ (présence ou non de nuisibles et de leurs ennemis naturels, la croissance des plantes, l'environnement, l'humidité du sol et de l'air, etc.), avant la prise de décision afférente aux opérations culturales et aux traitements phytosanitaires. Selon les approches de vulgarisation en vigueur, les interventions au champ s'inspirent de calendriers prédéfinis loin des champs d'application. Le tableau 6, montre que 76 % des répondants se basent effectivement sur l'AAES avant toute intervention.

**Tableau 6. Taux d'utilisation et de diffusion de l'AAES**

Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
N'utilise pas	20	83
Utilise	77	4
Ignore	3	13
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source : Enquête 2004

La maîtrise de l'AAES nécessite cependant l'acquisition d'une certaine aptitude qui ne s'obtient qu'après un certain nombre de pratiques de la démarche. Ceci freine sa diffusion au sein des communautés paysannes. En effet, seuls 3 % des non-formés l'appliquent. Cependant, dans leur quasi-totalité, ils ne traitent plus leurs champs sans au préalable apprécier l'ampleur des dégâts dus aux nuisibles. Ce changement de comportement permet déjà de réduire l'utilisation abusive des pesticides chimiques de synthèse.

Ce faible taux d'utilisation des pratiques et technologies proposées par les CEP par les non-participants aux formations rejoint les résultats des analyses de Feder et *al.* (2003), qui attribuent ceci à l'attente de subventions pour le partage des connaissances avec les non participants aux formations surtout quand ces derniers ne sont pas des parents.

### **Impact des CEP sur l'augmentation de la production du niébé**

Les résultats du tableau 7 montrent qu'environ 71 % des répondants formés contre 45 % de non formés, ont reconnu avoir noté une augmentation de rendement de niébé, suite à la formation. En effet, en dehors des bonnes pratiques, des variétés améliorées tolérant les attaques des ravageurs ont été diffusées par les CEP. L'augmentation de rendement observée chez 45 % de producteurs non formés peut s'expliquer en outre par la diffusion des innovations des CEP des formés vers les non formés.

**Tableau 7. Perceptions des producteurs sur l'amélioration des rendements de niébé**

Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
Non	3	27
Oui	71	45
Ignore	26	28
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source : Enquête 2004

L'analyse de variance des rendements obtenus sur les parcelles de formation indique que la différence de rendement entre les parcelles de gestion intégrée (GI), rassemblant les pratiques et technologies CEP, et celle des pratiques paysannes (PP), n'est pas significative au seuil de 5 % sur la période de 2000 à 2003. En effet, la pratique paysanne (PP), est caractérisée par

l'utilisation quasi exclusive, d'insecticide de synthèse de coton (PRONAF-Bénin, 2000), alors que la gestion intégrée (GI), conseille les bonnes pratiques agricoles et les extraits botaniques pour la gestion des ravageurs et maladies du niébé. Les insecticides chimiques de synthèse ne sont recommandés qu'en cas d'extrême nécessité.

### **Impact des connaissances paysannes sur le revenu des producteurs et Lien entre le rendement, le revenu et les pratiques des CEP**

Selon les résultats du tableau 8, les revenus générés par la vente du niébé, ont connu une amélioration chez 69 % des producteurs formés. Le tableau 9 montre que les producteurs peuvent réaliser des bénéfices variant entre 2.525 et 68.413 FCFA à l'hectare avec la pratique de la gestion intégrée (GI) proposée par les champs écoles comparée à leur pratique (PP). Tandis que dans le tableau 10 sont résumés les résultats de l'analyse de variance des revenus générés par les parcelles GI et PP de 2000 à 2003. Le tableau 11 montre que l'accroissement des rendements est lié à la participation à la formation et plus précisément à l'application du test de germination.

Les travaux de Mauceri (2004), ont démontré aussi que le revenu des producteurs de patate douce de Carchi en Equateur, a connu des accroissements de 12 à 56 % grâce aux CEP. Au Bénin, seuls 13 % des producteurs de niébé non formés ont noté une amélioration de leur revenu suite aux informations recueillies au cours de l'enquête (tableau 8). Les résultats présentés dans le tableau 9, confirment ceux de Van den Berg et al. (2003) selon lesquels, la formation au CEP a permis aux producteurs de riz, d'économiser chacun jusqu'à \$ 87/ha. Toutefois, l'analyse de variance ne montre pas de différence significative entre les revenus moyens des deux groupes de producteurs (tableau 10). Quant à l'augmentation de revenu, elle est positivement et significativement corrélée avec le test de germination, et l'analyse de l'agro-écosystème (tableau 11). L'utilisation de variétés améliorées, n'affecte pas le rendement, et le revenu, de façon significative. Ceci confirme la faible performance des variétés améliorées de niébé introduites par les CEP. Des résultats similaires ont été soulignés dans les rapports d'activités de PRONAF-Burkina (2001, 2002, 2003), PRONAF-Niger (2001), et PRONAF-IITA (2000 et 2002). Ce résultat pose de nouveau la problématique de la pertinence des variétés améliorées par rapport aux besoins des producteurs.

**Tableau 8. Fréquence de producteurs ayant connu une amélioration du revenu de niébé**

Modalités	Taux (en %) des	
	Participants	Non participants
Revenu non amélioré	6	45
Revenu amélioré	69	13
Ignore	25	42
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Source : Enquête 2004

**Tableau 9. Revenus moyens générés sur les parcelles de formation PP et GI de 6 sites**

Années	Revenus moyens (F CFA)		Profit
	Gestion Intégrée (GI)	Pratique Paysanne (PP)	Différence [(GI) – (PP)]
<b>2000</b>	60,117	57,592	2,525
<b>2001</b>	112,033	90,467	21,566
<b>2002</b>	64,209	45,016	19,193
<b>2003</b>	207,650	139,238	68,412
<b>Moyenne</b>	111,002	83,078	27,924

Source : PRONAF-Bénin 2000- 2003

**Tableau 10. Résultat de l'analyse de variance des revenus générés par les parcelles GI et PP de 2000 à 2003**

Années	Source	Somme des carrés	Degré de liberté	Carré moyen	Valeur F	P>F
2000	Model	2,9.10 <sup>7</sup>	1	2,9.10 <sup>7</sup>	0,003	0,962
	Erreur	6,9.10 <sup>10</sup>	6	1,1.10 <sup>10</sup>		
	Total	6,9.10 <sup>10</sup>	7			
2001	Model	1,4.10 <sup>9</sup>	1	1,4.10 <sup>9</sup>	0,209	0,658
	Erreur	6,7.10 <sup>10</sup>	10	6,7.10 <sup>9</sup>		
	Total	6,8.10 <sup>10</sup>	11			
2002	Model	1,1.10 <sup>9</sup>	1	1,1.10 <sup>9</sup>	0,404	0,539
	Erreur	2,7.10 <sup>10</sup>	10	2,7.10 <sup>9</sup>		
	Total	2,8.10 <sup>10</sup>	11			
2003	Model	1,4.10 <sup>10</sup>	1	1,4.10 <sup>10</sup>	1,390	0,266
	Erreur	1,10 <sup>11</sup>	10	1.10 <sup>10</sup>		
	Total	1,2.10 <sup>10</sup>	11			

**Tableau 11. Coefficients (r) de corrélations entre le rendement, le revenu et l'adoption des technologies du niébé des CEP**

Technologies	Augmentation du rendement (Kg/ha)	Augmentation du revenu (FCFA)
Participation à la Formation	0,165*	0,158
Variétés améliorées	0,096	0,068
Test de germination	0,225*	0,261*
AAES	0,134	0,235*
Extraits botaniques	0,106	-0,011

Notes: \* Valeur de r significative (P < 0.05).

## Conclusion

La participation des producteurs à la formation CEP, a permis d'améliorer le rendement du niébé, ainsi que le revenu qu'il génère. Les résultats permettent de conclure que les variétés de niébé proposées par PRONAF, ont connu un faible taux d'adoption et de diffusion au sein des communautés paysannes du Sud et du Centre du Bénin. Les analyses ont montré également que l'utilisation de ces variétés n'affecte pas de façon significative, le rendement et le revenu des producteurs, par contre, les pratiques comme le test de germination, les extraits botaniques, la prise de décision à partir de l'analyse de l'agro-écosystème, ont connu du succès auprès des producteurs. L'utilisation des insecticides de synthèse du coton pour le traitement du niébé a connu également un recul, au profit des extraits botaniques et des insecticides recommandés. Toutefois, le taux de diffusion des technologies et pratiques (en dehors des extraits botaniques et le test de germination) reste faible des participants vers les non participants. Le test de germination reste, la seule pratique qui affecte positivement, aussi bien le rendement, que le revenu des producteurs.

Pour une meilleure performance des champs écoles paysans du Projet niébé pour l'Afrique, nous formulons les suggestions suivantes :

1. Développer et diffuser de nouvelles variétés de niébé qui sont plus adaptées aux conditions agro-écologiques des zones de production du niébé.
2. Aider les producteurs à trouver des solutions pour la semi mécanisation de la préparation des extraits aqueux à cause de la pénibilité du travail. A cet effet, un appel peut être fait en direction du secteur privé.

3. Aider les producteurs, à trouver un marché pour le niébé produit à base d'intrants naturels.
4. Intégrer les Champs Ecoles Paysans dans les systèmes de vulgarisation au Bénin afin de les rendre plus performantes et populaires.

### Références bibliographiques

- Dragon, A. K., 2001: *An Ecological Economics Approach to Pesticide Issues and IPM-FFS*, Annex B7, in FAO (2001) Mid-Term Review of the Global IPM Facility. FAO: Rome.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2007: Getting started! Running a Junior Farmer Field and Life Schools. FAO, Rome, 146 p.
- Feder G., R. Murgai, J. B. Quizon, 2003: Sending Farmers Back to School: The Impact of Farmer Field Schools in Indonesia, World Bank Policy Working Paper 3022, April 2003, Washington, DC, 36 p.
- Gallagher, K., 1999: Farmers Field Schools (FFS): A Group Extension Process Based on Adult Non-Formal Education Methods. Global IPM Facility, FAO-Rome, 7 p.
- Gbaguidi, B., 2005 : Analyse de performance du champ école paysan dans l'utilisation et la diffusion des technologies par les producteurs: cas du Projet Niébé pour l'Afrique au Bénin. Mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA), FSA/UNB/Bénin, 118 p.
- IITA (International Institute of Tropical agriculture), 2003: Participatory Technology Development and Diffusion of Cowpea Technology for Poverty Reduction and Sustainable Livelihoods in West Africa Annual Report 2004, 15 p.
- Kenmore, P. E., 1991: Indonesia's Integrated Pest Management- a model for Asia. FAO Intercountry IPC Rice Programme, Manila.
- Khalid, A., 2002: Assessing the Long Term Impact of IPM Farmer Field Schools on Farmers' Knowledge, Attitudes and Practices. A Case Study from Gezira Scheme, Sudan, 13 p.
- Labrada, R., Fornasari, 2001: Global Report on Validated Alternatives to the use of Methyl Bromide for Soil Fumigation. FAO Plant Production and Protection Paper, 166 p.
- Mauceri, M., 2004: Adoption of Integrated Pest Management Technologies: A Case Study of Potato Farmers in Carchi, Ecuador, Master of Science Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, 109 p.
- Nelson R. J., R. Orrego, O. Ortiz, M. Mundt, M. Fredrix, N. V. Vien, 2001: Working with resource-poor farmers to manage plant diseases. *Plant Disease* 85, 684–695.
- OBOPAF (Observatoire des opportunités d'affaires du Bénin), 2004 : Etude de l'offre et de la demande sur les produits alimentaires, expansion du commerce intra- et inter-regional entre les pays de la CEMAC et de l'UEMOA République du Bénin, Octobre 2004, 90 p.
- Opolota H. N., A. Agonab, S. Kyamanywaa, G. N. Mbatac, E. Adipala, 2006: Integrated field management of cowpea pests using selected synthetic and botanical pesticides. *Crop Protection*, Volume 25, Issue 11, November 2006, 1145-1152.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Bénin, 2000 : Rapport de fin de formation sur la gestion intégrée des nuisibles du niébé à travers l'école des paysans, septembre -décembre 2000, rapport préparé par Coffi Alassane, Kakpo Zannou B, Houndété Thomas. 26 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Bénin, 2003 : Rapport d'activités, 2003-2004, INRAB-Bénin. 25 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Burkina, 2001 : Rapport d'activités de la campagne 2000 – 2001. Formation des producteurs /agents de vulgarisation des services de l'état et des ONG a travers l'école champ paysan sur la gestion intégrée des nuisibles du niébé IPM / FFS, INERA, Burkina Faso. 27 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Burkina, 2002 : Rapport d'activités de la campagne 2001 – 2002. Formation des paysans sur la gestion intégrée des nuisibles du niébé a travers le champ école paysan IPM / FFS Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), mars 2002. 27 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Burkina 2003 : Rapport de campagne agricole 2002, Projet Niébé pour l'Afrique (PRONAF), Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formations (CREAF), avril 2003, 28 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-IITA, 2000 : Farmer field school: activities report 2000-2001, IITA. 37 p.
- PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-IITA, 2002 : Farmer Field School Rapport provisoire d'activités, campagne 2001-2002. 17 p.

PRONAF (Projet Niébé pour l'Afrique)-Niger, 2001 : Rapport des activités FFS, projet PRONAF-Niger, campagne agricole 2001, Novembre 2001. 15 p.

Shazia O. W., M. Reuben, M. Masunga, R. Makundi, R. N. Misangu, B. Kilonzo, M. Mwatawala, H. F. Lyimo, C. G. Ishengoma, G. Dastun, G. Msuya, L. S. Mulungu, 2006: Control of cowpea Weevil (*Callosobruchus maculatus* L.) in stored Cowpea (*Vigna unguiculatus*) grains using Botanicals. *Asian Journal of Plant Sciences*, 5 (1): 91-97.

Swaans K., J. E. Broerse, M. Salomon, M. Mudhara, M. Mweli, J. F. Bunders, 2008: The Farmer Life School: experience from an innovative approach to HIV education among farmers in South Africa. *SAHARA Journal*. 2008 Jul; 5(2), 52-64.

Van den Berg H., H. Senerath, L. Amarasinghe, 2003: Farmer Field Schools in Sri Lanka: assessing the impact. *Pesticides News* No 61, September 2003, 14-16.

Van den Berg H., B. G. J Knols, 2006: The Farmer Field School: a method for enhancing the role of rural communities in malaria control? *Malaria Journal* Vol. 5:2, 2006, doi: 10.1186/1475-2875-5-3.

Williamson, S., 2003: Economic cost of pesticide reliance, *Pesticides News* No 61, September 2003, 3-5.

Winarto, Y. T., 2004: Farmer field school, farmer life school and farmers club for enriching knowledge and empowering farmers: A case study from Cambodia", *Small-scale Livelihoods and Natural Resources Management in Marginal Areas: Case Studies in Monsoon Asia*, Proceedings of an international symposium, Tokyo, Japan, 29-30 October 2003, 221-231.

## **Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klou au Centre-Bénin: Contribution à la gestion durable des ressources en eau**

**SINTONDI<sup>10</sup> L. O., AWOYE<sup>10</sup> H. R. et AGBOSSOU<sup>10</sup> K. E.**

### **Résumé**

La présente étude vise à contribuer à la gestion durable des ressources en eau dans le département des Collines au centre du Bénin, en adaptant un modèle hydrologique régional aux processus hydrologiques et au transport de sédiments dans le bassin versant du Klou, qui tient compte du climat, du couvert végétal, des pratiques socio-économiques et de l'état de la surface du sol. Pour ce faire, le modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool), un modèle hydrologique physique semi distribué à interface SIG a été calibré et validé pour le bassin versant étudié. Le bilan hydrologique a été calculé pour chaque unité homogène du point de vue des propriétés physiques des sols et d'utilisation des terres (HRU) avant d'être agrégé à l'échelle du sous bassin, puis du bassin. Ceci augmente la précision des résultats. Les résultats ont montré que le modèle SWAT a bien reproduit l'hydrologie du bassin versant. Du bilan hydrologique annuel moyen, il ressort que les apports pluviométriques sur le bassin s'élèvent à 1.140 mm/an pour la période allant de 1990 à 1995, correspondant aux années de calage et de validation du modèle. Le ruissellement moyen s'élève à 143 mm/an, soit un coefficient de ruissellement de 12,5 %, la recharge totale moyenne des aquifères est de 218 mm.an<sup>-1</sup>, soit 19% des précipitations, et l'évapotranspiration réelle est de 791 mm/an, soit 69,4% des précipitations. Quant aux sédiments érodés et transportés au niveau de la station de mesure de débits de la rivière Klou, une valeur moyenne de 5 t/hax<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> a été obtenue pour tout le bassin. Cette valeur cache de profondes disparités : en moyenne 9 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> de sédiments sont emportés des terres agricoles et 0,3 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> des savanes arborés. Sur la base de ces résultats, des suggestions pour une utilisation durable des ressources en eau et des terres ont été faites.

**Mots clés** : modélisation, bilan hydrologique, érosion, SWAT, bassin versant, Bénin

## **Modelling the hydrological balance of the Klou's catchment in the centre of Benin: Contribution to sustainable water resources management**

### **Abstract**

This study aims to contribute to the sustainable management of water resources in Collines department (centre of Benin), by adapting a regional hydrological model to hydrological processes and sediment transport in the catchment area of Klou, which takes into account the climate, land cover, socioeconomic practices and initial soil surface conditions. In order to reach this goal, the SWAT (Soil and Water Assessment Tool) model, a semi-distributed watershed model with GIS interface has been calibrated and validated for the studied catchment area. Based on the digital elevation model for the study area, climatic data, digital maps of land and the physical characteristics of soils, digital maps of land use, and physical parameters data of main crops of the study area, the SWAT model divides the whole catchment in several sub-basins and homogeneous unit at point of view of soil properties and land use called HRU (Hydrological Response Unit). The water balance was calculated for each HRU before being aggregated to the sub watershed scale, and then the basin. This increases the accuracy of results. The results showed that the SWAT model provides suitable reproduction of the watershed hydrology. From the average annual water balance, it follows that rainfall in the basin amounts to 1,140 mm for the

---

<sup>10</sup> Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 B.P. 526 Recette Principale, Cotonou 01, République du Bénin, Tél. : (+229) 21 36 01 26/21 36 01 22, e-mail : [o\\_sintondji@yahoo.fr](mailto:o_sintondji@yahoo.fr), [h\\_awoye@yahoo.fr](mailto:h_awoye@yahoo.fr) & [agbossou2001@yahoo.fr](mailto:agbossou2001@yahoo.fr)

period including both calibration and validation years. Runoff amounts to 143 mm/year, representing a ratio of 12.5 %, total recharge of aquifers is 218 mm/year (19 % of precipitations), and actual évapotranspiration is about 791 mm/year, or 69.4 % of precipitations. For the eroded sediment transported to the outlet of the Klou River, an average value of 5 tons/ha/year has been obtained for the entire basin. This value hides disparities: for example, an average of 9 tons/ha/year of sediment is carried into farmland and 0.3 ton/ha/year in the wooded savannahs. Some suggestions for sustainable use of water resources based on the annually quantities renewed has finally been made, followed by other suggestions regarding land conservation practices.

**Key words:** modelling, water balance, erosion, SWAT, Klou's catchment, Benin

## Introduction

L'eau est la ressource naturelle la plus précieuse ; en de nombreux points du globe, sa disponibilité est menacée tant en quantité qu'en qualité notamment dans les pays sous-développés. La quantité et la qualité des ressources en eau disponibles posent actuellement des problèmes de plus en plus complexes et difficiles à résoudre (Riad, 2003). La consommation d'eau augmente considérablement et la pénurie se fait sentir dans de nombreux pays surtout en voie de développement. Cette situation s'aggrave à cause de la croissance rapide de la population, de l'expansion de l'urbanisation et du développement économique croissant (Abbott et Refsgaard, 1996). Le phénomène de croissance de la population prend de l'ampleur en Afrique en général et augmente la demande en eau, pour des usages domestiques, agricoles et autres. Pour l'Afrique, des estimations révèlent que dès à présent la quantité d'eau douce disponible est seulement environ le quart de la disponibilité en eau en 1950, et que l'approvisionnement en eau potable pourrait devenir problématique particulièrement en Afrique occidentale, où environ 35 années sèches ont été observés (Speth *et al.*, 2002). La variabilité spatiale et temporelle est au cœur de la pénurie de ressources en eau, responsable de la vulnérabilité et de la croissance économique. Des observations ont d'ailleurs montré que la variabilité pluviométrique en Afrique de l'Ouest a significativement augmenté depuis les années 1950 (Maiga, 1998), influençant ainsi la disponibilité de l'eau (Mimikou *et al.*, 2000 ; Gaiser *et al.*, 2003). Le Bénin est donc également confronté au problème du développement et de la gestion durable de ses ressources en eau (MMEH, 1999). Dans les communes de Savalou et Dassa-Zoumè, la situation de la disponibilité de points d'eau potable pour desservir les communautés en eau de boisson, en fonction des tailles démographiques, est loin de respecter les recommandations en la matière. Leurs Plans de Développement Communaux (PDC) présentent de façon unanime une situation de non maîtrise des ressources en eau. Une gestion intégrée des ressources en eau s'impose donc pour accompagner un développement durable qui puisse concilier le développement socio-économique et la préservation de l'environnement.

La présente étude a donc pour objectifs de contribuer à la gestion durable des ressources en eau dans le Zou en adaptant un modèle hydrologique régional, en l'occurrence le modèle SWAT, au processus pluie – ruissellement et au transport de sédiments dans le bassin versant du Klou. Ce modèle à base physique et semi-distribué permet, tout en tenant compte des influences du climat, du couvert végétal et des pratiques socio-économiques, de calculer les composantes du bilan hydrique.

## Méthodologie

### **Caractéristiques du bassin et de son environnement**

L'étude a concerné le bassin versant du Klou à l'exutoire du pont de Logozohè (7°53' de latitude Nord et 2°07' de longitude Est), d'une superficie de 309,9 km<sup>2</sup> (Figure 1). La rivière Klou est un affluent de la rivière Agbado qui appartient au grand bassin du Zou. Le bassin du Klou se trouve entre 7°42' et 8°08' de latitude Nord et 2°et 2°15 ' de longitude Est. Il est donc situé dans la zone cotonnière centre (ZCC) du département des Collines et couvre en partie les communes de Savalou, Glazoué et Dassa-Zoumè. L'altitude moyenne du bassin versant du Klou est de 178,1 ± 19,9 m.

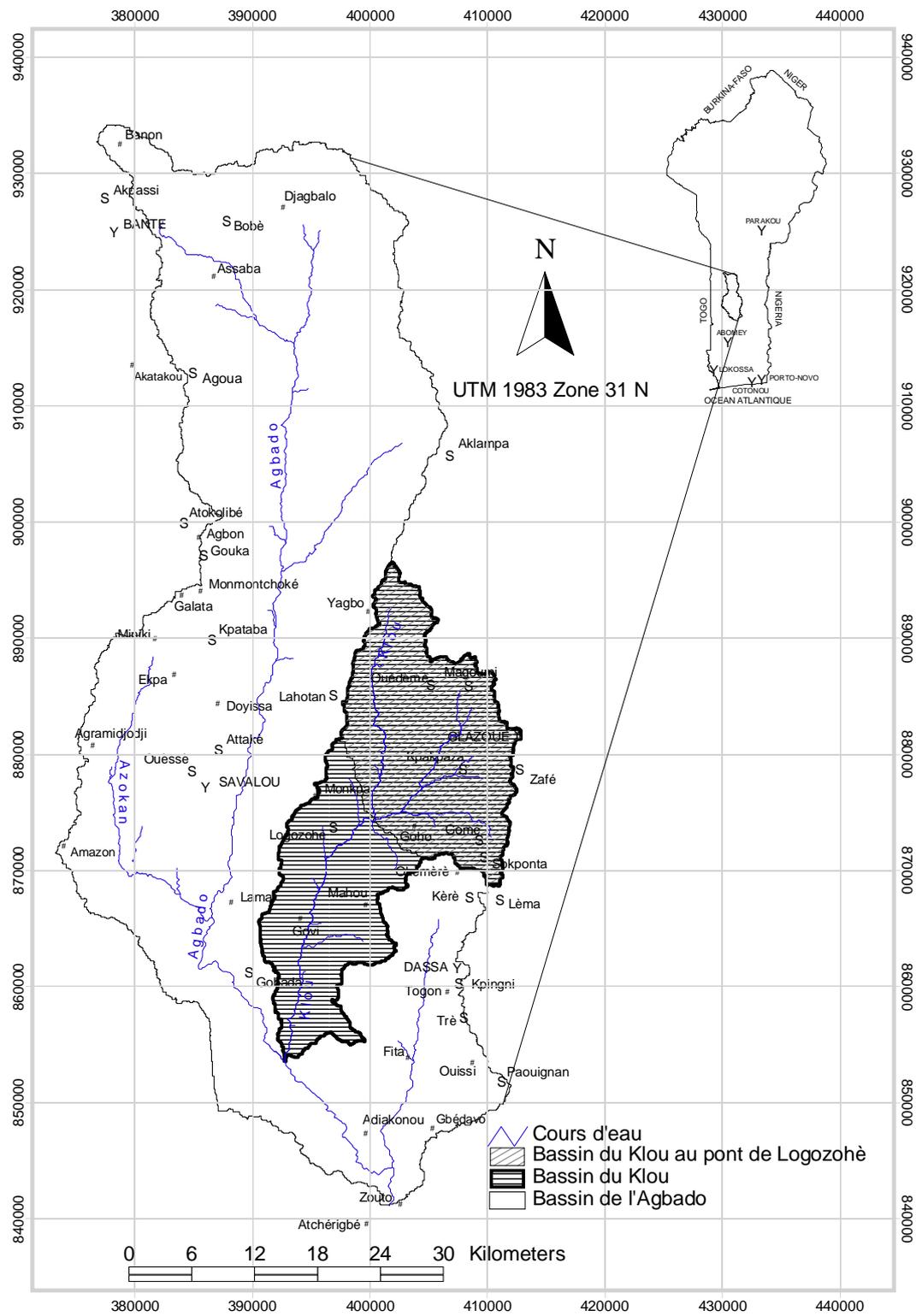


Figure 1. Situation géographique du bassin versant du Klou

La région bénéficie d'un climat tropical humide de transition ou de type soudano-guinéen (Adam et Boko, 1983). Sur la période 1956–1996, les hauteurs moyennes annuelles de pluie, de l'ordre de 1.067,1 mm à Savalou, 1.099,5 mm à Savè, atteignent 1.134,3 mm à Bantè.

Le socle géologique sur lequel repose le bassin versant du Klou est une pénéplaine cristalline. Les assises pédologiques prédominantes sont les sols hydromorphes lessivés sur des embréchites basique et gneiss et les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions qui couvrent respectivement 53,57 % et 39,52 % de la superficie du bassin. En effet, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions sur des embréchites présentent sur près de 2 m d'épaisseur, un profil qui peu être identifié par la succession d'un horizon A sableux de 20 à 40 cm, d'un horizon B<sub>1</sub> de texture argilo-sableuse, brun rouge, brun ou jaune suivants les cas, avec de petites taches ocre ou rouge et parfois quelques concrétions ferrugineuses, d'un horizon B<sub>2</sub> de texture argilo-sableuse ou argileuse, brun ou gris, toujours plus clair que B<sub>1</sub>, avec des taches rouges ou rouille et des concrétions, et d'un matériau profond débutant entre 1 m et 1,5 m de profondeur, argileux à caractéristiques vertiques. Le drainage est correct en surface, médiocre dans l'horizon B<sub>2</sub>, et mauvais dans le matériau profond.

Les sols hydromorphes lessivés sur des embréchites basiques et gneiss présentent un horizon A de couleur très claire (les symptômes d'hydromorphie y sont nettement discernables) sableux, de 20 à 40 cm d'épaisseur, un horizon B gris à taches, argileux, très dur, et un matériau originel C gris, argileux vertique. C'est un profil à contraste textural très marqué, caractérisé par de sévères conditions hydromorphes qui se prolongent durant toute la période humide par suite d'un drainage interne particulièrement limité (Volkoff, 1976).

La végétation prédominante est celle de la savane arborée à forte emprise agricole. Actuellement, les terres agricoles occupent 68,56 % de la superficie du bassin, et les savanes arborées sont restreintes à 26,19 %.

Une année sur deux, l'écoulement s'arrête entre le 22 novembre et le 22 février, puis reprend entre le 31 mars et le 23 mai. La durée de la période sans écoulement est comprise, une année sur deux, entre 20 jours et 5 mois. La durée de cette période a augmenté en moyenne de plus de deux mois depuis 1968 (Le Barbé *et al.*, 1993).

Ce cours d'eau favorise l'installation de nombreuses activités comme la pêche, le maraîchage, la riziculture dans les bas-fonds, etc.

### **Description du modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool)**

#### **Bref aperçu**

Pour atteindre les objectifs de l'étude, la version 2003 du modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool) a été utilisée. SWAT est un modèle hydrologique à base physique, semi distribué à interface SIG (ArcView). A partir d'un modèle numérique de terrain (MNT), des données climatiques, des cartes numériques des sols et des caractéristiques physiques des sols, des cartes numériques d'utilisation des terres, et des données sur les paramètres physiques des principales cultures de la zone d'étude, SWAT partitionne le bassin versant en des sous bassins et sous unités homogènes, du point de vue des propriétés physiques des sols et d'utilisation des terres, appelées HRU (Hydrologic Response Units). Il calcule ensuite les bilans hydriques journaliers (Arnold *et al.*, 1998). SWAT est à la fois un modèle hydrologique et d'évaluation de la qualité de l'eau, développé par le Service de Recherche Agricole du Département de l'Agriculture des Etats-Unis (USDA-ARS) pour prédire l'impact des pratiques de gestion des terres sur l'eau, les sédiments, et les transports chimiques agricoles dans de grands bassins versants complexes présentant différents sols et différentes occupations des terres, et ce, sur de longues périodes.

Pour atteindre cet objectif, le modèle à base physique SWAT utilise directement les données d'entrée disponibles ; il est efficient du point de vue informatique en traitant de larges bassins versants en temps record, continu dans le temps et capable de simuler les effets des changements d'utilisation des terres sur de longues périodes.

Les composantes du modèle incluent le climat, l'hydrologie, la sédimentation, la croissance des plantes, le cycle des nutriments, la dynamique des pesticides et la gestion agricole.

L'interface Arc View - SWAT a d'abord permis de segmenter le bassin versant du Klou en 7 sous bassins et 40 unités homogènes appelées unités de réponse hydrologique (HRU), et a ensuite été utilisée pour le traitement des données numériques du sol, du climat et de l'utilisation des terres, et pour les différentes simulations hydrologiques en vue du calage du modèle et de sa validation pour la zone d'étude.

### Évaluation du bilan hydrologique

L'évaluation de la disponibilité en eau a été faite à travers l'estimation des composantes du cycle hydrologique (précipitations et interception, ruissellement, infiltration de l'eau dans le sol et dans la zone racinaire, évapotranspiration, écoulement souterrain et recharge des nappes) à l'échelle du bassin versant. L'unité spatiale de base à ces calculs est le HRU, résultat de la combinaison d'un type de sol et du couvert végétal du bassin versant. L'équation du bilan hydrologique, pour un intervalle de temps, s'écrit :

$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - Q_{ri}), \text{ avec :}$$

- $SW_t$  le contenu final en eau du sol (mm),
- $SW_o$  le contenu initial en eau du sol au jour  $i$  (mm),
- $t$  le temps (jours),
- $R_i$  la précipitation au jour  $i$  (mm),
- $Q_i$  le ruissellement de surface au jour  $i$  (mm),
- $ET_i$  l'évapotranspiration réelle au jour  $i$  (mm),
- $P_i$  la percolation au jour  $i$  (mm) et
- $Q_{ri}$  la contribution de l'aquifère libre à l'écoulement à l'exutoire au jour  $i$  (mm).

Le modèle SWAT procède automatiquement par triangulation à la répartition des variables climatiques sur les différents sous bassins à partir des données journalières des différentes stations de mesures. En outre à partir des données climatiques moyennes mensuelles calculées sur la période 1974-2006, le modèle génère les valeurs manquantes et procède à la désagrégation à l'échelle journalière des séries de précipitations à partir de son générateur de climat (WXGEN).

Pour estimer le ruissellement, le modèle SWAT fournit deux méthodes : le "SCS curve number procedure" (SCS, 1972) et la méthode d'infiltration de Green et Ampt (1911). La première a été utilisée et a permis de calculer pour chaque unité homogène et pour chaque sous bassin, le temps de concentration, le débit de pointe et la lame d'eau écoulée. Les courbes de ruissellement sont fournies par des tables (SCS Engineering Division, 1986). Elles sont calculées en tenant compte de la conductivité hydraulique du sol à saturation ( $K_s$ ), de la pente, et de la couverture initiale du sol.

Pour l'eau dans le sol et dans la zone racinaire, SWAT simule directement le mouvement de l'eau en conditions saturées, si la teneur en eau d'un horizon du sol est supérieure à la capacité au champ et ce pour chaque horizon. L'écoulement en conditions non saturées est indirectement modélisé avec la distribution de la profondeur de prise d'eau racinaire et la distribution de la profondeur d'évaporation du sol. La quantité d'eau migrant d'un horizon du sol à un autre est déterminée par la méthode de cheminement avec stockage de Sloan et Moore (1984) qui permet aussi de répartir l'eau d'écoulement de chaque horizon en ses différentes composantes que sont l'écoulement latéral et la percolation.

Pour l'estimation de l'ETP, trois méthodes couramment utilisées sont proposées par SWAT dont celle de Penman-Montheith (1956) qui a été retenue pour cette étude. SWAT modélise aussi les remontées d'eau capillaire vers les couches non saturées comme une fonction de la demande d'eau pour l'évapotranspiration.

### **Estimation de l'érosion**

Les estimations des pertes en terre ont été ajustées, après calage de l'assise hydrologique, en utilisant la version modifiée de l'Équation Universelle des Pertes de Terre (MUSLE) (Williams, 1995). Ladite équation modifiée améliore la qualité de l'estimation des sédiments et permet l'application de l'équation à des événements pluvieux individuels. Elle s'écrit :

$$\text{Sed} = 11.8 \cdot (Q_{\text{surf}} \cdot q_{\text{peak}} \cdot \text{area}_{\text{hru}})^{0.56} \cdot K_{\text{USLE}} \cdot C_{\text{USLE}} \cdot P_{\text{USLE}} \cdot LS_{\text{USLE}} \cdot \text{CFRG}, \text{ Où :}$$

- Sed est la quantité de sédiments transportés par jour (tonnes),
- $Q_{\text{surf}}$  le volume du ruissellement de surface (mm/ha),
- $q_{\text{peak}}$  le débit de pointe ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),
- $\text{area}_{\text{hru}}$  la surface de l'HRU (ha),
- $K_{\text{USLE}}$  le facteur d'érodibilité du sol de l'USLE,
- $C_{\text{USLE}}$  le facteur du couvert végétal de l'USLE,
- $P_{\text{USLE}}$  le facteur des pratiques culturales de l'USLE,
- $LS_{\text{USLE}}$  le facteur topographique de l'USLE et
- CFRG le facteur d'éléments grossiers du sol.

Les abaques permettent de choisir les valeurs pour ces différents paramètres en tenant compte des spécificités du bassin.

### **Données**

Les données utilisées pour cette étude sont :

- modèle numérique de terrain (MNT) de résolution 90 m élaborés par le SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de la NASA ;
- données pluviométriques journalières des stations de Bantè, Gouka, Savalou, Tchetti, Dassa pour la période 1988-1995, et données pluviométriques et autres variables climatiques (précipitations, intensités de pluie, humidité, températures maximales et minimales, vitesse du vent, insolation et rayonnement) aux pas de temps journalier et annuel, pour la station synoptique de Savè sur la période 1974-2006. Ces données ont été collectées auprès de la Direction Météorologique Nationale du Bénin (DMN) ;
- débits journaliers de la rivière Klou, acquis auprès du Service de l'Hydrologie ;
- cartes numériques des sols de la zone d'étude (à l'échelle 1/200.000<sup>ème</sup>) obtenues auprès du projet allemand IMPETUS, et complétées par des sondages et profils pédologiques réalisés in situ en vue de la prise d'échantillons pour la détermination au laboratoire des différents paramètres physiques qui régissent la dynamique de l'eau au niveau du sol (conductivité hydraulique à saturation, taux de carbone organique, capacité de rétention en eau, texture) ;
- cartes numériques d'utilisation des terres de résolution 300 x 300 m par agrégation, établies à partir d'imagerie LANDSAT de résolution 30m de février 2003 obtenues du CENATEL; et
- données sur les paramètres physiques de la composition floristique et des principales cultures de la zone d'étude (indice de surface foliaire (LAI), biomasse, potentiel d'unités de chaleur des plantes (PHU)) obtenues des bases de données du projet allemand IMPETUS et du Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME).

### **Calage et validation du modèle SWAT**

Le calage du modèle a été fait sur la période 1988-1993. Les deux premières années ont servi au démarrage du programme (setup period). La validation des résultats du modèle, quant à elle, est faite sur la période 1994-1995.

Pour l'ajustement du bilan hydrique qui contrôle l'ensemble des processus hydrologiques sur le bassin, deux critères ont été pris en compte pour calibrer les flux d'eau. Le niveau de corrélation entre les débits mesurés et les débits observés à l'exutoire a été d'abord considéré, puis la concordance concernant la répartition des volumes d'eaux écoulés entre écoulement de surface et écoulement souterrain a été estimée. Pour estimer ces contributions respectives sur le bassin, le programme de séparation des écoulements baseflow a été utilisé (Arnold et al., 1999). Une fois les contributions respectives estimées, le calage s'est déroulé en deux étapes. La première étape a consisté à ajuster le ruissellement de surface jusqu'à ce qu'il soit en adéquation avec la valeur estimée par le programme baseflow. Lorsque le ruissellement a été acceptable, la contribution de l'écoulement souterrain a été ajustée.

Aussi bien au calage qu'à la validation du modèle, trois indices classiques ont permis d'apprécier la corrélation entre les variables simulées et les variables observées. Ce sont : le coefficient de détermination ( $R^2$ ), le coefficient d'efficacité du modèle de Nash et Sutcliffe (ME) et l'indice d'accord de Wilmott (IA).

$$R^2 = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\left[ \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \right]^{0.5} \left[ \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \right]^{0.5}} \right\}^2,$$

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}, \quad IA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^N \left( |P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}| \right)^2}, \text{ où :}$$

- $O_i$  représente les valeurs de débit journalier observées,
- $P_i$  les valeurs de débit journalier simulées,
- $\bar{O}$  la valeur moyenne des observations,
- $\bar{P}$  la valeur moyenne des simulations et
- $N$  le nombre de valeurs comparées.

## Résultats et discussion

### ***Écoulements simulés et écoulements observés durant la période de calage (1990-1993)***

La figure 2 présente les écoulements moyens hebdomadaires observés et simulés durant la période de 1990 à 1993 tandis que le tableau 1 présente la moyenne des valeurs de ces écoulements observés et simulés, les valeurs du coefficient de détermination ( $R^2$ ), de l'efficacité du modèle (ME) et de l'indice d'accord (IA).

Après l'ajustement des paramètres du modèle, au pas de temps hebdomadaire, le coefficient de détermination  $R^2$  est de 0,59 mais l'efficacité du modèle et l'indice d'accord qui sont les coefficients les plus significatifs du point de vue hydrologique, ont des valeurs très élevées (ME et IA > 0,9). Ces coefficients étant au-delà de 0,6, on considère alors que durant la période de calage le modèle, SWAT a correctement reproduit les débits sur le bassin. La valeur moyenne du coefficient de détermination serait alors due aux données pluviométriques manquantes qui ont été générées par le modèle.

La droite de régression entre les débits moyens mensuels observés et ceux simulés durant la période de calage (figure 3) montre par ailleurs une forte corrélation entre les valeurs de débits moyens mensuels.

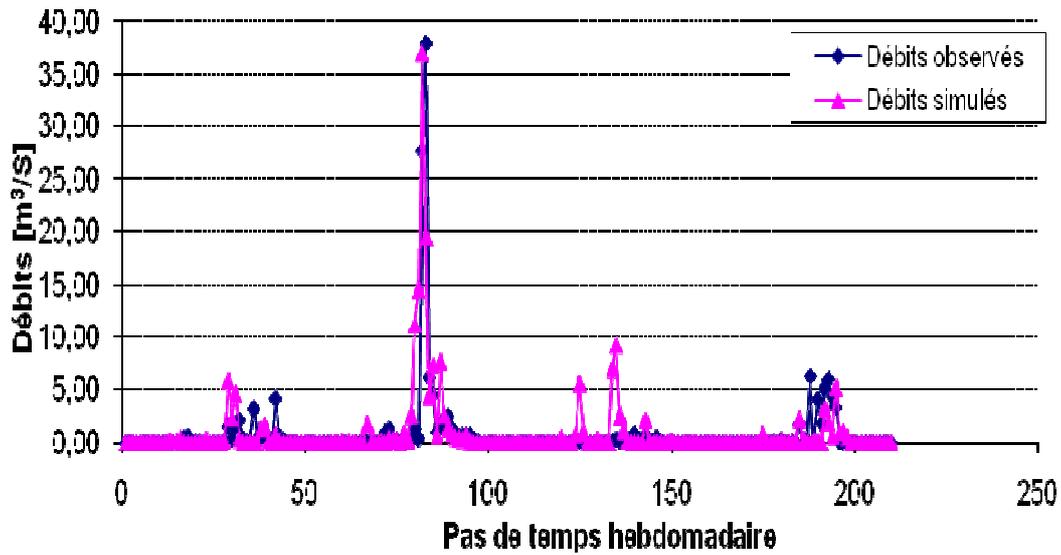


Figure 2. Débits moyens hebdomadaires simulés et observés du Klou (1990 à 1993)

Tableau 1. Moyennes hebdomadaires et coefficients d'évaluation des débits simulés et observés de la rivière Klou (période de 1990 à 1993)

Moyennes hebdomadaires (m <sup>3</sup> /s)		Coefficients d'évaluation		
Débit observé	Débit simulé	R <sup>2</sup>	ME	IA
0,72	0,88	0,59	0,99	0,99

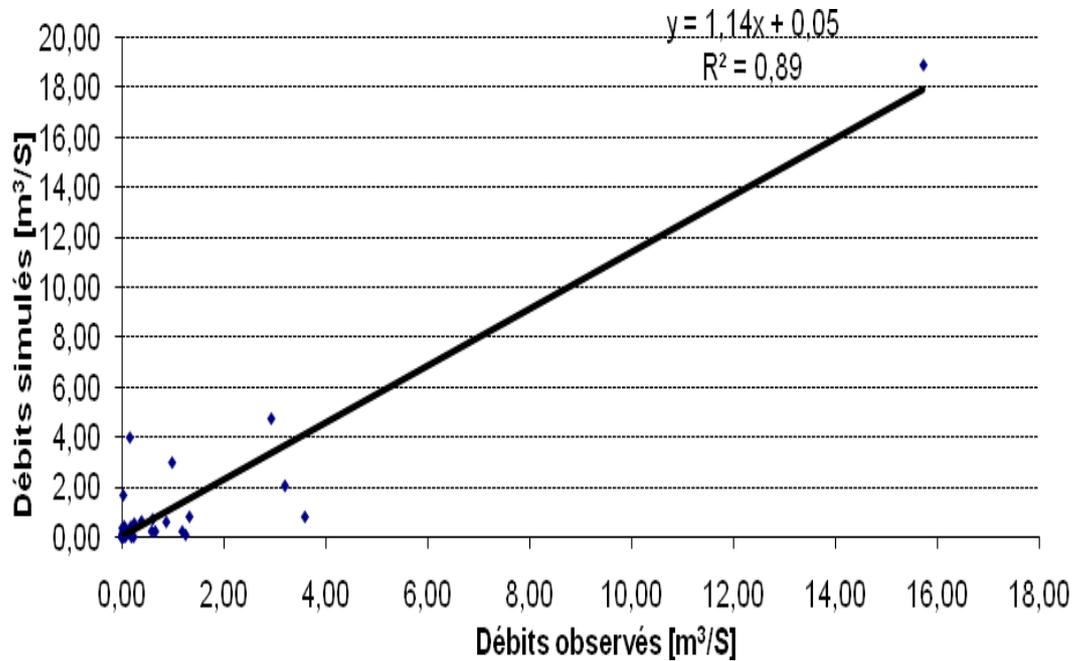


Figure 3. Régression entre les débits moyens mensuels observés et simulés (1990-1993)

**Bilan hydrologique annuel durant la période de calage (1990-1993)**

Le tableau 2 présente les valeurs annuelles des différentes composantes du bilan hydrologique calculées pour la période de calage.

**Tableau 2. Bilan hydrologique du bassin versant du Klou pour la période de calage (1990-1993)**

<b>Précipitations (mm/an)</b>	<b>1.189,1</b>
Écoulement de surface (mm/an)	160,7
Contribution de l'aquifère libre à l'écoulement (mm/an)	110,6
Écoulement latéral (mm/an)	0,8
Recharge totale des aquifères (mm/an)	217,7
Recharge de l'aquifère profonde (mm/an)	9,1
Évapotranspiration réelle (mm/an)	819,8
Variation du stock d'eau du sol (mm/an)	-9,9
Perte par transmission (mm/an)	1,3
Évapotranspiration potentielle (mm/an)	1.543,7

Le tableau 2 montre que, durant la période de calage les ressources en eau de surface sont évaluées à 160,7 mm, soit environ 49,81 millions de m<sup>3</sup>/an, tandis que les ressources en eau de l'aquifère libre sont de 64,63 millions de m<sup>3</sup>/an. La part des précipitations qui contribue à l'écoulement de surface est de 13,5 %, celle qui est évaporée est de 68,9 %, et celle qui contribue à la recharge totale des aquifères est de 18,3 %. De l'analyse de ces résultats, il ressort que la majeure partie des précipitations retourne à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes. Ces résultats sont légèrement supérieurs à ceux obtenus par Sintondji (2005). Ce dernier trouve que 11,1 % des pluies tombées sur le bassin versant de Térou-Igbomakoro dans la Haute Vallée de l'Ouémé (HVO), située au nord de notre zone d'étude, contribuent à l'écoulement de surface, et 67,3 % sont évapotranspirés. Cela pourrait s'expliquer par la grande différence de taille des bassins versants. En effet, moins le bassin versant est grand, plus vite les eaux atteignent l'exutoire, et plus élevée est la probabilité d'avoir un coefficient de ruissellement plus grand. S'agissant de la valeur d'écoulement de surface qui s'élève à 13,5 % pour notre zone d'étude, elle est dans l'ordre de grandeur des valeurs obtenues par Giertz *et al.* (2006) qui varient de 9,5 à 18,7 % dans les bassins versants d'Aguima et de Niaou situés dans la HVO pour les années 2002 et 2003 et pour des précipitations similaires (1145 à 1230 mm).

Ces résultats sont confirmés par Dingman (1994) qui estime que près de 62 % des pluies tombées sur les continents sont évapotranspirés. Il précise que l'évapotranspiration réelle excède le ruissellement dans beaucoup de bassins versants et dans tous les continents excepté l'Antarctique. Amoussou (2005), quant à lui, trouve que, pour le bassin versant du Couffo situé plus au sud de notre zone d'étude, sur les 100 % de pluies enregistrées, plus de 80 % sont évaporées. Il précise également que pour ce bassin l'évapotranspiration potentielle est en général supérieure aux précipitations sur la période de 1968 à 2000.

**Écoulements simulés et observés durant la période de validation (1994-1995)**

La figure 4 présente les écoulements moyens simulés au pas de temps hebdomadaire durant cette période de validation et le tableau 3 en présente les moyennes hebdomadaires simulées et observées, de même que les coefficients d'appréciation.

Comme lors de la période de calage, les valeurs de l'efficacité du modèle et de l'indice d'accord demeurent très élevées (ME et IA > 0,9). La reproduction temporelle des débits est alors de très bonne qualité et on note une efficacité quant au respect des volumes écoulés et des écarts absolus. Le modèle SWAT a donc bien reproduit l'hydrologie du bassin versant du Klou.

La figure 5 présente la droite de régression entre les débits mensuels observés et simulés durant cette période de validation.

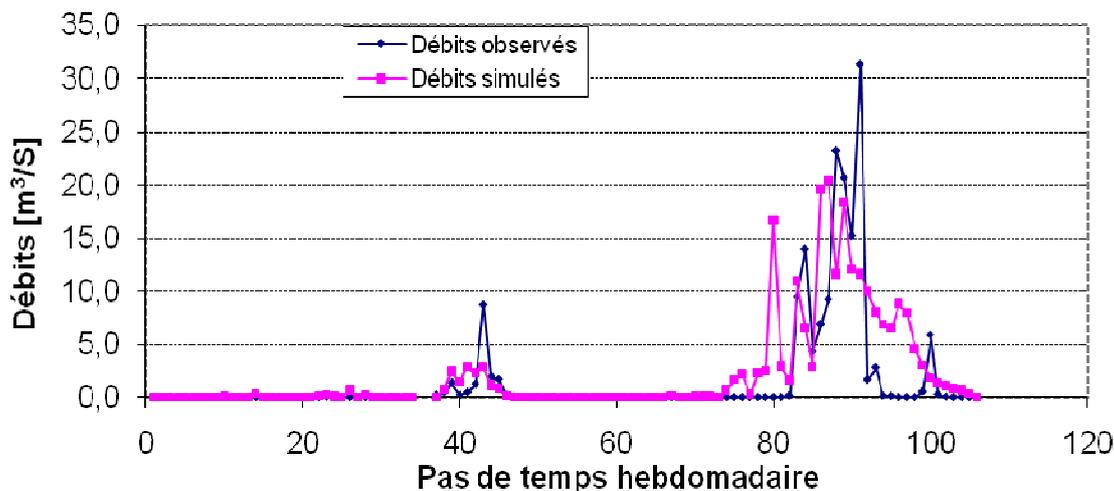


Figure 4. Débits moyens hebdomadaires simulés et observés (période 1994-1995)

Tableau 3. Moyennes hebdomadaires et coefficients d'évaluation des débits simulés et observés de la rivière Klou (période de validation 1994-1995)

Moyennes mensuelles (m <sup>3</sup> /s)		Coefficients d'évaluation		
Débit observé	Débit simulé	R <sup>2</sup>	ME	IA
1,57	2,15	0,43	0,91	0,98

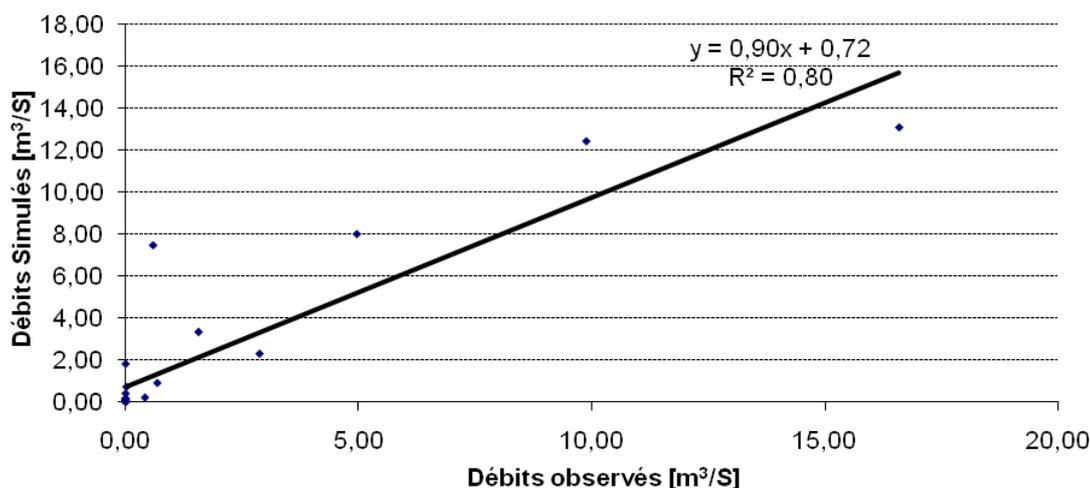


Figure 5. Régression entre les débits moyens mensuels observés et simulés durant la période de validation (1994-1995)

Le coefficient de détermination présente ici une valeur élevée. La relation entre ces deux séries de débits est donc forte. Cela confirme que le modèle SWAT est bien adapté pour la simulation des processus hydrologiques du bassin versant du Klou.

**Bilan hydrologique annuel durant la période de validation (1994-1995)**

Le tableau 4 présente les valeurs annuelles des différentes composantes du bilan hydrologique durant la période de validation des résultats du modèle. Le tableau 4 révèle que, à l'échelle du bassin versant du Klou, l'écoulement de surface est de 127 mm, soit 39,34 millions de m<sup>3</sup>/an, tandis que la recharge de l'aquifère libre est de 64,66 millions de m<sup>3</sup>/an. La part des précipitations

qui contribue à l'écoulement de surface est donc 11,5 %, celle qui est évaporée est de 69,5 % et celle qui contribue à la recharge totale des aquifères est de 19,8 %. Ces pourcentages de contributions sont très proches de ceux obtenus durant le calage du modèle.

**Tableau 4. Bilan hydrologique du bassin versant du Klou pour la période de validation (1994-1995)**

<b>Précipitations (mm/an)</b>	<b>1.099,6</b>
Écoulement de surface (mm/an <sup>1</sup> )	127,0
Contribution de l'aquifère libre à l'écoulement (mm/an <sup>1</sup> )	92,8
Écoulement latéral (mm/an)	0,7
Recharge totale des aquifères (mm/an)	217,8
Recharge de l'aquifère profonde (mm/an)	9,2
Évapotranspiration réelle (mm/an)	764,1
Variation du stock d'eau du sol (mm/an)	-9,9
Perte par transmission (mm/an)	1,5
Évapotranspiration potentielle (mm/an)	1.504,2

#### **Perte en terre durant la période de calage (1990-1993)**

La valeur moyenne des pertes en terre simulées pour le bassin versant du Klou durant la période de 1990 à 1993 est de 4,32 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, signe d'une forte érosion dans les champs situés sur les flancs de collines. De même, les quantités de sable charrié par les eaux de la rivière Agbado, et de ses affluents dont le Klou, sont visibles en bancs de sable importants dans le lit en période d'étiage. Ces pertes en terre présentent de profondes disparités spatiales entre sous bassins et entre types de couvert végétal en place. Les plus grandes pertes en terre simulées sont notées sur les terres agricoles et s'élèvent à 9,77 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>, tandis que dans les savanes arborées, elles sont de 0,24 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> durant la période de calage. Ces résultats sont très proches de ceux obtenus par Hiepe et Diekkrüger (2006) dans le bassin versant de Donga pont d'une superficie (586 km<sup>2</sup>) faisant presque le double de celle de notre bassin dans la haute Vallée de l'Ouémé. Les pertes moyennes en terre qu'ils ont obtenues s'élèvent à 2,31 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> avec aussi une grande disparité spatiale selon le couvert végétal et les pertes les plus élevées sur les terres agricoles.

Nos valeurs de pertes en terre sont dans la classe de valeurs obtenues par bon nombre d'auteurs. Shahin (2002) estime que 1,37 à 6,3 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> de sédiments atteignent les océans en Afrique. Roose (1973) et Azontondé (1993) estiment que ces valeurs sont en dessous des pertes tolérables ; elles sont donc faibles. Yacouba *et al.* (2002) ont obtenu en zones de culture sous climat soudano-sahélien 0,45 à 5,35 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>. Ces résultats corroborent ceux obtenus par Sintondji (2005) pour le bassin versant de Térou-Igbomakoro situé dans la Haute Vallée de l'Ouémé (HVO), durant la période de 2002 à 2003, en utilisant le même modèle. De même, Diallo *et al.* (2002) ont obtenu en zone de climat soudano-sahélien pour les terres agricoles des pertes en terre entre 4,8 et 18,4 tonnes.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

La figure 6 présente les pertes par sous-bassin dans le bassin versant du Klou durant la période de calage. De l'observation de la figure 6, il ressort que, en termes de répartition spatiale par sous-bassin, les phénomènes érosifs sont plus prononcés dans le sous-bassin 4 qui couvre les localités de Goho, Gomè, Sokponta. En effet, les pertes en terre simulées pour cette période s'élèvent à 6,1 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> dans le sous-bassin 4. La majeure partie des terres de ce sous-bassin est utilisée à des fins agricoles. Ces pertes en terre sont de 4,9 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup> pour le sous-bassin 7 dans lequel se trouve l'exutoire choisi pour la délimitation du bassin versant du Klou. Les plus faibles valeurs d'érosion s'observent dans les sous-bassins 5 (3,3 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>) et 3 (3,2 t.ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>). Une partie de ces pertes en terre rejoint le cours d'eau qui le charrie. Ce sont surtout les éléments fins qui sont transportés par le ruissellement (Kelley, 1983 cité par Agossa, 2005).

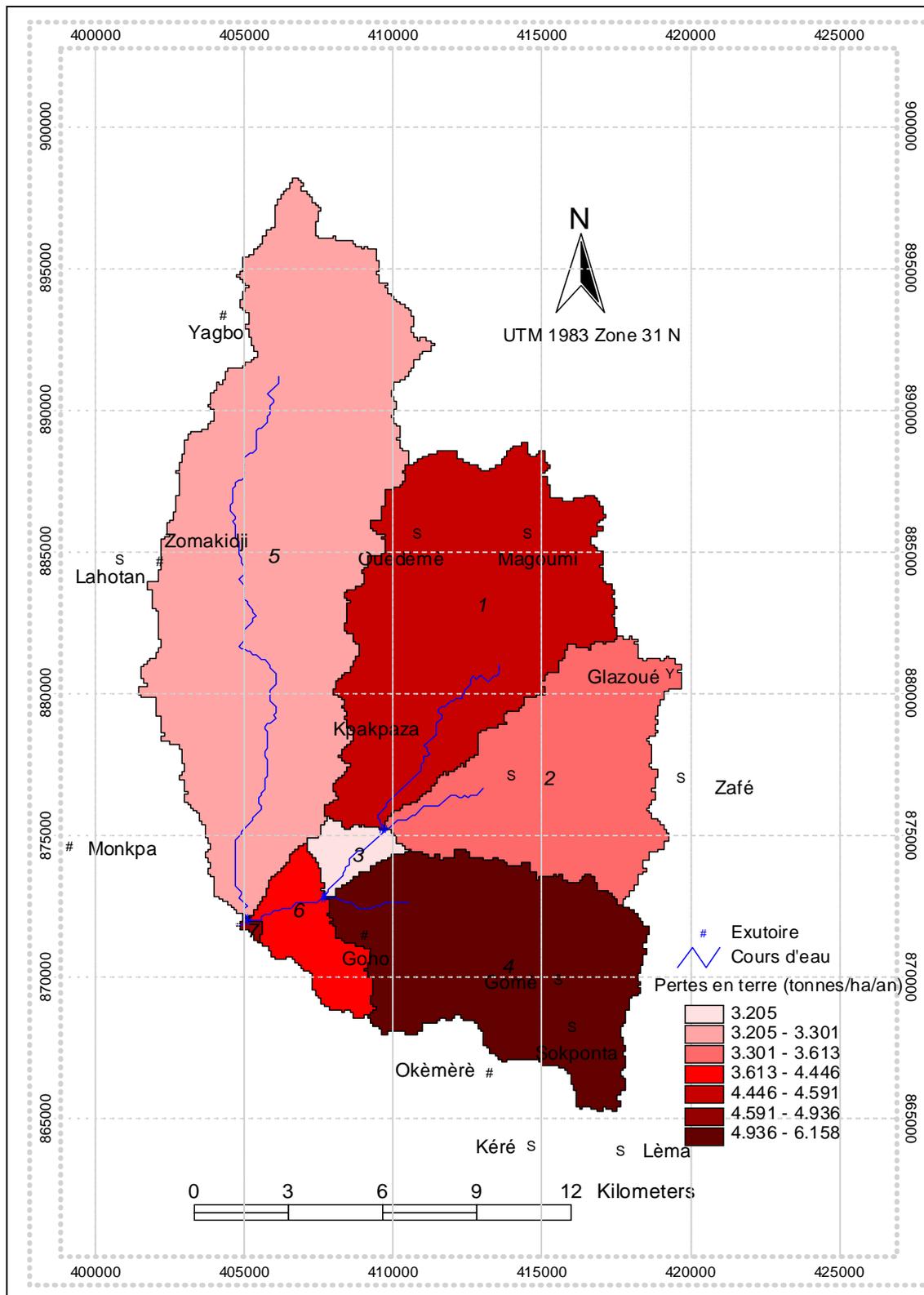


Figure 6. Pertes moyennes en terre durant la période de calage

## Conclusion

Le modèle hydrologique semi-distribué à base physique SWAT a permis de bien inventorier les ressources en eau du bassin versant du Klou, plus important affluent de l'Agbado. Durant la période de calage (1990-1993), la majeure partie des précipitations (68,9%) retourne à l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau évaporée par le sol et transpirée par les plantes. 13,5% des précipitations contribue à l'écoulement de surface et 18,3% contribue à la recharge totale des aquifères. Durant la période de validation du modèle (1994-1995), les différents pourcentages des composantes du bilan hydrologique maintiennent des valeurs bien semblables à celles obtenues durant le calage.

Le volume d'eau de surface total moyen disponible au niveau du bassin s'élève à 44,5 millions de  $m^3.an^{-1}$  et la disponibilité en eau de l'aquifère libre est quant à elle de 64,6 millions de  $m^3.an^{-1}$ . Pour une meilleure utilisation de la disponibilité en eau de surface, nous suggérons la construction de retenues d'eau ou de réservoirs artificiels destinés à la promotion des activités agricoles et industrielles. Ces eaux stockées peuvent également être traitées (traitements physico-chimique, bactériologique et microbiologique) pour servir d'eau de boisson, ce qui réduirait considérablement les difficultés d'accès à l'eau potable des populations et les maladies y afférentes. Pour ce qui est des ressources en eau souterraine, nous suggérons le captage de ces eaux souterraines par la construction de puits modernes à grands diamètres équipés de dispositif de fermeture, de forages équipés de pompe à motricité humaine, et de forages associés dans les localités du bassin où la géomorphologie s'y prêterait.

En ce qui concerne la lutte antiérosive, nous préconisons, au niveau des HRU agricoles où les processus érosifs sont importants, la vulgarisation des billons isohypses avec ados végétalisés dans les exploitations de pente comprise entre 3 et 6 %, la confection des billons en patchwork dans les exploitations de pente supérieure à 6 % où la vitesse du vent est très élevée, l'utilisation des plantes de couverture, et l'adoption de bonnes pratiques culturales. Dans les bassins, des cordons pierreux pourront être installés dans les zones de pentes faibles, et des murettes de pierres en courbe de niveaux sur les plus fortes pentes. De plus, les berges du cours d'eau devront être végétalisées.

## Remerciements

Ce travail a été financé par le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI) du Canada. Nous témoignons toute notre gratitude aux autorités de cette institution.

## Références bibliographiques

- Abbott, M. B., Refsgaard, J. C., 1996: Distributed hydrological modelling. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, Netherlands, 321 p.
- Adam, K. S., Boko, M., 1983 : Le climat du Bénin in Le Bénin. Ed. Sodimas-Edicef, Paris, 96 p.
- Agossa, C. K., 2005 : Contrôle du ruissellement et de l'érosion par l'amélioration des techniques de lutte anti-érosive dans le bassin versant de Dra : commune de Djidja. Thèse d'ingénieur agronome, FSA/UAC, Bénin, 87 p.
- Arnold J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah, J. R. Williams, 1998: Large area hydrologic modeling and assessment. Part I: Model development. *J. American Water Resources Association*, 34 (1), 73-89.
- Arnold J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah, J. R., P. M. Allen, 1999: Continental scale simulation of the hydrologic balance. *J. Am. Wat. Res. Assoc.* 35 (5), 1037-1051.
- Amoussou, E., 2005 : Variabilité hydroclimatique et dynamique des états de surface dans le bassin versant du Couffo. Mémoire de DEA. FLASH/UAC, Bénin, 105 p.
- Azontonde, A. 1993 : Dégradation et restauration des terres de barre (sols ferralitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. Cahier ORSTOM, série Pédolo. Vol XXVIII, n°2, 1993, 217-226.
- Diallo D., E. Roose, D. Orange, A. Morel, 2002 : Influence des pratiques agricoles sur le ruissellement et l'érosion des sols en zone soudanienne du Mali. 5<sup>ème</sup> Conférence Inter-Régionale sur l'Environnement et l'Eau – Envirowater 2002, 326-335.
- Dingman, S. L., 1994: Physical hydrology. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, NJ.

- Gaiser T., M. Krol, H. Frischkorn, J. C. Araújo, 2003: Global Change and Regional Impacts, Water Availability and Vulnerability of Ecosystems and Society in the Semi-Arid Northeast of Brazil. Springer, Heidelberg, Germany.
- Giertz S., B. Diekkrüger, G. Steup, 2006: Physically-based modelling of hydrological processes in a tropical headwater catchment (West Africa) – process representation and multi-criteria validation. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 10, 829–847, 2006 [www.hydrol-earth-syst-sci.net/10/829/2006](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/10/829/2006). Published by Copernicus GmbH on behalf of the European Geosciences Union.
- Green, W. H., Ampt, G. A., 1911: Studies on soil physics, 1. The flow of air and water through soils. *Journal of Agricultural Sciences* 4, 11-24.
- Hiepe, C, Diekkrüger, B., 2006: Soil erosion in the Upper Ouémé Catchment (Benin) considering land use and climate change – a modelling approach. Tropentag University of Bonn, October 11-13, 2006. Conference on International Agricultural Research for Development.
- Le Barbe L., G. Ale, G. Millet, H. Texier, Y. Borel, R. Gualde, 1993 : Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin. Edition ORSTOM, 540 p.
- Maiga, H. A., 1998 : Effets des sécheresses et étiages dans le bassin moyen du fleuve Niger au Mali. In: Variabilité des Ressources en Eau en Afrique au XXème Siècle (ed. par E. Servat, D. Hughes, J.-M. Fritsch & M. Hulme), 437–442. IAHS Publ. 252, IAHS Press, Wallingford, UK.
- Mimikou M., E. Baltas, E. Varanou, K. Pantazis, 2000: Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *J. Hydrol.* 234 (1–2), 95–109.
- MMEH (Ministère des Mines, de l'Eau et de l'Hydraulique), 1999 : Vision Eau Bénin 2025. DH. Bénin, 37 p.
- Penman, H. L., 1956: Evaporation: An introductory survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 4, 7-29.
- Riad, S., 2003 : Typologie et analyse hydrologique des eaux superficielles à partir de quelques bassins versants représentatifs du Maroc. Thèse de Doctorat, Université en Génie Civil Spécialité (USTL), Lille, France, 154 p.
- Roose, E., 1973 : Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire. Milieu intertropical. Thèse doct. Ing. Fac. Sci Abidjan, 125 p.
- Shahin, M., 2002: Hydrology and water resources of Africa. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Nederlande, 659 p.
- Sintondji, L. O. C., 2005: Modelling the rainfall-runoff process in the Upper Ouémé catchment (Terou in Bénin Republic) in a context of global change: extrapolation from the local to the regional scale. Dissertation, University of Bonn, Germany. Shaker, Aachen, 205 p.
- Sloan, P. G., Moore, I. D., 1984: Modeling subsurface stormflow on steeply sloping forested watersheds. *Water Resources Research*. 20(12), 1815-1822.
- SCS (Soil Conservation Service), 1972: Section 4: Hydrology In National Engineering Handbook. SCS.
- SCS (Soil Conservation Service) Engineering Division, 1986: Urban hydrology for small watersheds. U.S. Department of Agriculture, Technical Release, 55 p.
- Speth P., B. Diekkrüger, M. Christoph, 2002: IMEPTUS West Africa – An integrated approach to the efficient management of scarce water resources in West Africa. In: GSF (Hrsg.): German Programme on Global Change in the Hydrological Cycle (Phase I, 2000 – 2003), Status Report. Available on: <http://www.uni-koeln.de/globalerwandel/impetus/oeffentliches/sonst/abstracts.pdf>
- Volkoff, B., 1976 : Note explicative n° 66(2) Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200.000 Feuille d'Abomey (2). ORSTOM, 40 p.
- Williams, J. R., 1995: Chapter 25. The EPIC Model. In Computer Models of Watershed Hydrology. *Water Resources Publications*. Highlands Ranch, CO, 909-1000.
- Yacouba H., D. E. C. Da, S. Yonkeu, P. Zombre, M. Soule, 2002 : Caractérisation du ruissellement et de l'érosion hydrique dans le bassin supérieur du Nakambe (Burkina Faso). 5<sup>ème</sup> Conférence Inter-Régionale sur l'Environnement et l'Eau – Envirowater 2002, 318-324.

## Évaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname

M. M. Dédédji<sup>11</sup>, R. Ahouansou<sup>11</sup> et D. J. Hounhouigan<sup>12</sup>

### Résumé

Le wassa-wassa est un produit roulé à base de farine de cossette d'igname très consommé au Nord-Bénin. Son roulage est très pénible. Pour lever cette contrainte, un rouleur a été mis au point par la recherche afin de faciliter le roulage. La farine de cossette d'igname de la variété "Kokoro" a été utilisée. La teneur en eau de cette farine a été variée de 50 à 53 % au cours du roulage mécanique. Les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du wassa-wassa cuit ont été analysées par rapport au produit roulé manuellement (teneur en eau moyenne de  $50,4 \pm 0,12$  %). La meilleure capacité horaire de roulage mécanique (24 kg de granules/h) et le meilleur rendement brut en grains par rapport à la quantité de farine utilisée (95 % base sèche) sont obtenus à 52 % de teneur en eau de la farine. La capacité horaire et le rendement en grains du roulage manuel sont respectivement de 4,8 kg de granules/h base humide et 87 % (base sèche). Le meilleur rendement final en grains utiles de wassa-wassa cuit est obtenu avec le roulage manuel (environ 70,2 % base sèche) a été obtenu à 50,4 % d'humidité de la farine contre 63,4 % base sèche pour le roulage mécanique à 51,0 % de teneur en eau de la farine). Le rouleur diminue de 5 fois environ le temps de roulage, améliore d'environ 8 % le rendement brut en granules de wassa-wassa et la couleur des grains cuits mais aussi améliore la valeur marchande de la qualité du produit.

**Mots clés** : granuleur, performances, wassa-wassa, farine de cossette d'igname, Bénin.

### Technical evaluation of mechanical granulator performances for wassa-wassa production, a yam chips flour base granulated product

#### Abstract

Wassa-wassa is a traditional granulated product derived from yam chip flour. It's very consumed in the north of Benin. Granulation is the most difficult operation in the processing of this product. To alleviate this operation, the research has developed a granulator to facilitate the granulation of the product. "Kokoro" yam chip flour was used to assess the technological performance of the granulator. The flour moisture content during granulation varied between 50 to 53 %. The physical, chemical and sensory characteristics of the cooked wassa-wassa obtained by mechanical granulation were compared to the manually granulated product generally obtained at  $50.4 \pm 0.12$  % of the flour moisture content. The best granulation capacity for the granulator (24 kg of granules/hour) and the best gross yield (95 % dry matter basis) were obtained with 52 % moisture content of the yam chips flour. The best final yield of useful granules of cooked wassa-wassa (about 70.2 %) was obtained at 50.4% moisture content of the yam chip flour, against 63.4 % dry matter basis for the mechanical processing at 51.0 % moisture content of the meal. The granulator reduces about 5 times the granulation duration and improves about 8 % the gross yield of wassa-wassa granules and the colour of the cooked grains but also improves the market quality of the product.

<sup>11</sup> Programme de Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA), Institut National des Recherches Agricoles du Bénin. 01 BP 128 Porto-Novo, République du Bénin, Tél. : (+229) 20 22 39 02, e-mail : dedemontcho@yahoo.fr, gnankis@yahoo.fr

<sup>12</sup> Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 B.P. 526 Recette Principale, Cotonou 01, République du Bénin, Tél. : (+229) 21 36 01 26/21 36 01 22, e-mail : hounjos@intnet.bj

**Keywords:** granulator, performances, wassa-wassa, yam chips flour, Benin.

## Introduction

L'igname (*Dioscorea* sp) est une plante à tubercules de grande importance alimentaire, économique et socioculturelle, très cultivée en Afrique de l'Ouest. La production nationale d'ignames au Bénin représente les 6 % de la production mondiale (FAO, 2005). L'igname occupe une place importante parmi les cultures vivrières produites au Bénin et près de la moitié de la population béninoise l'utilise comme aliment de base (Dansi *et al.*, 1999).

La multiplication par voie végétative reste le principal mode de reproduction de l'igname. Par conséquent, une partie non négligeable de la récolte est conservée comme semences pour la saison suivante, ce qui réduit la part de la production disponible pour l'alimentation. On estime entre 25 et 50 %, la proportion de la récolte d'ignames reconvertie en semenceaux (Foua-bi, 1993 ; Zoundjihékpon, 1993 ; Hinvi et Nonfon, 2000). Il se pose alors le problème de disponibilité de semenceaux et il est donc impérieux de trouver une voie alternative pour la production de semenceaux indépendamment des récoltes, afin d'accroître la productivité de l'igname. La culture *in vitro* des organes et des tissus végétaux s'avère être un important moyen dans la résolution des problèmes liés à l'insuffisance des matériels de plantation de l'igname (Ahanhanzo, 2003 ; Montcho, 2004 ; Saharan *et al.*, 2004 ; Agbangla *et al.*, 2008 ; Ahanhanzo *et al.*, 2008a ; Ahanhanzo *et al.*, 2008b ; Gandonou *et al.*, 2008).

Les cossettes constituent le produit le plus commun de transformation des ignames. Les producteurs ruraux stabilisent une partie de leur production d'igname et les écarts de cuisine sous forme de cossette, afin de constituer des stocks pour les périodes de soudure. Depuis une vingtaine d'années, des milliers d'agriculteurs au Nigeria, au Bénin et au Togo ont entrepris cette transformation à plus grande échelle pour une production commerciale. Selon Bricas et Vernier (2000), la farine obtenue des cossettes permet en outre des préparations plus élaborées comme le wassa-wassa, un couscous d'igname. Le wassa-wassa est une forme de couscous produite à partir de la farine de cossettes d'igname (Hounhouigan, 2000). Il est originaire de la région septentrionale du Bénin où il est d'abord produit et consommé au niveau des ménages. Toutefois, le produit est proposé depuis quelques années par l'artisanat alimentaire urbain comme aliment de restauration rapide dans la rue et les marchés. Aujourd'hui, la production à but commercial du wassa-wassa est une réalité dans les grands centres urbains comme Cotonou. De toutes les opérations du procédé de production des produits roulés comme le wassa-wassa, la granulation qui se fait manuellement est certainement la plus difficile (Khoda, 1999 ; Mestres *et al.*, 1999 ; Hounhouigan, 2000). Comme d'autres produits roulés similaires dont l'aklui et le yèkè-yèkè du Bénin, le monni du Mali, le céré, l'arraw ou le ciakry du Sénégal ou l'attiéké de la Côte-d'Ivoire, cela requiert un savoir-faire que seules les femmes habituées à ce type de transformation maîtrisent mais avec un rendement très faible.

La recherche peut contribuer à limiter cette contrainte technologique pour une production en masse par la mécanisation des opérations de roulage et la stabilisation par séchage du produit, tout en conservant les qualités organoleptiques les plus proches du désir des consommateurs. Cette amélioration demande des équipements et des procédés plus élaborés que la méthode traditionnelle. Les travaux menés à la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques) sur le roulage du "aklui" (une bouillie fermentée béninoise) et ceux de Hounhouigan *et al.* (2004) sur la production de wassa-wassa à partir du rouleur AFREM, ont donné des résultats satisfaisants. Pourtant, ce rouleur non disponible sur place est cher et inutilement encombrant. Aussi la FSA et le PTAA (Programme de Technologie Agricole et Alimentaire) ont-ils entrepris la mise au point d'un rouleur adapté aux produits à base de racines et tubercules ou de céréales et utilisables par les unités artisanales ou semi-industrielles.

L'objectif de l'étude est d'apprécier les performances techniques du rouleur-calibreur mis au point par les deux institutions FSA et PTAA pour le roulage de la farine de cossette d'igname afin de produire du wassa-wassa.

## Matériel et méthodes

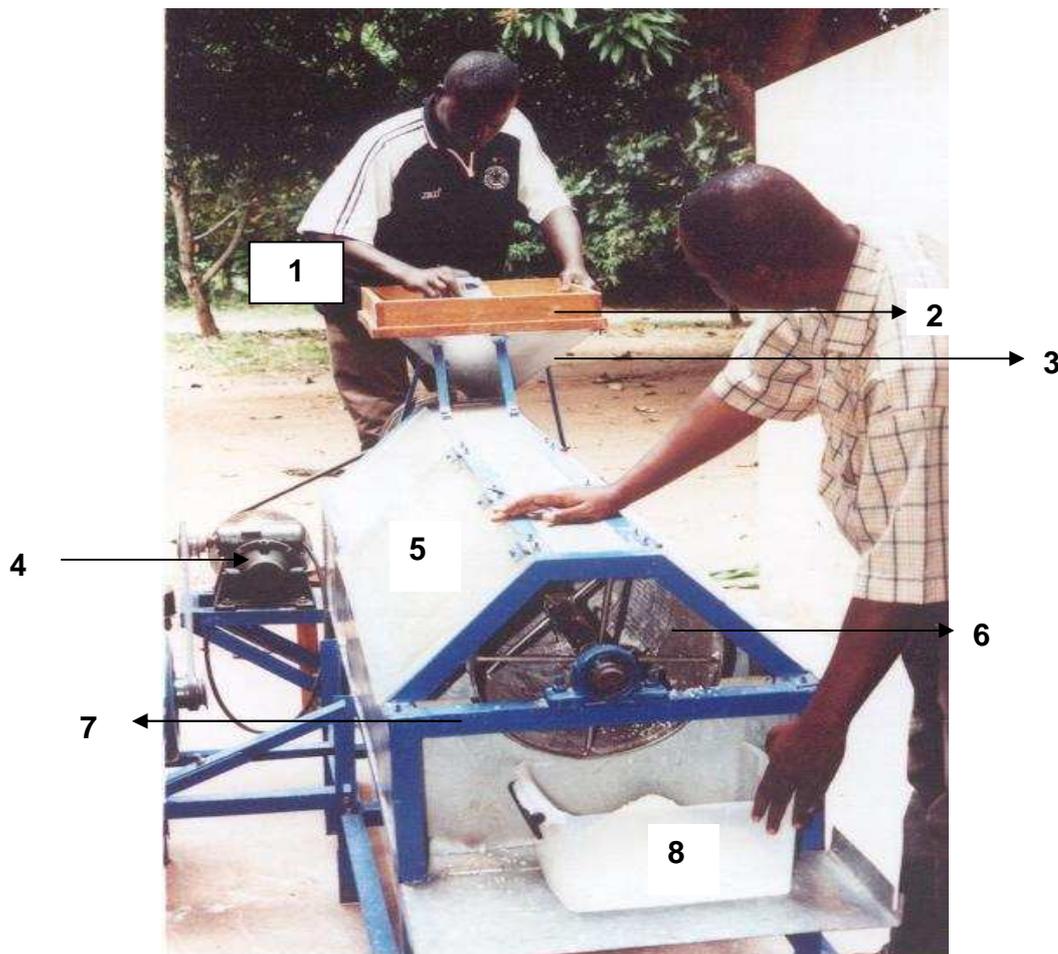
### Matériel

### Matières premières

Les cossettes d'igname ayant donné la farine utilisée ont été produites au Centre de Recherches Agricoles Nord à INA à partir des variétés d'igname "kokoro". Elles ont été conditionnées dans des sacs de farine de blé doublés et ont été utilisées 6 mois après la production. La teneur en eau moyenne de la farine est de  $15,5 \pm 0,08$  %.

### Equipement

La photo 1 montre la vue d'ensemble du rouleur-calibreur.



**Photo 1. Rouleur-Calibreur en fonctionnement**

**Légende :** 1 = Emottage manuel ; 2 = Tamis ; 3 = Trémie ; 4 = Réducteur ; 5 = Capot ; 6 = Tambours ; 7 = Châssis ; 8 = Bac de récupération des granules

Le Rouleur-calibreur est constitué de : un moteur diesel (marque Viking de 3,5 CV) ; un mécanisme de réduction de la vitesse ; une trémie ; un dispositif de roulage-calibrage ; 4 bacs en plastique de récupération des produits roulés ; un capot en plexiglas qui protège le dispositif de roulage-calibrage. L'ensemble est supporté par un châssis en fer cornière de 40 mm. Le dispositif de roulage-calibrage est composé de 2 tambours rouleurs et de 3 tambours rouleurs-calibreurs

de mailles respectives 2, 2,5 et 3 mm. Les tambours sont solidaires d'un axe tournant à une vitesse de 30 à 40 tours/minute. Le moteur mis en marche imprime aux tambours un mouvement de rotation uniforme par le biais du dispositif de réduction de la vitesse. Dans le même temps, la pâte émottée à l'aide d'un tamis de maille 3 mm posée sur la trémie, tombe par gravité dans le premier tambour-rouleur sous forme de granule grossière. L'action combinée de la rotation du tambour d'une part et celle des frottements entre le tambour et les granules d'autre part impriment à ce dernier une forme régulière sphérique. Elles sont calibrées suivant leur diamètre à travers les mailles. La vitesse de rotation du tambour, la nature et la teneur en eau de la pâte de même que la qualité de l'émottage déterminent les performances du rouleur-calibreur.

### Méthodes

La figure 1 montre le processus général de production de wassa-wassa.

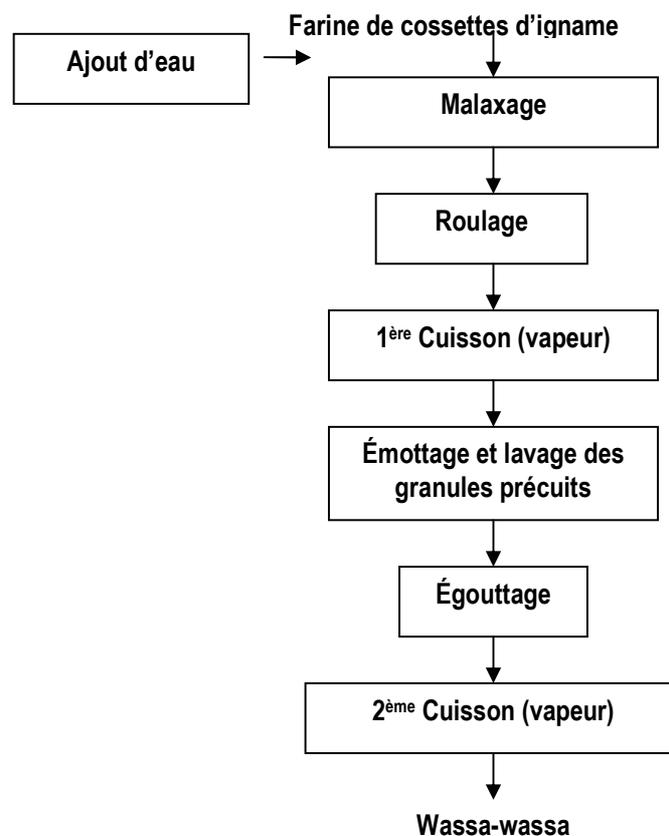


Figure 1. Diagramme technologique de production du wassa-wassa (méthode traditionnelle)

Source : Hounhouigan *et al.* (2004)

### Production du wassa-wassa

Deux méthodes de production du wassa-wassa ont été testées avec comme point de différence, la technique de roulage. Le roulage manuel par une transformatrice, à une teneur en eau moyenne de la farine de  $50,4 \pm 0,1$  % a servi de témoin. Deux (2) kg de farine de cossettes d'igname ont été utilisés par essai réalisé en 3 répétitions. Le roulage mécanique a été effectué sur la farine humidifiée dont on a varié la teneur en eau de 50 à 53 %. Les 2 types de roulage ont été mis en œuvre dans les mêmes conditions, au même moment, à chaque essai.

La quantité d'eau à ajouter à la farine de cossettes d'igname tamisée est calculée par la formule suivante proposée par Hounhouigan *et al.* (1999) :

**Qe = m (Hf – Hi) / 100 – Hf**, avec :

- Qe = quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée (g) ;
- m = masse de râpure tamisée (g) ;
- Hf = humidité finale désirée (%) ;
- Hi = teneur en eau de la râpure après le pressage et le tamisage (%).

Le roulage traditionnel des grains du wassa-wassa a été fait à l'aide du tamis traditionnel appelé « sassado » déposé sur une bassine. Une partie de la farine a d'abord été malaxée dans un récipient avec l'ajout d'environ  $1,3 \pm 5,5$  kg d'eau représentant une partie de la quantité d'eau utile pour humidifier 2 kg de farine de cossette d'igname à rouler. L'émottage et le roulage manuel de la pâte ont été faits à tâtons et de façon concomitante avec l'ajustement de l'humidité de la farine à  $50,4 \pm 0,1$  % au fur et à mesure du déroulement de l'opération. La transformatrice fait alors une réserve de farine et d'eau utilisable en cas de besoin. Le roulage mécanique comprend l'émottage manuel de la farine pétrie qui se fait à l'aide d'un tamis de 3 mm de diamètre déposé sur la trémie du rouleur. Les particules tombent dans la trémie et sont recueillies au niveau des tambours rouleurs et calibreurs pour leur roulage. Le wassa-wassa obtenu est séché à l'aide d'un séchoir électrique à  $76 \pm 3$  °C.

### **Séchage et reconstitution du wassa-wassa séché au four**

Les wassa-wassa obtenus à différents taux d'humidité (50 à 53 %) de la farine de cossette d'igname ont été séchés au séchoir électrique à une température de consigne de  $76$  °C  $\pm$  3 °C. Les grains séchés obtenus ont été utilisés aussi pour définir le rendement en grains utiles. L'échantillon de wassa-wassa utilisé pour la reconstitution provient d'une farine dont le roulage a été effectué à 52 % d'humidité. Les grains cuits ont une teneur en eau de  $71,7 \pm 0,02$  %. Deux méthodes de reconstitution ont été adoptées :

- 100 g de wassa-wassa séché sont humidifiés avec 220 g d'eau pendant 45 minutes. Ensuite le produit humidifié est cuit à la vapeur pendant 10 minutes (Hounhouigan *et al.*, 2004).
- 100 g de wassa-wassa séché sont préchauffés directement dans 500 ml d'eau pendant environ 3 minutes. Le produit est ensuite égoutté puis cuit à la vapeur durant 5 minutes.

### **Analyses physico-chimiques des produits**

La matière sèche et la teneur en eau sont déterminées par la méthode AFNOR (1991). La couleur des échantillons a été déterminée avec un chromatomètre Minolta CR 210b étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont  $x = 0,315$ ,  $y = 94,8$  et  $z = 0,332$ . Les coordonnées **L\***, **a\***, **b\*** et  **$\Delta E$**  ont été utilisées pour la détermination de la couleur.

### **Granulométrie du wassa-wassa précuit et séché**

La granulométrie a été évaluée par la méthode décrite par Hounhouigan *et al.* (1999) et modifiée. Ainsi, 100 g de granules séchés de wassa-wassa ont été tamisés avec le tamiseur vibreur électronique Retsch type 200 digit, pendant 30 minutes. Deux tamis d'ouverture de maille décroissante du haut vers le bas (3,15 et 1 mm) ont été utilisés. Les contenus des tamis ont été ensuite pesés. Les pourcentages de refus et de passant ont été déterminés.

### **Evaluation sensorielle**

Un test triangulaire (Watt *et al.*, 1991) a été effectué sur du wassa-wassa obtenu par les 2 méthodes et cuit pour mettre en évidence les différences éventuelles existant entre les 2 produits. Le produit roulé mécaniquement est l'échantillon doublé. Le panel est composé de 20 dégustateurs.

Le test hédonique a permis de mesurer le degré d'acceptabilité du produit cuit roulé mécaniquement, obtenu à partir de la farine humidifiée à 52 % de teneur en eau. Le panel de dégustateurs est composé de 30 personnes. Les réactions des consommateurs pour chaque test ont été enregistrées à l'aide d'un questionnaire suivant une échelle d'annotation de 1 à 5 à savoir : 5 = j'aime beaucoup ; 4 = j'aime moyennement ; 3 = j'aime peu ; 2 = je suis indifférent ; 1 = je n'aime pas du tout.

### Analyse statistique des données

L'analyse de variance à 1 facteur contrôlé a été utilisée pour les rendements et les moyennes. Elle a été effectuée avec le logiciel statistique MINITAB Version 13.2 pour Windows. Le test binomial à deux queues a servi à l'analyse des résultats du test triangulaire (Watt *et al.*, 1991).

### Résultats et discussion

#### Rendement brut après le roulage manuel et le roulage mécanique des granules

Le tableau 1 récapitule le rendement brut, la capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique et le rendement global en grains utiles de wassa-wassa à différentes teneurs en eau de la farine utilisée. Les rendements présentés dans ce tableau sont calculés par rapport à la farine de cossettes d'igname utilisée. Le tableau 1 montre que les rendements en grains base sèche augmentent avec l'élévation de la teneur en eau de la farine au roulage mécanique. Le rendement en grains à 50 % d'humidité de la farine et le rendement du roulage manuel sont similaires. A partir de 51 % d'humidité de la farine, les rendements sont différents du rendement obtenu manuellement. Cependant, on ne note pas de différence significative ( $p < 0,05$ ) entre les rendements à 51 et 52 %, ni entre ceux à 52 et 53 %. En effet, l'analyse de variance à un facteur contrôlé donne  $p = 0,078 > P_0 = 0,05$  et  $p = 0,513 > P_0 = 0,05$ . Pourtant, le rendement à 53 % d'humidité est supérieur au rendement à 51 %. On a  $p = 0,014 < P_0 = 0,05$  ; il y a donc une différence significative à 5 % entre les deux rendements. C'est à 52 % d'humidité de la farine qu'on obtient le meilleur rendement brut avec le rouleur. Ces résultats sont quelque peu différents de ceux obtenus par Hounhouigan *et al.* (2004) qui ont enregistré le meilleur rendement en grains à 58 % d'humidité de la farine, en utilisant le rouleur AFREM à 45 tours/minute contrairement au rouleur calibreur utilisé dans cette étude et qui a une vitesse constante de 30 tours/minute.

**Tableau 1. Rendement brut, capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique et rendement global en grains utiles de wassa-wassa à différentes teneurs en eau de la farine**

Caractéristiques	Roulage mécanique				Manuel
	50	51	52	53	
Humidité farine (%)	50	51	52	53	50,44
Rendement brut grains (bs) en %	85,30 ± 0,50	90,70 ± 0,40	94,90 ± 1,20	93,90 ± 0,10	86,90 ± 0,50
Capacité horaire de roulage en kg/h (bh)	20,80 ± 0,10	22,50 ± 0,10	24,10 ± 0,30	12,20 ± 0,01	4,80 ± 0,50
Rendement* (%) en grains séchés (grains utiles) (bs)	57,50 ± 0,00	63,40 ± 0,05	55,10 ± 0,20	51,50 ± 0,20	70,20 ± 0,03

bs = base sèche

bh = basse humide

\* Le rendement en grains séchés (grains utiles) a été obtenu à partir de 100 g de grains séchés.

La farine utilisée dans les tests conduits par Hounhouigan *et al.* (2004) provient de chips qui sont des rondelles d'igname de variété *kokoro* tranchées à l'aide d'une éminceuse permettant d'obtenir des tranches d'igname de faible épaisseur, ce qui assure un séchage rapide et efficace au produit. Les tranchettes ont été séchées au séchoir électrique. Les chips ont subi une pré-cuisson contrôlée de 20 minutes à 65°C.

La farine d'igname utilisée au cours de la présente étude est également issue de cossettes d'igname de la variété *kokoro* mais obtenues traditionnellement par séchage au soleil. Sa teneur en eau est de  $15,5 \pm 0,08$  %. Pour la pré-cuisson, les tranches d'igname ont été trempées dans de l'eau chauffée au seuil d'ébullition à environ  $85$  °C toute une nuit durant environ 8 à 10 h. Ces différences de traitement pourraient avoir modifié les caractéristiques physiques et chimiques des farines et leur comportement au roulage. Ainsi, grâce aux conditions de séchage optimum des chips dont elle provient, la farine utilisée par Hounhouigan *et al.* (2004) aurait un pouvoir d'absorption d'eau supérieur à celle utilisée dans la présente étude.

### **Capacité horaire à la granulation manuelle et mécanique du wassa-wassa**

On note une augmentation de la capacité horaire du rouleur pour des taux d'humidité compris entre 50 et 52 % (Tableau 1). En effet, cette capacité est passée de 20,8 kg de granules par heure (50 %) à 24,1 kg/h (52 % d'humidité) soit environ 5 fois la capacité du roulage manuel qui est de 4,8 kg/h. Au taux de 53 % d'humidité, cette capacité horaire décroît d'environ 50 % de sa valeur soit en moyenne 12,2 kg/h. On pourrait expliquer cela par le fait que plus la teneur en eau de la farine de cossette d'igname augmente, plus la cohésion de la pâte pétrie augmente. L'émottage par conséquent prend plus de temps. A 53 % de teneur en eau de la farine, la taille des grains paraît visiblement trop grosse pour être acceptée par des consommateurs avertis.

### **Rendement global en grains utiles de wassa-wassa**

Selon les travaux de Hounhouigan *et al.* (2004), la taille des grains utiles (ceux qui obéissent à la granulation de la méthode traditionnelle) de wassa-wassa dans la méthode traditionnelle est comprise entre 1 et 3,15 mm. Selon tableau 1, le rendement en grains utiles obtenu après la précuisson, le lavage, la cuisson, le séchage et le tamisage augmente avec l'augmentation de l'humidité de la farine de 50 à 51 % (de 57,5 à 63,4 %). A partir de 52 % d'humidité, ce rendement décroît pour atteindre 51,5 % à 53 % d'humidité. Le meilleur rendement en grains utiles est obtenu avec le roulage manuel (70,2 %). Ces résultats sont également différents de ceux obtenus par Hounhouigan *et al.* (2004) qui ont montré que c'est à partir de 58 % d'humidité qu'on observe une chute de rendement en grains utiles au roulage avec le rouleur AFREM.

### **Caractéristiques des produits cuits obtenus**

Le tableau 2 indique l'indice de brun ( $L_b = 100 - L^*$ ), la différence de couleur par rapport à la céramique blanche ( $\Delta E$ ) et la saturation en rouge ( $a^*$ ) du wassa-wassa roulé mécaniquement avec de la farine de différentes teneurs en eau et cuit et du wassa-wassa roulé manuellement et cuit.

**Tableau 2. Caractéristiques de couleur du wassa-wassa roulé manuellement cuit et du wassa-wassa obtenu mécaniquement à différentes teneurs en eau cuit**

Roulage	Produits cuits	Caractéristiques		
		$L_b$	$a^*$	$\Delta E$
mécanique	Wassa-wassa de farine à 50 % de teneur en eau	$55,8 \pm 0,4$	$4,2 \pm 0,1$	$55,9 \pm 0,15$
	Wassa-wassa de farine à 51 % de teneur en eau	$54,6 \pm 0,1$	$4,2 \pm 0,1$	$54,8 \pm 0,1$
	Wassa-wassa de farine à 52 % de teneur en eau	$53,4 \pm 0,05$	$4,4 \pm 0$	$53,6 \pm 0,1$
	Wassa-wassa de farine à 53 % de teneur en eau	$55,4 \pm 0,05$	$4,6 \pm 0$	$55,5 \pm 0,1$
manuel	Wassa-wassa à 50,4 % de teneur en eau	$54,3 \pm 0,05$	$4,5 \pm 0,1$	$54,5 \pm 0,1$

L'indice de brun du wassa-wassa cuit diminue avec l'augmentation de la teneur en eau de la farine passant de 55,8 pour 50 % à 53,4 pour 52 % ; par conséquent, la clarté des wassa-wassa obtenus par le roulage mécanique s'améliore. Toutefois, on note une augmentation de l'indice de brun de ce wassa-wassa cuit à 53 % de teneur en eau de la farine. Cela serait dû à la taille des grains qui, relativement plus gros mettraient plus de temps à cuire. On constate comme Hounhouigan *et al.* (2004), une stabilisation de la couleur du wassa-wassa cuit malgré l'augmentation de la teneur en eau de la farine.

On note une différence significative entre la valeur de l'indice de brun du wassa-wassa cuit obtenu à 52% de teneur en eau de la farine (lb le plus faible) et celle du wassa-wassa cuit obtenu à 51 % d'humidité (qui a donné le meilleur rendement en grains utiles de  $70,2 \pm 0,03$  %). En effet, l'analyse de variance à un facteur contrôlé donne  $p=0,09 < 0,05$ . Le wassa-wassa de la farine de 52 % de teneur en eau (qui donne le meilleur rendement brut en granules de  $94,9 \pm 1,2$ ) a une clarté meilleure par rapport au wassa-wassa de 51 % de teneur en eau. Cette différence de coloration s'observe aussi d'une vendeuse de wassa-wassa à une autre et les produits plus clairs sont les plus attirants. Il est donc nécessaire que le rouleur puisse subir des modifications au niveau des mailles ou une variation au niveau de la pente pour qu'à 52 % de teneur en eau de la farine, on puisse obtenir également le meilleur rendement en grains utiles. La différence totale de couleur ( $\Delta E$ ) diminue également avec l'augmentation de la teneur en eau de la farine de cossette de 50 à 52 %. Le wassa-wassa roulé manuellement a quant à elle, un indice de brun de  $54,3 \pm 0,05$  et un  $\Delta E$  de  $54,5 \pm 0,1$ . On peut conclure alors que, par rapport à tous les échantillons de wassa-wassa préparés, celui obtenu avec de la farine à 52 % de teneur en eau et cuit est le moins brun. Ceci va lui conférer une bonne qualité marchande.

### **Effet sur les caractéristiques sensorielles**

Les résultats du test de comparaison du wassa-wassa roulé mécaniquement à 52 % de teneur en eau de la farine et cuit et le wassa-wassa roulé manuellement et cuit sont consignés dans le tableau 3. On a enregistré 24 réponses correctes (les dégustateurs qui ont reconnu l'échantillon unique) pour deux répétitions. Les deux produits sont statistiquement différents au seuil de 5 %. Le critère de différenciation mentionné par les dégustateurs qui est significatif au seuil de 5 % ( $p = 0,001 < P0=0,05$ ) porte sur la taille plus grosse des grains du wassa-wassa roulé mécaniquement (57 % des dégustateurs). Ce résultat n'est pas en faveur du roulage mécanique et concorde avec les résultats du tamisage des grains séchés de wassa-wassa. Avec la correction suggérée plus haut, plus de grains seront convoyés vers les mailles de 2,5 et 3 mm de diamètre des tambours-rouleurs, ce qui permettra de minimiser le pourcentage de grains non calibrés.

**Tableau 3. Résultats du test triangulaire sur le wassa-wassa traditionnel et le wassa-wassa roulé mécaniquement cuit**

Réponses	Répétitions		Total	Taux (%)
	T1	T2		
Correctes (dégustateurs ayant reconnu l'échantillon unique)	12	12	24	60,00
Incorrectes (dégustateurs qui n'ont pas reconnu l'échantillon unique)	8	7	15	37,50
Non exprimées	0	1	1	2,50
Total participants	20	20	40	100,00
Taille des grains	11	12	23	57,00
Couleur plus brune	6	6	12	30,00
Goût amer	3	4	7	17,00

Les résultats de l'étude d'acceptabilité du wassa-wassa roulé mécaniquement avec de la farine à 52 % de teneur en eau (Tableau 4) montrent que, 24 % aimaient beaucoup, 41 % ont moyennement aimé, 8 % étaient indifférents et 16 % ont aimé peu ; 11 % n'ont pas du tout aimé le produit.

Les critères pour lesquels les dégustateurs n'ont pas aimé sont, le goût fade (11 %) et le goût amer (6 %). Mais le goût légèrement amer et le goût fade caractérisent d'habitude le wassa-wassa ; ce qui ne gêne guère les populations qui le consomment. Que certains dégustateurs n'aient pas le produit pour ces deux critères peut s'expliquer par le fait qu'ils étaient en face d'un produit qui ne rentre pas encore dans leurs habitudes alimentaires. Toutefois selon Hounhouigan (2000), le wassa-wassa est consommé accompagné tout au moins, de piment sec, de l'huile et du sel.

**Tableau 4. Résultat du test hédonique sur le wassa-wassa roulé mécaniquement avec la farine à 52 % de teneur en eau**

Critères	T1	T2	T3	Total	Taux (%)
<b>Identification du produit</b>					
Ont identifié	17	18	18	53	59
N'ont pas identifié	13	12	12	37	41
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
Connaissent le nom	20	16	17	53	59
Ne connaissent pas nom	10	14	12	37	41
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Acceptabilité du seul produit</b>					
Aime beaucoup	8	7	7	22	24
Aime moyennement	13	12	12	37	41
Suis indifférent	4	2	1	7	8
Aime peu	2	7	5	14	16
N'aime pas du tout	3	2	5	10	11
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Critères selon lesquels les consommateurs n'aiment pas du tout le produit</b>					
Goût fade	4	3	3	10	11
goût amer	0	3	2	5	6
couleur claire	1	1	1	3	3

## Conclusion

Ce test sur le rouleur a permis de montrer qu'il est possible d'adapter sur place des équipements pour la levée de certaines contraintes qui freinent le développement des technologies traditionnelles africaines. Des essais en milieu réel auprès de transformatrices ayant de grandes capacités de production devraient permettre d'éprouver l'équipement sur le plan de la consommation en carburant, la capacité horaire et la résistance. Cela permettrait également d'aborder les questions de rentabilité de l'équipement.

## Remerciements

Nous remercions le projet de développement des racines et tubercules (PDRT) pour les fonds mis à disposition pour la réalisation de l'étude.

## Références bibliographiques

- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1991 : Contrôle de la qualité des produits aliments. Céréales et produits céréaliers. Recueil de normes françaises, AFNOR – DGCCRF, 3è éd., 360 p.
- Agbangla Ch. B., C., C. Ahanhanzo, T. Errabii, M. Idaomar, J. Abrini, N. Skali-Senhaji, 2008. *In vitro* culture techniques as a tool of sugarcane bud germination study under salt stress. *African Journal of Biotechnology* Vol. 7 (20), pp. 3680-3682.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, F. Toukourou, A. Dansi, O. Dainou, 2003 : Microbouturage et conservation in vitro des ressources génétiques d'igname cultivées au Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 6 (1), 89-102.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, D. Agassounon, M. Tchibozo, G. Cacaï, K. Dramane, 2008a : Etude comparative de l'influence des régulateurs de croissance sur la morphogénèse (*in vitro*) de quelques variétés de *Manihot esculenta* Crantz (*manioc-euphorbiaceae*) du Bénin. *Rev. CAMES - Série A*, Vol. 07, 40-45.
- Ahanhanzo C., C. Agbangla, J. Dangou, F. Toukourou, A. Dansi, D. Montcho, 2008b. Influence du chlorure mercurique et de la cytokinine sur la survie et la morphogenese in vitro d'explants de differents génotypes d'igname (*Dioscorea* spp) *Annales des sciences Agronomiques du Bénin* 11 (1) 33-47.

- Bricas, N., Vernier, P., 2000 : Perspectives pour la filière igname. Le système cossette lève plusieurs contraintes. In "Bulletin du réseau Technologie et partenariat en agroalimentaire" n° 18 décembre 2000, 31.
- Dansi A., H. D. Mignouna, J. Zoundjihékpon, A. Sangare, R. Assiedu, M. Quin, 1999: Morphological diversity, cultivar groups and possible descent in the cultivated yams (*Dioscorea cayenensis*-*D. rotundata* complex) of Benin Republic. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 46, 371-388.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2005 : Annuaire de production, 2005, Rome, Italie.
- Foua-Bi, K., 1993 : Les altérations post-récoltes des fruits, des tubercules, rhizomes et racines. Atelier sur les problèmes de stockage des fruits, tubercules et autres denrées périssables tenu à Yamoussoukro, du 22-26/11/1993, 24 p.
- Gandonou Ch., T. Errabii, J. Abrinini, M. Idaomar, F. Chibi, N. Skali Senhaji, 2005: Effect of genotype on callus induction and plant régénération from leaf explants of sugarcane (*Saccharum* sp.). *African Journal of Biotechnology*, Vol. 4 (11), 1250-1255.
- Hinvi, J. C., Nonfon, R., 2000 : La production et la commercialisation des semenceaux d'igname à Ouaké (Bénin) : une nécessité de plus en plus incontournable. Dans Ebet A.W. et Djinandou I.K. (eds)-l'igname et la pomme de terre en Afrique de L'Ouest. Actes de séminaire, WASDU, Accra, 81-89.
- Hounhouigan D. J., P. Kayodé, C. M. Nago, C. Mestres, 1999: Étude de la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawè. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*. 2, 99–113.
- Hounhouigan, J., 2000 : Le wassa-wassa, un couscous apprécié mais difficile à obtenir. CERNA, FSA, Univ. Nat. Bénin. In " Bulletin du Réseau ATP " n°18, décembre 2000, 31.
- Hounhouigan J. D., E. Odjo, R. Adjigbey, 2004: Mise au point d'une technologie améliorée de production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de d'igname. Rapport de recherche. FSA, Univ. Abomey-Calavi, PDRT, 19 p.
- Khoda Ndiaye, W., 1999 : Un granuleur pour réhabiliter les céréales locales. La voix de la recherche du sud. Le CRDI EXPLORE.
- Montcho, D., 2004. Impact des facteurs chimiques sur la multiplication in vitro de quelques génotypes d'igname du Bénin. Mémoire de DEA biotechnologies, FAST/UAC, Bénin, 42 p.
- Saharan V., R. C. Yadav, R. N. Yadav, B. P. Chapagain, 2004: High frequency plant regeneration from desiccated calli of indica rice (*Oryza sativa* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 3 (5), 256-259.
- Mestres C., D. J. Hounhouigan, C. M. Nago, 1999 : L'aklui sec : un petit déjeuner prêt à l'emploi, expérience d'une production artisanale au Bénin. *Agriculture et développement* n°23, 10 p.
- Watt B. M., G. L. Ylimaki, L. E. Jeffery, L. G. Elias, 1991: Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments. CRDI. Ottawa (Canada), 123 p.

## Production and traditional seed conservation of leafy vegetables in Benin rural areas

A. Dansi<sup>13,14</sup>, A. Adjatin<sup>13,14</sup>, H. Adoukonou-Sagbadja<sup>13,14</sup> and K. Akpagana<sup>15</sup>

### Abstract

Using participatory research appraisal 29 villages randomly selected in different ethnic areas of Benin were surveyed to document the traditional practices and local knowledge pertaining to the production and the seed system of the traditional leafy vegetables (TLVs) in Benin. The results revealed that in rural areas of Benin, TLVs are cultivated at a subsistence level with occasionally use of chemicals providing hence a good opportunity for the promotion of organic farming. The seed system and on farm conservation are still archaic and should be improved. In the north and during the dry season, leafy vegetables are traditionally dried under direct sunlight for post-harvest storage. The need to improve the drying methods by investigating the use of solar dryers with a view of minimizing nutrient loss and increasing the amount of vegetables preserved was highlighted. Development of awareness of the merits of the TLVs, promotion of seeds marketing, development of agronomic and utilisation packages (including pest and diseases control) on some species (*Acmella oleracea*, *Ceratotheca sesamoides*, *Crassocephalum rubens*, *Justicia tenella*, *Launaea taraxacifolia*, *Sesamum radiatum* and *Solanum scabrum*), selection and promotion of high yielding varieties and financial assistance to organized farmer groups were key interventions suggested for the promotion of TLVs in Benin. The study highlighted that women play an important role in the production of the TLVs and led to the conclusion that in their traditional roles of housewives, plant gatherers, home gardeners, plant domesticators, herbalists and seed custodians they are mainly responsible to the preservation and the sustainable use of the TLVs and should be considered as key actors in any programme of TLVs conservation and valorisation in Benin.

**Key words:** Benin, biodiversity, conservation, Leafy vegetables, production, seed system.

## Production et conservation traditionnelle des légumes feuilles au Bénin

### Résumé

En utilisant l'approche de recherche participative, 29 villages sélectionnés au hasard dans différentes aires ethniques du Bénin ont été prospectés pour documenter les pratiques traditionnelles et les savoirs locaux relatifs à la production et au système semencier des légumes feuilles traditionnels consommés au Bénin. Les résultats d'enquête ont révélé que dans les zones rurales, les légumes feuilles sont produits surtout pour la subsistance sans (ou rarement avec) des engrais et pesticides offrant ainsi une bonne opportunité de promotion de l'agriculture biologique. Le système semencier et les méthodes de conservation des semences sont encore archaïques et doivent être améliorés. Au nord et durant la saison sèche, des légumes feuilles sont traditionnellement séchés au soleil pour la conservation. L'étude a souligné la nécessité d'améliorer le système traditionnel de séchage par l'introduction des séchoirs solaires modernes en vue de minimiser les pertes d'éléments nutritifs dues au séchage solaire direct et accroître la quantité de légumes séchée. La sensibilisation du public sur l'importance des légumes feuilles, le développement d'un marché semencier, le développement de paquets technologiques sur certaines espèces (*Acmella oleracea*, *Ceratotheca sesamoides*, *Crassocephalum rubens*, *Justicia tenella*, *Launaea taraxacifolia*, *Sesamum radiatum*, and *Solanum scabrum*), la sélection

<sup>13</sup> Laboratory of Genetic and Biotechnology, Faculty of Sciences and Technology (FAST), University of Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, Benin. Email: [adansi2001@yahoo.fr](mailto:adansi2001@yahoo.fr), Tel: (+229) 97 27 65 98

<sup>14</sup> Crop, Aromatic and Medicinal plant Biodiversity Research and Development Institute (IRDCAM), 071 BP 28, Cotonou, Benin. Tel: (+229) 95 03 06 26

<sup>15</sup> Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, Université de Lomé, BP 1515, Lomé, Togo, [Koffi2000@yahoo.fr](mailto:Koffi2000@yahoo.fr)

et la promotion de variétés hautement productives et l'assistance financière aux groupements paysans organisés ont été proposés pour la promotion des légumes feuilles au Bénin. L'étude a révélé que les femmes dans leur rôle quotidien de ménagère, de jardinière, de domesticatrice, d'herboriste et de conservatrice de semences jouent un grand rôle dans la production, l'utilisation et la conservation des légumes et de ce fait doivent être considérées comme des actrices clef dans tout programme de conservation et de valorisation des légumes feuilles au Bénin.

**Mots clés :** Bénin, biodiversité, conservation, légumes feuilles, production, système semencier.

## Introduction

Traditional Leafy Vegetables (TLVs) are locally known plants whose leaves, young shoots and flowers are acceptable for use as vegetable (FAO, 2006; Mnzava, 1997). In Africa they occur as cultivated, semi-cultivated, weedy and wild plants, with ecological, social and cultural values, playing a significant role in the day to day food and nutritional requirements of local people mainly in rural areas (Chweya and Eyzaguire, 1999; Gockowski *et al.*, 2003). TLVs are rich in vitamins (especially A, B, and C), minerals, fibres, carbohydrates and proteins and some even possess medicinal properties (Platt, 1965; Oomen and Grubbe, 1978; Chweya, 1985; Stevels 1990; Mnzava, 1997; Almekinders *et al.*, 2000; Schippers, 2002; Dansi *et al.* 2008a). They represent cheap but quality nutrition for large segments of the population in both urban and rural area of sub-Saharan Africa and offer an opportunity of improving the nutritional status of many families (Mnzava 1997; Freberger *et al.*, 1998; Chweya and Eyzaguire, 1999; Nesamvuni *et al.*, 2001; Steyn *et al.*, 2001; Shiundu, 2002). Recent biodiversity inventory surveys conducted in rural areas of Benin led to the conclusion that Beninese consumes a remarkable number of TLVs. A total of 187 plant species of which 47 cultivated and 140 gathered from the wild were recorded (Dansi *et al.*, 2008a, 2008b). Such great diversity of TLVs coupled with a high diversity of ethnic groups and agroecological zones has surely led to various farmers-developed traditional practices or local knowledge with regard to their production (including marketing) that have to be documented as these could be useful in developing agronomic and utilization packages for improved production and utilization. Improving the quality and production of TLVs could be one of the powerful strategies to alleviate hunger, malnutrition and poor health in the country.

Local knowledge represents the body of knowledge that develops, becomes shared and is used by a particular social group (e.g., a farming community, social network, ethnic group) in the pursuit of certain goals and interests (Brush, 2000). It generally emerges from the direct experiences of people as they learn about their biophysical and social environments. Local knowledge is not necessarily entirely indigenous (locally developed and accumulated over time through transmission from generation-to-generation) as local people gain knowledge through their contacts with other communities and scientific institutions. It is diverse in nature as the knowledge gained by individuals and groups is shaped by particular social, cultural, physical and temporal contexts (Almekinders and de Boef, 2000). The objectives of the research were to document the traditional practices and, when available, the local knowledge pertaining to the production (cultivation practices, cropping systems, harvesting, processing and preservation methods, gender role and marketing) and to the seed supply and conservation system of the TLVs in rural areas of Benin.

## Methodology

### *The study area*

The Republic of Benin is situated in West Africa and between the latitudes 6°10'N and 12°25'N and longitudes 0°45'E and 3°55'E (Adam and Boko, 1993). It covers a total land area of 112,622 km<sup>2</sup> with a population estimated at about 7 millions (Adomou, 2005). The country is partitioned into 12 departments (Figure 1) inhabited by 29 ethnic groups (Adam and Boko, 1993). The south and the north where peoples are more diverse and concentrated are occupied respectively by 10 (Adja, Cotafofon, Holly, Ouémègbé, Péda, Saxwè, Toli, Watchi, Xwla and Yorouba) and 14 (Ani, Bariba, Berba, Boko, Dendi, Ditamari, Gourmantché, Kotokoli, Lokpa, M'bermin, Natimba, Peulh and Wama) ethnic groups while the centre is shared by only 5 (Fè, Fon, Idatcha, Mahi and Tchabè) ethnic groups.

The south and the centre are relatively humid agro-ecological zones with two rainy seasons and mean annual rainfall varying from 1100 to 1400 mm / year (Adam and Boko, 1993). The north is situated in arid and semi arid agro-ecological zones characterized by unpredictable and irregular rainfall oscillating between 800 and 950 mm/year with only one rainy season. Mean annual temperatures ranges from 26 to 28 °C and may except ionally reach 35-40 °C in the far northern localities (Adomou, 2005; Akoègninou *et al.*, 2006). The country has 2807 plant species (Akoègninou *et al.*, 2006). Vegetation types are semi-deciduous forest in the south, woodland and savannah woodland in the centre-east and in the northeast, dry semi deciduous forest in the centre-west and in the south of northwest and tree and shrub savannahs in the far north (Adomou, 2005).

### **Site selection and survey**

One village (having market) was randomly selected per ethnic area among those previously surveyed (Dansi *et al.*, 2008) for biodiversity inventory (Table 1 and Figure 1).

**Table 1. Sites surveyed and their localisation**

N°	Selected villages	Ethnic areas	Regions	N°	Selected villages	Ethnic areas	Regions
1	Agonhohoun	Fon	South	16	Magoumi	Idasha	Centre
2	Alédjo	Kotokoli	Northwest	17	Marégourou	Peulh	Northeast
3	Atchannou	Watchi	Southwest	18	Nafayaoti	Natimba	Northwest
4	Badjoudè	Lokpa	Northwest	19	Namontiaga	M'bermin	Northwest
5	Bodjékali	Dendi	North	20	Niaro	Bariba	Northeast
6	Dassari	Berba	Northwest	21	Omou	Yorouba	Southeast
7	Djaloukou	Fè	Centre	22	Ouèdèmè	Cotafon	Southwest
8	Gbakpodji	Saxwè	Southwest	23	Paouignan	Mahi	Centre
9	Gbèffa	Xwla	Southwest	24	Pénéssoulou	Ani	Northwest
10	Gbésaka	Boko	Northeast	25	Satiandiga	Gourmantché	Northwest
11	Hêtin- sota	Ouémaingbé	Southeast	26	Tchakalakou	Wama	Northwest
12	Idadjo	Tchabè	Centre	27	Tori-avamè	Toli	Southeast
13	Klomè	Péda	Southwest	28	Towé	Holly	Southeast
14	Koussoukoingou	Ditamari	Northwest	29	Voly-Latadji	Adja	Southwest
15	Kpassabega	Yom	Northwest				

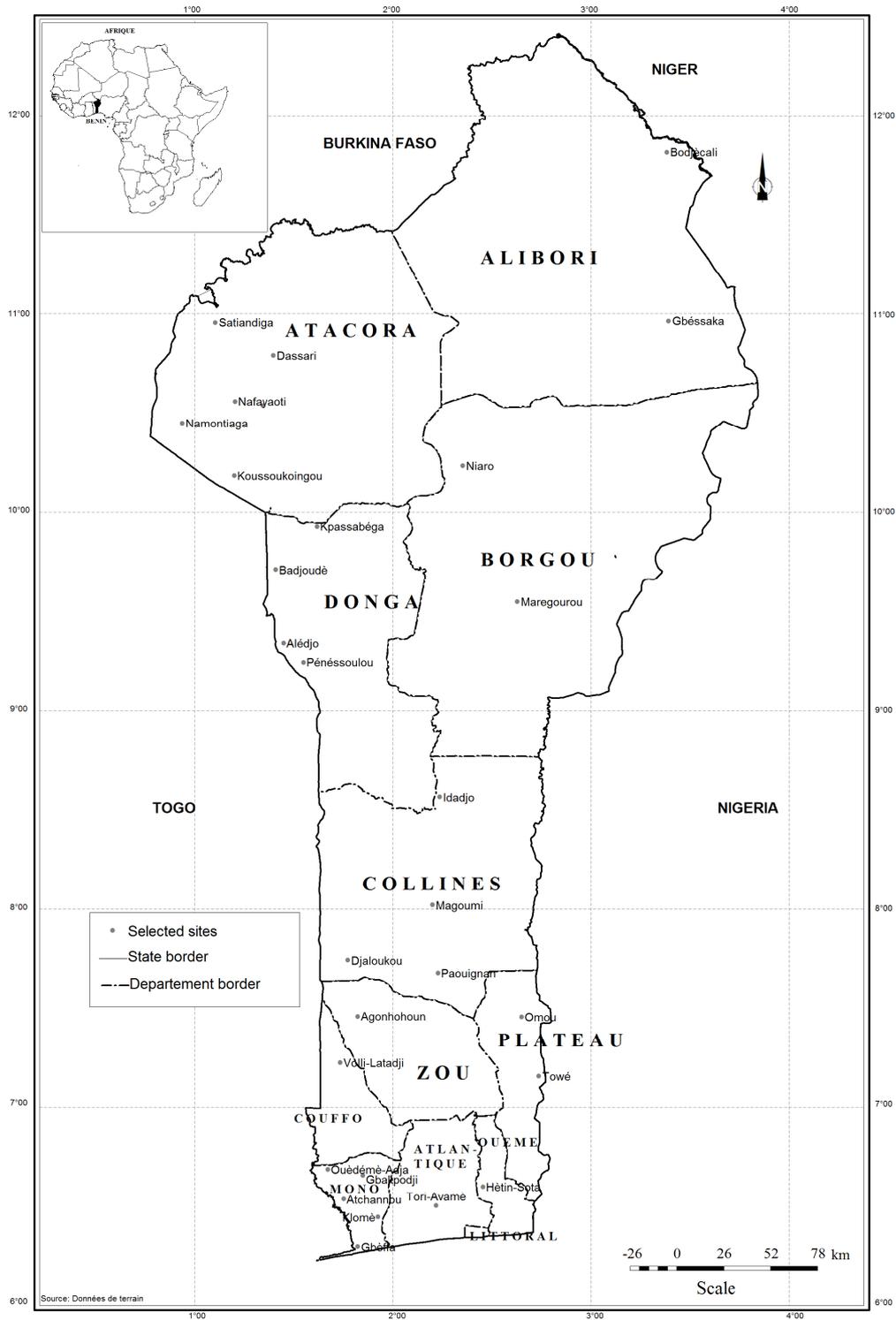


Figure 1. Sites surveyed during the study

Data were collected during expeditions from the different sites (29 in total) through the application of Participatory Research Appraisal tools and techniques such as direct observation, group discussions, individual interviews and field visits using a questionnaire following Kamara *et al.* (1996), Defoer *et al.* (1997), Chweya and Eyzaguirre (1999) and Adoukonou-Sagbadja *et al.*, (2006). Interviews were conducted with the help of translators from each area. As TLVs is mainly women's affair, they were the potential respondents in the study although men were not excluded. In each site, local women's organisations were involved in the study to facilitate the organisation of the meetings and the data collection. The questionnaire was designed to capture data and information related to: surveyed site (agro-ecological zone, name of location, name of sub-location, name of village, ethnic group), cultivation practices and cropping systems, seed supply systems and on farm seeds maintenance, harvesting, processing and preservation methods, marketing and gender role. For the individual interview, ten households were randomly selected per village using the transect method. Out of the total of 290 households (10 per site for 29 sites) hence interviewed across areas, 110 (11 sites) were from the south, 40 (4 sites) from the centre and 140 (14 sites) from the north. Markets of the different villages were systematically surveyed to look at species sold and also to know who sells traditional vegetables at the market. The study was conducted in 2007 during the wet season (June, July, august), period of availability of TLVs.

Analysis of data was done by calculating frequencies and percentages of various responses using Excel and the summary information presented in form of tables.

## Results and discussion

### *Production of traditional leafy vegetables*

#### **Cultivation practices and cropping systems**

In the rural areas, TLVs were grown at different sites. These include near the homestead (home gardens, cattle enclosures; 80.5 % of responses), fertile portions of the cropland (9.9 % of responses) and near riverbanks and swamps (9.6 % of responses). According to farmers, leafy vegetables were mostly grown near the homestead for diverse reasons. These were: easy access (manuring, watering, daily use) when required (80.2% of responses), protection from thieves, birds and animals (11.3 % of responses) and high soil fertility from the dumping of kitchen refuse leading to high yields (8.5 % of responses). They were grown near the rivers and in swamps for easy irrigation and this mainly during the dry season and mostly by those who produce for the market. Perennial species like *Vernonia amygdalina* and *Basella alba* need specific conditions and were grown in particular sites of the homestead where they regularly receive water from domestic use.

Three cropping systems were used in the cultivation of TLVs. These are: mixed (68.50 % of producers), inter-row (22.30 % of producers) and sole cropping (09.20 % of producers). The commonest cropping systems were found to be mixed and inter-row cropping. In these systems, the base crop is usually cassava, groundnut and cereals such as maize and sorghum. However, farmers reported that in cereal fields, leafy vegetables tend to etiolate owing to shading from the crops and as such tend to produce fewer leaves and production does not last long. Sole cropping was more prevalent on *Amanranthus cruentus*, *Celosia argentea*, *Chorcorus olitorius* and *Vernonia amygdalina* in market garden and near the homestead, and in the field, on species like *Abelmoschus esculentus* and *Vigna unguiculata* which are not cultivated only for their leaves.

Land preparation, planting and weeding were effected using hand hoes. For species propagated by seed, planting was mainly by broadcasting (95% of households) and is concentrated in small patches where the debris from clearing the fields was burned. Nursery followed by transplanting in rows also exists (only 5 % of households) but was however found to be a rare practice among the households across the communities. In the north like in the south and in the centre leafy vegetables are intensively produced during the wet season. In the south and in the centre and contrary to the north (arid or semi-arid zone), vegetables are cultivated all year round. This is favoured, in one hand, by the richness of the south and the centre in many swampy zones suitable for counter-season production and, in the other hand, by the bimodal rainfall pattern in

this region. During the dry periods, farmers move to the swampy areas and practise intensive monocropping for species like *Solanum macrocarpum*, *Corchorus olitorius* and *Amaranthus cruentus* which have high market values. In this system, chemicals (fertilisers, insecticides) are used occasionally and often at unknown doses and with no health precautions.

### Harvesting, processing and preservation methods

Unlike staple crops, such as cassava, yams or maize, TLVs are usually short cycle crops and are harvested more frequently. *Amaranthus cruentus* and *Vernonia amygdalina* can be harvested twice per month and for two months and seven years respectively. *Telfairia occidentalis* can be harvested every three weeks for three years, while *Solanum macrocarpon* and *Corchorus olitorius* can be harvested every month for up to five months. Leaves are harvested before flowering because they are usually tasty before seed set or seed maturation. Usually young tender leaves are preferred. *Amaranthus* spp. is harvested when young and tender while *Cleome* is harvested at all stages of growth. Young leaves are preferred in cowpeas and are picked from the plant by hand throughout the growing period.

The study revealed that although TLVs are commonly grown at household level, farmers rarely store them. This is because, first, the vegetables are grown in only small portions of land (about 20 m<sup>2</sup> on average) thus yielding only enough to meet household consumption needs and the surplus for the nearby market. Second, most of the vegetables are very perishable and hence have a low storage capacity in the fresh form which forces farmers to sell them as soon as they are harvested. Third, the culture and knowledge of storing vegetables is not widespread. However, many ethnic groups traditionally used to store vegetables in the dried form. The vegetables would be collected at the time of plenty, dried in the sun soon after harvesting and stored in traditional containers such as gourds.

In over 50% of the cases, households indicated that they chopped the vegetables before drying. Chopping was found to be more prevalent in the north east (82 % of households). Majority of households (69 %) indicated drying TLVs without blanching. Blanching of leafy vegetables improves colour and carotene retention due to inactivation of enzymes but causes losses of ascorbic acid or Vitamin C (Chweya and Eyzaguirre, 1999). Reed mats or sacks were the common drying surfaces. In 46 % of the households surveyed, drying surfaces are placed on raised platforms while in the rest (54 %) they were spread on the ground. Putting drying surfaces on platforms is done in order to protect vegetables from domestic animals and dust. The vegetables may, however, still be prone to insect infestation. A small proportion of households (5%) dried vegetables on rooftops. Naturally occurring flat stone surfaces are taken advantage of, and used as, drying surfaces where these are found. The drying process is said to be faster on the stone than on the mat or sack. Dried and preserved vegetables lasted between 2 to 4 months and are used for both own consumption and selling. About 45 % of the households preserved vegetables for both selling and own consumption while 55 % used the preserved vegetables only for consumption. Most of the households indicated that the quantity of preserved vegetables varied from year to year and depends on the yields or on the amounts harvested. For hygienic reasons and to speed the drying process in order to help the communities to increase the amount of vegetables they usually preserved and which rarely last the entire dry season, there is a need to improve the drying methods by investigating the use of solar dryers.

### Seeds supply system and on-farm seed maintenance

As domestication of most of the TLVs is rather recent, seed systems are still not well refined. According to farmers, sources of seeds or cutting are diverse and include the following in order of priority: own farm (69.2 % of responses), neighbours and relatives (18.8 % of responses), market (9.9 % of responses) and from NGOs (2.1 % of responses). Acquisition of planting materials from neighbours, friends or relatives is free of charge and happens when the farmers have failed to save enough seeds from their previous harvest, or when their neighbours relatives or friends have different or new variety that they would also like to try. The practice of borrowing and friendly exchange of planting materials serves to keep the community together. It also cultivates and enhances the spirit of brotherhood and fosters social cohesion among the villagers, friends, neighbours and relatives. The contribution of the ministry of agriculture in the seed system is nil

and the one of NGOs is very low and concerns only cutting of *Moringa oleifera* in selected villages throughout the whole country.

Most of the cultivated species produce seeds easily under farmers' conditions. Therefore, seed availability was not seen as a major problem in the rural areas surveyed but having seeds of uniform quality and seed storage were identified as a problem. During seed harvest of cultivated species like *Amaranthus cruentus*, *Corchorus olitorius*, *Solanum macrocarpum* and *Celosia argentea* for which intraspecific diversity exists, farmers do not normally separate seeds from different varieties. Consequently it is not common to find pure seeds of a desired variety with farmers producing two or more varieties of a given species.

The methods farmers use to handle seeds are similar across regions but vary between households. Some farmers (42 % of respondents) harvest at maturity seeds of all plants (all species confused) and mix them together while others (58 % of respondents) regularly separate species but not varieties within species. For example seeds of *Amaranthus cruentus* and those of *Corchorus olitorius* are kept separately but not the seeds of the varieties within the species. Seeds harvested and sun-dried are packaged in various materials (Table 2) and stored in homesteads in granaries or hanged up in an airy place or over the fire place. No chemical treatment was reported. The use of ash treatment was reported in the storage of seeds by 12 % of the households surveyed.

**Table 2. Material used for seed storage**

Material	Degree of utilisation (% of responses)	
	South and centre	North
Bottle	42.01	13.2
Box of cigar or matches	10.44	11.6
Gourd	4.01	53.6
Piece of cloth	8.5	6.3
Piece of paper	6.7	4.2
Polythene bag	17.04	2.1
Pot	2.2	3.6
Tin	9.1	5.4

Material used to conserve seeds (Table 2) were the same in all the villages surveyed but their degree of utilisation was highly variable between households on one hand and between agro-ecological zones on another. In the arid and semi-arid zones of the north, gourd was the mostly used material followed by bottles and empty boxes of cigar or matches. In the humid zones (south and centre) bottles appeared as the most important followed by polythene bags and empty boxes of cigar or matches. According to the respondents, availability, culture and habit were the reasons that underlie the frequent use of the above listed materials in their respective zones. In the rural zones of the north, gourd or African calabash (*Lagenaria siceraria*) in its high diversity is widely produced and constitutes the most important traditional container. In the southern and central regions, polythene bags, bottles and boxes are plentiful and therefore readily available.

In terms of storage period, farmers reported that these conservation systems may keep the viability of seeds anywhere between 3 to 18 months depending on the plant species (Table 3). Some households in the north, however, reported storing seeds of *Abelmoschus esculentus* for two years.

**Tableau 3. Seed storage length (farmers' knowledge) of some TLVs cultivated only for their leaves in Benin**

Species	Seed storage length (month)
<i>Acmella oleracea</i>	06
<i>Amaranthus cruentus</i>	12
<i>Celosia argentea</i>	12
<i>Corchorus olerius</i>	18
<i>Corchorus tridens</i>	18
<i>Crassocephalum rubens</i>	03
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	12
<i>Justicia tenella</i>	08
<i>Sesamum radiatum</i>	08
<i>Solanum aethiopicum</i>	18
<i>Solanum macrocarpon</i>	18

**Species found in the market and marketing**

Among the species consumed as reported by Dansi *et al.* (2008), only a few numbers is regularly sold in the markets. During the survey period, 24 species were found in the markets and ranked (at both zone and national level) based on their importance in the markets expressed as the percentage of total number of sellers per vegetable type (table 4). In both south and centre, *Solanum macrocarpum* ranks first while *Adansonia digitata* (in fresh or dried form) is number one TLV for marketing in the north.

Traditional leafy vegetables are usually sold locally in villages and nearby towns. Marketing is common in some areas, especially in the south and in the centre where selling is done all year round, depending on availability. In all the villages surveyed, more than 90 % of the farmers interviewed indicated that home requirements of leafy vegetables are given priority and selling is usually done to earn cash for minor home requirements such as school-related expenses and domestic needs (salt, oil, etc.). In the north, when more vegetables become unavailable, it is basically the dried leaves from the previous season that are sold. In the south and in the centre, dried leaves are not demanded because of the existing of numerous market gardens providing peoples with fresh material.

As most of the vegetables are grown in home gardens on a very small scale, small quantities are taken to the market on foot where markets are nearby and on bicycles or public vehicles where the market are far. To avoid the long distances to markets that are far, women sell their vegetables to middlemen in the nearby market centres or in their villages. For most (85 %) of the respondents, roads are good and markets are easily accessible.

In the markets surveyed, about 27 % of the sellers were middlemen and the other 73 % were farmers selling their own products. This result is similar to the one reported in Cameroon by Gockowski *et al.* (2003).

In the rural areas, the vegetable business is faced with several problems. According to the respondents, the salient ones are: low demand (67.5% of responses), post harvest losses (20.5% of responses), pests and diseases damage which seriously reduce the quality of the product to be sell and make it not attractive (10.60 % of responses) and exploitation by middlemen (1.40 % of responses).

**Table 4. Species found in the markets during the survey period and their ranking at zone and national level**

Species	Zone rank			Overall rank
	South	Centre	North	
<i>Solanum macrocarpon</i>	1	1	5	1
<i>Corchorus olitorius</i>	2	2	4	2
<i>Amaranthus cruentus</i>	4	4	6	3
<i>Vernonia amygdalina</i>	3	3	10	4
<i>Celosia argentea</i>	5	9	9	5
<i>Vigna unguiculata</i>	10	11	8	6
<i>Sesamum radiatum</i>	not applicable	7	3	7
<i>Crassocephalum rubens</i>	8	6	not applicable	8
<i>Ocimum gratissimum</i>	9	5	not applicable	9
<i>Launaea taraxacifolia</i>	6	10	not applicable	10
<i>Solanum aethiopicum</i>	7	8	not applicable	11
<i>Adansonia digitata</i>	not applicable	not applicable	1	12
<i>Ceratotheca sesamoides</i>	not applicable	not applicable	2	13
<i>Hibiscus sabdariffa</i>	not applicable	not applicable	7	14
<i>Corchorus tridens</i>	not applicable	not applicable	11	15
<i>Talinum triangulare</i>	11	12	not applicable	16
<i>Justicia tenella</i>	not applicable	not applicable	12	17
<i>Abelmoschus esculentus</i>	not applicable	not applicable	13	18
<i>Acmella oleracea</i>	not applicable	not applicable	14	19
<i>Portulaca oleracea</i>	not applicable	not applicable	15	20
<i>Alternanthera sessilis</i>	12	not applicable	not applicable	21
<i>Solanum scabrum</i>	13	not applicable	not applicable	22
<i>Biden pilosa</i>	14	not applicable	not applicable	23
<i>Basella alba</i>	15	13	16	24

**Gender role**

Adult females are more knowledgeable about the TLVs. The main reason given by all the respondents was culture. In fact, in the culture of the different peoples surveyed throughout the country, tasks traditionally have always been divided by gender. Men were in charge of the most important crops and activities in terms of income generation, but also of labour requirements (cereals, yam, cassava, cotton, etc.). Women prepared meals, educated children, did other household works and are in charge of the cultivation or exploitation of the TLVs. As managers, they oversee the whole process from planting to harvesting and allocate duties to other members of the family. Table 5 shows the contribution of each sex or age category to the tasks of growing TLVs at household level at Ouèdèmè, a village of south-western Benin. In this village the growing of TLVs at household level is predominantly a women's job, although men are also involved. Female children contribute more than male children. The contribution of male (child or adult) appeared just as an assistance which is not compulsory. Male children tend to perform the duties of the father. In the market oriented production sites other than those managed by the women

associations, duties were essentially male dominated (Table 6). When considering the species grown, it was observed that production by men was exclusively based on only three fast growing, high yielding, market-oriented and less labour-intensive species which are *Amaranthus cruentus*, *Celosia argentea* and *Solanum macrocarpum*. These were always found accompanied by some isolated plants of *Vernonia amygdalina* harvested and sold periodically. All the remaining species such as *Corchorus olitorius* and *Sesamum radiatum* are the prerogative of women.

In terms of responsibility for harvesting of the vegetables, it was largely women (over 60% of responses) who were involved followed by children and mainly girls (about 30% of responses). In all the households surveyed, women are also responsible for seed storage, preservation and exchange. In many ethnic areas (Berba, Ditamari, M'bermin, etc.) of the northern regions where women and men granaries are different (in structure and function), seeds were found conserved only in women granaries. The Seeds custodian role of women in the traditional farming was already reported by many authors (Akoroda, 1990; Okigbo, 1990; Howard-Borjas and Cuijpers, 2002; Greenberg, 2003; Price, 2003).

Investigation showed conclusively that the selling of vegetables is also a female-dominated enterprise. Of a total of 296 sellers of traditional leafy vegetables encountered and interviewed in the markets over the period, all were women. Selling by men is done only in the market gardens.

### Conclusion and suggestions

Our study revealed that in rural area of Benin, TLVs are cultivated at a subsistence level in home gardens or in the fields essentially through organic farming. Three cropping systems (mixed, inter-row and sole cropping) were applied and planting was mainly by broadcasting. In the north and during the dry season, some TLVs are habitually dried under direct sunlight for post-harvest storage. There is need to assess the nutritive status of the preserved vegetables and improve the drying methods by investigating the use of solar dryers. The seeds supply system and the on-farm seed maintenance are still archaic and need to be reorganised and modernised. The study highlighted that women play an important role in the production of the TLVs in rural areas of Benin and should be considered as key actors in any programme of TLVs conservation and valorisation in Benin. For the promotion of the production of TLVs in rural area of Benin the following key interventions are recommended:

- Promotion of seed marketing by the multiplication of the selling points
- Conduction of domestication trials (Development of agronomic and utilisation packages) to promote and improve as commercial crops the following species of high importance for some communities: *Acmella oleracea*, *Ceratotheca sesamoides*, *Crassocephalum rubens*, *Justicia tenella*, *Launaea taraxacifolia*, *Sesamum radiatum*, and *Solanum scabrum*
- Selection and promotion of high yielding varieties
- Financial assistance (credit facilities) to organized farmer groups

### Acknowledgements

This project was sponsored by the International Foundation for Science through the grant N° S/3828-1 given to the second author. We express our sincere thanks to Drs Ismail Moumouni and Nasser Bacco (INRAB) for critical reading of the manuscript and to all the women's groups and the agricultural extension personnel who collaborated very diligently with us during the survey.

### References

- Adam, S., Boko, M., 1993: Le Bénin. Les éditions du Flamboyant / EDICEF. 96p.
- Adomou, A. C., 2005: Vegetation patterns and environmental gradients in Benin: Implications for biogeography and conservation. PhD Thesis, University of Wageningen, Netherlands, 136 p.
- Adoukonou-Sagbadja H., A. Dansi, R. Vodouhe, K. Akpagana, 2006: Indigenous knowledge and traditional conservation of Fonio millet (*Digitaria exilis* Stapf, *Digitaria iburua* Stapf) in Togo. *Biodiversity and conservation* 15, 2379-2395

- Akoègninou A., W. J. Van der Burg, L. J. G. Van der Maesen, editors. 2006: Flore Analytique du Bénin. Backhuys Publishers, 1034 p.
- Akoroda, M.O., 1990: Ethnobotany of *Telfaria occidentalis* (Cucurbitaceae) among Igbos of Nigeria. *Economic Botany*, 44(1):29-39.
- Almekinders, C., de Boef, W., 2000: *Encouraging diversity*. The conservation and development of plant genetic resources. Intermediate Technology Publication, London (UK).
- Chweya, J. A., 1985: Identification and nutritional importance of indigenous green leafy vegetables in Kenya. *Acta Hort.*, 153, 99-108
- Chweya, J. A., Eyzaguirre, P., editors. 1999: The biodiversity of traditional leafy vegetables. IPGRI Rome (Italy), 182 p.
- Dansi A., A. Adjatin, H. Adoukonou-Sagbadja, V. Faladé, H. Yedomonhan, D. Odou, B. Dossou, 2008a: Traditional leafy vegetables and their use in the Benin Republic. Genetic Resources and Crop Evolution, Springer-Verlag (online first)
- Dansi A., A. Adjatin, H. Adoukonou-Sagbadja, A. Adomou, V. Faladé, H. Yedomonhan, K. Akpagana, B. de Foucault. 2008b: Traditional leafy vegetables in Benin: Folk nomenclature, species under threat and domestication (*Acta Botanica Gallica*; In press)
- Defoer T., A. Kamara, H. Groote, 1997: "Gender and variety selection: farmers' assessment of local maize varieties in southern Mali. *African Crop Sciences Journal* 5: (1), 65-76.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 2006: *FAO statistical data base for food crops*.
- Freberger C. E., D. J. Vanderjagt, A. Pastuszyn, R. S. Glew, M. Garba, M. Millson, R. H. Glew, 1998: Nutrient content of edible leaves of seven wild plants from Niger. *Plant Foods Hum. Nutr.* 53 (1), 57-69.
- Gockowski J., J. Mbazo'o, G. Mbah, T. F. Moulende, 2003: African traditional leafy vegetables and urban and peri-urban poor. *Food Policy*, 28 (3), 221-235.
- Greenberg, L. S., 2003: Women in the garden and kitchen: the role of cuisine in the conservation of traditional house lot crops among Yucatec Mayan immigrants. In: P. Howard (ed.), *Women and Plants. Gender relations in biodiversity management and conservation*. Zed Press & Palgrave-Macmillan, London and New York.
- Howard-Borjas, P., Cuijpers, W., 2002: Gender relations in local plant genetic resource management and conservation. In: H.W.Doelle & E.DaSilva (eds) *Biotechnology, in Encyclopedia for Life Support Systems*, EOLSS Publishers, Cambridge UK.
- Kamara A., T. Defore, H. de Groove, 1996: Selection of New Varieties through Participatory Research, the case of corn in South Mali. *Tropicultura* 14 (3), 100-105.
- Mnzava, N. A., 1997. Comparing nutritional values of exotic and indigenous vegetables. In R. Schippers and L. Budd, editors. *African Indigenous vegetables*, ODA, UK, 70-75.
- Nesamvuni C., N. P. Steyn, M. J. Potgieter, 2001: Nutritional value of wild, leafy plants consumed by the Vhavenda. *South Afr. J. Science*. 97 (1/2), 97-104.
- Okigbo, B. N., 1990: Homegardens in tropical Africa. In: K. Landauer and M. Brazil (eds.) *Tropical Home Gardens*. Selected papers from an International Workshop held at the Institute of Ecology, Padjadjaran University, Bandung, Indonesia, 2-9 Dec. 1985.
- Platt, B. S., 1965: Tables of representative values of foods commonly used in tropical countries. *Commun. Med. Res. Counc.* 302.
- Price, L. L., 2003: Farm women's rights and roles in wild plant gathering and management in North-east Thailand. In: P. Howard (ed.), *Women and Plants. Gender relations in biodiversity management and conservation*. Zed Press & Palgrave-Macmillan, London and New York, 101-114.
- Schippers, R. R., 2002: *African Indigenous Vegetables: an Overview of the Cultivated Species 2002-Revised version* on CD-ROM. Natural Resources International Limited, Aylesford, UK.
- Shiundu, K. M., 2002. Role of African leafy vegetables (ALVs) in alleviating food and nutrition insecurity in Africa. *Afr. J. Food Nutr. Science*. 2 (2), 97-99.
- Stevens, J. M. C., 1990 : Légumes traditionnels du Cameroun: une étude agrobotanique. Agricultural University, Wageningen, the Netherlands Papers N° 90.
- Steyn N.P., J. Olivier, P. Winter, S. Burger, C. Nasamvuni, 2001: A survey of wild, green, leafy vegetables and their potential in combating micronutrient deficiencies in rural populations. *South Afr. J. Science*. 97 (7/8), 201-207.

# BULLETIN DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DU BENIN

*Numéro 59-Mars 2008*

Réalisation et mis en ligne sur Site Web de l'INRAB : <http://www.inrab.bj.refer.org>

Service Informatique Scientifique et Biométrique (PIS-B) du CRA-Agonkanmey/INRAB

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou, République du Bénin

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 35 00 70 ; E-mail : [inrabdg4@intnet.bj](mailto:inrabdg4@intnet.bj) / [craagonkanmey@yahoo.fr](mailto:craagonkanmey@yahoo.fr)

*Imprimerie COCO New Tech : 01 BP 2359 RP - Cotonou - Tél. : (229) 21 32 08 47 / 97 68 24 24 – E-mail : cocomensah@yahoo.fr*