

**BULLETIN DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DU BENIN**

*Numéro 61-Septembre 2008*



**INSTITUT NATIONAL DES RECHERCHES AGRICOLES DU BENIN**

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

**BÉNIN**

Dépôt légal N° 3817 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: inrbdg4@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	vi
Analyses physico-chimiques de la pulpe et caractérisation de la fraction lipidique des amandes du fruit du pommier de Cayor ( <i>Neocarya macrophylla</i> Sabine) <b>A. Balla et M. Baragé</b>	1
Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production d'attiéké (couscous de manioc) au Bénin <b>M. M. Dédédji, R. Ahouansou et D. J. Hounhouigan</b>	7
Influence de la castration des mâles sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et les qualités de la viande du porc local du Bénin <b>A. K. I. Youssao, T. M. Kpodekon, G. B. Koutinhouin, A. Adjapka, A. Yacoubou et S. Ahounou</b>	17
Complémentation alimentaire des ovins djallonké avec les sous-produits de transformation d'ananas : potentiel nutritif, préférence et développement pondéral <b>A B. Aboh, M. Ehouinsou, M. Olaafa et A. Brun</b>	25
Etude qualitative de la dynamique des populations: modèle de Lotka-Volterra <b>S. A. Adédjoma, V. Adanhounmè, T. K. Dagba et S. Mustapha</b>	31
Influence des systèmes d'exploitation agricole sur l'intensité de la dégradation des terres dans le Département des Collines au Bénin <b>A. M. Igué, V. Agossou et F. T. Ogouvidé</b>	39

---

Dépôt légal N°3817 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 :	4.000 F CFA (# 6 euros)
	Institution :	15.000 F CFA (# 23 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)



## Analyses physico-chimiques de la pulpe et caractérisation de la fraction lipidique des amandes du fruit du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla* Sabine)

A. Balla<sup>1</sup> et M. Baragé<sup>2</sup>

### RESUME

La composition physico-chimique de la pulpe et les propriétés de l'huile extraite des amandes contenues dans le noyau du fruit du pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla* Sabine) ou Gamsa en langue vernaculaire au Niger, ont été analysées. La pulpe contient sur la base du poids sec : environ 60 % d'eau pour un rapport pondéral (pulpe/fruit) variant de 52 à 66 % ; 1,2 % de protéines ; 0,4 % de lipides 9,7 % de fer ; 0,8 % de vitamine C ; 3,6 % de matières minérales. Les principales constantes physiques et chimiques de l'huile extraite des amandes sont : une teneur en huile de 67,5 % ; une densité de 0,868 g/l ; un indice d'iode de 16,3 ; un indice de saponification de 197,7 mg KOH/g d'huile. L'huile extraite des amandes est constituée principalement de trois acides gras insaturés : acide linoléique (16,45 %), acide linoléique (57,77 %) et acide oléique (25,76 %). Cette composition en acides gras place l'huile de *Neocarya macrophylla* parmi les huiles oléiques/linoléiques offrant des propriétés potentiellement nutritionnelles. L'analyse du profil sensoriel et physique (viscosité, couleur et stabilité à l'oxydation) de l'huile extraite des amandes de *Neocarya macrophylla* montre qu'elle pourrait être utilisée en cosmétique, en pharmacie et en alimentation.

**Mots clés** : Gamsa, composition de la pulpe, teneur en huile des amandes, acides gras, Niger.

### Physicochemical analysis of pulp and characterization of the lipidic fraction of almonds of Cayor apple fruits (*Neocarya macrophylla* Sabine)

### ABSTRACT

The physical and chemical composition of pulp and the properties of oil extracted of the almonds contained in the pit of Cayor apple fruit (*Neocarya macrophylla* Sabine) or Gamsa in vernacular language of Niger were analysed. The pulp contains on dry-weight basis: approximately 60 % of water for a weight ratio (pulp/fruit) varying from 52 to 66 %; 1.2 % of proteins; 0.4 % of lipids; 9.7 % of iron; 0.8 % of vitamin C; 3.6 % of mineral. Main physical and chemical constants for extracted oil are: oil content of 67.5 %; oil density of 0.868 g/l; iodine index of 16.3; saponification index of 197.7 mg KOH/g. Extracted oil from almonds is made up mainly of three unsaturated fatty acids: linoleic acid (16.45 %), linoleic acid (57.77 %) and oleic acid (25.76 %). This composition in fatty acids places the oil of *Neocarya macrophylla* among linoleic/oleic oils offering potentially nutritional properties. The sensorial and physical profile analysis (viscosity, colour and stability on oxidation) of extracted oil from almonds shows that it could be used in cosmetic, pharmacy and nutrition.

**Key words**: Gamsa, composition of pulp, almonds oils content, fatty acids, Niger.

### INTRODUCTION

Le pommier de Cayor (*Neocarya macrophylla* Sabine; famille des Chrysobalanacées) ou Gamsa en langue vernaculaire au Niger, est un arbuste de 7 à 10 m de haut, à fût généralement court, avec des branches tortueuses et une cime ouverte (Balla *et al.*, 2008). 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 (Arbonnier, 2002). C'est une plante des lisières ou bas-fonds soudaniens à sols sableux

---

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

<sup>2</sup> Moussa Baragé, Maître assistant (CAMES), Doctorat d'Université Polytechnique de Valencia, option Biotechnologie Végétale, Département des Productions végétales, Enseignant chercheur, chef de département des productions végétales, Faculté d'Agronomie, BP 10960, Université Abdou Moumouni, Niamey, Niger, Tél. : (+227) 20 31 52 37/(+227) 96 98 17 07, E-mail: [mouba@refer.ne](mailto:mouba@refer.ne) / [moussa.barage@yahoo.fr](mailto:moussa.barage@yahoo.fr)

(Arbonnier, 2002). Au Niger, elle est localement très connue et fleurit presque toute l'année mais plus généralement en seconde partie de saison sèche (Anonyme, 2001).

Le fruit est une drupe ellipsoïde, glabre, brune jaune, à surface verruqueuse grise, à pulpe épaisse contenant un noyau dur (Vivien et Faure, 1996). La pulpe rougeâtre, savoureuse et très odorante à maturité est mangée crue. Le noyau, très dur renferme des graines oléagineuses et comestibles. Le pommier de Cayor est une plante qui fait l'objet de diverses utilisations par les populations autochtones. La pulpe du fruit sucrée et aromatisée est consommée crue. Les graines ou amandes (pilosités à l'intérieur du noyau) oléagineuses sont utilisées soit pour l'extraction d'une huile comestible soit pour la fabrication locale de pommades. Consommées crues, elles ont des propriétés purgatives et antihelminthiques (Anonyme, 2001). Cependant, jusque là peu d'études font cas de la composition alimentaire de la pulpe de *N. macrophylla* et surtout des constantes physiques et chimiques de l'huile extraite des amandes. Pour combler ce déficit, le présent travail initié, a pour but de contribuer à la valorisation des ressources sous exploitées de la zone soudano-sahélienne de l'Afrique de l'Ouest et à la diversification des sources de lipides. Spécifiquement, les propriétés physico-chimiques de l'huile extraite des amandes de *N. macrophylla* ont été déterminées.

## MATERIEL ET METHODES

### **Matériel végétal**

Les fruits de *N. macrophylla* de la campagne en cours ont été achetés sur le marché de Katako à Niamey au Niger. Après nettoyage, triage et dépulpage, la pulpe est coupée en cosettes. Une partie a servie à la détermination des sucres et de la teneur en eau. La partie restante a été séchée au laboratoire et broyée en farine à l'aide d'un broyeur à marteau avant d'être emballée dans des sachets en plastique et stockée au réfrigérateur jusqu'à son utilisation. Quant aux noyaux, ils ont été cassés pour récupérer les amandes. Ces dernières ont été également emballées sous sachets plastiques et conservées au réfrigérateur jusqu'au moment de l'extraction d'huile.

### **Extraction, dosage et conservation d'huile**

L'huile de pommier de Cayor a été extraite à partir des amandes ou pilosités. La méthode est basée sur une extraction à chaud (145 °C) pendant environ 5 h en présence de l'éther de pétrole et à l'aide d'un appareil extracteur du type Soxtherm (Gerhardt). Après l'extraction, le solvant est éliminé par évaporation (Rotavapor) et la matière grasse obtenue est étuvée à 60°C pendant 24 h, ensuite dosée par gravimétrie. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la matière sèche. L'huile extraite est ensuite conservée au réfrigérateur dans des tubes en verre vissés.

### **Méthodes analytiques**

Ces analyses ont concerné la pulpe du fruit. Toutes les déterminations ont été réalisées en triple. Les valeurs des différents paramètres sont exprimées en moyenne plus ou moins l'écart type.

### **Analyse physicochimique de la pulpe séchée**

Le rapport pondéral entre la pulpe et le fruit entier a été déterminé sur la pulpe fraîche. Il consiste au rapport entre le poids total du fruit et celui de sa pulpe. Il est obtenu par pesée. Quant à la teneur en sucres totaux de la pulpe fraîche elle a été estimée par la méthode de Dubois *et al.* (1956). L'humidité des échantillons a été déterminée selon la méthode normalisée (AACC, 1983). Elle consiste à sécher un échantillon de farine à 130-133 °C dans une étuve pendant 90 minutes. Les cendres sont assimilées au résidu obtenu après l'incinération à  $900 \pm 25$  °C, dans un four (NF 03-720). Le taux de cendres est exprimé en pourcentage en masse sur la matière sèche. Les éléments minéraux (Ca, Na, K, Mg, P et Fe) ont été dosés à partir des cendres obtenues par l'incinération des farines issues de la pulpe séchée selon la norme AFNOR (1982). La teneur en protéines de la pulpe séchée a été déterminée par la méthode Kjeldahl ( $N \times 6,25$ ) (AACC, 44-15, 1983). Enfin, le taux de la vitamine C a été déterminé par spectrophotométrie directe dans l'UV à 265 nm.

### **Analyses physico-chimiques de l'huile extraite**

Les indices d'acide, de saponification, de peroxydes et d'iode ont été définis selon les normes AFNOR NF VO3-903, NF T60-204 et NF T60-203 AFNOR, 1981). La viscosité cinématique (h) en milli-Pascal.Secondes (mPa.S) est mesurée pour 7 µl d'échantillon à l'aide d'un viscosimètre Stresstech Rheometer étalonné selon les données du fabricant. La couleur de l'huile extraite a été déterminée à l'œil nu et par comparaison avec l'huile d'arachide. Les matières volatiles à 105 °C ont été déterminées par la méthode ISO 662 (1998).

### Analyses des acides gras dans l'huile extraite

Le trifluorure de bore (BF<sub>3</sub>) à une concentration de 8 % (Sigma) dans du méthanol est utilisé comme réactif de transméthylation pour préparer les esters méthyliques des acides gras des lipides totaux (Ackman, 1998). Les esters méthyliques ainsi formés sont analysés par chromatographie en phase gazeuse sur un chromatographe Péri 2000 (Périchrom, Saulx-le-Chartreux), muni d'un détecteur à ionisation de flamme. Cet appareil est équipé d'une colonne capillaire de polyéthylène glycol dopée avec de l'acide téréphtalique (Périchrom), de 25 m de longueur, 0,25 mm diamètre et 0,5 m d'épaisseur du film. La température de l'injecteur et du détecteur est fixée à 260 °C. La colonne est portée à 180 °C (39,9 °C/min) et est maintenue à cette température pendant 8 minutes. Elle subit ensuite un second échauffement jusqu'à 220 °C (3 °C /min). Le gaz vecteur est l'azote (1,1 bars). Le logiciel Winilab (Périchrom, Saulx-le-Chartreux) est utilisé pour l'intégration des chromatogrammes. Les différents acides gras sont identifiés grâce au pic d'un étalon interne. Pour la préparation de l'insaponifiable, l'échantillon (environ 5 g) est saponifié par de la potasse éthanolique selon la norme NF T 60-205 (méthode à l'oxyde d'éthyle) (AFNOR, 1981).

### Traitement statistique de données

Les différentes déterminations ont été répétées 3 fois et le résultat est exprimé comme suit : moyenne  $\pm$  écart-type. L'analyse de variance et au besoin le test de Duncan ont été effectués avec le logiciel SPSS pour Windows Version 10.0 et 11.0 (Fernando et Gérald, 2004).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Composition physicochimique de la pulpe de Gamsa

Le tableau 1 présente la composition physicochimique de la pulpe du fruit de *N. macrophylla*.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques de la pulpe fraîche de *N. macrophylla*

Composition physicochimique de la pulpe fraîche de Gamsa	Moyenne $\pm$ Ecart-type
Rapport pondéral	58,0 $\pm$ 4,0
Teneur en eau	60,0 $\pm$ 3,0 %
Teneur en sucre soluble	21,0 $\pm$ 0,5 %

Comme tous les fruits charnus, la teneur en eau est relativement élevée (Ekué *et al.*, 2008). Elle se situe aux alentours de 60 %, ce qui démontre le caractère succulent de ce fruit. Le rapport pondéral (pulpe/fruit) du Gamsa a varié de 52 à 66 % du poids total du fruit, ce qui est proche des observations de Vivien et Faure (1996) sur des espèces apparentées au *N. macrophylla*. Quant à la teneur en sucre soluble totaux de la pulpe, elle est de l'ordre de 21 g d'équivalent glucose par 100 g de pulpe.

L'analyse a porté aussi sur la composition physicochimique de la pulpe séchée (Tableau 2).

Tableau 2. Composition physicochimique de la pulpe séchée de *N. macrophylla*

Composition physicochimique de la pulpe séchée de Gamsa	Moyenne $\pm$ Ecart-type
Matière sèche (MS)	93,40 $\pm$ 0,50 %
Lipides	0,66 $\pm$ 0,05 % MS
Protéines	1,2 $\pm$ 0,10 % MS
Cendres	3,60 $\pm$ 0,50 % MS
Potassium	776 $\pm$ 11 mg/100 g MS
Magnésium	8,85 $\pm$ 0,12 mg/100 g MS
Calcium	15,35 $\pm$ 0,55 mg/100 g MS
Phosphore	36,82 $\pm$ 1,02 mg/100 g MS
Sodium	9,72 $\pm$ 0,62 mg/100 g MS
Fer	9,70 $\pm$ 0,40 mg/100 g MS
Vitamine C	0,77 $\pm$ 0,40 % MS

Il ressort de ces résultats une teneur en cendres totales de l'ordre 3,6 % qui peut être décomposée en potassium (776 mg/100 g) ; magnésium (8,85 mg/100 g) calcium (15,35 mg/100 g) ; phosphate (36,82

mg/100 g) ; sodium (9,72 mg/100 g). La pulpe séchée de Gamsa est également riche en fer avec une teneur de 9,7 mg/100 g. Elle contient aussi 0,77 % de vitamine C et de 1,2 % de protéines.

La pulpe de Gamsa est une source peu coûteuse, naturelle et riche en vitamine C et fer. Le fruit est localement disponible dans les communautés rurales et pourrait être incorporée à beaucoup de plats pour diversifier et améliorer la disponibilité biologique du fer. Il faut aussi souligner que la composition physicochimique de la pulpe du fruit de Gamsa est assez proche de celle des autres produits forestiers non ligneux (Magdi, 2004 ; Ngozi, 2004 ; Amartifio et Mosase, 2006).

### Composition physicochimique de l'huile extraite

Le tableau 3 présente les paramètres physiques de l'huile.

**Tableau 3. Paramètres physiques de l'huile de *N. macrophilla***

Paramètres physiques de l'huile de Gamsa	Moyenne $\pm$ Ecart-type
Teneur en huile	67,5 $\pm$ 2,3 %
Densité	0,86 $\pm$ 0,01 g/ml
Viscosité	22,5 $\pm$ 1,5 mPa.S
Matières volatiles à 105 °C	0,12 $\pm$ 0,01 % m/m
Couleur	Jaune claire
Point de fusion	Température ambiante

La teneur moyenne en lipides des amandes de *N. macrophilla* est de l'ordre de 67,5 %. Ces amandes paraissent plus riches en huile que celles de certains oléagineux non conventionnels, à l'instar de la pulpe de *Balanites aegyptiaca* qui a une teneur moyenne en lipides d'environ 48,1 % (Kapseu et Parmentier, 1997). Elles sont également plus riches en huiles que le maïs (30 à 65 %), le coton (16 à 28 %) et l'arachide (40 %) (Kapseu et Parmentier, 1997). Comparée à l'huile des graines de baobab (12,2 %), les amandes de gamsa sont 5 fois plus riches (Magdi, 2004).

La viscosité à 25°C de l'huile de *N. macrophilla* varie entre 21 et 24 mPa.S. Cette huile présente une faible viscosité comparée aux huiles usuelles et non conventionnelles. Cette faible viscosité est cependant comparable à celle de l'huile extraite des pépins des dattes (Besbes *et al.*, 2004) et également à celle de l'huile extraite des graines de la framboise (Oomah *et al.*, 2000). Ce résultat est cohérent avec la faible valeur de l'indice d'iode de cette huile, car la viscosité diminue avec l'insaturation. En effet, une corrélation évidente existe entre la longueur de la chaîne des acides gras et la viscosité (Geller et Goodrum, 2000).

La couleur de l'huile de Gamsa déterminée à l'œil nu est jaune clair et elle est moins colorée que l'huile d'arachide.

Les différents indices chimiques de l'huile du Pommier de Cayor sont illustrés au tableau 4.

**Tableau 4. Indices chimiques et de réfraction de l'huile de *N. macrophilla***

Indices chimiques et de réfraction de l'huile de Gamsa	Moyenne $\pm$ Ecart-type
Indice d'acidité	0,673 $\pm$ 0,055
Indice d'iode	16,32 $\pm$ 1,05
Indice de saponification	197,75 $\pm$ 3,50
Indice de peroxyde	4,3 $\pm$ 0,4
Indice de réfraction	1,471 $\pm$ 0,1

L'huile extraite des amandes du fruit présente un faible indice d'acidité. Cette valeur (0,673 mg KOH/g huile) est inférieure à celle de certaines huiles usuelles telles que celle du soja (max = 6) et de tournesol (max = 4) (FAO, 1981). La faible valeur d'indice d'acide caractérise la pureté et la stabilité des huiles des amandes de *N. macrophilla* à la température ambiante. L'indice de peroxydes de l'huile de *N. macrophilla* est de l'ordre de 4,3. Cette valeur d'indice de peroxydes est inférieure à 10 méq O<sub>2</sub>/kg huile qui caractérise la plupart des huiles conventionnelles (FAO, 1981). En effet, des valeurs d'indice de peroxyde inférieures à 10 méq O<sub>2</sub>/kg huile sont généralement considérées comme témoignant d'un niveau d'oxydation acceptable (Rossell, 1993). L'indice de saponification obtenu par la méthode d'extraction à l'hexane est de 197,75. Cette valeur est comparable à l'indice de saponification des huiles usuelles (FAO, 1981) comme le soja (189-195), l'arachide (187-196) et le coton (189-198). L'indice d'iode de l'huile des amandes de *N. macrophilla* obtenu est de l'ordre de

16,32. Comparé à celui des autres huiles usuelles, l'indice d'iode de l'huile des amandes de *N. macrophylla* est plus faible que celui de l'huile de soja (120-143), celui de l'huile de sésame (118-120) celui de l'huile d'arachide (85-90) par exemple (Karleskind, 1992). La teneur en huile et l'indice d'iode de l'huile issue des amandes du *N. macrophylla*, attestent des potentialités alimentaires de cette matière grasse alimentaire. Toutefois, des études ultérieures permettront d'évaluer sa stabilité oxydative et sa teneur en antinutriments.

Les matières volatiles à 105 °C dosées sont de l'ordre de 0,12 % m/m, ce qui est en accord avec les normes du codex en matière des huiles devant être inférieures à 0,2 % m/m (FAO, 1981).

### Composition en acides gras de l'huile des amandes de *N. macrophylla*

La chromatographie HPLC réalisée sur un échantillon d'huile de *N. macrophylla* indique l'existence de 3 pics importants (Tableau 5). Il s'agit de l'acide linoléique (16,45 %), l'acide linoléique (57,77 %) et l'acide oléique (25,76 %). Ces trois acides gras représentent en moyenne 98 % des acides gras totaux. L'huile de *N. macrophylla* est particulièrement riche en acide oléique et en acide linoléique qui constituent en moyenne 83,5 % des acides gras totaux. Elle peut être comparée à l'huile extraite des graines de baobab qui présente également le même profil des acides gras (Magdi, 2004).

Tableau 5. Taux (%) des principaux acides gras et des insaponifiables de l'huile de *N. macrophylla*

Acides gras et insaponifiables contenus de l'huile de Gamsa	Taux (%)
Acides gras totaux	98,00
Acide linoléique	16,45
Acide linoléique	57,77
Acide oléique	25,76
Insaponifiables	1,10

La grande valeur d'acide oléique et la valeur de l'indice d'iode permettent de classer l'huile de *N. macrophylla* parmi les huiles oléiques/linoléiques comme l'huile d'olive. Elle possède une nette primauté sur celle-ci à cause de sa richesse en acide linoléique. Cet acide est dit essentiel car il ne peut être synthétisé par l'organisme et doit être apporté par l'alimentation. Sa teneur en acide oléique rend cette huile particulièrement intéressante dans la régulation du cholestérol.

L'huile de *N. macrophylla* est constituée principalement des acides gras insaturés. Elle est plus riche en AGPI que les huiles des autres oléagineux conventionnels (arachide, sésame et coton) et non conventionnels du Niger (huile de *Balanites aegyptiaca* et d'*Adansonia digitata*). La richesse en acide linoléique des huiles des amandes de *N. macrophylla* est proche de celle de la graine de coton (Chalon, 2001).

Par ailleurs, les acides gras à longues chaînes tels que l'acide eicosapentanoïque (EPA), l'acide docosapentanoïque (DPA) et l'acide docosahexanoïque (DHA) dont l'acide linoléique est le précurseur, sont signalés en faible quantité dans les huiles de *N. macrophylla*. Il est démontré que ces APGI à longues chaînes ont des effets stimulants sur la fonction cognitive chez les mammifères (Cook *et al.*, 1998) et, comme composants majeurs des membranes neurales, ils améliorent la vision, la neurotransmission et la faculté d'apprentissage. Une alimentation humaine riche en AGPI (n-3) limite les risques de maladies cardiovasculaires et de cancer (Cook *et al.*, 1998).

La valeur du taux d'insaponifiable de l'huile de Gamsa (tableau 5) de l'ordre de 1,1 % est en accord avec celles (0,74 à 1,88 %) généralement rencontrées dans les huiles (Karleskind, 1992).

## CONCLUSION

Cette étude a souligné que les fruits de Gamsa sont doublement intéressants sur le plan nutritionnel. D'une part la composition physico chimique de la pulpe montre un fruit riche en éléments minéraux, en sucre et en vitamine C. Cette composition nutritionnelle assez importante peut permettre l'incorporation de ce fruit aux farines préparées à l'intention des enfants en période de sevrage. D'autre part l'analyse de l'huile extraite des amandes de ce fruit révèle des amandes très riches en huile. Le profil des acides gras permet de classer cette huile parmi les huiles oléiques/linoléiques. De plus, les indices chimiques de cette huile viennent démontrer les potentialités alimentaires de l'huile de *Neocarya macrophylla*.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR (Association française de normalisation), 1981-1982 : Recueil des normes françaises. *Corps gras, graines oléagineuses, produits dérivés*. NF 03-720, NF VO3-903, NF T60-204, NF T 60-223, NF T 60-205 et NF T60-203. Paris, la Défense. 327 p.
- Ackman, R.G., 1998: Remarks on official methods employing boron trifluoride in the preparation of methyl esters of the fatty acids of fish oils. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 75, 541-545.
- AACC (American Association of Cereal Chemist), 1983: Approved Methods of the AACC: Method 44-15A, approved october 1975, revised october 1981; Method 55-3 approved october, 1985; The association: St Paul, MN.
- Anonyme, 2001 : La filière gamsa dans le Boboye. Rapport d'activité, Service départemental de l'environnement et de la lutte contre la désertification, Birni Gaouaré (Dosso) 25 p.
- Amarteifio, JO; Mosase, MO, 2006: The chemical composition of selected indigenous fruits of Botswana. *J. Appl. Sci. Environ. Mgt* 10 (2) 43-47.
- Arbonnier, M., 2002 : Arbres arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest. CIRAD-MNHN. 573 p.
- Balla A., M. Baragé, M. Larwanou, T. Adam, 2008 : Le savoir-faire endogène dans la valorisation alimentaire des fruits du pommier du Cayor (*Neocarya macrophylla*) au Niger. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 59, 1-8.
- Besbes S., C. Blecker, C. Deroanne, G. Lognay, N.E. Drira, H. Attia, 2004: Quality Characteristics and Oxidative Stability of Date Seed Oil During Storage *Food Science and Technology International*, Vol. 10, N° 5, 333-338.
- Chalon, S., 2001 : Acides gras poly-insaturés et fonctions cognitives. *OCL* 2001, 8 (4), 317-320.
- Cook J.A., D.J. Vanderjagt, A. Pastuszyn, G. Mounkaila, R.S. Glew, R.H. Glew, 1998: Nutrient content of two indigenous plant foods of the western sahel: *Balanites aegyptiaca* and *Maerua crassifolia*. *Journal of food composition and analysis*, 11, 221-230.
- Ekue M. R. M., J. T. C. Codjia, B. K. Fonton, A. E. Assogbadjo, 2008 : Diversité et préférences en ressources forestières alimentaires végétales des peuples Otammari de la région de Boukoumbé au Nord-Ouest du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 61, 1-12.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1981 : Codex Alimentarius Commission. Graisses et huiles végétales, division 11, Version abrégée FAO/WHO. Codex Stan, 20-23.
- Fernando, O., Gérald, B., 2004 : Analyse de données avec SPSS pour Windows versions 10.0 et 11.0. Les Editions SMG, Canada 190 p.
- Geller, D.P., Goodrum, J.W., 2000: Rheology of Vegetable Oil Analogs and Triglycerides. *J. of Amer. Oil chemists Society* 77(2), 111-114.
- ISO 662, 1998 : Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles (indice de classement : T60-201).
- Kapseu, C., Parmentier, M., 1997 : Composition en acides gras de quelques huiles végétales du Cameroun. *Sciences des aliments*, 17 (3), 325-331.
- Kapseu C., C.M. Mbofung, G.J. Kayem, 1997 : Acides gras et triglycérides des huiles de *Cyperus esculentus* et *Balanites aegyptiaca*. *Sciences des aliments*, 17 (5), 531-537.
- Karleskind, D., 1992 : Manuel des corps gras. Paris, Lavoisier Tec Doc, 1992, 1571 p.
- Magdi A. Osman, 2004: Chemical and nutrient analysis of baobab (*Adansonia digitata*) fruit and seed protein solubility. *Plant Food for Human Nutrition* 59: 20-33.
- NGOZI NNAM, 2004: Baobab fruit pulp Improves iron status in Nigerian children. Communication, INACG Symposium, Lima, Peru.
- Oomah D., S. Ladet, D. Godfrey, 2000: Characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 69, 187-193.
- Rossell, B., 1993: Measuring resistance to oxidative rancidity *Food. Sci Technol.* 4, 220-225.
- Vivien, J., Faure, J.J., 1996 : Fruitiers sauvages d'Afrique eds. Nguila-Kerou, France, 416 p.

## Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production d'attiéké (couscous de manioc) au Bénin

M. M. Dédédji<sup>3</sup>, R. Ahouansou<sup>3</sup> et D. J. Hounhouigan<sup>4</sup>

### RESUME

L'opération de roulage constitue l'une des plus pénibles dans le procédé de fabrication de l'attiéké, un couscous de manioc issu du savoir-faire traditionnel du Sud de la Côte d'Ivoire. Pour lever cette contrainte, un rouleur a été mis au point par la Faculté des Sciences Agronomiques et le Programme Technologie Agricole Alimentaire du Bénin. L'évaluation de la performance technologique de l'équipement a été réalisée en utilisant du manioc variété RB 89506 et les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques d'attiéké cuit obtenu ont été analysées par rapport au produit obtenu par granulation manuelle. La meilleure capacité horaire de roulage ( $19,2 \pm 0,8$  kg/h) a été obtenue avec le roulage mécanique et est 4 fois celle enregistrée avec le roulage manuel ( $4,5 \pm 0,7$  kg/h). Les deux méthodes de roulage donnent un rendement similaire de granulation de 98 %. Le rendement en produit final de granulométrie acceptable est significativement plus élevé lorsque le produit est roulé mécaniquement comparé au roulage manuel (88,0 % contre 72,5 %). Le produit roulé mécaniquement et cuit est plus blanc ( $L^* = 72,7$  et  $\Delta E = 32,7$ ) que le produit roulé manuellement ( $L^* = 62,05$  et  $\Delta E = 41,1$ ). L'introduction du rouleur favorise un gain de temps général à cause de la capacité horaire au roulage des grains de l'attiéké et l'inutilité du tamisage des grains après le séchage au soleil et le recyclage des refus. Elle améliore par ailleurs la qualité marchande du produit cuit.

**Mots clés :** roulage mécanique, caractéristiques physico-chimiques, couleur des grains, tests sensoriels, Bénin.

## Technical evaluation of mechanical granulator performances for attiéké (cassava couscous) production in Benin

### ABSTRACT

Rolling is the most difficult operation in the processing of attiéké production, a traditional cassava couscous from southern Ivory-Coast. To solve this problem, a roller has been made by 'Faculté des Sciences Agronomiques' and 'Programme Technologie Agricole Alimentaire' of Benin. Cassava, variety RB 89506 has been used for the technological performance of this equipment for rolling in attiéké production. The physical and chemical and sensory characteristics of cooked attiéké obtained have been compared with the manually rolled product. The best rolling capacity per hour observed in attiéké production ( $19.2 \pm 0.8$  kg/hour) was obtained with the mechanical rolling and is 4 times this registered with the manual rolling ( $4.5 \pm 0.7$  kg/hour). The granulation yield of the two rolling methods was similar (98 %). With the mechanical rolling method, the yield of acceptable attiéké was higher than this obtained with the manual rolling method (88.0 % versus 72.5 %). The mechanically rolled product, when it is cooked, was whiter ( $L^* = 72.7$  and  $\Delta E = 32.7$ ) than the manually rolled product ( $L^* = 62.05$  and  $\Delta E = 41.1$ ). The roller avoided a waste of time due to its great capacity per hour in attiéké granules production. With the mechanical rolling, it becomes useless to sun-dry and sieve the attiéké granules. The mechanical rolling method improved the market quality of the cooked product.

**Key words:** mechanical rolling, physicochemical characteristics, granule colour, sensory tests, Benin.

### INTRODUCTION

L'attiéké est un couscous de manioc (*Manihot esculenta Crantz*) fermenté, à l'origine préparé et consommé exclusivement par les groupes socio-culturels Adjoukrou, Ebrié, Alladjan, Avikam et Aizi vivant dans l'aire lagunaire au sud de la Côte d'Ivoire (Assanvo *et al.*, 2004). Aujourd'hui, le produit est consommé partout en Côte – d'Ivoire de même que dans les pays voisins, en particulier dans les zones urbaines. C'est ainsi que l'attiéké est rentré aussi dans les habitudes Soudanaises que l'une des contraintes majeures à sa production est le roulage manuel des granules qui est l'une des opérations les plus laborieuses de la chaîne opératoire (Bada-Ogoun, 1998). Les mêmes préoccupations ont été exprimées dans le Bulletin du CRAT (2008) en ces termes : "pour la préparation du couscous et de l'arraw de mil,

<sup>3</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](mailto:dedemontcho@yahoo.fr), [gnanakis@yahoo.fr](mailto:gnanakis@yahoo.fr)

<sup>4</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](mailto:hounjos@intnet.bj)

produits appréciés et obtenus par des techniques de transformation traditionnelles fastidieuses et longues, le projet du CRDI (Centre de Recherche pour le Développement International) a conçu un équipement pour réaliser l'opération de brassage - agglomération". Il faut pour une transformatrice ivoirienne, en moyenne 34 à 41 h par personne pour transformer 100 kg de manioc (base humide) en attiéké (Sotomey *et al.*, 2001). Selon Muchnik (1982), la capacité horaire de cette opération est de 5 kg/heure/personne. Il s'agit donc d'un travail très contraignant.

Les recherches menées à la FSA (Faculté des Sciences Agronomiques) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC) au Bénin sur les produits roulés ont d'abord concerné le maïs pour la production de mawê dont le roulage permet d'obtenir les granules pour l'aklui, une bouillie fermentée. On peut citer ainsi les travaux de : Hounhouigan (1994) sur la fermentation de la farine de maïs pour la production du mawê ; Hounhouigan *et al.* (1999) et Hounhouigan *et al.* (2003) sur la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawê. Ces travaux ont abouti à la mise au point d'une unité de production et de commercialisation du « aklui séché » (Mestres *et al.*, 1999). Ces travaux, complétés par ceux de Hounhouigan *et al.* (2004) sur le rouleur AFREM, ont donné des résultats satisfaisants. Toutefois, ce rouleur AFREM n'est pas disponible sur place, est cher et inutilement encombrant. Toutefois, les travaux de Dédédji *et al.* (2008) sur le roulage mécanique des granules de wassa-wassa (couscous de farine de cossettes d'igname) ont montré qu'il est possible d'adapter sur place des équipements de granulation à la portée des Petites et Moyennes Entreprises (PME) locales. C'est poursuivant les mêmes objectifs qu'un granuleur a été mis au point au Sénégal et selon le Bulletin CRAT (2008), "ce granuleur polyvalent constitue une solution de mécanisation de la granulation de la farine de mil pour obtenir du arraw et du couscous".

Les enquêtes menées à Cotonou par Sotomey *et al.* (2001) ont montré que les unités de production d'attiéké se multiplient avec des efforts remarquables d'adaptation du produit aux conditions du milieu. Par exemple 64 % des ménages enquêtés achètent de l'attiéké dans la rue mais 82 % rencontrent des difficultés dans l'acquisition du produit originel à cause des difficultés de fabrication ou d'approvisionnement en produit frais. Cela favorise la promotion de l'attiéké-gari, un produit de substitution fabriqué à partir du gari, malgré l'effort de certaines femmes ivoiriennes, installées ces deux dernières années à Porto-Novo et Cotonou, de produire sur place de l'attiéké ou de l'importer de leur pays d'origine. C'est également pour lever les contraintes liées à la granulation de la farine de manioc pour la production de l'attiéké que le nouveau rouleur a été développé sur la base du modèle précédent par le PTAA (Programme Technologie Agricole Alimentaire) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). L'objectif de la présente étude est d'apprécier les performances techniques du rouleur-calibreur mis au point par les deux institutions FSA et PTAA pour le roulage des granules de l'attiéké et de prouver sa polyvalence pour la granulation de plusieurs produits.

## MATERIEL ET METHODES

### Matériel

#### Matières premières

Le manioc utilisé est la variété *RB 89506* cultivée et récoltée au bout de 13 mois dans le village Allada-Donou (département de l'Atlantique) au Sud-Bénin où elle est qualifiée de « *vobodouaho* » c'est-à-dire, endette-toi sans crainte. Cette variété *RB 89506* a été conseillée par les transformatrices des racines de manioc qui estiment qu'elle a un rendement meilleur en gari que la BEN 86052.

#### Equipement

Le rouleur-calibreur est constitué d'un bâti comme support de l'ensemble, un mécanisme de réduction (2 poulies, 2 courroies et 1 réducteur), une trémie, deux tambours-rouleurs, trois tambours rouleurs-calibreurs en aluminium perforés de maille de 2, 2,5 et 3 mm, quatre bacs en plastique pour recevoir les granules dont un à l'avant du rouleur pour recevoir les grains de taille supérieure à 3 mm. Un capot en plexiglas protège les tambours. Un moteur diesel de marque chinoise de 40 kg, de puissance 2,45 kw, faisant 2.600 tours/minute et muni d'un échappement de fumée, actionne le moteur. La vitesse de rotation de l'axe est uniforme et est de 30 tours/minute.

La photo 1 présente une vue du rouleur-calibreur.



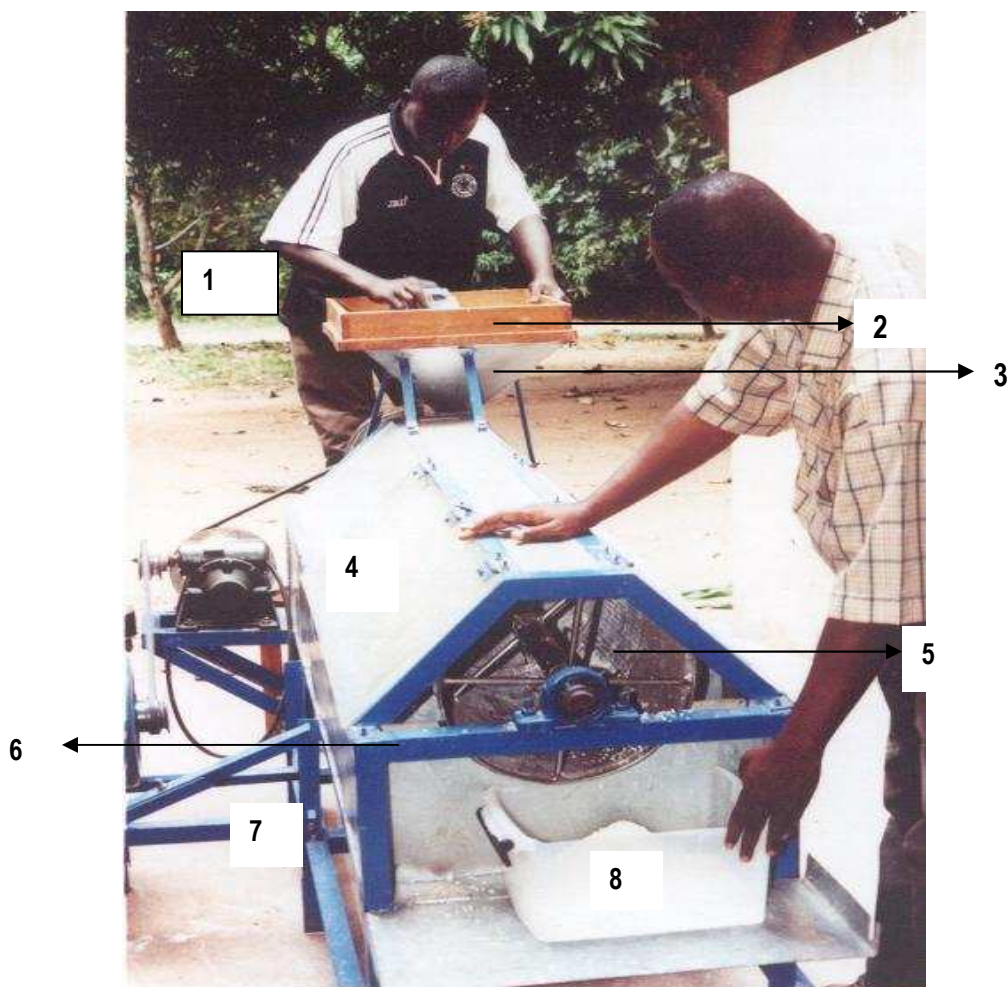


Photo 1. Rouleur-Calibreur en fonctionnement

Légende : 1 = Opération d'émottage manuel ; 2 = Tamis ; 3 = Trémie ; 4 = Capot en plexiglas ; 5 = Tambours rouleurs perforés ; 6 = Mécanisme de roulage ; 7 = Bâti ; 8 = Bac en plastique de réception des granules.

## Méthodes

### Production de l'attiéké

La fabrication du magnan ou ferment pour l'attiéké a été faite selon le diagramme technologique représenté par la figure 1 (Sotomey *et al.*, 2001). La production de l'attiéké a été faite suivant deux méthodes qui ne diffèrent que par la technique de roulage : l'une est manuelle et l'autre mécanisée. Les deux méthodes de roulage ont été appliquées sur deux lots de la même farine de manioc. Le processus général de production de l'attiéké proposé par Sotomey *et al.* (2001) mais modifié pour la circonstance dans la présente étude, est résumé dans la figure 2.

Le matériel de tamisage est le tamis traditionnel "sassado".

L'humidification s'est faite à une teneur en eau moyenne de  $50,3 \pm 0,77$  % avant trois séries d'essais de granulation. La quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée est calculée par la formule proposée par Hounhouigan *et al.* (1999) qui est

$$Q_e = \frac{m \times (H_f - H_i)}{100 - H_f}$$

où : **Q<sub>e</sub>** = quantité d'eau à ajouter à la râpure tamisée (g),

**m** = masse de râpure tamisée (g),

**H<sub>f</sub>** = humidité finale désirée (%) et

**H<sub>i</sub>** = teneur en eau de la râpure après le pressage et le tamisage (%).

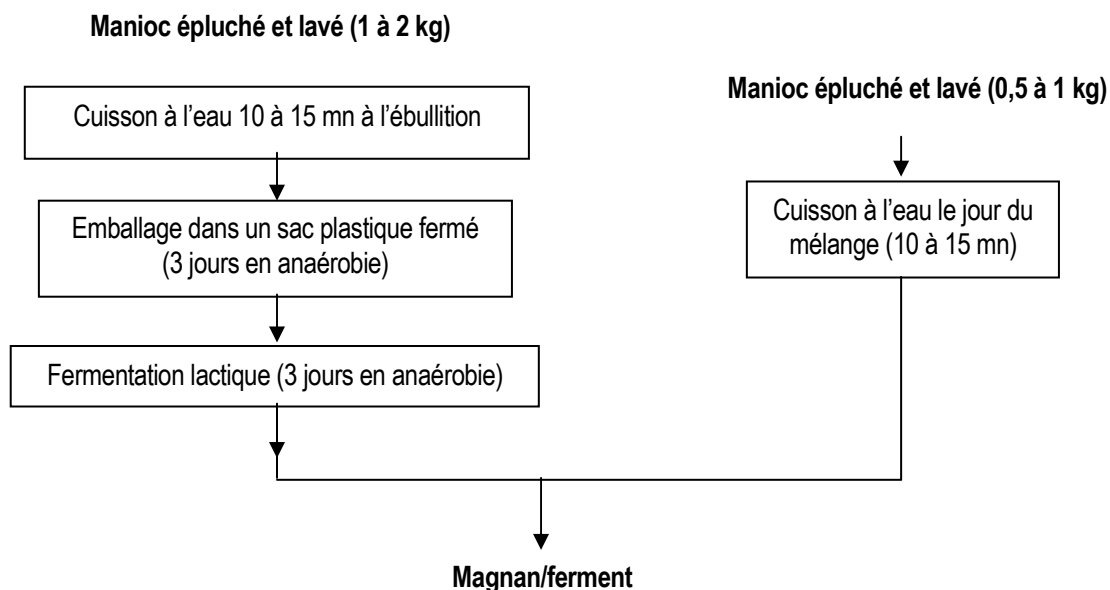


Figure 1. Méthode de préparation du magnan  
Source : Sotomey *et al.* (2001)

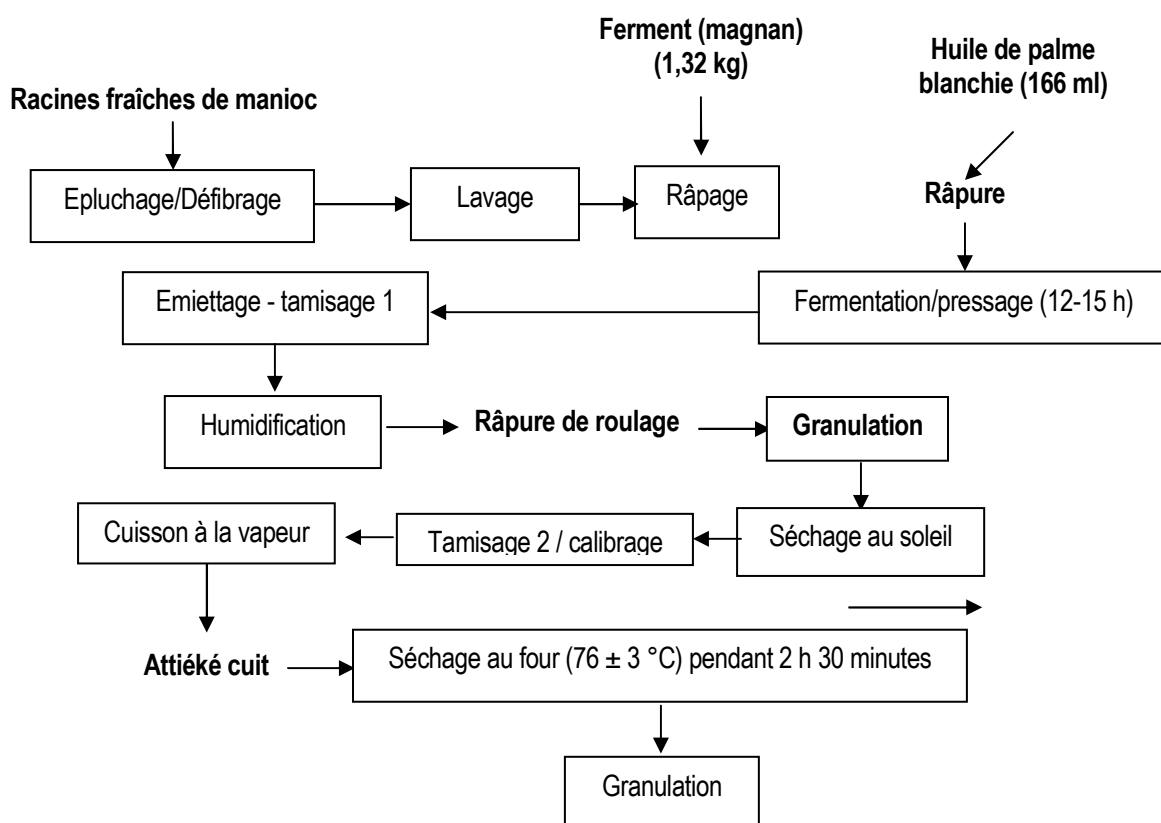


Figure 2. Diagramme technologique de production de l'attiéké (méthode béninoise)  
Source : Sotomey *et al.* (2001) modifié

Le roulage manuel par une productrice utilise les mains pour l'émottage de la râpüre et des mouvements de rotation d'une cuvette pour le roulage. Le roulage mécanique est un système semi mécanisé continu semblable à celui décrit par Odjo (2002) pour le roulage d'aklui. Il comprend un émottage qui se fait à la main avec un tamis de maille 2 mm. Les tambours-rouleurs reçoivent les particules de râpüre émiettées et par l'effet simultané de la rotation du tambour et du frottement entre le tambour et le produit, ils impriment aux granules une forme lisse et sphérique. Les granules tombent dans les tambours rouleurs – calibreurs qui réalisent leur calibrage à travers des mailles de diamètre 2, 2,5 et 3 mm. Les granules sont récupérés dans quatre bacs.

La stabilisation du produit cuit est faite par un séchage dans un séchoir électrique de marque Heraeus à  $76 \pm 3^\circ\text{C}$  pendant 2 heures 30 minutes.

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

La matière sèche et la teneur en eau ont été déterminées par la méthode AFNOR (1991).

Le pH a été mesuré avec un pH-mètre (au préalable étalonné avec des solutions tampons à pH 4 et pH 7) sur 10 g d'échantillon dilué dans 20 ml d'eau distillée ou 50 ml si la suspension obtenue est trop pâteuse. Pour le dosage de l'acidité titrable, la suspension aqueuse a été complétée avec 70 ml d'eau distillée ou avec 40 ml (cas où la dilution a été faite avec 50 ml d'eau distillée). L'ensemble est homogénéisé et le dosage fait avec du NaOH 0,1N et 1-2 gouttes de phénol phtaléine comme indicateur coloré.

La couleur des échantillons a été déterminée avec un chromamètre 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.

### **Tests sensoriels**

Un test triangulaire (Watt *et al.*, 1991) a été effectué sur d'attiéké cuit obtenu à partir du roulage manuel et du roulage mécanique. Le produit roulé mécaniquement est l'échantillon doublé. Le panel est composé de 19 dégustateurs au lieu de 20 invités (l'un d'eux n'était pas disponible le jour du test).

Un test hédonique a permis de mesurer le degré d'acceptabilité du produit roulé mécaniquement et cuit par un panel de 20 personnes. Les réactions des consommateurs ont été enregistrées à l'aide d'un questionnaire suivant une échelle d'annotation de 1 à 5 : 5 = très bon ; 4 = bon ; 3 = passable ; 2 = sans intérêt ; 1 = médiocre.

### **Analyses statistiques des données**

L'analyse de variance à 1 facteur contrôlé a été utilisée pour les rendements et les moyennes 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).

### **Reconstitution de l'attiéké séché au séchoir électrique à $76 \pm 3^\circ\text{C}$**

La reconstitution de l'attiéké séché obtenu est basée sur la méthode ivoirienne décrite par Bada-Ogoun (1998) mais qui a été modifiée ici : à 200 g d'attiéké cuit séché au séchoir électrique de teneur en eau moyenne de  $5,00 \pm 0,05\%$ , ont été ajoutées 150 ml d'eau aspergée progressivement sur le produit. Après un temps d'attente de 2 minutes environ pour l'absorption et 20 minutes pour le ramollissement des grains, le produit a été cuit à la vapeur pendant 15 minutes environ.

## **RESULTATS ET DISCUSSIONS**

### **Analyse de la performance du rouleur par rapport à la méthode traditionnelle**

La capacité horaire moyenne, le rendement moyen de granulation et le rendement en produit cuit par rapport à la râpüre de manioc mise en roulage sont consignés dans le Tableau 1.

La capacité horaire du roulage manuel est proche de celle trouvée par Bada-Ogoun (1998) et varie entre  $6,4 \pm 2,1$  et  $7,9 \pm 1,4$  kg/h. Les variations entre les rendements peuvent être liées non seulement au système technique mais aussi à la qualité de la matière première et au savoir-faire des femmes productrices (Bada-Ogoun 1998). La granulation mécanique permet de rouler 4 fois plus de grains en une heure que la granulation manuelle, ce qui correspond à un gain de temps proportionnel. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) avec le rouleur ou granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname qui diminue de 5 fois environ le temps de roulage. Il en est de même pour les résultats obtenus avec la mécanisation des opérations de découpage et d'épépinage de tomates destinées à la production de purée de tomates. En effet selon

Dédédji *et al.* (2008), l'introduction de l'épépineuse de tomates du Programme Technologie Agricole et Alimentaire dans le processus de production de purée de tomates a permis de diminuer de 77 % le temps de travail pour les opérations concernées qui sont les plus consommatrices de temps et de main-d'œuvre et qui en conséquence freinent le développement de la technologie de fabrication de purée de tomates.

Le rendement moyen brut de granulation des grains (base sèche) est similaire ( $p > 0,05$ ) pour les deux méthodes et ce bien que celui obtenu par le roulage mécanique soit inférieur de 1 % au rendement brut enregistré avec le roulage manuel. Ce constat est le même pour l'introduction de l'épépineuse de tomates pour laquelle Dédédji *et al.* (2008) précisent « Quant au rendement, il peut être relatif à la variété et à l'état des fruits... Toutefois, sur le plan statistique  $p = 1,000$  donc supérieur à  $\alpha$ , alors il n'y a pas de différence significative ». C'est un constat intéressant qui rassure le transformateur habitué à la méthode et qui a souvent du mal à s'en détacher. De façon générale, la granulation mécanique se révèle techniquement plus avantageuse que la granulation manuelle du fait d'une capacité horaire plus élevée à rendement brut similaire. La granulation mécanique permet d'obtenir un rendement net de 87,9 % base sèche significativement plus élevé ( $p < 0,05$ ) que celui obtenu avec la granulation manuelle. Ces rendements sont plus élevés que les 62 % signalés par Bada-Ogoun (1998) au niveau des productrices béninoises et ivoiriennes. La faible valeur de rendement net par rapport au rendement brut est liée aux pertes dues aux manipulations et à la phase de séchage au soleil/tamisage au cours du processus technologique. La réduction de la teneur en eau du grain jusqu'à 42–45 % par séchage au soleil facilite le tamisage qui permet de débarrasser le produit roulé manuellement des gros grains indésirables. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) pour la production mécanisée de granules de wassa-wassa qui améliore d'environ 8 % le rendement brut en granules de wassa-wassa et la couleur des grains cuits.

**Tableau 1. Performance des systèmes techniques de granulation d'attiéké à 50 % de teneur en eau**

Technologie	Capacité horaire (kg/heure) (bh)	Rendement brut	Rendement net en attiéké précuit (%) (bs)
		(%) (bs)	
Granulation manuelle	4,5 ± 0,7a	97,5 ± 0,5a	72,4 ± 4,8a
Granulation mécanique	19,2 ± 0,8b	98,7 ± 0,5a	87,9 ± 5,1b

bs = base sèche

bh = base humide

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

Le Tableau 2 indique les rendements obtenus après séchage au soleil et tamisage des grains.

**Tableau 2. Rendement du tamisage après le séchage au soleil des grains par rapport à la quantité de râpüre de manioc roulée**

Technologie	Taux en % sur la base sèche		
	Du rendement tamisat	Du refus	Des Pertes
Roulage manuel	81,9 ± 2,0a	14,2 ± 1,0a	1,4a
Roulage mécanique avec le rouleur	97,8 ± 0,9b	0,00 ± 0,00b	0,9a

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

Le tableau 2 montre que le rendement en tamisât pour les grains roulés manuellement est d'environ 16 % plus faible ( $p < 0,05$ ) que celui obtenu avec le rouleur mécanique. Mieux, par rapport à la quantité de râpüre mise au roulage, la granulation mécanique donne un taux de refus nul significativement différent ( $p < 0,05$ ) de celui de près de 1/6<sup>ème</sup> enregistré au roulage manuel. Certes, les refus obtenus lors du tamisage des granules pour le produit roulé manuellement sont des produits hors calibre qui sont ensuite recyclés par une nouvelle granulation manuelle. Néanmoins, ce recyclage consomme du temps et de l'énergie humaine qui a un effet sur le plan de l'ergonomie. Il a aussi un coût en main-d'œuvre relatif au nombre d'heure de travail à payer.

L'introduction du granuleur dans le processus de transformation de l'attiéké dispense par contre la productrice de cette opération de recyclage de refus de tamisage, ce qui correspond à un gain supplémentaire de temps et à un gain possible sur le revenu final de la production.

### Caractéristiques des produits obtenus

Les caractéristiques des produits sont présentées dans le Tableau 3.

**Tableau 3. Caractéristiques des produits cuits issus des deux systèmes de granulation**

Attiéké cuit suite à la granulation	pH	AT en mg/g (base sèche)	Couleur			
			L*	a*	b*	ΔE
manuelle	4,40 ± 0,03a	1,40 ± 0,03a	62,00 ± 0,15a	- 0,60 ± 0,05a	15,50 ± 0,05a	41,1 ± 0,1a
mécanique	4,40 ± 0,02a	1,40 ± 0,01a	72,70 ± 0,00b	- 2,10 ± 0,05b	16,90 ± 0,05a	32,7 ± 0,0b

Les valeurs moyennes sur une même colonne suivies de lettres différentes sont significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

L'attiéké roulé manuellement et cuit et celui roulé mécaniquement et cuit ont le même pH et la même acidité titrable (AT). Ainsi, le roulage mécanique n'affecte guère le pH et l'acidité titrable de l'attiéké et par voie de conséquence conserve au produit le goût recherché par les consommateurs. Ce résultat est analogue à celui de Dédédji *et al.* (2008) avec la granulation mécanique de wassa-wassa qui améliore la valeur marchande et la qualité du produit grâce à une meilleure luminance constatée.

Il en est de même pour l'attiéké roulé mécaniquement et cuit qui a une meilleure luminance ( $L^*$ ) de 10,7 plus élevée et une valeur de  $\Delta E$  de 8,4 plus faible que celui obtenu manuellement. Bada-Ogoun (1998) décrit l'aspect de l'attiéké cuit comme étant blanc-crèmeux ou jaunâtre. Ainsi, on peut conclure ici que l'attiéké roulé mécaniquement a plus de clarté que le produit roulé manuellement et qu'il est plus blanc. Ceci pourrait lui conférer une meilleure qualité marchande. Ce phénomène peut s'expliquer par le temps de roulage mécanique relativement rapide par rapport au roulage manuel au cours duquel le produit subit beaucoup de manipulations (la main y passe et repasse) qui pourraient induire des phénomènes d'oxydation ayant un effet sur la baisse de la luminance. Ceci montre que la mécanisation de certaines opérations dans les technologies traditionnelles réduit la pénibilité et le temps de travail mais améliore encore certaines qualités organoleptiques des produits obtenus tels que le gari (Adégbola *et al.*, 2004), le beurre de karité (Singbo et Ahouansou, 2005), le riz (Houssou *et al.*, 2005 ; Houssou et Amonsou, 2005), les noix de palmiste (Ahouansou *et al.*, 2006a), le maïs (Ahouansou *et al.*, 2006b), l'igname et le manioc (Allogni *et al.*, 2006), l'huile de palme (Ahouansou *et al.*, 2008), etc. Cette mécanisation augmente aussi par la capacité horaire accrue, le niveau de production et la valeur marchande donc le revenu du transformateur.

### Tests sensoriels sur l'attiéké cuit

#### Analyse comparative de la qualité du attiéké roulé manuellement et cuit et du attiéké roulé mécaniquement et cuit

Dans ce test l'attiéké roulé manuellement était l'échantillon unique. C'est un choix opéré pour satisfaire les exigences du test triangulaire pour lequel l'un des deux échantillons doit être unique et l'autre doublée.

Le Tableau 4 donne 13 réponses correctes et 6 réponses incorrectes pour chaque répétition soit 26 pour les deux.

**Tableau 4. Résultats du test triangulaire sur l'attiéké roulé manuellement et mécaniquement fait avec un panel de 19 personnes**

Réponses	Répétitions			Proportion (%)
	T1	T2	Total	
Correctes	13	13	26	68,42
Incorrectes	6	6	12	31,58
<b>Total des participants</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>38</b>	<b>100,00</b>
<b>Critères de différenciation pour les réponses correctes</b>				
Goût (pour les deux)	2	3	5	13,16
Couleur foncée (manuel)	6	4	10	26,32
Couleur blanche (rouleur)	12	12	24	63,16
Homogénéité grains (rouleur)	6	6	12	31,58
Légèreté grains (rouleur)	3	2	5	13,16

L'attiéké roulé manuellement était l'échantillon unique.

Selon le test binomial à une queue, les dégustateurs ont reconnu l'échantillon unique par le fait de la valeur supérieure des réponses correctes. Ceci est confirmé par l'analyse statistique des résultats qui montre que les deux échantillons d'attiéké sont différents ( $p = 0,002$ ). Le critère de différenciation mentionné par les dégustateurs qui est significatif ( $p = 0,007$ ) porte sur la couleur plus blanche de l'attiéké roulé mécaniquement (63 % des dégustateurs), ce qui confirme les résultats d'analyse de la couleur faite antérieurement sur l'attiéké roulé manuellement.

Le tableau 3 indique les mêmes résultats pour les deux types d'attiéké en ce qui concerne le pH et l'acidité titrable. C'est dire que les deux produits ont presque le même goût, ce qui est un avantage en faveur du roulage mécanique qui n'altère pas le goût du produit fini. Les personnes qui ont donné leur appréciation (le 1/8<sup>ème</sup> du panel) pensent que le produit est fade. On pourrait penser qu'il s'agit de gens peu habitués à l'attiéké ou qui n'ont l'habitude de le manger qu'assaisonné.

Certains dégustateurs ont pu remarquer l'homogénéité (environ le tiers) des granules pour l'attiéké obtenu par le rouleur. C'est un résultat en faveur du roulage mécanique et confirme les résultats du tableau 2 relatif au tamisage des grains après le séchage au soleil. Cette homogénéité est due aux mailles des tambours dont le diamètre est bien calibré. La légèreté constatée par environ 1/8<sup>ème</sup> de dégustateurs montre que ces personnes sont des connaisseurs du produit et sont de bons dégustateurs. Cette légèreté vient du mécanisme de fonctionnement de l'équipement dont les tambours rouleurs ont une vitesse de rotation uniforme. Ces tambours de plus reçoivent de la râpüre émiettée donc rendue déjà légère et leur imprime simplement la forme circulaire, ce qui n'est pas le cas pour le roulage manuel au cours duquel la transformatrice ajoute parfois même de l'eau à la râpüre.

### Acceptabilité du attiéké roulé mécaniquement et cuit

Les résultats du test hédonique sont consignés dans le tableau 5.

**Tableau 5. Résultats du test hédonique fait avec un panel de 20 personnes**

Critères	Répétitions			Proportion (%)
	T1	T2	Total	
Identification du produit				
Ont identifié	18	18	36	90
N'ont pas identifié	2	2	4	10
Connaissent le nom	17	17	34	85
Ne connaissent pas le nom	3	3	6	15
Acceptabilité du produit				
Très bon	6	7	13	32,5
Bon	9	2	11	27,5
Passable	1	4	5	12,5
Sans intérêt	2	6	8	20,0
Médiocre	2	1	3	7,5
<b>Total</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>40</b>	<b>100,0</b>
<b>Critères selon lesquels certains consommateurs n'apprécient pas bien le produit</b>				
Goût acide	1	0	1	2,5
Couleur (sans précision)	1	0	1	2,5
Critère non précisé	1	0	1	2,5

Il est bon de préciser que les 4/5<sup>èmes</sup> des dégustateurs ont identifié le produit et 85 % en connaissaient le nom. En ce qui concerne les réactions des consommateurs, il est à remarquer que le tiers l'a trouvé très bon, 28 % bon, 12 % passable, le 1/5<sup>ème</sup> sans intérêt et enfin 7 % médiocre. Ces derniers sont certainement des dégustateurs qui ne connaissaient pas le produit avant le test.

## CONCLUSION

Cette étude a permis de montrer qu'il est possible de mécaniser l'opération de granulation d'attiéké en utilisant le rouleau développé. Le roulage ainsi mécanisé permet de quintupler la capacité horaire du roulage manuel actuel. Le rendement net de production est amélioré de  $15,5 \pm 0,3$  %. Par ailleurs, le roulage mécanique dispense la productrice du tamisage après le séchage au soleil des grains. L'attiéké obtenu par roulage mécanique se présente plus blanc que le produit roulé manuellement.

Il s'agit ici d'un test en station. Les essais en milieu réel auprès de transformatrices de grandes capacités de production permettront d'éprouver l'équipement sur le plan de la consommation en carburant, la capacité horaire et la résistance. Cela permettra également d'aborder les questions d'ergonomie et de rentabilité de l'équipement afin d'en sortir la version finale.

## REMERCIEMENTS

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

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adegbola P.Y., A.G. Singbo, S. Midingoyi, J. Monhouanou, A.D. Savi, 2004: Etude technique et socio-économique de la semi-mécanisation du procédé artisanal de production du gari au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 46, 9-24.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1991 : Contrôle de la qualité des produits aliments. Céréales et produits céréaliers. Recueil de normes françaises, AFNOR – DGCCRF, 3<sup>è</sup> éd., 360 p.
- Ahouansou R., P. Houssou, A. Singbo, 2006a : Mise au point et évaluation technique de concasseur de noix de palmiste. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 51, 20-27.
- Ahouansou R., A. G. Singbo, P. Fandohan, P. Y. Adégbola, 2006b: Evaluation des performances technique et économique des égreneuses à maïs au Nord du Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 51, 46-53.
- Ahouansou R. H., J. Monhouanou, M-C. Savi, F. Akplogan, P. Djossou, 2008 : Evaluation des performances technique et économique d'un dépulpeur de fruits de palme au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 60, 43-50.
- Allogni W.N., O. Coulibaly, M.K. Djade, S. Hounkponou, D. Cornet, 2006: Impact of mechanization of cassava and yam chip processing on households' livelihoods in West Africa: A gender approach in Benin and Togo. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 52, 32-46.
- Aluka K., J.C. Miche, J. Faure, 1985 : Conditions d'une fabrication mécanique du couscous de maïs en Afrique : Industrie Alimentaire et agricole, vol.102, n°5, 457-461.
- Assanvo J.B., G.N. Agbo, Y.E.N. Behi, P. Coulin, Z. Farah, 2004: Microflora of traditional starter made from cassava for "attiéké" production in Dabou (Côte d'Ivoire). *Food Control*, 17, 37-41.
- Bada-Ogoun, M.C., 1998. Etude des systèmes techniques de transformation du manioc en attiéké au Bénin. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, Univ. Nat. du Bénin. Univ. of Ibadan, Nigeria, 135 p.
- Bulletin du CRAT (Centre Régional Africain de Technologie), 2008 : Présentation du rouleau. [http://www.Fao.org/inpho/news/ext\\_news/crat/bulletin.htm](http://www.Fao.org/inpho/news/ext_news/crat/bulletin.htm). pp. 1-2. Consulté le 18 juillet 2008 à 14 heures 30 minutes.
- Dédédji M. M., R. Ahouansou, D. J. Hounhouigan, 2008 : Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production de wassa-wassa, un couscous à base de farine de cossette d'igname. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 59, 49-58.
- Dédédji M. M., A. K. Hounyèvou., J-L. Ahounou, 2008. Possibilités d'utilisation de l'épépineuse de tomate du PTAA. pour la transformation d'autres fruits et de la carotte. 5<sup>ème</sup> Édition de l'Atelier scientifique national de la Recherche Agricole. Résumés et abstracts. 2-4 décembre 2008. MAEP- INRAB- GTZ. 43 p.
- Hounhouigan, D.J., 1994: Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Bénin, physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis Agricultural University of Wageningen, 99 p.
- Hounhouigan D.J., P. Kayodé, C.M. Nago, C. Mestres, 1999: Etude de la mécanisation du décorticage du maïs pour la production du mawè. *Annales des Sciences Agronomiques du Bénin*, 2, 99-113.
- Hounhouigan D.J., H.G. Sèkèpè, A.P. Kayodé, C. Mestres, C.M. Nago, 2003: Mechanization of maize degerming for mawè production. Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin. Cirad-CA. In " Maize revolution in West and Central Africa ". IITA, 453-461.
- 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 d'igname. Rapport de recherche. FSA, Univ. Abomey-Calavi, PDRT, Bénin, 19 p.
- Houssou, A.P.F., 1996 : Amélioration des performances d'un rouleau AFREM pour la granulation du couscous de maïs. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, Univ. Nat. du Bénin. Univ. of Ibadan, Nigeria, 85 p.

- Houssou P., E. Glele, E. Amonsou, 2005: Aptitude à l'étuvage de différentes variétés de riz cultivées au Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 48, 60-65.
- Houssou, P., Amonsou, E., 2005: Development and test of improved parboiling equipment for paddy rice in Bénin. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 49, 35-39.
- 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.
- Muchnick, I., 1982 : Innovation et adaptation de technologies pour l'industrialisation des pays africains. Les industries agroalimentaires. Le cas de la transformation du manioc. ENSIA – Ministère Coop. et Dév. 77 p.
- Odjo, E.A., 2002 : Une étude de la mécanisation de l'émottage et du roulage de la farine de mawè pour l'obtention de produits granulés : Cas de l'aklui (bouillie fermentée de maïs). Thèse d'Ing. Agr., FSA. Univ. Abomey-Calavi. 66p.
- Singbo, A., Ahouansou, R., 2005 : Etude de faisabilité de l'implantation d'un atelier mécanisé de production de beurre de karité au Bénin (Afrique de l'Ouest). *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* N° 50, 38-46.
- Sotomey M., E.A. Atègbo, E.C. Mitchikpé, M-L. Gutierrez, 2001 : Innovations et diffusion de produits alimentaires en Afrique. L'attiéké au Bénin. CERNA, CNEARC, CIRAD, 96 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.



## Influence de la castration des mâles sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et les qualités de la viande du porc local du Bénin

A. K. I. Youssao<sup>5</sup>, T. M. Kpodékon<sup>5</sup>, G. B. Koutinhouin<sup>5</sup>, A. Adjapka<sup>5</sup>, A. Yacoubou<sup>5</sup> et S. Ahounou<sup>5</sup>

### RESUME

L'influence de la castration sur les performances de croissance, les caractéristiques de la carcasse et la qualité de la viande a été étudiée sur 30 porcelets dont 20 mâles et 10 femelles, de race locale au Bénin. Ils ont été sevrés à l'âge de  $63,3 \pm 1,4$  j, correspondant à un poids corporel vif moyen de  $3,4 \pm 0,9$  kg. Après le sevrage, 10 mâles ont été castrés à l'âge de  $68,2 \pm 1,6$  j. Les porcelets ont été regroupés en trois lots : mâles entiers, mâles castrés et femelles. Les animaux des trois lots ont été nourris par le même aliment. Pendant les 16 premières semaines d'engraissement, aucune différence significative n'a été enregistrée entre les animaux des trois lots. Toutefois, de la 18<sup>ème</sup> semaine à la fin de l'engraissement, les poids vifs corporels et les gains moyens quotidiens (GMQ) des mâles castrés et des femelles ont été significativement plus élevés que ceux des mâles entiers ( $p < 0,05$ ). Les rendements de carcasse les plus élevés ont été enregistrés respectivement chez les femelles (61,8 %) et les mâles castrés (60,6 %) contre 57,7 % chez les mâles entiers. Le pourcentage de morceaux maigres dans les carcasses des mâles entiers a été plus élevé (62,7 %) que ceux des mâles castrés (59,7 %) et des femelles (59,4 %). La teneur en gras intramusculaire des castrats et des femelles a été plus élevée ( $p < 0,05$ ) que celle des mâles entiers. La perte de jus par écoulement a varié de manière significative en fonction du sexe ( $p < 0,05$ ). La castration a permis d'améliorer la croissance et la qualité de la viande.

**Mots-clés** : Castration, croissance, carcasse, porc local, Bénin.

### Effect of castration of male on growth performances, carcass traits and meat qualities of indigenous pigs in Benin

#### ABSTRACT

The influence of castration on growth performance, carcass traits and meat qualities was carried out on 30 indigenous piglets whose 20 males and 10 females in Benin. They were weaned at  $63.3 \pm 1.4$  days old, corresponding to an average live weight of  $3.4 \pm 0.9$  kg. After weaning, 10 males were castrated at the age of  $68.2 \pm 1.6$  days. The piglets were gathered in three groups: the first group (group 1) corresponds to the entire males, the second group (group 2) to the barrows and the third group (group 3) to the females. Piglets of the three groups were fed with the same diet. During the first sixteen weeks of fattening, no significant difference was recorded between the animals of the three groups. However, from the 18<sup>th</sup> week to the end of the fattening, the weights and the average daily gain of the barrows and the females were significantly higher than that of the entire males ( $p < 0.05$ ). The highest dressing percentage was recorded respectively in the females (61.8 %) and barrows (60.6%) against 57.7 % in the entire males. The carcasses of entire males presented higher lean meat proportion (62.7 %) than the barrows (59.7 %) and the females (59.4 %). The intramuscular fat percentage of the barrows and the females was higher ( $p < 0.05$ ) than that one of the entire males. The drip losses varied significantly according to the sex ( $p < 0.05$ ). Thus, castration appears as a method to improve pig's growth performance and meat quality.

**Key words**: Castration, growth, carcass, indigenous pig, Benin.

#### INTRODUCTION

Au Bénin, la consommation de viandes est inférieure à la demande exprimée par la population et la dépendance vis-à-vis de l'extérieur en produits carnés augmente d'une année à l'autre. En 10 ans, le volume des importations de viande est passé de 19.361 tonnes métriques en 1995 à 49.634 tonnes métriques en 2005 (FAO, 2008). Ce déficit en protéines animales est lié à la faible productivité des animaux et à l'insuffisance de la maîtrise des techniques de production des denrées alimentaires d'origine animale. Dans le souci de contribuer à la recherche des voies et moyens pour minimiser ce déficit, de nombreuses études ont été réalisées pour améliorer les techniques et les pratiques d'élevage (d'Orgeval,

<sup>5</sup> Dr. Issaka YOUSSAO, Département de Production et Santé Animales, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou 01, Tél. : (+229) 95 28 59 88 / (+229) 97 91 20 74, Fax : (+229) 21 36 01 99, E-mail : [issaka.youssao@epac.uac.bj](mailto:issaka.youssao@epac.uac.bj), République du Bénin

1997 ; Agbokounou, 2001 ; Codjo, 2003 ; Youssao *et al.*, 2004a, 2004b et 2004c ; Yacoubou, 2007). De ces études, il ressort que la durée d'engraissement du porc local du Bénin et ibérique est très longue (5 à 6 mois), pour atteindre son poids à l'abattage (20 à 22 kg), en particulier chez le mâle entier (Codjo, 2003 ; Youssao *et al.*, 2004c ; Mopate *et al.*, 2006). Pour réduire cette durée, la castration des porcelets peut être une des meilleures méthodes. En effet, la castration des animaux mâles est un des moyens utilisés pour améliorer les performances de croissance et la qualité organoleptique de la viande. En revanche, cette ablation provoque souvent une augmentation de la masse du tissu adipeux (graisse) au détriment de la masse musculaire (viande) sur la carcasse à l'abattage.

Le but de cette étude est en premier lieu de comparer les performances de croissance du porc local castré à celles des mâles entiers et des femelles, puis de déterminer ensuite les caractéristiques différentielles des carcasses en fonction des sexes et enfin, d'apprécier selon le sexe, quelques qualités de la viande.

## MATERIEL ET METHODES

### *Site de l'étude*

L'étude a été réalisée à la ferme de la production animale de l'École Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC), du 04 novembre 2006 au 10 mai 2007. Cette ferme est située dans l'enceinte du Campus Universitaire d'Abomey-Calavi, dans le Département de l'Atlantique. Elle bénéficie de conditions climatiques de type subéquatorial, caractérisées par deux saisons de pluies : la grande (avril à juillet) et la petite (septembre à novembre). Ces deux saisons sont intercalées par des saisons sèches. La pluviométrie moyenne de 2000 à 2006 est de 1.200 mm par an (ASECNA, 2007). Les températures moyennes mensuelles varient entre 27 et 31 °C et l'humidité relative de l'air fluctue entre 65 % de janvier à mars et 97 % de juin à juillet (ASECNA, 2007).

### *Habitat*

D'une dimension de 20,0 m de long et 4,5 m de large, la porcherie utilisée pour l'expérimentation est de type semi-ouvert avec des murets de 1 m de haut. Elle est subdivisée en 8 loges de 4,5 m de long sur 2,5 m de large, soit 11,25 m<sup>2</sup> de surface. Chaque loge est munie d'un abreuvoir et d'une mangeoire. La toiture est en tôles ondulées et le sol cimenté est en pente douce orientée vers les rigoles d'évacuation des urines. Cette porcherie a été orientée suivant la direction Nord-Sud et construite perpendiculairement à la direction du vent dominant pour assurer une bonne ventilation.

### *Animaux et dispositif expérimental*

Trente (30) porcelets dont 20 mâles et 10 femelles, de race locale ont été utilisés. Ils ont été sevrés à l'âge de  $63,3 \pm 1,4$  j, correspondant à un poids corporel vif moyen de  $3,4 \pm 0,9$  kg. Après le sevrage, 10 mâles ont été castrés à l'âge de  $68,2 \pm 1,6$  j. La méthode de castration sanglante a été utilisée après avoir appliqué une anesthésie locale à l'aide de la Xylocaïne 2 % à la dose de 0,5 ml. Après la castration, les porcelets ont été regroupés en 3 lots : le lot 1 correspond aux mâles entiers, le lot 2 aux mâles castrés et le lot 3 aux femelles. Le dispositif expérimental est un bloc aléatoire simple.

### *Mode d'élevage*

L'expérimentation a démarré à l'âge de la castration. Les animaux des 3 lots ont été nourris avec le même aliment, composé de : maïs (56,0 %) ; son de maïs (8,0 %) ; son de blé (15,0 %) ; tourteau de soja (12,5 %) ; farine de poisson (5,0 %) ; sel de cuisine (0,3 %) ; phosphate bicalcique (2,0 %) ; concentrés minéraux et vitaminés (2,0 %) ; lysine (0,6 %) ; méthionine (0,2 %) ; thréonine (0,1 %) ; tryptophane (0,1 %). La valeur énergétique de cet aliment était 15,65 MJ ED/kg de MS et contenait 17,88 % de protéines et 5,61 % de lipides totaux. Ces valeurs ont été calculées à partir de la table de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA, 1989). Pour éviter les pertes, l'aliment distribué sous forme de farine est mélangé à l'eau. Le nettoyage des abreuvoirs, des mangeoires et des loges a été fait quotidiennement, avant 8 heures. Pendant la durée de l'étude, tous les animaux ont été régulièrement suivis sur le plan sanitaire et médical. Les examens coprologiques ont été faits 2 fois, à un intervalle de 2 mois pour dépister les animaux infestés par les strongles digestifs. Les prélèvements de sang ont été réalisés pour le dépistage des animaux infestés par les trypanosomes. Ceux qui étaient malades sont systématiquement traités suivant les cas cliniques présentés. Une prophylaxie sanitaire a été mise en place par l'installation des pédiluves. Toutes les 2 semaines du début de l'engraissement jusqu'à l'abattage, les animaux ont été pesés à jeun de 7 h à 9 h. Ces pesées ont été réalisées à l'aide de 2 pesons de portée respective de 5 et 50 kg. Les gains moyens quotidiens (GMQ) ont été calculés individuellement pour chaque période de 2 semaines et pour toute

la durée de l'étude. A la fin de l'engraissement, les animaux ont été abattus et des mesures ont été réalisées sur la carcasse et sur la viande.

### Procédures d'abattage

Pour chaque lot, 7 animaux ont été abattus. La veille de l'abattage, les animaux ont été mis à jeun à 18 h avant d'être abattus le lendemain matin à partir de 7 h. Après la saignée par la section de la veine jugulaire, l'animal abattu a été d'abord échaudé, épilé, éviscéré et fendu en deux demi-carcasses, et ensuite ressuyé à la température ambiante. La découpe de la carcasse a été pratiquée sur la demi-carcasse gauche 2 h plus tard, après la fente en deux demi-carcasses. Le jambon (portion de la cuisse constituée des os du bassin, du fémur, du tibia, du fibula et les muscles associés) a été sectionné par une coupe franche au niveau de l'ilium et au niveau de l'articulation tarsienne. L'épaule (portion du membre antérieur) a été ensuite sectionnée au niveau de l'articulation carpienne. Le carré (portion de la longe) a été sectionné à la 2<sup>ème</sup> vertèbre thoracique et à la dernière vertèbre lombaire et contient ainsi le filet et le faux filet. La bardière (couenne et tissu adipeux) a été détachée du carré. La dissection a été réalisée suivant la procédure décrite par Desmoulin *et al.* (1988). Les différents morceaux de la découpe réalisée ont été : épaule, carré, jambon, bardière et paroi ventrale.

### Caractéristiques de la carcasse

A l'abattage, les caractéristiques de la carcasse ont été mesurées sur la demi-carcasse gauche. La longueur de la carcasse représente la distance entre la première côte thoracique et la pointe du pubis. L'épaisseur du lard dorsal (ELD) est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse au niveau i) du cou, ii) de la dernière côte thoracique, iii) de la croupe. L'épaisseur moyenne du lard dorsal est la moyenne des trois mesures ci-dessus. Le rendement à l'abattage est le rapport entre le poids de la carcasse et le poids vif final mesuré avant la mise à jeun. La proportion de morceaux maigres est égale à la somme des pourcentages de l'épaule, du carré et du jambon. Enfin, la tête a été pesée et son pourcentage pondéral par rapport au poids de la carcasse a été calculé.

### Caractéristiques de la viande

Lors de la découpe de la carcasse, une tranche du carré (épaisseur correspondant à 2 côtes, au niveau des 12<sup>ème</sup> et 13<sup>ème</sup> côtes) a été prélevée pour l'analyse de la qualité de la viande. Chaque tranche a été identifiée, conditionnée sous sac plastique, stockée dans une glacière et transportée au laboratoire du Département de Production et Santé Animales de l'EPAC où l'analyse de la qualité de la viande a été réalisée. La capacité de rétention d'eau de la viande a été déterminée par la perte de jus à l'écoulement et à la cuisson (perte de jus à la cuisson) sur le *Longissimus thoracis* selon la méthode de Honikel (1987). Un échantillon d'environ 50 g de *Longissimus thoracis* a été aussi prélevé pour déterminer la teneur en lipides totaux par la méthode de Soxhlet selon les normes internationales ISO 1443-1973 (OIN, 1973).

### Analyse statistique

Pour le traitement des données, deux modèles linéaires ont été ajustés aux données pour l'analyse de la variance et comprennent l'effet fixe du sexe (femelle, castrat et mâle entier). Le modèle 1 a été ajusté aux données de performances de croissance. Pour le modèle 2, le poids à l'abattage a été ajouté comme covariable pour les caractéristiques de la carcasse (poids de carcasse, rendement de carcasse, longueur de carcasse, épaisseurs du lard dorsal (cou, dos, croupe), épaules, jambon, carré, morceaux maigres, bardière, paroi ventrale, la tête) et celles de la viande (pH, température et capacité de rétention d'eau). Ces deux modèles se présentent sous la forme :

$$Y_{ij} = \mu + S_i + e_{ij} \quad (1), \text{Où :}$$

$Y_{ij}$  = performance de croissance de l'animal  $j$ , de sexe  $i$  ;  
 $\mu$  = moyenne générale ;  
 $S_i$  = effet fixe du sexe  $i$  (mâle entier, mâle castré et femelle) ;  
 $e_{ij}$  = erreur résiduelle.

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + \beta P_{ijk} + e_{ijk} \quad (2), \text{Où :}$$

$Y_{ijk}$  = caractéristiques de la carcasse de l'animal  $k$  et de sexe  $i$  et du poids  $j$ ,  
 $P_{ijk}$  = poids à l'abattage de l'animal  $k$  et de sexe  $i$ ,  
 $\beta$  = coefficient de régression sur le poids à l'abattage  $P_{ijk}$ ,  
 $e_{ijk}$  = erreur résiduelle.

Les données ont été analysées par le SAS (Statistical Analysis System, 1989). L'analyse de la variance a été obtenue par la procédure GLM (*General Linear Models Procedure*). Les moyennes moindres carrés ont été estimées et comparées par le test de t.

## RESULTATS

### Performances pondérales

Les moyennes moindres carrés, les déviations standards résiduelles et les coefficients de variation du poids des porcs au cours de l'engraissement sont présentés par lot dans le tableau I. La figure 1 présente les gains moyens quotidiens par période de 15 j de croissance.

Tableau I. Moyennes moindres carrés, déviation standard résiduelle (DSR) et coefficient de variation (CV) du poids vif corporel et du gain moyen quotidien des porcs en engraissement en fonction du sexe

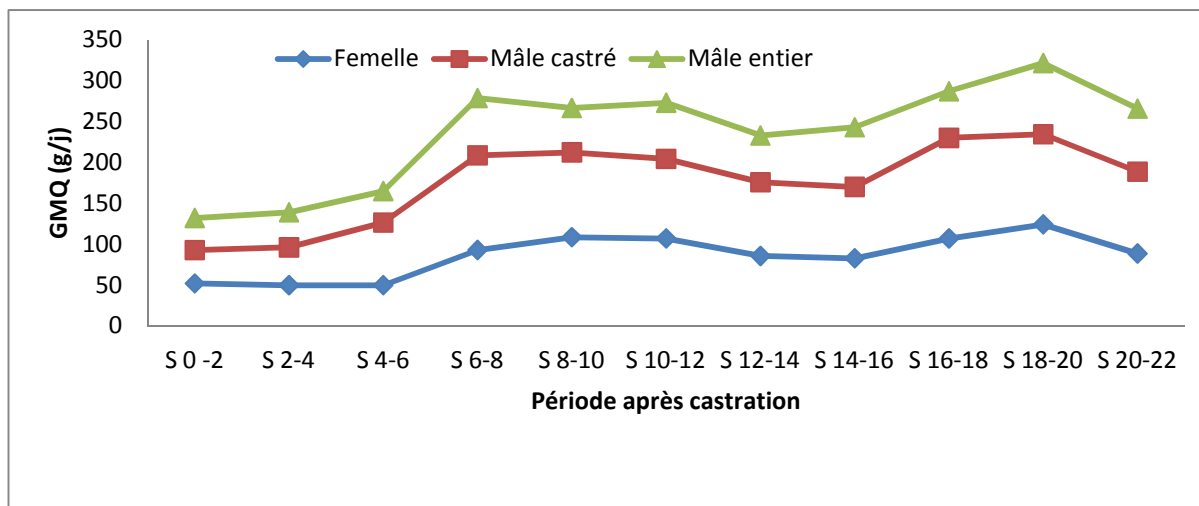
Semaine après castration	Poids vif (kg)			DSR	CV (%)	Test de signification
	Femelle	Mâle castré	Mâle entier			
P0	4,11a	4,34a	4,10a	1,11	27,35	NS
P2	4,84a	4,91a	4,24a	1,24	25,88	NS
P4	5,54a	5,56a	4,84a	1,44	27,17	NS
P6	6,24a	6,63a	5,38a	1,86	30,58	NS
P8	7,54a	8,25a	6,36a	2,58	34,9	NS
P10	9,06a	9,70a	6,98a	3,05	35,54	NS
P12	10,56a	11,06a	7,94a	3,23	32,76	NS
P14	11,76a	12,32a	8,18a	3,22	29,91	NS
P16	12,92a	13,54a	9,34a	3,34	27,99	NS
P18	14,42 a	15,26 a	10,14 b	3,54	26,69	*
P20	16,30 a	16,80 a	11,36 b	3,87	26,09	*
P22	18,08 a	18,20 a	12,44 b	3,90	24,38	*

Pi : poids à la ième semaine ;

\* significatif au seuil de 5 % ;

NS : non significatif

Les moyennes de la même ligne suivies de lettres différentes sont significativement différentes à  $p < 0,05$ .



GMQ : gain moyen quotidien

S i-j : semaines i à j

Figure 1. Evolution du gain moyen quotidien des porcs locaux en fonction du sexe

Au début de l'expérimentation, les trois lots de porcelets étaient homogènes ( $p > 0,05$ ) avec des poids vifs corporels de 4,1, 4,3 et 4,1 kg, respectivement pour les femelles, les mâles castrés et les mâles entiers. Pendant les 16 premières semaines d'engraissement, le poids des animaux de chaque lot a progressivement augmenté sans qu'apparaissent de différences significatives entre les trois lots ( $p > 0,05$ ). A partir de la 18<sup>ème</sup> semaine, un écart de poids est apparu entre les castrats et les 2 autres groupes, il s'est accru au fil du temps. Ceci explique que de la 18<sup>ème</sup> semaine jusqu'à la fin de

l'engraissement, les poids des femelles et des mâles castrés ont été significativement plus élevés que ceux des mâles entiers ( $p < 0,05$ ). A la fin de l'expérimentation, les poids vifs étaient de 18,08, 18,2 et 12,4 kg, respectivement pour les femelles, les mâles castrés et les mâles entiers. Les GMQ calculés sur toute la période ont été similaires chez les femelles (73,8 g/j) et les castrats (77 g/j) alors que les mâles entiers ont présenté un GMQ significativement plus faible (58,6 g/j).

### Caractéristiques de la carcasse

Les animaux des 3 lots n'ont pas présenté de différences significatives ( $p > 0,05$ ) pour les caractéristiques de la carcasse (Tableau II). Toutefois, chez les mâles castrés, on observe une tendance à un lard dorsal plus épais, des morceaux maigres et des morceaux gras plus lourds que les femelles. La même tendance a été également observée entre les femelles et les mâles entiers. Les rendements de carcasse des femelles (60,81 %), des mâles castrés (60,56 %) et des mâles entiers (57,70 %) n'ont pas également présenté de différences significatives ( $p > 0,05$ ). Les pourcentages de morceaux maigres sont respectivement de 59,4 %, 59,7 % et 62,7 % pour les femelles, les mâles castrés et les mâles entiers. Ces valeurs ne sont toutefois pas significativement différentes ( $p > 0,05$ ).

**Tableau II. Moyennes moindres carrés et déviation standard résiduelle (DSR) des caractéristiques de la carcasse du porc en fonction du sexe**

Caractéristiques de la carcasse	Femelles	Mâles		DSR	Test de signification
		castrés	entiers		
Poids abattage (kg)	16,33	18	12,83	3,91	NS
Poids carcasse chaude (kg)	10,43	11,17	7,5	3,83	NS
Rendement (%)	61,81	60,56	57,7	11,71	NS
Epaisseur lard au cou (mm)	13,67	21	15	5,04	NS
Epaisseur lard à la dernière côte (mm)	5,67	7	3,33	2,13	NS
Epaisseur lard à la croupe (mm)	5,67	8,33	2,67	2,71	NS
Moyenne des épaisseurs du lard (mm)	8,33	12,11	7	2,92	NS
Longueur carcasse (cm)	45,67	47,83	44,67	5,06	NS
Epaule (kg)	2,13	2,13	1,53	0,29	NS
Carré (kg)	1,73	2	1,43	0,43	NS
Jambon (kg)	2,33	2,53	1,73	0,68	NS
Paroi ventrale (kg)	0,8	1	0,4	0,37	NS
Bardière (kg)	0,37	0,6	0,2	0,23	NS
Maigre (kg)	6,2	6,67	4,7	1,61	NS
Poids viscère (kg)	3,17	4,17	2,67	1,08	NS
Reste de la carcasse (kg)	1,43	1,23	1,07	1,33	NS
Tête (kg)	1,63	1,67	1,13	0,51	NS

NS : Non significatif pour  $p > 0,05$

### Qualités de la viande

Les caractéristiques technologiques de la viande sont présentées dans le tableau III.

**Tableau III. Moyennes moindres carrés, déviation standard résiduelle (DSR) et coefficient de variation (CV) des caractéristiques de la viande du porc en fonction du sexe.**

Variable	Femelle	Mâles castrés	Mâles entiers	DSR	CV (%)	Test de signification
Lipides totaux (%)	2,85a	2,88a	1,95b	0,45	15,6	*
Perte de jus par écoulement (%)	5,07a	2,27b	4,60a	1,13	28,45	*
Perte de jus à la cuisson (%)	27,70a	25,20a	30,80a	5,64	20,21	NS
Capacité de rétention d'eau (%)	32,77a	27,47a	35,40a	6,09	19,1	NS

\* : Significatif pour  $p < 0,05$  ;

NS : Non significatif pour  $p > 0,05$ .

Les moyennes de la même ligne, suivie des lettres différentes, diffèrent significativement au seuil de 5%.

Parmi les caractéristiques de la carcasse et celles de la viande, seule la perte de jus par écoulement a varié de manière significative ( $p < 0,05$ ) en fonction du sexe. Les pertes les plus importantes ont été obtenues chez les femelles (5,1 %) et les mâles entiers (4,6 %), alors qu'elle n'a été que de 2,3 %

chez les castrats. La perte de jus à la cuisson et la capacité de rétention d'eau, n'ont pas en revanche varié entre les sexes. La teneur en gras intramusculaire des castrats et des femelles est plus élevée ( $p < 0,05$ ) que celle des mâles entiers.

## DISCUSSION

### **Croissance pondérale**

L'étude de l'influence de la castration sur les performances de croissance a permis de constater que pendant les 16 premières semaines d'engraissement, le poids vif corporel des animaux de chaque lot a progressivement augmenté sans qu'apparaissent de différences significatives entre les 3 lots. Cette observation confirme les conclusions de Picard *et al.* (1995) qui notent qu'aucun effet de la castration n'est visible avant la puberté. Ce qui justifie l'absence de différence entre les castrats et les mâles entiers avant la puberté. Les mêmes tendances ont été obtenues par Oury et Barboiron (2002) sur des bovins de race Charolaise lors de l'étude des effets de la castration sur les performances et les caractéristiques musculaires. Dans la présente étude, de la 18<sup>ème</sup> semaine jusqu'à la fin de l'engraissement, les poids vifs corporels des femelles et des mâles castrés ont été significativement plus élevés que ceux des mâles entiers. Cette différence pourrait être liée à l'expression des hormones sexuelles à cet âge qui correspond à l'âge de la puberté des porcs. Selon Jelh (2000), la croissance pondérale des lapins mâles entiers tend à être moins rapide que celle des femelles à partir de la 14<sup>ème</sup> semaine d'âge et cette différence augmente avec l'âge des animaux. Toutefois, les mâles castrés ont une croissance comparable à celles des femelles jusqu'à 14 semaines avec des poids vifs corporels légèrement supérieurs entre 17 et 20 semaines. Cette tendance a été également observée dans la présente étude. Il ressort de cette étude que la castration a permis d'obtenir un gain de poids supplémentaire par rapport aux mâles entiers.

Le poids vif corporel moyen et les gains moyens quotidiens des porcs de race locale mâles entiers sont nettement inférieurs à ceux des femelles pendant la phase d'engraissement puisque, en fin d'engraissement, les femelles pèsent 26,3 kg et les mâles 18,1 kg (Youssao *et al.*, 2004c). Le GMQ des castrats a été plus élevé que celui des femelles, sans qu'apparaissent de différences significatives. Toutefois, dans certaines études portant par exemple sur le porc Piétrain stress négatif, les castrats ont enregistré des gains plus élevés pendant la phase d'engraissement (Hanset *et al.*, 1995; Youssao *et al.*, 2002a). Lors de l'étude de comparaison des performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande du porc créole et Large White, Renaudeau *et al.* (2003) ont souligné que le gain pondéral est plus élevé de 79 g/j chez les mâles castrés que chez les femelles. Dans une autre étude réalisée par Zannou (2002) avec des porcs issus du croisement Large White x Landrace, les castrés ont présenté un GMQ supérieur à celui des mâles entiers chez les croisés Large White x Landrace. Par ailleurs, la vitesse de croissance peut être influencée par le niveau d'alimentation. Lorsque les animaux sont alimentés à volonté, la vitesse de croissance du castrat est égale, voire supérieure, à celle du verrat. L'animal castré compense en effet sa moindre efficacité alimentaire par une plus grande consommation alimentaire (Bonneau, 1988). Lorsque la quantité d'aliment allouée est égale pour les 2 types d'animaux, la moindre efficacité alimentaire du castrat entraîne une diminution de la croissance par rapport au mâle entier (Bonneau, 1988). En effet, selon Walstra (1980), lorsqu'on nourrit l'animal *ad libitum*, le GQM des castrats est supérieur à celui des mâles entiers. En revanche, lors de la restriction alimentaire, les GQM sont quasi identiques. Les quantités d'aliment consommées n'ont pas pu être enregistrées avec plus de précisions dans la présente étude. Toutefois, il a été remarqué que les castrats consommaient plus d'aliments que les femelles et les entiers.

### **Caractéristiques de la carcasse**

Les animaux des 3 lots n'ont pas présenté de différences significatives pour les caractéristiques de la carcasse. Toutefois, les mâles castrés ont présenté une tendance à produire un lard dorsal plus épais, des morceaux maigres et des morceaux gras plus lourds que les femelles. La même tendance a été également observée entre les femelles et les mâles entiers. Lors de l'étude de la composition de la carcasse des mâles entiers et des femelles de race locale, Youssao *et al.* (2004c) avaient observé que les femelles ont un lard dorsal 2 fois plus épais, des poids de morceaux maigres et de morceaux gras plus élevés que les mâles entiers. En revanche, les mâles entiers avaient une proportion de morceaux maigres plus élevée et une proportion de morceaux gras plus faible que les femelles. Dans une étude portant sur les races porcines créole et Large White (Renaudeau *et al.*, 2003), l'épaisseur du lard dorsal la plus élevée a été enregistrée chez les mâles castrés comparativement aux femelles. Dans la même logique, les entiers ont un lard moins épais que les castrats chez qui, l'épaisseur du lard dorsal diminue lorsque l'animal est castré tardivement (Zannou, 2002). La comparaison entre femelle et castrat avait été réalisée antérieurement par Bonneau (1988) et Hanset *et al.* (1995) et il

était apparu que les femelles présentaient un pourcentage de morceaux maigres (jambon, carré, épaule) plus important que les castrats. Inversement, les castrats montraient une proportion de morceaux gras (paroi ventrale, bardière, collier) plus élevée que les femelles et le pourcentage de morceaux maigres le plus élevé était enregistré chez les mâles entiers. ITP (2000) a obtenu des résultats similaires sur les porcs de race Large White et rapporte également que le fait de ne pas castrer les porcs améliore le taux de maigre en carcasse de 2,5 à 3 points. Les résultats de la présente étude comparant les pourcentages de morceaux maigres et de morceaux gras entre castrat et femelle confirment donc les observations faites par Hanset *et al.* (1995) et ITP (2000).

Dans la présente étude, les rendements de carcasse des femelles, des mâles castrés et des mâles entiers n'ont pas présenté non plus de différences significatives et confirment les observations faites par de nombreux auteurs (Walstra, 1980, Bonneau, 1988; Youssao *et al.*, 2002a, 2002b; Meffeja *et al.*, 2006). Selon Youssao *et al.* (2002a), il n'y a pas de différences entre le rendement à l'abattage des femelles et celui des mâles. De même, les rendements de carcasse des castrats et des femelles sont identiques chez le Piétrain (Youssao *et al.*, 2002c). De tout ce qui précède, il ressort que lorsque l'expérimentation se prolonge, les différences de caractéristiques de la carcasse pourraient être significatives. Dans ces conditions, le dépôt de la masse adipeuse pourrait réduire la qualité de la carcasse. Pour ce faire, un équilibre entre la croissance pondérale et le dépôt de la masse adipeuse doit être recherché.

### Qualité de la viande

Parmi les caractéristiques de la carcasse et celles de la viande, seules, la perte de jus par écoulement et la teneur en lipides totaux ont varié de manière significative en fonction du sexe. Les pertes les plus importantes ont été obtenues chez les femelles et les mâles entiers. La perte d'eau à la cuisson et la capacité de rétention d'eau, n'ont pas en revanche varié entre les sexes. Dans le cadre des travaux réalisés par Youssao *et al.* (2004a), aucune différence n'a été observée entre les pertes de jus par écoulement et à la cuisson ainsi que la capacité de rétention d'eau. Selon Ahidoté (2005), les différences majeures entre les caractéristiques de la viande des mâles entiers et des femelles ont été observées au niveau de la matière sèche de la viande, des lipides totaux du muscle frais et des lipides totaux du tissu adipeux. La teneur en gras intramusculaire du *Longissimus thoracis* frais est plus élevée ( $p < 0,05$ ) chez les femelles (2,9 %) que chez les mâles (1,9 %) et la même tendance a été observée sur la teneur en matière sèche qui a été de 28,0 % et 25,5 %, respectivement chez les femelles et chez les mâles. Ces résultats sont proches de ceux obtenus dans la présente étude pour les lipides totaux.

## CONCLUSION

L'étude de l'effet de la castration sur les aptitudes bouchères du porc local a montré que les castrats ont une tendance à mieux croître que les femelles et les mâles entiers ont eu les plus faibles performances pondérales. Au fur et à mesure que l'âge des animaux augmente, l'écart de poids entre les femelles et les mâles entiers ou entre les castrats et les mâles entiers croît davantage. L'effet de la castration s'exprime clairement à partir de la puberté (18<sup>ème</sup> semaine d'engraissement) où les poids des femelles et des mâles castrés ont été significativement plus élevés que ceux des mâles entiers. Il ressort de cette étude que la castration a permis de raccourcir la durée d'engraissement ou d'obtenir un gain de poids supplémentaire par rapport aux mâles entiers. Les animaux des trois lots n'ont pas présenté de différences significatives pour les caractéristiques de la carcasse. Toutefois, les mâles castrés ont une tendance à avoir un lard dorsal plus épais, des morceaux maigres et des morceaux gras plus lourds que les femelles. La même tendance a été également observée entre les femelles et les mâles entiers. Avec un effectif des animaux plus important ou lorsque l'expérimentation se prolonge, cette tendance pourrait être significative. Dans ces conditions, le dépôt de la masse adipeuse pourrait réduire la qualité de la carcasse. Pour ce faire, un équilibre entre la croissance pondérale et le dépôt de la masse adipeuse doit être recherché.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agbokounou, A.M., 2001 : Etude des besoins énergétiques et protéines du porc local béninois en phase de démarrage-croissance. *Mémoire de D.E.A. en Zootechnie*, Faculté universitaire des sciences agronomiques, Gembloux, 93 p.
- Ahidote, H., 2005 : Amélioration génétique des aptitudes bouchères du porc local du Bénin : Etudes des relations phénotypiques. *Mémoire d'Ingénieur des Travaux*, EPAC, UAC, 55 p.
- ASECNA (Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne), 2007. Rapport annuel d'activité, 91 p.
- Bonneau, M., 1988. Intérêts et limites de la production de viande de porc mâle entier. *INRA Prod. Anim.*, 1 : 133-140.
- Codjo, A.B., 2003. Estimation des besoins énergétiques du porc local du Bénin en croissance entre 2 et 22 kg de poids vif. *Tropicultura*, 21 (2) : 56-60.

- D'Orgeval Dubouchet, R., 1997. Le développement de l'élevage porcin en Afrique : l'analyse des systèmes d'élevage du porc local africain au Sud Bénin. *Thèse de doctorat de l'Institut national agronomique*, Paris Grignon, 273 p.
- Desmoulin B., M. Ecolan, M. Bonneau, 1988 : Estimation de la composition tissulaire des carcasses de porcs : récapitulatif de diverses méthodes utilisables en expérimentation. *INRA Prod. Anim*, 1, 59-64.
- FAO (Food and Agriculture Organisation), 2008 : Banques de données FAOSTAT : Agriculture. <http://faostat.fao.org/site/>. Consulté le 19 décembre 2008.
- Hanset R, C. Dasnois, S. Scalais, C. Michaux, L. Grobet, 1995 : Génotype au locus de sensibilité à l'halothane et caractères de croissance et de carcasse dans une F2 Piétrain x Large white. *Genet. Sel. Evol.*, 27 : 63-76.
- Honikel, K.O., 1987: How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: V.G. Tarrant (Editor). *Evaluation and control of meat quality in pigs*. Martinus Nijhoff Pub, Den Haag, 129-142.
- INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), 1989. L'alimentation des animaux monogastriques : porcs, lapins, volailles. 2<sup>e</sup> édition, INRA, Paris, France, 282 p.
- ITP (Institut Technique du Porc), 2000 : Mémento de l'éleveur de porc, 5<sup>ème</sup> édition, Paris, 2000, 220 p.
- JELH. N., 2000 : Etude des possibilités de modification des qualités organoleptiques de la viande de lapin par la castration du mâle dans l'objectif d'une diversification de la gamme. INRA Station de recherche cunicole (Toulouse, INRA Expérimentale Monogastriques (Magneraud), 4p. <http://www.acta.asso.fr/cr/cr9605.htm> consulté le 17/02/2008.
- Meffeja F., T. Dongmo, J-M. Fotso, 2006: Teneur en énergie de la ration et performances de croissance du porc au Cameroun. *Cahier d'Etudes et de Recherches Francophones /Agriculture*. Volume 15, N°3, 301-305.
- Mopate L.Y., M.O. Koussou, C.Y. Kabore-Zougrana, 2006 : L'élevage porcin au Tchad: Bilan de l'introduction, de l'amélioration et de la diffusion des races exotiques. *AGRI*, 2006, 38: 87-98.
- OIN (Organisation Internationale de Normalisation), 1973. Viande et produits à base de viande. Détermination de la teneur en matière grasse totale. N° : ISO 1443-1973 (F), 2 p.
- Oury, M.P., Barboiron, C., 2002: Viandes et produits carnés, 9<sup>e</sup> Journées des Sciences du Muscle et Technologies des Viandes, 15-16 octobre, 2002, Clermont Ferrand, [www.ofival.fr/vpc/9jsmtv/9g-pos16.pdf](http://www.ofival.fr/vpc/9jsmtv/9g-pos16.pdf). Consulté le 10/01/2008.
- Picard B., J. Robelin, Y. Geay, B. Picard, J. Robelin, Y. Geay, 1995: Influence of castration and postnatal energy restriction on the contractile and metabolic characteristics of bovine muscle. *Ann. Zootech.*, 44: 347-357.
- Renaudeau D., M. Hilaire, J.L. Weisbecker, J. Mourot, 2003: Comparaison des performances de croissance, de carcasse et de qualité de la viande du porc créole et Large White. *Journées de Recherche Porcine*, 35 : 243-250.
- SAS, 1989 : SAS / STAT. User's guide (Ressource électronique). – 4<sup>ème</sup> éd., version 6 – New-York : SAS. Inst. Inc., Cary.
- Walstra, P., 1980: Growth and carcass composition from birth to maturity in relation to feeding regimen and sex in Dutch Landrace pigs. *Thèse de doctorat*, Université de Wageningen, Pays-Bas, 206 p.
- Yacoubou, A., 2007 : Amélioration génétique des performances de croissance du porc local du Bénin par croisement avec le Large White. *Mémoire d'Ingénieur des Travaux*, EPAC, UAC, 56 p.
- Youssao A.K.I., J. Mourot, A. Edenakpo, 2004a : Effet du mode d'élevage sur les caractéristiques de la carcasse et de la viande du porc local du Bénin. *10<sup>e</sup> Journées des Sciences du Muscle et Technologies des Viandes (JSMTV)*, 153-154.
- Youssao A.K.I., J. Mourot, A.B. Gbangboche, R. Adehan, A. Akoutey, A. Edenakpo, 2004b : Influence du régime alimentaire sur les qualités technologiques et nutritionnelles de la viande du porc local du Bénin. *RASPA 2 (2)* : 112-118.
- Youssao A.K.I., J. Mourot, A.B. Gbangboche, R. Adehan, A. Akoutey, A. Edenakpo, 2004c: Influence du régime alimentaire sur les performances de croissance et les caractéristiques de la carcasse du porc de race locale du Bénin. *RASPA, 2 (1)* : 31-36.
- Youssao A.K.I., V. Verleyen, P.L. Leroy, 2002a: Evaluation de la composition de la carcasse et de la qualité de la viande par ultrasonographie chez le porc. *Ann. Méd. Vét.*, 146 : 19-29.
- Youssao A.K.I., V. Verleyen, C. Michaux, P.L. Leroy, 2002b: Choice of probing site for estimation of carcass lean percentage in Pietrain and stress-negative Pietrain using real-time ultrasound. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 6 (4): 201-207.
- Youssao A.K.I., V. Verleyen, C. Michaux, A. Clinquart, P.L. Leroy, 2002c: Evaluation par ultrasonographie en temps réel de la teneur en gras intramusculaire du porc Piétrain. *Ann. Méd. Vét.*, 146 : 249-255.
- Zannou, T.C., 2002 : Influence du sexe et de l'âge de la castration sur les performances de croissance, les qualités de carcasse et les caractéristiques organoleptiques de la viande de porc de race améliorée (Large White x Landrace) à l'engraissement. *Mémoire d'Ingénieur des Travaux*, CPU, Abomey-Calavi, 49 p.



## Complémentation alimentaire des ovins Djallonké avec les sous-produits de transformation d'ananas : potentiel nutritif, préférence et développement pondéral

A B. Aboh<sup>6</sup>, M. A. Ehouinsou<sup>7</sup>, M. Olaafa<sup>7</sup> et A. Brun<sup>7</sup>

### RESUME

La transformation alimentaire de l'ananas génère au Bénin d'énormes quantités de sous-produits (épluchures, couronnes et cœurs) qui sont peu recyclés. Des expérimentations ont été conduites avec des rations alimentaires complémentées et composées de 0, 20 et 40 % d'épluchures ou de couronnes séchées d'ananas chez des ovins Djallonké. Les essais ont porté notamment sur : la composition chimique (matière sèche, cendres brutes, azote, cellulose et lignine) des sous-produits d'ananas séchés ; la préférence alimentaire des moutons ; les performances pondérales des moutons. Le logiciel SAS a été utilisé pour l'analyse de la variance avec la comparaison des moyennes par le test de Newman et Keuls pour les ingestions alimentaires et gains pondéraux des animaux. De l'analyse des résultats, il ressort que les taux de nutriments dans les différents sous-produits d'ananas (épluchures, couronnes et cœurs) ont varié de : 7,16 à 10,22 % pour les cendres brutes ; 20 à 27 % pour la cellulose brute ; 1,73 à 6,03 % pour la lignine ; 6,12 à 7,06 % pour les matières azotées totales ; 0,70 à 1,13 % pour le Ca ; 0,42 à 0,95 % pour le Mg ; 0,06 à 0,12 % pour le P. Le coefficient de préférence chez ces ovins est élevé pour les épluchures séchées trempées dans l'eau salée ou trempées dans l'eau, avec des valeurs respectives de 0,70 et 0,65. Les moutons nourris avec les rations contenant 40 et 20 % d'épluchures ont obtenu respectivement des gains moyens quotidiens de 43 et 34 g, significativement plus élevés ( $p < 0,05$ ) que ceux (19,5 g et 17,6 g) enregistrés chez les ovins ayant reçu respectivement les rations contenant 0 % d'épluchures et 20 % de couronnes.

**Mots clés :** Sous-produits d'ananas, préférence et consommation alimentaires, mouton, Bénin

## Complementary feeding of Djallonké ovines with pineapple byproducts: nutritive potential, preference and weight growth evaluation

### ABSTRACT

The pineapple processing in Benin produced enormous quantities of byproducts (peel, crown and core) which are not recycled. Experiments were carried out with complementary diets composed of 0, 20 and 40 % of dried pineapple peels or core on Djallonké ovines. The trials were based on: chemical composition (dried matter, ash, nitrogen, cellulose and lignin) of byproducts; sheep's preference; sheep's weight growth performance. Analyses of variance were done with SAS statistical software and Newman-Keuls test was used to compare means of feed consumption and weight gains of animals. Results show that the rate of nutrient contents in pineapple byproducts (peel, crown and core) varied from: 7.16 to 10.22 % for ash; 20 to 27 % for crude cellulose; 1.73 to 6.03 % for lignin; 6.12 to 7.06 % for nitrogen; 0.70 to 1.13 % for Ca; 0.42 to 0.95 % for Mg; 0.06 to 0.12 % for P. Sheep preference coefficients were high for dried pineapple peels soaked in either salted water or ordinary water with respective values of 0.70 and 0.65. Sheep fed on diets with 40 and 20 % peels obtained daily weight gains of 43 and 34 g respectively significantly ( $p < 0.05$ ) higher than these (19.5 g and 17.6 g) recorded on ovines which received diets containing 0 % pineapple peels and 20 % pineapple core respectively.

**Key words:** Pineapple byproducts, preference and complementary feeding, sheep, Benin

### INTRODUCTION

Dans le cadre de la politique de la diversification agricole au Bénin, la production d'ananas a été intensifiée ces dix dernières années (Tossou, 2008). Une part importante de cette production est transformée en ananas séché destiné à l'exportation. C'est ainsi que de petites unités de transformation d'ananas en jus se sont multipliées dans le pays. Toutefois, les différents procédés de transformation

<sup>6</sup> Dr. André B. Aboh, Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin 01 BP 884 RP, Cotonou, République du Bénin, E-mail : [abohandre@yahoo.fr](mailto:abohandre@yahoo.fr)

<sup>7</sup> Dr. Ir. Marcellin André Ehouinsou, Chercheur, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin 01 BP 884 RP, Cotonou, République du Bénin, E-mail : [marceho@yahoo.fr](mailto:marceho@yahoo.fr)

utilisés conduisent à la production d'importantes quantités de sous-produits, notamment les épluchures et les couronnes. Les sous-produits concernés par la présente étude sont ceux dégagés au cours de la transformation en ananas séchés. Les épluchures ont une valeur nutritive élevée pour les ruminants à cause de leur teneur en carbohydrates soluble représenté par le sucre (Müller, 1978). Les sous-produits agro-industriels comme les sous-produits de transformation de l'ananas sont utilisés dans l'alimentation des vaches laitières (Sruamsiri, 2007 ; Thumrongsakd et Chirawat, 2008). Malheureusement au Bénin, ces sous-produits ne sont pas recyclés et sont souvent entassés dans des dépotoirs sauvages situés dans les environs des centres de transformation. La fermentation rapide des sous-produits d'ananas, notamment les épluchures constitue la difficulté liée à leur valorisation dans l'alimentation animale. Le séchage solaire permet de conserver ces sous-produits d'ananas pour des fins utiles comme notamment leur utilisation comme ressource alimentaire pour le bétail.

L'objectif de la présente étude est de déterminer la valeur nutritive des sous-produits d'ananas et l'effet des épluchures et couronnes séchées utilisées comme complément alimentaire sur la croissance pondérale de moutons Djallonké.

En introduisant dans l'alimentation des ovins Djallonké, ces épluchures et couronnes séchées, trempées dans l'eau simple ou salée, aux taux de 20 et 40 %, leur consommation alimentaire et leur croissance pondérale peuvent elles être améliorées ?

## MATERIEL ET METHODES

### Potentiel nutritif des sous produits de transformation d'ananas

Les échantillons des principaux sous-produits de transformation d'ananas notamment les épluchures, les couronnes et les cœurs ont été prélevés pour la détermination de la matière sèche à 80 °C pendant 48 h . Ils ont été ensuite broyés à l'aide d'un moulin à rotor muni d'un tamis dont les mailles ont 1 mm de diamètre. La matière minérale a été déterminée après incinération. Le dosage de l'azote a été fait suivant la méthode Kjeldhal (AOAC, 1990). L'azote dosé a été multiplié par 6,25 pour calculer la matière azotée totale (MAT). La cellulose a été déterminée par la méthode de Van Soest et Corvallis (1982).

### Préférence des épluchures et couronnes séchées d'ananas chez les moutons

Les épluchures et couronnes utilisées ont été conservées par séchage au soleil qui a permis d'obtenir des taux de matières sèches respectifs de 85 et 75 %. Des traitements leur ont été appliqués pour favoriser l'ingestion. Ainsi, le test a porté sur la couronne séchée (Cs), l'épluchure séchée trempée dans l'eau (EE) pendant 2 h, l'épluchure séchée trempée dans l'eau salée à 1% (Es) pendant 2 h et enfin l'épluchure séchée non trempée dans l'eau (E). Un complément alimentaire de 300 g de matière sèche (MS) de fourrage de *Panicum maximum* C1 a été distribué à tous les animaux, 5 h de temps après avoir servi les sous-produits d'ananas.

Pour la conduite de l'essai, 5 moutons Djallonké, de poids vif corporel (PV) moyen de 11,6 ± 1,2 kg ont été utilisés. Les animaux ont été répartis dans des enclos individuels de 1,20 m de long sur 0,80 m de large. La préférence a été déterminée par la méthode de choix libre (Heady 1964). Ainsi, chaque animal recevait à la fois et dans des mangeoires séparées, 50 g de MS de chaque type de sous-produit d'ananas. Les animaux recevaient aussi de l'eau à volonté. L'étude a duré 16 j décomposés en une période de 11 j d'adaptation aux rations alimentaires et 5 jours de collecte des données avec une durée d'observation de 5 h par jour. Les quantités d'épluchures et de couronnes d'ananas servies et refusées ont été collectées par animal et par jour afin de déterminer l'ingestion relative et le coefficient de préférence. Le comportement de chaque animal en relation avec les sous-produits d'ananas a été suivi.

L'ingestion relative (IR) est le rapport entre l'ingestion d'un type particulier de sous-produits sur la somme totale de tous les sous-produits servis que multiplie cent. Sa formule est :

$$IR_i = \frac{q_i}{Q} \times 100$$

où : **Q** est la somme des quantités de tous les sous-produits servis et **q** est la quantité du type de sous produit **i** dont on veut déterminer l'ingestion relative.

Le coefficient de préférence (CDP) est le rapport du pourcentage d'un sous-produit particulier ingéré par le pourcentage de tous les sous-produits servis à l'animal pour déterminer la préférence. Sa formule est :

$$CDP = \frac{IR_i}{\sum IR_i}$$

### Evaluation de la croissance pondérale chez les moutons alimentés avec des rations à base des épiluchures et couronnes séchées d'ananas

Pour l'expérimentation, 16 moutons Djallonké, de poids vif corporel moyen  $12,33 \pm 1,54$  kg ont été répartis en 4 lots homogènes de 4 têtes sur la base du poids vif corporel (PV). Ils ont été répartis dans des enclos individuels de 1,20 m de long sur 0,80 m de large. Le tableau 1 indique la composition centésimale des constituants des rations alimentaires testées. Deux différentes proportions d'épiluchures et de couronnes ont été testées dans les rations alimentaires des moutons : 20 % d'épiluchures (RE20), 40 % d'épiluchures (RE40), 20 % de couronne (RC20) et le témoin sans sous-produits d'ananas (R0).

Les épiluchures sont trempées dans l'eau pendant 2 h de temps et découpées en morceaux avant d'être servies aux animaux. La quantité totale de ration est servie sur la base de 4 % du poids vif corporel des moutons. Les autres constituants alimentaires sont composés de *Panicum maximum* C1, *Stylosanthes scabra* seca et de graines de coton. Chaque lot d'animaux a été affecté au hasard à l'un des quatre rations alimentaires. Au total, 16 animaux ont été utilisés. Chaque animal recevait de l'eau à volonté. L'étude a duré 104 j décomposés en une période de 20 j d'adaptation aux rations alimentaires et 84 j de collecte des données.

Les moutons ont été pesés au début et tous les 14 j. Les poids des aliments servis et refusés sont notés quotidiennement et le point est fait tous les 14 jours. Un échantillon (300 g) de chaque aliment servi et refusé est prélevé tous les 7 jours afin de déterminer la matière sèche.

Tableau 1. Composition centésimale des rations alimentaires testées

Constituants alimentaires	Composition centésimale de la ration			
	RE20	RC20	RE40	R0
Epiluchures d'ananas	20	-	40	-
Couronne d'ananas	-	20	-	-
<i>Panicum maximum</i> C1	40	40	20	60
<i>Stylosanthes scabra</i> seca	30	30	30	30
Graines de coton	10	10	10	10

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

### Potentiel nutritif des sous produits de transformation d'ananas

La composition chimique des épiluchures, couronnes, cœurs et fourrages est présentée dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2. Composition chimique (en % de MS) des sous-produits de transformation d'ananas

Sous-produits d'ananas	Composition (% MS) en							
	Cendres brutes	Matières Azotées Totales	Ca	Mg	P	Cellulose	Lignine	
Couronne	7,16	6,81	1,13	0,81	0,09	27,24	6,03	
Epiluchure	7,93	6,12	1,09	0,42	0,12	19,99	2,49	
Cœur	10,22	7,06	0,70	0,95	0,06	26,95	1,73	

Tableau 3. Teneur moyenne des fourrages et graines de coton en matière sèche (MS), cendres brutes, matières azotées totales (MAT) et cellulose brute

Ingrédients alimentaires	MS (%)	Cendres brutes (% MS)	MAT (% MS)	Cellulose brute (% MS)
<i>Panicum maximum</i> C1	29	9,86	5,34	39,65
<i>Stylosanthes scabra</i> seca	41	4,84	12,96	40,59
<i>Aeschynomene histrix</i>	34	4,36	13,02	33,30
Graines de coton	85	4,56	24,7	25,61

### MS : Matière sèche

### MAT : Matières azotées totales

De la comparaison des valeurs moyennes des teneurs en nutriments des 3 sous-produits de l'ananas, il ressort que la couronne d'ananas a : les teneurs en cellulose, lignine et Ca les plus élevées ; les taux moyens en MAT et Mg ; la teneur en cendres brutes le plus faible. Par contre le cœur d'ananas contient : les taux en MAT, cendres brutes et Mg les plus élevés ; un teneur moyenne en cellulose brute ; les

teneurs en Ca, P et lignine les plus faibles. Enfin, les épiluchures d'ananas présentent : la teneur en P la plus élevée ; les taux moyens en cendres brutes, lignine et Ca ; les teneurs en MAT, cellulose brute et Mg les plus faibles.

S'agissant des autres constituants des rations, leur composition chimique est variable : *Panicum maximum* C1 a la plus forte teneur en matières minérales et la plus basse teneur en MAT. Les graines de coton ont un taux en MAT qui est presque le double de celui de *Stylosanthes scabra* seca et *Aeschynomene histrix*.

Les taux en MAT des les épiluchures, couronnes et cœurs d'ananas signalés par d'autres auteurs et de l'ordre de 6,12 à 7,2 % MS (Müller, 1978 ; Rivière, 1978), sont similaires aux valeurs déterminées au cours de l'étude. S'agissant des teneurs en matières minérales (cendres brutes) des sous-produits d'ananas de l'ordre de 2 à 4 % MS signalées par Müller (1978), elles sont nettement inférieures à celles enregistrées au cours de ces travaux. La variation de la composition minérale de ces sous-produits serait peut-être liée à la composition chimique du sol sur lequel la culture d'ananas a été faite, à la teneur et à la nature de l'engrais utilisé, à la variété et à la maturité du fruit (Müller, 1978).

Dans l'ensemble les teneurs des sous-produits d'ananas en MAT et en certains constituants inorganiques sont faibles (Müller, 1978 ; Nguyen *et al.*, 2001). Par conséquent, le rationnement alimentaire devrait en tenir compte pour réaliser l'équilibre afin de satisfaire les besoins de l'animal.

### Comportement et préférence des épiluchures et couronnes d'ananas chez les moutons

Les premières réactions alimentaires par rapport aux sous-produits n'ont pas varié d'un mouton à l'autre. En effet, la plupart des moutons ont consommé les épiluchures trempées dans l'eau (salée ou non) le premier jour après 1 h d'observation. Le temps d'observation des animaux est d'environ 4 h pour l'épiluchure non trempée et la couronne.

Les ingestions relatives et les coefficients de préférence des sous-produits chez les moutons sont présentés dans le tableau 4.

**Tableau 4. Ingestion moyenne, ingestion relative et coefficient de préférence des épiluchures et couronnes d'ananas chez les moutons**

Types de sous-produits	Ingestion (g MS)	Ingestion relative (%)	Coefficient de préférence
Epiluchures d'ananas	6,05	3,02	0,11
Epiluchures d'ananas trempées dans l'eau salée	22,3	11,19	0,70
Epiluchures d'ananas trempées dans l'eau	19,55	10,15	0,65
Couronnes d'ananas	7,2	1,00	0,13

Le trempage des épiluchures séchées dans l'eau les a rendu moues ce qui a amélioré leur consommation par rapport aux épiluchures non trempées dans l'eau.

Par ailleurs, le salage des épiluchures a contribué aussi à améliorer leur préférence chez les moutons. Les ingestions relatives sont plus élevées sur les épiluchures trempées dans l'eau (salée ou non) et faibles pour les épiluchures et couronnes non trempées. Ainsi, le coefficient de préférence est élevé (0,70) pour les épiluchures trempées dans l'eau salée et les épiluchures trempées dans l'eau (0,65).

La faible consommation des épiluchures séchées non trempées dans l'eau et des couronnes serait certainement liée à leur caractéristique compacte et dure qui rend la consommation difficile. Cette caractéristique nécessite une salive abondante et des efforts supplémentaires chez les moutons. L'ingestion a varié suivant la forme de présentation et les caractéristiques physiques des sous-produits.

### Effet de l'alimentation à base des épiluchures et couronnes d'ananas sur croissance pondérale des moutons

#### Evolution de l'ingestion alimentaire

L'évolution de l'ingestion des sous-produits moyenne journalière en fonction du PV est présentée sur la figure 1 et celle de l'ingestion des constituants alimentaires moyenne quotidienne en fonction du PV dans le tableau 5. La consommation des couronnes (0 à 0,2 % du PV) est faible par rapport à celle des épiluchures (0,9 à 1,6 % du PV). Pour la ration RE40, la consommation moyenne journalière d'épiluchures connaît dans le temps une variation relativement sensible. Toutefois, l'augmentation de la proportion d'épiluchures dans la ration a entraîné une augmentation de l'ingestion de ce sous-produit chez les moutons. La consommation moyenne totale a variée de 3,44 à 3,52 % du PV pour les différentes rations.

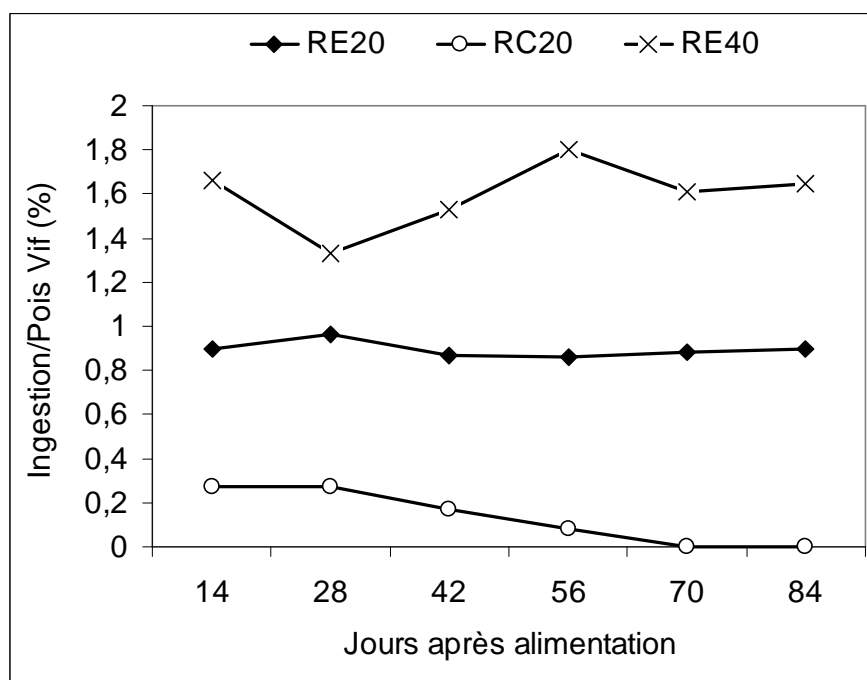


Figure 1. Evolution de l'ingestion journalière des sous-produits (I) par rapport au poids vif corporel (I/PV en %)

Tableau 5. Ingestion moyenne journalière des constituants alimentaires par rapport au poids vif (I/PV en %)

Ration	Graines de coton	<i>Panicum maximum</i>	Epluchures/Couronnes	<i>Stylosanthes scabra seca</i>	Total
RE 40	0,21	1,19	1,35	0,76	3,54
RE 20	0,40	1,68	0,89	0,57	3,57
RC 20	0,08	2,15	0,24	0,92	3,40
R0	0,08	2,60	-	0,69	3,37
P	NS	NS	0,0106	NS	NS

NS = non significatif au seuil de 5 %

L'ingestion des fourrages a été intéressante, aussi bien pour *Panicum maximum* C1 que pour *Stylosanthes scabra seca*. La consommation des graines de coton est faible et serait liée à un comportement d'habitude alimentaire.

L'ingestion élevée des épluchures d'ananas a confirmé les observations de Müller (1978). Mieux, Church (1979) a signalé que le goût sucré d'un produit améliore son appétence chez les ruminants. Les travaux de Müller (1978) ont montré aussi que les épluchures d'ananas contiennent plus de sucre total (42 % de MS) que les couronnes d'ananas. Ainsi, le goût sucré des épluchures d'ananas grâce à l'adhésion de la pulpe (partie sucrée d'ananas) aurait contribué à cette ingestion élevée des épluchures. Par contre, l'utilisation de couronnes séchées comme source de fourrage de qualité n'est pas vérifiée chez les moutons Djallonké (Müller 1978). Cette faible appétibilité des couronnes serait liée en partie à la difficulté des animaux à mâcher le sous-produit séché qui présente un aspect physique compact et dur.

### Effet de la ration à base des sous produits d'ananas sur la croissance pondérale des moutons

Les données concernant la performance pondérale sont indiquées sur la figure 2.

Toutes les rations ont induit des gains de poids moyens quotidiens qui ont varié de 17,6 à 42,9 g. Toutefois, l'incorporation des épluchures séchées dans la ration alimentaire a accéléré la croissance des moutons. En effet, les résultats montrent que la complémentation alimentaire avec 40 ou 20 % d'épluchures d'ananas dans la ration a induit des meilleurs ( $p < 0,05$ ) gains moyens quotidiens par rapport à ceux obtenus pour la ration témoin et la ration contenant les couronnes d'ananas. Ces résultats sont conformes aux gains pondéraux intéressants signalés par (Rivière 1978) chez les bœufs alimentés avec les épluchures d'ananas.

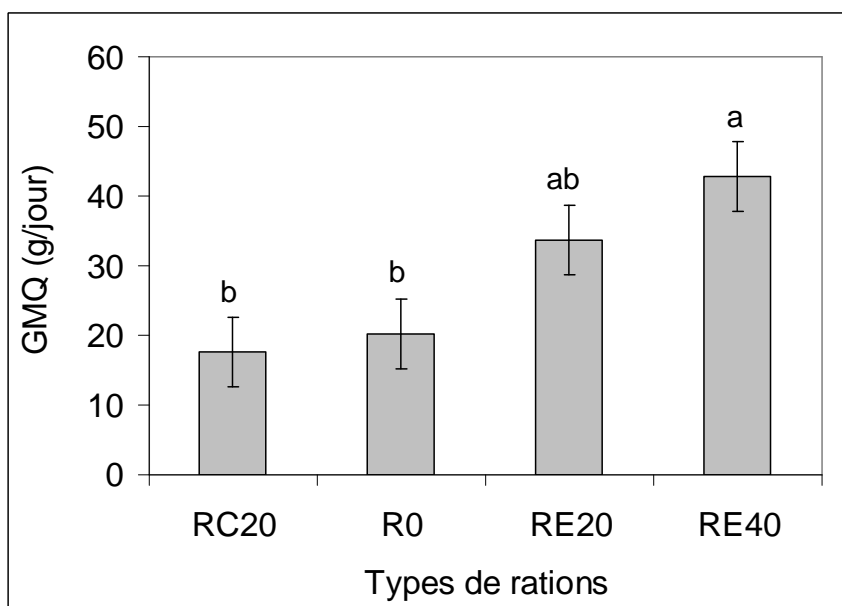


Figure 2. Gain de poids moyen quotidien (GMQ en g/j) des moutons recevant des rations à base des épiluchures et couronnes d'ananas

## CONCLUSION

Les épiluchures séchées d'ananas disposent d'un potentiel nutritif élevé. Elles constituent une excellente source d'énergie pour les moutons. Leur utilisation dans l'alimentation des ovins nécessite le trempage dans l'eau et la découpe en morceaux pour améliorer l'ingestion. Les rations alimentaires contenant 40 % mais aussi 20 % d'épiluchures d'ananas séchées donnent des croissances pondérales élevées chez les ovins. L'étude a été conduite en station et il est indispensable que les essais soient poursuivis en milieu réel auprès des agro éleveurs de petits ruminants voire d'autres animaux herbivores d'élevage (lapins, aulacodes, etc.). Cela permettra non seulement de mieux cerner tous les contours de la question de valorisation des sous-produits agricoles, agro-industriels et de transformation artisanale dans l'alimentation des animaux d'élevage mais aussi et surtout d'étudier la rentabilité économique et financière de la technologie.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AOAC, 1990: Official Methods of Analysis. Association of official agricultural chemist (AOAC), 15th Edition, Washington, DC, USA, 66-89.
- Church, D.D., 1979: Taste, appetite and regulation of energy balance and control of food intake. In digestive physiology and nutrition of ruminants, 2 (2<sup>nd</sup> ed.), Ed. D. C. Church Corvallis, USA, O & Books, 281-290.
- Heady, H.F., 1964: Palatability of herbage and animal preference. *Journal of range Management*, 17: 76-81.
- Müller, Z.O., 1978: Feeding potential of pineapple waste for cattle. *World animal review* 25, 25-29.
- Nguyen B.M., C. Xuan Dan, V. Duy Giang, 2001: The effects of kinds of pineapple residue silage on its chemical composition, in sacco degradability and influence of its partial replacement of green grass in the goat diets on some characteristics of rumen fermentation. Hanoi Agricultural University. Proceeding - Workshop on improved utilization of by-products for animal feeding in Vietnam - NUFU project - 3/2001.
- Rivière, R., 1978 : Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical manuel et précis d'élevage, 2<sup>e</sup> édition, IEMVT. Ministère de la Coopération Française, 527 p.
- Sruamsiri, S., 2007: Agricultural wastes as dairy feed in Chiang Mai. *Animal Science Journal* 78 (4) 335-341.
- Thumrongsakd, P., Chirawat, K., 2008: Crop waste utilization in commercial feedlot in Thailand. [www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Newpub/PhilippineProceedings/phonbumrung.pdf](http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Newpub/PhilippineProceedings/phonbumrung.pdf), consulté le 28 décembre 2008 à 16 h.
- Tossou C.C., 2008 : Connaissances et pratiques endogènes de la production biologique de *Ananas comosus* au Sud-Bénin. pp. 25-26. In : Adjanohoun A., Mensah G.A., Houédjissin R., Koudandé O.D. et Fandohan P. (Edit.), 2008. Résumés et Abstracts, 5<sup>ème</sup> Edition Atelier Scientifique National de la Recherche Agricole, 2-4 décembre 2008. ISBN 979-99919-69-75-6, ISSN 1840-5983.
- Van Soest, P.J., Corvallis, O.R., 1982: Nutritional Ecology of the ruminants O and Books, 374 p.

## Etude qualitative de la dynamique des populations: modèle de Lotka-Volterra

S. A. Adédjouma<sup>8</sup>, V. Adanhounmè<sup>8</sup>, T. K. Dagba<sup>9</sup> et S. Mustapha<sup>9</sup>

### RÉSUMÉ

Par la méthode de la variation de l'énergie, le système de Lotka-Volterra comportant un paramètre, possède un cycle limite globalement stable pour des valeurs données du paramètre. Il y a une persistance des deux populations en interaction et les nombres de proies et de prédateurs varient périodiquement au cours du temps. Enfin, le système est résolu numériquement pour quelques valeurs du paramètre.

**Mots clés :** Système de Lotka-Volterra, proie-prédateur, populations en interaction.

### Qualitative study of population dynamics: Lotka-Volterra model

#### ABSTRACT

By the energy variation approach, the Lotka-Volterra system including a parameter possesses a limit cycle globally steady for values given of the parameter. There is a persistence of the two populations in interaction and the numbers of preys and predators vary periodically during the time. Finally the system is solved numerically for some values of the parameter.

**Key words:** Lotka-Volterra system, predator-prey, populations in interaction.

#### INTRODUCTION

Les espèces animale et végétale coexistent et partagent de nombreuses relations intra et interspécifiques. Ces systèmes évoluent en parfait équilibre sans danger irréversible pour l'un quelconque de ses constituants. Certes, tout devient différent lorsque l'on intègre les besoins et les imprévus, de l'Homme dans le système. Comme l'a souligné Borcard (2007), les communautés vivantes sont structurées à plusieurs points de vue et les espèces qui les composent interagissent les unes avec les autres. Ces interactions peuvent avoir des effets positifs, négatifs ou neutres sur chaque espèce. Les interactions entre espèces organisent la communauté en réseaux trophiques. Ces réseaux définissent "qui mange qui". En effet, les relations trophiques donnent naissance à une chaîne alimentaire au sein de laquelle on mange quelqu'un et on est mangé par quelqu'un d'autre. Ainsi, chaque espèce est à la fois prédateur, pour les espèces en aval de la chaîne, et proie pour celles en amont. Les communautés vivantes changent au cours du temps. Les populations qui composent une communauté n'ont pas les mêmes effectifs. Certaines espèces sont dominantes sur le plan du nombre ou de la biomasse (masse de matière vivante). Cette dominance numérique n'implique pas nécessairement une dominance fonctionnelle (Borcard, 2007).

Les relations proie-prédateur s'observent généralement dans des biocénoses. Une biocénose regroupe des ensembles d'individus, de populations, de peuplements qui habitent au même moment un territoire commun. La colonisation durable d'un milieu donné ne peut s'exercer qu'à la condition que les différents acteurs de cette colonisation soient parfaitement adaptés aux conditions qui règnent dans ce milieu. Cette adaptation sera d'autant plus facile que les espèces toléreront plus largement des variations d'intensité de facteurs abiotiques (variations de température, d'humidité, de pH, etc.) et biotiques (pression de prédation, vitalité des parasites, relations symbiotiques, etc.) du milieu.

Le phénomène de prédation est des plus importants, du point de vue énergétique d'abord, mais aussi en ce qui concerne la régulation des populations. Il s'agit d'un phénomène naturel qui entre dans le cadre des chaînes trophiques. Les facteurs affectant le taux de prédation sont très variés et complexes. On peut citer entre autres : la densité de la population des proies ; la densité de la population des prédateurs ; les préférences alimentaires des prédateurs ; la condition physique du gibier et de l'abri ; la préférence de proies 'tampons' et de ressources alimentaires alternatives pour les carnivores. Pourtant, aucun de ces facteurs n'est stable au cours du temps mais l'un des plus importants est constitué par les préférences

<sup>8</sup> Dr Sèmiyou A. Adédjouma et Dr Villévo Adanhounmè, Laboratoire d'Electrotechnique, de Télécommunications et d'Informatique Appliquée, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin, E-mail : semiyou.adedjouma@epac.uac.bj, adedjouma\_semiyou@yahoo.fr

<sup>9</sup> Dr Théophile K. Dagba et Dr Sanni Mustapha, Ecole Nationale d'Economie Appliquée et de Management, Université d'Abomey-Calavi, 03 BP 1070 Cotonou, Bénin, E-mail : theophile.dagba@eneam.uac.bj, musanni@yahoo.fr

alimentaires. En effet, chaque espèce de carnivores a des préférences alimentaires marquées qui peuvent varier avec le temps et le lieu mais qui permettent une diversification des animaux prélevés. Autrement dit, pour chaque espèce de carnivore existe un indice d'attractivité vis à vis de chaque espèce proie ; généralement cet indice est lié à la facilité de capture (c'est-à-dire la réaction de la proie). On remarque aussi que certaines proies abattues par un prédateur donné, sont exploitées par d'autres prédateurs qui dérobent une partie de la carcasse. Il existe des prédateurs qui effectuent leur prédation sur tous les autres animaux, quelle que soit leur place dans la pyramide écologique ; on les appelle les superprédateurs (Rosenheim, 1998) et ce sont les très grands prédateurs (lions, guépard, panthère), les carnivores charognards (hyènes, chacals) et les oiseaux charognards (vautours, marabouts).

Le modèle prédateur-proie de Vito Volterra bi-dimensionnel souvent réduit à un modèle simple et naïf, explore paradoxalement tous les aspects ou presque du problème de la modélisation en dynamique des populations (Ginoux, 2006). La dynamique des populations est la discipline qui tente de rendre compte de l'évolution au cours du temps de l'abondance des populations en interaction. Il y a très longtemps, depuis le XIX<sup>ième</sup> siècle au moins, que les mathématiques y sont utilisées (Scudo et Ziegler, 1978). En mathématiques, les équations de Lotka-Volterra désignées aussi sous le terme de "modèle proie-prédateur", sont un couple d'équations différentielles non-linéaires du premier ordre et sont couramment utilisées pour décrire la dynamique de systèmes biologiques dans lesquels un prédateur et sa proie interagissent. Elles ont été proposées indépendamment par Alfred J. Lotka en 1925 et Vito Volterra en 1926. Le modèle non perturbé décrivant la lutte de deux espèces est celui de Lotka-Volterra de la relation proie-prédateur (Arnold, 1988; Jost, 1998) :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = lx - pxy \\ \frac{dy}{dt} = qxy - my \end{cases} \quad [1], \text{ où :}$$

- **x(t), y(t)** sont les effectifs (ou la densité ou la biomasse) au temps t de proies et de prédateurs respectivement ;
- **l** > 0, **p** > 0, **q** > 0 et **m** > 0 sont des constantes.

Les proies disposent de nourriture en quantité illimitée et les prédateurs se nourrissent des proies.

Les paramètres peuvent s'interpréter de la manière suivante :

- **l** est le taux de croissance (naturel) des proies en l'absence de prédateurs ;
- **p** correspond à la quantité de proies qui disparaît par prédateur ;
- **q** correspond à la quantité de prédateurs qui apparaît par proies ; en général,  $q = e \times p$ , où  $e$  est le taux de conversion de la biomasse de proies de prédateurs ;
- **m** est le taux de décroissance (naturel) ou de mortalité des prédateurs en l'absence de proies.

Toutefois, il est peu probable que le modèle [1] puisse prétendre décrire assez fidèlement la réalité, même si l'on se confine dans le cadre d'un espace des phases à deux dimensions. Ceci nous incite à penser qu'un modèle (Arnold, 1988 ; Pétrovsky, 1988) plus exact est de la forme :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = lx - pxy + x\mathcal{E}f(x, y) \\ \frac{dy}{dt} = qxy - my + y\mathcal{E}g(x, y) \end{cases} \quad [2], \text{ où :}$$

- **x $\mathcal{E}$ f(x,y)** et **y $\mathcal{E}$ g(x,y)** sont les petites corrections négligées lors de l'idéalisation du modèle [1] avec  **$\mathcal{E}$**  un paramètre positif très petit.

On admet que les fonctions **f** et **g** sont différentiables dans une région bornée du plan de phase. Une fois qu'une étude qualitative est réalisée pour le système [1], on peut utiliser ces résultats pour le système [2] proche du système [1], en vertu du théorème de différentiabilité de la solution par rapport au paramètre  **$\mathcal{E}$** . En nous appuyant sur cette méthode, nous allons faire l'étude qualitative du système perturbé de Lotka-Volterra en nous basant sur l'approche de la variation de l'énergie.



## FORMULATION DU PROBLEME

Nous proposons d'utiliser la méthode de la variation de l'énergie pour étudier un système concret et réaliste du modèle de Lotka-Volterra (Lobry, 2006).

Soit  $\Omega$  l'ensemble des couples  $(x,y)$  tels que :  $b \leq x \leq c$  et  $b_1 \leq y \leq c_1$  avec  $b > 0$  et  $b_1 > 0$ . Nous nous proposons d'étudier le comportement asymptotique des trajectoires du système dynamique de Lotka-Volterra (Holling, 1959b) :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x(1-x) - \frac{xy}{a+x} \\ \frac{dy}{dt} = 0.1(-0.3 + \frac{xy}{a+x})y \end{cases} \quad [3], \text{ où :}$$

- $(x, y) \in \Omega$ ,
- $a$  est un paramètre positif et  $1/a$  correspond au taux d'attaque des prédateurs.
- $(1-x)$  : une fonction exprimant la croissance logistique standard des proies ;
- $\frac{x}{a+x}$  : une fonction exprimant l'abondance des proies (proies mangées par un prédateur par unité de temps) ;
- $0.1(\frac{xy}{a+x})$  : une fonction exprimant la quantité de prédateurs qui apparaît par proies ;
- $e = 0.1y$  est le taux de conversion de la biomasse de proies de prédateurs ;
- $0.03$  : ( $m$  dans le système [3]) est le taux de décroissance (naturel) ou de mortalité des prédateurs.

Il s'agit du modèle proie-prédateur avec une croissance logistique de la proie, une mortalité naturelle du prédateur et avec une fonction réponse de type II ou de Holling présentant un effet de saturation haute densité de proies. C'est un résultat bien connu que le modèle de Holling (1959a, 1959b) possède un cycle limite stable (Cheng, 1981 ; Huang et Merrill, 1989 ; May, 1972). Le système [3] peut s'écrire sous la forme :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x - \frac{xy}{a} + \varepsilon x [10x(-a + \frac{y}{a+x})] \\ \frac{dy}{dt} = -0.03y + 0.1\lambda xy + \varepsilon y [ax(-\gamma + \frac{y}{a+x})] \end{cases} \quad [3'], \text{ avec :}$$

- $\gamma > 0$  et  $\varepsilon = 0.1/a$  des paramètres.

En posant  $f(x, y) = 10x(-a + \frac{y}{a+x})$  et  $g(x, y) = ax(-\gamma + \frac{y}{a+x})$ , on peut s'assurer que les quantités  $\varepsilon x f(x, y)$  et  $\varepsilon y g(x, y)$  sont les petites corrections pour  $(x, y) \in \Omega$ . Le modèle non perturbé proie-prédateur associé à [3'] s'écrit :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = x - \frac{xy}{a} \\ \frac{dy}{dt} = -0.03y + 0.1\lambda xy \end{cases} \quad [4].$$

Notre objectif est de démontrer que le système [3] possède un cycle limite globalement stable et de réaliser la simulation pour quelques valeurs du paramètre  $a$ .

## RESULTATS

Formulons les résultats suivants :

### Théorème 1

Les orbites du système [4] sont fermées.

**Preuve**

Les orbites du système [4] sont confondues avec les courbes intégrales de l'équation à variables séparables :

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y(-0.03 + 0.1\gamma x)}{x(1 - \frac{y}{a})} \tag{5}$$

Donc  $\int (\frac{1 - \frac{y}{a}}{y}) dy = \int \frac{-0.03 + 0.1\gamma x}{x} dx$  Soit  $p(x) + q(y) = A$  [6], où :

- **A** est une constante et  $p(x) = 0.1\gamma x - 0.03 \ln x$ ,  $q(y) = \frac{1}{a} y - \ln y$

Les graphiques des fonctions **p** et **q** ont la forme de fosses. Par conséquent, celui de la fonction **p + q** aura aussi la forme d'une fosse ; par suite, les lignes de niveau de la fonction **p + q** sont des courbes fermées concentriques. Les orbites du système [4] non seulement appartiennent à l'ensemble des lignes de niveau de la fonction **p + q** mais sont confondues avec ces lignes.

Il est bon de remarquer que les courbes fermées concentriques tournent autour de l'équilibre  $(x_0, y_0) = (\frac{0.3}{\gamma}, a)$  du système [4].

Pour une valeur positive de A, l'orbite fermée d'équation [6], est difféomorphe au cercle S d'équation :

$$\begin{cases} x - x_0 = A \cos t \\ y - y_0 = -A \sin t \end{cases} \tag{7}, \text{ avec :}$$

- $t \in [0, 2\pi]$ , selon Arnold (1988) et Pétrovsky (1988).

**Théorème 2**

Soit **a**<sub>1</sub> la racine réelle de l'équation :  $-231000a^3 + 773300a^2 - 290030a + 1910027 / 27 = 0$ .

Rappelons qu'une valeur approchée de **a**<sub>1</sub> est : 2,958185079.

Si  $\frac{0.9}{0.97 + 0.3a} < \gamma < \frac{0.9}{0.97 + 0.3a_1}$  avec **a** > **a**<sub>1</sub>, alors le modèle de la relation proie-prédateur [3] possède un cycle limite globalement stable, et donc il y a persistance des deux populations.

**Preuve**

Lorsque nous négligeons les petites corrections  $\epsilon x f(x, y)$  et  $\epsilon y g(x, y)$  avec  $\epsilon = 0.1/a$ , nous obtenons le système [4].

D'après le théorème de différentiabilité par rapport au paramètre pour de petites valeurs de  $\epsilon$ , la solution du système [3] (dans un intervalle de temps fini) diffère de la solution du système [4] d'un terme additif de l'ordre de petitesse de  $\epsilon$ . Par conséquent, pour  $\epsilon$  une quantité suffisamment petite, le point représentatif de la trajectoire du système [3] reste au voisinage d'une orbite fermée d'équation [6] durant un intervalle de temps donné.

Pour déterminer si la courbe de phase du système [3] se rapproche ou s'éloigne de l'équilibre  $(x_0, y_0)$  avec

$x_0 = \frac{0.3}{\gamma}$  ;  $y_0 = a$  pour  $\gamma$  et  $a$  fixés, voyons de combien s'accroît l'énergie

$$E(x, y) = \frac{1}{2} x^2 + \frac{1}{2} y^2 \tag{8} \text{ en une rotation autour du point } (x_0, y_0).$$

Selon Arnold (1988), la spire de courbe de phase inconnue du système [3] étant proche d'une courbe d'équation [6], (difféomorphe au cercle S de rayon A d'équation [7]), nous pouvons intégrer la fonction

$\frac{dE}{dt}$  le long du cercle S ; dans ce cas, la quantité

$$F(A) = - \int_0^{2\pi} \frac{dE}{dt} (x_0 + A \cos t; a - A \sin t) dt \quad [9] \text{ a le même signe que l'accroissement de l'énergie } \Delta E(x,y) :$$

- si  $F(A) > 0$ , la courbe de phase se déroule ;
- si  $F(A) < 0$ , la courbe de phase s'enroule ;
- si  $F(A) = 0$ , alors le système [3] possède un cycle qui est stable lorsque

$$\left. \frac{dF(A)}{dA} \right|_{A=A_0} < 0 \text{ avec } A_0 \text{ une racine simple de la fonction } F.$$

$$\text{Ainsi, } F(A) = \pi(3x_0 - 0.97 - 0.3a)A^2 + \pi[2x_0^3 - 2x_0^2 + (2a + 0.6a^2)x_0 - 1.94a^2 + 0.4a^3] \quad [10]$$

La fonction  $F$  possède une racine simple  $A_0$  définie par :

$$A_0 = \sqrt{\frac{2x_0^3 - 2x_0^2 + (2a + 0.6a^2)x_0 - 1.94a^2 + 0.4a^3}{0.97 + 0.3a - 3x_0}} \quad [11] \text{ et } \left. \frac{dF(A)}{dA} \right|_{A=A_0} = 2\pi(3x_0 - 0.97 - 0.3a)A_0 < 0$$

$$\text{à condition que } \begin{cases} 3x_0 - 0.97 - 0.3a < 0 \\ 2x_0^3 - 2x_0^2 + (2a + 0.6a^2)x_0 - 1.94a^2 + 0.4a^3 > 0 \end{cases} \quad [12]$$

Pour déterminer les conditions sur  $x_0$  et  $a$  vérifiant les inégalités [12], procédons de la manière suivante :

posons  $u = x_0$  et considérons la fonction  $h$  définie sur  $]0; +\infty[$  par :

$$h(u) = 2u^3 - 2u^2 + (2a + 0.6a^2)u - 1.94a^2 + 0.4a^3$$

La racine réelle de l'équation  $h(u) = 0$  est :

$$\lambda = \frac{1}{3} + \left(-\frac{\sigma}{2} + \sqrt{B}\right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{\sigma}{2} - \sqrt{B}\right)^{\frac{1}{3}} \text{ avec :}$$

$$B = \left(\frac{\theta}{3}\right)^3 + \left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 \text{ et } \theta = -\frac{1}{3} + a + 0.3a^2 ; \sigma = 0.2a^3 - 0.87a^2 + \frac{1}{3}a - \frac{2}{27}.$$

Or la fonction  $h$  est strictement croissante sur  $[\lambda; +\infty[$  ; ce qui entraîne :  $h(u) > h(\lambda) \iff u > \lambda$ . Par ailleurs, de la relation [12] on a :

$$3u - 0.97 - 0.3a < 0 \iff u < \frac{0.97 + 0.3a}{3}$$

Déterminons les valeurs de  $a$  telles que

$$\lambda = \frac{0.97 + 0.3a}{3} \iff -231000a^3 + 773300a^2 - 290030a + 1910027 / 27 = 0 \quad [13]$$

Soit  $a_1$  la racine réelle de l'équation [13] ;

si  $a_1 < a$  on obtient  $\frac{0.97 + 0.3a_1}{3} < \frac{0.97 + 0.3a}{3}$  et on peut conclure que

$$\frac{0.97 + 0.3a_1}{3} < u < \frac{0.97 + 0.3a}{3} \text{ et } h(u) > 0 ; \text{ d'où } \frac{0.9}{0.97 + 0.3a} < \gamma < \frac{0.9}{0.97 + 0.3a_1}$$

- lorsque  $A < A_0$ , alors  $F(A) > 0$  et la courbe de phase se déroule et se rapproche du cycle de l'intérieur ;
- lorsque  $A > A_0$  alors  $F(A) < 0$  et la courbe de phase s'enroule et se rapproche du cycle de l'extérieur.

Ainsi, le cycle est limite. Par conséquent, nous obtenons que le système [3] possède un cycle limite stable proche de la courbe d'équation  $p(x) + q(y) = A_0$  sur le plan de phase, pour  $\gamma$  et  $a$  fixés.

Pour tout  $a > a_1$  et pour  $\gamma \in \left] \frac{0.9}{0.97+0.3a}; \frac{0.9}{0.97+0.3a_1} \right[$  le système [3] de Lotka-Volterra possède un cycle limite globalement stable.

**SIMULATION ET DISCUSSION**

La simulation repose sur une valeur donnée de  $a < a_1$  et sur une valeur donnée de  $a > a_1$ . Pour résoudre le système dynamique, la méthode de Runge-Kutta d'ordre 4 avec un pas  $h = 0.01$  est utilisée (Figures 1 et 2).

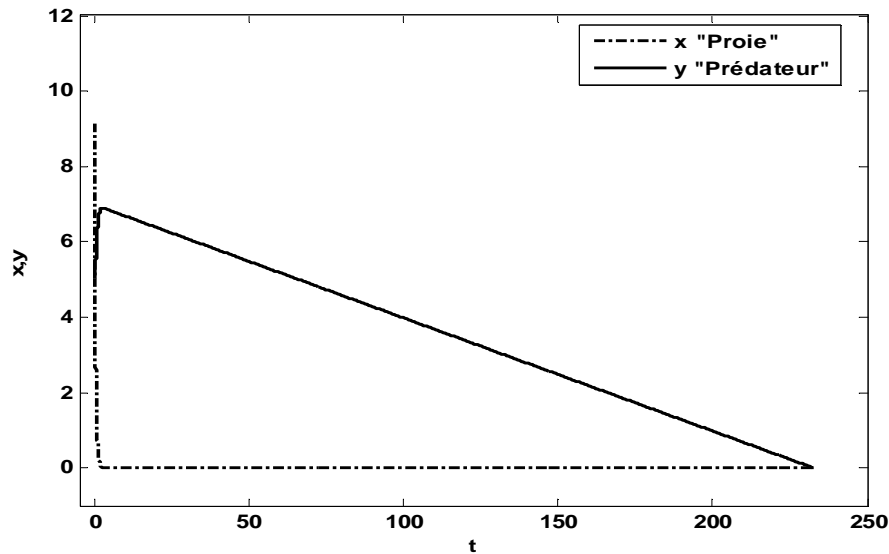


Figure 1. Comportement des courbes de x et y pour  $a = 2$ ,  $x_{initial} = 10$  et  $y_{initial} = 5$

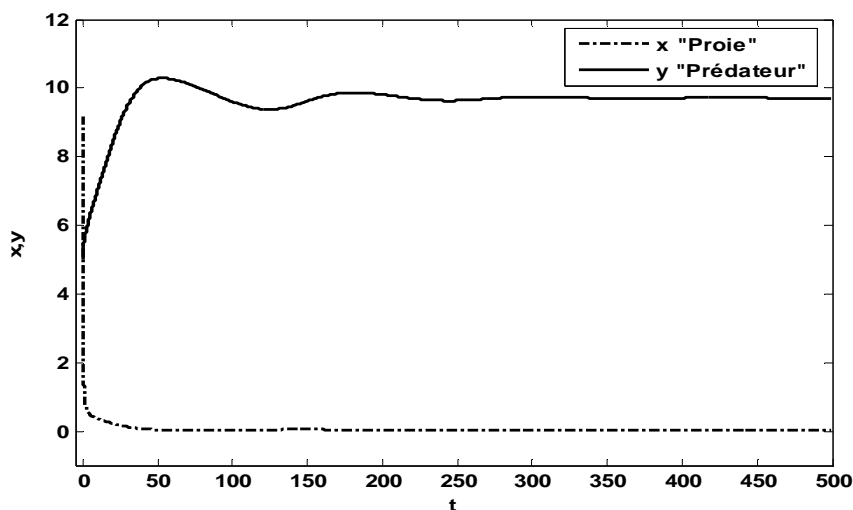


Figure 2. Comportement des courbes de x et y pour  $a=10$ ,  $x_{initial} = 10$ ,  $y_{initial} = 5$

Lorsque  $a = 2$  et pour la valeur initiale de  $x(t) = 10$  et pour celle de  $y(t) = 5$  (figure 1), le nombre de prédateurs augmente dans un premier temps et par la suite commence à diminuer jusqu'à disparaître pendant que le nombre de proies diminue sensiblement et devient stationnaire. Ce qui ne garantit pas la persistance des 2 populations aux travers des dynamiques cycliques. La figure 1 montre également que zéro n'est pas une solution et que zéro est un équilibre jamais atteint par le système.

Lorsque  $a = 10$  et pour la valeur initiale de  $x(t) = 10$  et pour celle de  $y(t) = 5$  (figure 2), le nombre de prédateurs augmente jusqu'à devenir stationnaire pendant que le nombre de proies diminue jusqu'à devenir stationnaire. Ce qui garantit la persistance des 2 populations aux travers des dynamiques cycliques.

Comme l'analyse Ginoux (2006) ce modèle idéal et simplifié qui est devenu dans l'étude des systèmes dynamiques non linéaires une sorte de référence. Volterra était parfaitement conscient des limites de ce modèle et des hypothèses qui lui sont attachées, dont celle qui consiste à supposer le milieu invariable et sans influence sur le taux de croissance et celle qui considère l'homogénéité des individus de chaque espèce. Plus tard, on observera qu'il est plus approché de la réalité de supposer que les coefficients d'accroissement dépendent non seulement, pour chaque instant, des valeurs actuelles des grandeurs  $N_i$  (caractérisant l'espèce  $i$ ) mais aussi des valeurs passées jusqu'à une époque plus ou moins reculée. Il ne faudra plus seulement les considérer comme des fonctions des  $N_i$ , mais comme des fonctionnelles, et cela nous conduira à des équations intégral-différentielle que nous rapprocherons de celles auxquelles on est conduit, dans la mécanique dite héréditaire. Pour le modèle de Volterra, le problème de la vérification expérimentale consiste à trouver des preuves empiriques vérifiant directement les lois déduites du modèle et non pas en justifier la validité d'une façon indirecte, c'est-à-dire à partir de l'efficacité de certaines de ses conséquences. Ainsi, si Volterra a cherché à mettre à la disposition des Sciences Biologiques ses travaux de recherches mathématiques il semble que ce soit toujours dans le but de décrire le plus fidèlement possible la réalité. On verra se compliquer peu à peu les hypothèses de façon à se rapprocher davantage de la réalité.

Le nombre et la densité de prédateurs par rapport au nombre et à la densité de proies influent directement sur la dynamique des populations de proies et de prédateurs. Ces relations d'intersubsistance ont deux conséquences essentielles sur la structure des biocénoses : la première que l'on qualifiera d'organisation spatiale et la seconde est une organisation temporelle. Dans les relations proies-prédateurs, il convient de distinguer :

- les réponses du prédateur vis à vis d'une proie,
- les effets de la prédation sur les populations de proies et
- les rôles de la prédation. Parmi les différents types de réponses d'un prédateur aux variations d'abondance d'une proie.

On peut distinguer avec Holling (1959a et 1959b) 2 types de réponses :

- réponse fonctionnelle : augmentation du nombre de proies consommées lorsque la densité de la proie augmente ;
- réponse(s) numérique(s) : changement de densité du prédateur lorsque le nombre de proie augmente.

Cela revient à dire que lorsque le nombre de proies disponibles augmente, un prédateur peut d'abord réagir en modifiant son taux de prédation (réponse fonctionnelle) et ensuite augmenter ses effectifs (réponse numérique).

A l'heure actuelle, le seul exemple d'écosystème prédateurs-proies présentant une évolution cyclique et ayant utilisé le modèle de Volterra (1931) est la célèbre statistique de l'Hudson's Bay Company portant sur l'évolution cyclique des populations de lynx (prédateur) et de lièvres (proie) dans un parc canadien ([www.crdp.ac-grenoble.fr](http://www.crdp.ac-grenoble.fr)). En effet, des simulations relatives à des variations simultanées ou non de chacun des paramètres  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$  permettent de prévoir les niveaux de peuplement des deux espèces et de raisonner des politiques de protection de certaines espèces animales menacées, d'autorisation de chasse d'une espèce, de réchauffement de l'atmosphère ou de protection des lieux de reproduction de certaines espèces dans un parc.

Le modèle de Volterra (1931) est fréquemment utilisé dans un but de gestion d'un parc naturel et Gnanhoui David (2007) a aussi eu recours à ce modèle afin d'établir une relation proie-prédateur entre les populations de serpents (prédateurs) et de rongeurs (proies) dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari au Nord-Ouest du Bénin. Cet auteur, a souligné que ces espèces ophidiennes, chacune en ce qui la concerne, jouent un rôle dans le maintien de l'équilibre écologique en contribuant à maintenir en dessous du seuil de nuisibilité les populations de mammifères rongeurs, de chauves-souris, d'oiseaux, d'autres reptiles, de mollusques, d'arthropodes et autres invertébrés. Leur comportement dans le temps et dans l'espace peut servir de bio-indication dans le suivi de l'évolution de la pollution de l'environnement dans cette Réserve.

## CONCLUSION

A travers ce travail, nous avons montré par l'approche de la variation de l'énergie que le modèle proie-prédateur de Lotka-Volterra possède un cycle limite globalement stable. Dans ce cas, il y a une persistance des deux populations aux travers de dynamiques cycliques et les variations périodiques de la taille de ces deux populations ne sont pas dues à des variations de leur environnement mais elles s'auto entretiennent : une diminution du nombre de proies entraîne une diminution du nombre de prédateurs qui en viennent à manquer de nourriture, diminution qui, à son tour, rendra possible une nouvelle augmentation du nombre de proies profitant de l'absence de prédateurs, augmentation qui va permettre un redémarrage de la croissance des prédateurs et ainsi de suite.

Le modèle de Lotka-Volterra (proie-prédateur) développé ici a un intérêt pour les gestionnaires des parcs nationaux telles que la Réserve de Biosphère de la Pendjari et la Réserve de Biosphère Transfrontalière du W. En effet, il permettra aux gestionnaires de ces parcs ou des aires protégées de mieux contrôler la dynamique des populations animales impliquées dans des relations interspécifiques tels que le commensalisme, la compétition et la prédation. Ainsi, il servira à prédire la taille des populations des prédateurs (lions, ophidiens et autres carnivores, etc.) en fonction de celle des proies (antilopes, rongeurs et autres herbivores, oiseaux, etc.) si elle venait à être limitée par divers facteurs environnementaux autres que la prédation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arnold, V., 1988 : Equations différentielles ordinaires. Editions Mir, Moscou.
- Borcard, D., 2007 : Les communautés. Cours 3. Département de Sciences Biologiques, Université de Montréal. 11 p.
- Cheng, K.S., 1981: Uniqueness of a limit cycle for a predator-prey system. *SIAM J. Math. Anal.* 12: 541-548.
- Ginoux, J-M., 2006 : Le paradoxe du modèle prédateur-proie de Vito Volterra. Laboratoire P.R.O.T.E.E., Université du Sud, I.U.T. de Toulon, B.P. 20132, 83957, LA GARDE Cedex, France. 13 p.
- Gnanhoui David, S.S.S., 2007 : Contribution à une meilleure connaissance de la diversité faunique dans la Réserve de Biosphère de la Pendjari : Inventaire des Ophidiens et leur rôle dans les écosystèmes. Mémoire d'Ingénieur des Travaux, EPAC/UAC, Bénin. 129 p.
- Holling, C. S., 1959a: The components of predation as revealed by a study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *The Canadian Entomologist* 91: 293-320.
- Holling, C.S., 1959b: Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *The Canadian Entomologist* 9: 385-398.
- Huang, X.C., Merrill, S.I., 1989: Conditions for uniqueness of limit cycles of general predator-prey systems. *Math. Biosci.* 96: 47-60.
- Jost, C., 1998 : Comparaison qualitative et quantitative de modèles proie-prédateur à des données chronologiques en écologie. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon.
- Lobry, C., 2006. Mathématiques, Informatique et Dynamique des populations. Actes du 8<sup>ème</sup> Colloque Africain sur la Recherche en Informatique, Cotonou, Bénin, CARI' 06 : 25-26.
- May, R.M., 1972: Limit cycles in predator-prey communities. *Science* 177: 900-902.
- Petrovsky, I., 1988. Théorie des équations différentielles ordinaires et des équations intégrales. Editions Mir, Moscou.
- <http://www.crdp.ac-grenoble.fr/imal/delahaye/prédateur/prédateur.html> consulté le 29/12/2008 à 20 heures.
- Scudo, F.M., Ziegler, J.R., 1978: The golden age of theoretical ecology: 1923-1940. Springer-Verlag, Berlin.
- Rosenheim, J.A., 1998: Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 421-447.
- Volterra, V., 1931: Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. In: Animal ecology. McGraw-Hill. Traduit de l'édition de 1928 par R. N. Chapman.

## Influence des systèmes d'exploitation agricole sur l'intensité de la dégradation des terres dans le Département des Collines au Bénin

A. M. Igué<sup>10</sup>, V. Agossou<sup>11</sup> et F. T. Ogouvidé<sup>11</sup>

### RESUME

Une étude a été conduite dans les sites R-D (Recherche-Développement) de la région Centre du Bénin pour apprécier l'incidence des systèmes d'exploitation agricole sur le niveau de la matière organique et du stock en éléments nutritifs des sols. Une enquête a été menée dans les villages des sites R-D pour identifier les systèmes d'exploitation pratiqués et l'analyse d'échantillons de sols a été faite au laboratoire afin d'évaluer le stock de nutriments et de matière organique. Trois principaux types de systèmes d'exploitation ayant une influence sur la capacité productive des sols ont été identifiés dans la région Centre du Bénin : systèmes relativement équilibrés (27 % des exploitations) ; systèmes médiocrement équilibrés (30 % des exploitations) ; systèmes déséquilibrés (43 % des exploitations). Les pratiques qui concourent à la durabilité des systèmes d'exploitation sont la culture des légumineuses, la pratique de la jachère, l'incorporation des résidus végétaux, la fertilisation minérale et l'agroforesterie. L'impact de ces systèmes d'exploitation sur les teneurs en nutriments du sol a montré que les taux de carbone et d'azote sont les critères pertinents permettant d'établir une relation entre le type de système d'exploitation et le niveau de dégradation du sol. Le taux de phosphore et des bases échangeables n'ont pas présenté une tendance nette en rapport avec les systèmes d'exploitation.

**Mots clés :** Recherche-Développement, Agriculture, Système d'exploitation, dégradation des terres, Bénin

## Influence of agricultural exploitation system on land degradation intensity in Collines' Department of Benin

### ABSTRACT

A Study was conducted in R-D (Research-Development) sites of Central Benin region to measure the impact of existing agricultural systems on soil organic matter and soil nutrients contents. The surveying is done in villages in R-D sites to identify existing systems and analysing soil samples is done in the laboratory for soil nutrient contents determination. In the Central Benin region, different land used and different soil fertility levels were identified within the same agricultural system and soil. However, there is a lack of knowledge of relationship between land degradation and agricultural system. Three main types of agricultural systems were identified to have influence on soil productivity in the Central region of Benin: relatively balanced systems (27 % of the exploitations); indifferently balanced systems (30 % of the exploitations); unbalanced systems (43 % of the exploitations). The practices that contribute to the durability of the operating systems are the cropping of the leguminous, the practice of the fallow, the incorporation of plant residue, the mineral fertilization and the agro forestry. The impact of these agricultural systems on soil fertility shows carbon (C) and nitrogen (N) as criteria to establish relationship between agricultural system and land degradation. The rate of phosphorus (P) and exchangeable cations didn't present a clear relation with the operating systems.

**Key words:** Research-Development, Agriculture, operating system, land degradation, Benin

### INTRODUCTION

La dynamique des agro-systèmes et des structures agraires dans la zone agro-écologique centre du Bénin (Département des Collines) a entraîné une évolution négative de l'état et du comportement des sols (Agossou et Igué, 2002). Les paysans se plaignent de la "fatigue" de leurs sols parce qu'ils constatent que les rendements agricoles baissent considérablement malgré des investissements en temps de travail de plus en plus élevés. Face à cette situation, le besoin d'améliorer la productivité de la terre et du travail apparaît comme une priorité. A ces besoins s'ajoute la nécessité de préserver les ressources naturelles et la biodiversité par la promotion des modes d'exploitations durables et reproductibles. Cette réalité s'impose lorsqu'on sait que le déclin des rendements de cultures résulte de la dégradation progressive des terres qui ont déjà une faible fertilité naturelle.

<sup>10</sup> Dr Ir. Attanda Mouïnou Igué, Laboratoire des Sciences du Sols, Eaux et Environnement (LSSEE/CRA-Agonkanmey/INRAB), 01 BP 988 Cotonou 01, République du Bénin, E-mail: [igue\\_attanda@yahoo.fr](mailto:igue_attanda@yahoo.fr)

<sup>11</sup> Ir. Valérien Agossou et Ir. Fortuné T. Ogouvidé, Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA-Centre/INRAB), Savè, République du Bénin, E-mail : [cracentre@intnet.bj](mailto:cracentre@intnet.bj), [valagoss@yahoo.fr](mailto:valagoss@yahoo.fr), [Ogouvide\\_fortune@yahoo.fr](mailto:Ogouvide_fortune@yahoo.fr)

La dégradation continue des sols occasionnée par des systèmes d'exploitation, l'érosion, la baisse de la matière organique, l'épuisement des nutriments, etc., risque de causer des dommages irréversibles à l'environnement. Une telle évolution représente une menace directe pour la survie des populations rurales, particulièrement celle des petits cultivateurs des produits vivriers qui sont majoritaires dans le Département des Collines. Actuellement, le taux de la croissance démographique (3,5 %) est supérieur au taux d'accroissement de la production (MCPD 2004). Les agriculteurs ont alors intensifié leur production en raccourcissant les périodes de jachère à l'intérieur de leur système traditionnel d'agriculture itinérante ; ce qui amenuise sévèrement la capacité naturelle des sols à se régénérer. Sur les sites de Recherche-développement (sites R-D), comme partout ailleurs dans le Département des Collines, on note dans les exploitations agricoles différents systèmes d'exploitation des terres et différents niveaux de fertilité (van der Pol *et al.*, 1993), même au niveau d'un même type de sol.

La présente étude a essayé d'approfondir la connaissance sur la dégradation chimique notamment la baisse de la matière organique et l'épuisement en éléments minéraux des sols, en liaison avec les modes d'exploitation des terres dans la zone agro-écologique centre du Bénin.

## 1. ZONE D'ETUDE

La zone agro-écologique Centre va du parallèle passant par Djidja au parallèle passant par Papané au nord. Les zones étudiées sont comprises entre les latitudes 7° 45' et 8° 40' Nord et les longitudes 2° 20' et 1° 35' Est (figure 1).

Le climat est de type soudano-guinéen, avec une saison de pluie de mars à octobre et une pluviométrie annuelle moyenne d'environ 1.200 mm ; dans la partie sud une baisse de la pluviométrie en août permet de parler d'un climat à 2 saisons de pluie.

Le paysage est une pénéplaine ondulée avec des collines d'altitude moyenne 300 m sur du matériau précambrien constitué de roches grenues plus ou moins métamorphosées : granite, granito-gneiss, gneiss et gneiss œillé (Dubroeuq, 1967).

Le réseau hydrographique est très hiérarchisé avec de petites vallées à fond plat.

La végétation varie de la savane arborée arbustive au sud vers une forêt semi décidue au nord- ouest. Des îlots arborés parsèment l'ensemble de la zone (Igué *et al.*, 2005).

La pression démographique est relativement faible, environ 26 habitants/km<sup>2</sup> (MCPD, 2004).

La terre ne semble pas constituer un facteur limitant pour l'agriculture dans la région. On a environ 3 ha par tête mais on distingue des zones de forte pression démographique et autres au sud et le long de l'axe routier Dassa-Parakou, tandis que la partie nord constitue une zone d'accueil pour les migrants venant du Sud (Agossou et Igué, 2002). Les principaux groupes socio-culturels sont les Tchabè, les Idacha, les Mahi et les Nagot (CeRPA, 2005).

En ce qui concerne les systèmes d'exploitation, les principales cultures vivrières sont : le maïs, le manioc, l'igname, l'arachide, le niébé et le sorgho. L'élevage peu développé porte sur les petits ruminants, la volaille, les porcins et les bovins en petit effectifs (CeRPA, 2005).

La région centre est une zone de transition où les ressources naturelles existantes sont menacées et il urge de proposer des types d'exploitations qui préservent le potentiel productif des terres.

Les villages retenus pour l'étude sont ceux abritant les sites actuels de Recherche-Développement du Centre de Recherches Agricoles Centre (CRA-Centre) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Ces choix ont été faits conformément au thème de l'étude qui vise à caractériser les sols desdits sites. Ainsi, ont été sélectionnés les villages Akpéro et Gbanlin dans la Commune de Ouessè, le village Gomé dans la Commune de Glazoué et le village Miniffi dans la Commune de Dassa-Zoumè.



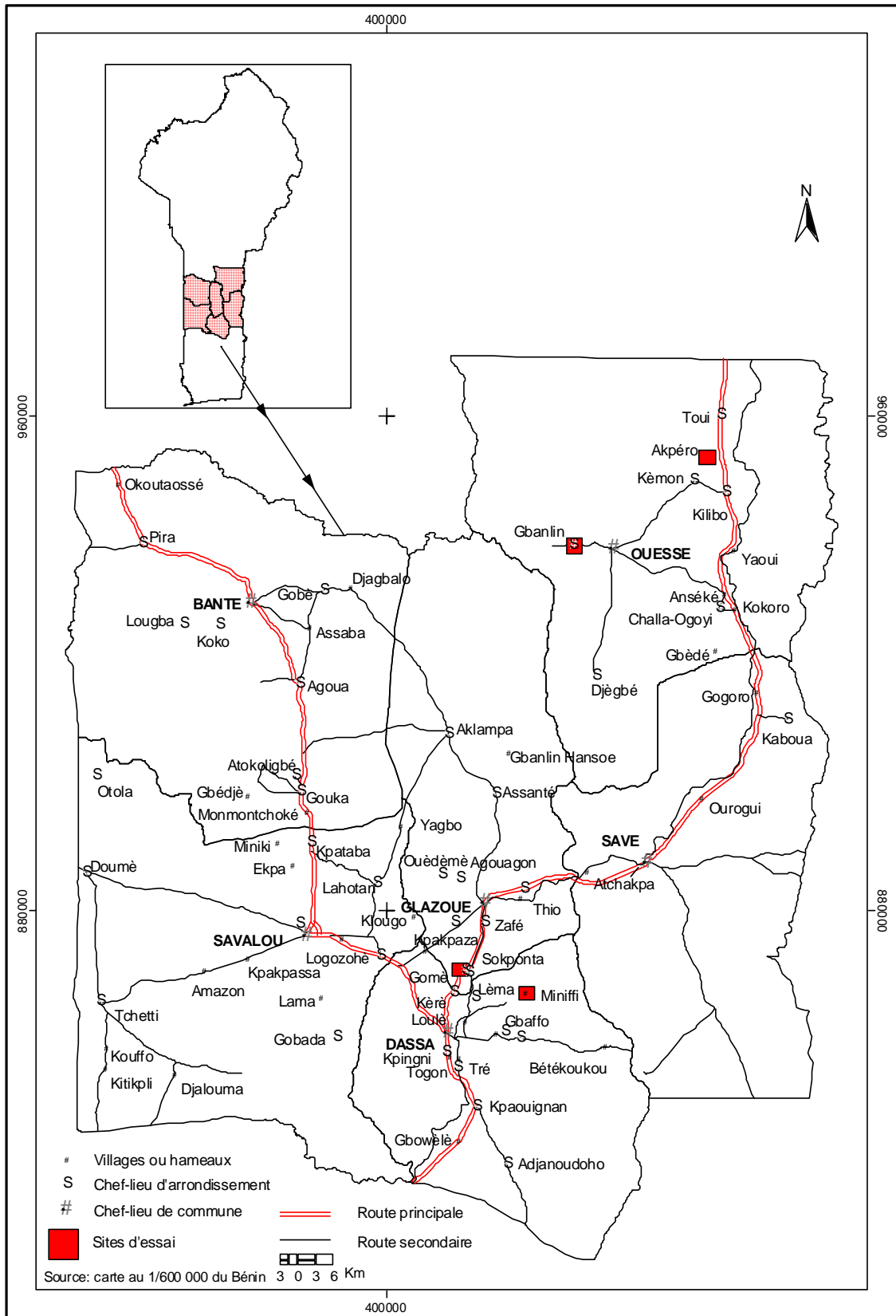


Figure 1. Carte de situation de la zone d'étude

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Echantillonnage des exploitations agricoles

Les critères qui ont guidé le choix des exploitations agricoles sont les contraintes agricoles, l'accessibilité aux principales ressources (terre, main d'œuvre, capital et gestion) et les activités hors exploitation. En effet, il est établi que ces facteurs varient fondamentalement suivant les ménages agricoles et influencent fortement les décisions en matière de gestion de la fertilité des sols (Adégbola *et al.* 2003).

A cet effet, une catégorisation des exploitations agricoles suivant l'approche de classement par niveau de prospérité développée par Grandin (1988) a été adoptée. Par conséquent, 6 personnes-ressources ayant une bonne connaissance des exploitations agricoles ont été identifiées et réunies par village. Par un entretien de groupe, il leur est demandé d'abord de définir la notion de prospérité (richesse) telle que perçue dans le village. Ensuite, ces personnes-ressources hiérarchisent les critères déterminant la prospérité. Enfin, elles classent chacun des chefs d'exploitations du village, préalablement recensés, dans leur catégorie, réalisant ainsi une typologie de ceux-ci.

Cette méthode a permis de différencier les exploitations agricoles en fonction de leur accès et contrôle des ressources telles que les populations elles-mêmes définissent la notion de prospérité.

Ce classement réalisé dans chacun des villages a servi de base pour le choix des chefs d'exploitation agricole enquêtés. Par ailleurs, les différents types de sols identifiés (sols ferrugineux appauvris évolué d'apport, sols ferrugineux tropicaux remaniés, sols ferrallitiques peu désaturés, sols ferrugineux tropicaux lessivés peu concrétionnés, sols ferrugineux tropicaux lessivés concrétionnés ou indurés et sols hydromorphes) dans chaque village par Agossou et Igué (2002) ont été aussi pris en compte dans les critères de choix. Ainsi, un échantillon de 36 chefs d'exploitation a été retenu par village, soit un total de 144 chefs d'exploitation enquêtés dans les 4 villages en fonction des types de sols exploités et niveau de dégradation.

Le tableau I présente les différents échantillons. Toutefois, il importe de souligner que la plupart des chefs d'exploitation ont au moins 2 champs situés sur des sols différents qu'ils cultivent.

**Tableau I. Répartition des chefs d'exploitation enquêtés par catégorie**

Caractéristiques	Village				Total
	Akpéro	Gbanlin	Gomé	Miniffi	
Catégorie 1 (Chef d'exploitation prospère)	7	10	9	10	36
Catégorie 2 (Chef d'exploitation moyennement prospère)	16	12	14	12	54
Catégorie 3 (Chef d'exploitation pauvre)	13	14	13	14	54
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>144</b>

### Collecte des données

Les travaux ont consisté essentiellement en des enquêtes auprès des chefs d'exploitation sur la base d'un questionnaire structuré ou semi-structuré. Ce questionnaire a intégré les axes ci-après : l'identification du chef d'exploitation ; les caractéristiques du ménage ; les systèmes de cultures ; les systèmes d'élevage ; les modes de gestion de la fertilité ; les stratégies de production ; les mesures anti érosives ; les arbres sélectifs dans les champs.

Avant de passer à la phase d'interview proprement dite, le questionnaire a été testé dans chacun des villages d'étude auprès des paysans (pré-enquête) puis amélioré. La conduite de l'enquête s'est déroulée à domicile, à la place publique du village, dans les bureaux des sites R-D ou au champ pour certains chefs d'exploitation.

### Analyse des données

Au terme des enquêtes de terrain, les données collectées ont été codifiées et traitées. L'analyse multivariée (analyse en composante principale, analyse discriminante et cluster analysis) a été utilisée pour l'analyse des données à l'aide du logiciel SAS (Statistical Analysis System, 1989). Cette analyse a permis d'effectuer la typologie des exploitations agricoles au niveau de chacun des villages. Par ailleurs, elle a permis de ressortir par village les variables les plus discriminantes parmi celles collectées et exploitées. Enfin, les exploitations agricoles les plus représentatives de chacune des classes par village ont été dégagées en calculant la probabilité *à posteriori* pour chaque exploitation d'appartenir à sa classe. Chaque exploitation dont la probabilité *à posteriori* est supérieure ou égale à 0,50 dans une classe est considérée comme bien classée. Cette dernière analyse permet de situer chaque nouvelle exploitation dans une classe grâce à la fonction linéaire discriminante.

## 2.2. Mesure de l'intensité de dégradation des terres

### Echantillonnage de sols

Sur la base des résultats de l'analyse multivariée précédente, des échantillons de sol ont été prélevés par catégorie d'exploitation et par type de sol au niveau de chacun des villages d'étude. Pour le prélèvement des échantillons, 3 répétitions ont été faites par type de sol. Par ailleurs, les 2 principaux types de sol ont été pris en compte par village d'étude. Au total 66 échantillons de sol ont été prélevés dans les 4 villages, dont 12 à Miniffi et 18 dans chacun des autres villages (Gomé, Akpéro et Gbanlin). Le prélèvement des échantillons a été fait dans les champs des chefs d'exploitations agricoles.

### Analyse des données

Les échantillons de sol prélevés au moyen de la tarière hollandaise ont été analysés au Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey/INRAB). Les analyses ont porté sur la granulométrie, le taux de carbone organique (C), le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), l'azote total (N), le phosphore ( $P_2O_5$ ) assimilable, le potassium ( $K_2O$ ), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) échangeables selon la méthode de Tran Vinh An (1976). Les caractéristiques chimiques des sols différenciés ont été comparées à celles des unités de Base de Référence Mondiale des Ressources (BRMS), (FAO, 1998) en sols pour la confirmation des classifications. Par ailleurs, la disponibilité en différents éléments nutritifs (N, P, K, Ca et Mg) a été évaluée au niveau de chaque type de sol. Cette évaluation a été mise en relation avec les différentes stratégies de gestion des terres. Enfin, les besoins des principales cultures pratiquées ont été rapportés aux caractéristiques de chacun des types de sol, notamment les réserves minérales.

### Restitution villageoise

Au terme de l'étude et des analyses, une restitution des résultats a été faite dans chacun des villages. Ce qui a permis de recueillir et de prendre en compte les suggestions des populations par rapport à l'analyse sur l'évolution de la capacité de production des sols et les modes de leur exploitation.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Catégorisation des producteurs par niveau de prospérité dans les villages des sites de la RD

#### Critères de catégorisation

Quinze (15) critères ont permis de catégoriser les chefs d'exploitation agricole (tableau II).

Tableau II. Critères de catégorisation des chefs d'exploitation agricoles

N°	Critères	Villages			
		Akpéro	Gbanlin	Gomé	Miniffi
1	Superficie disponible	-	-	+	-
2	Superficie cultivée	+	-	+	-
3	Sécurité alimentaire	+	+	+	+
4	Satisfaction des besoins du ménage	+	+	+	+
5	Scolarisation et soin des enfants	-	-	-	+
6	Capacité à faire face aux imprévus (maladie, décès, ...)	+	+	-	-
7	Capacité à dégager des excédents agricoles pour le marché	-	+	+	+
8	Main-d'œuvre familiale contrôlée	+	+	-	-
9	Taille de la plantation d'anacardiés	+	-	+	-
10	Capacité à engager la main-d'œuvre	+	+	+	-
11	Capacité à investir dans l'achat d'intrants agricoles	-	+	+	-
12	Type de maison construite	+	+	+	+
13	Moyen de déplacement (vélo, moto, auto)	+	+	+	+
14	Autres équipements disposés (moulin, ...)	+	+	+	+
15	Capitalisation sous forme de troupeaux de bovin	-	-	+	-

**+** : Présence du critère dans le village

**-** : Absence du critère dans le village

Ces critères sont regroupés en 4 groupes de critères indicateurs de prospérité dans les 4 villages R-D du CRA-Centre (Grandin, 1988). Il s'agit des critères relatifs :

- au contrôle des facteurs de production (terre, main-d'œuvre, capital financier, intrants agricole) ;
- à la gestion des facteurs de production (superficie cultivée, plantation, etc.) ;
- à la source et à la valorisation du capital financier (excédent agricole commercialisé, achat d'intrants agricoles, accumulation de biens tels que maison, moyens de déplacement, bétail) ;
- à la satisfaction des besoins fondamentaux du ménage (alimentation, santé, logement, éducation).

Cinq (5) critères sont communs aux 4 villages à savoir : sécurité alimentaire ; satisfaction des besoins du ménage ; type de maison construite ; type de moyen de déplacement. Les 10 autres critères sont des critères différentiels en particulier la superficie disponible, la scolarisation et la santé (soin) des enfants, puis la capitalisation sous forme de troupeaux de bovins.

### **Principales catégories de chefs d'exploitation agricole**

Trois (3) catégories de chefs d'exploitation ont été distinguées dans chacun des villages d'étude :

- chefs d'exploitation prospères (catégorie 1) ;
- chefs d'exploitation moyennement prospères (catégorie 2) ;
- chefs d'exploitation pauvres (catégorie 3).

Le tableau III présente par village l'importance numérique et la proportion de chacune des catégories.

**Tableau III. Nombre et proportion des différentes catégories de chefs d'exploitation dans les villages R-D centre**

Catégorie	Akpéro		Gbanlin		Gomé		Miniffi		Total	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Catégorie 1	23	15	59	18,4	23	12	28	11	133	14
Catégorie 2	52	35	148	46,3	79	40	106	41	385	42
Catégorie 3	74	50	113	35,3	94	48	123	48	404	44
<b>Total recensé</b>	<b>149</b>	<b>100</b>	<b>320</b>	<b>100</b>	<b>196</b>	<b>100</b>	<b>257</b>	<b>100</b>	<b>922</b>	<b>100</b>

Dans l'ensemble des 4 villages d'étude, les chefs d'exploitation pauvres sont de 2 % plus nombreux que ceux de prospérité moyenne tandis que les chefs d'exploitation prospères sont pratiquement 3 fois plus minoritaires que les 2 autres catégories. Cette tendance se confirme pour les villages d'Akpéro, de Gomé et de Miniffi. Pour le village de Gbanlin, la tendance est inversée et ce sont les chefs d'exploitation de prospérité moyenne qui sont plus importants que ceux pauvres et la différence est de 11 %. Certes, les chefs d'exploitation prospères sont 2 à 2,5 fois plus nombreux que les 2 autres catégories. Cette situation pourrait s'expliquer par la relative aisance généralement constatée au niveau de Gbanlin où les transactions commerciales de produits vivriers comme l'arachide, le manioc transformé en gari, le maïs et le voandzou sont très élevées. De plus, les possibilités d'appropriation de nouvelles terres par une simple occupation sont encore assez grandes. Par ailleurs cette aisance se traduit encore par le nombre relativement élevé des chefs d'exploitation qui ont pu s'accumuler du patrimoine (maisons en matériaux définitifs construites dans ce village, à Ouessè ou ailleurs, véhicule, moto) et ceci toujours grâce à l'agriculture. Ce qui n'est pas le cas dans les 3 autres villages.

La caractérisation des catégories a pris en compte les aspects relatifs au contrôle et la gestion des facteurs de production, l'origine et la valorisation du capital financier, et enfin la satisfaction des besoins du ménage. Ainsi, en ce qui concerne la:

- **Catégorie 1**, il est à remarquer que :
  - ❖ Les chefs d'exploitation prospères possèdent assez de terres acquises surtout par héritage ou simple occupation. En dehors du village de Gomé, l'occupation de nouvelles terres est encore possible dans les 3 autres villages d'étude mais à des degrés divers. Ces chefs d'exploitation sont considérés comme les riches du village.
  - ❖ Ils cultivent une grande partie de leurs terres (plus de 10 ha), disposent de nombreux actifs agricoles et investissent dans l'agriculture en ayant recours à la main-d'œuvre salariée et aux engrais chimiques. Les plantations sont assez importantes et ce sont surtout celles d'anacardiens, de tecks et de manguiers.
  - ❖ Ils pourvoient aisément aux besoins alimentaires de leur ménage durant toute l'année et dégagent des excédents agricoles substantiels pour le marché. Grâce aux recettes

obtenues, ils arrivent à faire face aux imprévus : maladies, accidents ou décès des membres du ménage. Ils envoient leurs enfants à l'école et supportent les charges y afférentes.

- ❖ Ils ont pu construire des maisons (3 à 4) en matériaux définitifs pour eux-mêmes et leurs enfants et ont accumulé d'autres biens tels que : motos, auto, matériels de culture attelée, moulin, bétail, etc.
- **Catégorie 2**, il ressort ce qui suit :
  - ❖ Les chefs d'exploitation de prospérité moyenne comprennent beaucoup de jeunes nouvellement indépendants. Ils ont moins de terres (3 à 5 ha) acquises par héritage ou par occupation et moins de superficie cultivée que ceux de la catégorie 1. Ils n'ont pas assez d'actifs agricoles. Ils ont recours à la main-d'œuvre salariée mais investissent peu dans les engrais chimiques. Les plantations dont les superficies sont en extension sont faites d'anacardiens et de manguiers.
  - ❖ Ils assurent la sécurité alimentaire de leur ménage durant l'année mais ne dégagent que très peu d'excédents agricoles commercialisables. Ils arrivent tant bien que mal à faire face aux divers imprévus du ménage et aux charges liées à la scolarité de leurs enfants.
  - ❖ Ils ont pu construire des maisons (1 à 2) en matériaux définitifs et ont acheté des motos. Certains ont du bétail.
- **Catégorie 3**, il apparaît clairement que :
  - ❖ C'est la catégorie des pauvres du village. Ils ont très peu de terres (< 1 ha) acquises par héritage et en cultivent peu. Ils ont peu d'actifs agricoles et investissent très peu dans l'agriculture. Ils n'ont pratiquement pas recours à la main-d'œuvre salariée, ni aux engrais chimiques. Les plantations de faible extension sont faites de tecks et de manguiers.
  - ❖ Ils ne sont pas autosuffisants sur le plan alimentaire et ont un déficit d'au moins 3 mois. Ils ne parviennent pas à faire face aux imprévus, notamment les cas de maladie ou de décès dans la famille.
  - ❖ Ce sont des gens qui s'endettent souvent pour faire face à leurs charges et se trouvent obligés de brader leurs produits à la récolte.
  - ❖ Pour subvenir à leur besoin, ils sont obligés d'aller demander de la nourriture chez les paysans les plus nantis ou de travailler comme des manœuvres.

### 3.2. Typologie des systèmes d'exploitation mis en œuvre dans les villages sites RD

#### **Critères de classification**

Au total 32 critères ont été utilisés pour la classification dont 7 n'ont pas été discriminants du tout et 25 ont été discriminants parmi lesquels 17 sont les plus discriminants.

Les critères non discriminants sont la tenure foncière, le type de culture dominant, le système de rotation dominant, le système d'élevage, le recours au fumier, le recours à la main-d'œuvre salariée et la manifestation d'érosion hydrique (Tableau IV).

Quatre (4) groupes de critères ont été distingués parmi ceux discriminants et il s'agit de ceux relatifs :

- au statut du chef d'exploitation agricole (genre, âge, niveau d'instruction et taille du ménage) ;
- à la possession de facteurs de production (terre, travail, capital financier, plantation) ;
- à la gestion des facteurs de production (valorisation de la terre, de la main-d'œuvre et du capital financier) ;
- à la gestion de la fertilité du sol (jachère, culture de légumineuses, test ou adoption de légumineuses herbacées, engrais chimiques, gestion des résidus et arbres naturels laissés).

Parmi les critères différentiels, ont été retrouvés en l'occurrence les 17 critères les plus discriminants, sur lesquels 14 varient d'un village à l'autre et seulement les 3 ci-après sont communs à 2 villages :

- Superficie totale cultivée, commun aux villages d'Akpéro et de Miniffi ;
- Part de superficie sous jachère, commun aux villages de Gomé et de Miniffi ;
- Part de superficie fumée, commun aux villages d'Akpéro et de Gomé.

Cette situation semble confirmer les différences existant entre les villages sites R-D du point de vu des critères socioéconomiques analysés. En effet certains critères tels que la tenure foncière, le type de culture dominant, le système de rotation dominant, le système d'élevage, le recours au fumier, le recours à la main d'œuvre salariée et la manifestation d'érosion hydrique, sont non discriminants dans les 4 villages. Par contre, la taille du ménage, le nombre d'actifs agricoles, la proportion de revenu réinvestie dans l'agriculture, le type de jachère disponible et la superficie occupée par les légumineuses herbacées sont les critères discriminants pour les 4 villages.

**Tableau IV. Critères de classification des systèmes d'exploitation agricoles mis en œuvre les villages sites R-D**

N°	Critères	Villages			
		Akpéro	Gbanlin	Gomé	Miniffi
1	Genre du chef d'exploitation agricole (GENR)	+	+	-	+
2	Age du chef d'exploitation (AGE)	+	+	++	+
3	Niveau d'instruction (INSTR)	++	+	+	+
4	Taille du ménage (TAILM)	+	+	+	+
5	Nombre d'actif agricole (ACTIF)	+	+	+	+
6	Nombre de champ exploité (NCHAM)	+	+	++	+
7	Distance moyenne des champs par rapport au village (DISTM)	+	+	-	+
8	Superficie totale exploitée (SUPTOT)	+	++	+	+
9	Superficie totale cultivée (SUPCUT)	++	+	+	++
10	Superficie totale sous jachère (SJACH)	+	+	+	++
11	Part de superficie sous jachère (PJACH)	+	+	++	++
12	Tenure foncière ou mode faire valoir (TENUR)	-	-	-	-
13	Diversification des cultures (DIVERS)	+	+	+	++
14	Part de superficie sous légumineuse (PARLEG)	+	+	++	+
15	Type de culture dominant (CUDOM)	-	-	-	-
16	Proportion de revenu réinvestie dans l'agriculture (RINVAG)	+	+	+	+
17	Système de rotation dominant (SYDOM)	-	-	-	-
18	Système d'élevage (SYSEL)	-	-	-	-
19	Type de jachère disponible (TYPJA)	+	+	+	+
20	Superficie totale plantée (SPLANT)	++	+	+	+
21	Type de plantation (TYPLAN)	+	++	+	+
22	Superficie occupée par les légumineuses herbacées (SLEGH)	+	+	+	+
23	Type de culture fumée (CUFUM)	+	++	+	+
24	Part de superficie fumée (PSFUM)	++	+	++	+
25	Dose d'engrais NPK (DNPk)	+	+	+	++
26	Dose d'engrais Urée (DUREE)	+	++	+	+
27	Gestion des résidus (GRES)	+	+	-	+
28	Recours au fumier (FUMIER)	-	-	-	-
29	Recours à la main-d'œuvre salariée (MOS)	-	-	-	-
30	Recours au crédit agricole (CREDIT)	+	+	+	++
31	Manifestation d'érosion hydrique (EROS)	-	-	-	-
32	Densité d'arbres naturels dans les champs (DENSAR)	+	+	+	++

**++ : Critère le plus discriminant**

**+** : Critère discriminant

**-** : Critère non discriminant

### **Principaux types de systèmes d'exploitation agricole**

En matière d'une caractérisation des types de systèmes d'exploitation, 3 types de systèmes d'exploitation ayant une influence sur la capacité productive des sols ont été identifiés dans chacun des villages d'étude (Tableau V). Il s'agit du :

- *Type 1* : où les systèmes sont relativement équilibrés (27 % des exploitations) et caractérisés par une culture annuelle de légumineuses, une restitution des résidus de récolte et de végétaux, une utilisation de la fumure minérale, une jachère assez longue et une forte tendance agroforestière ;

- *Type 2* : où les systèmes sont médiocrement équilibrés (30 % des exploitations) et caractérisés par une culture annuelle de légumineuses, une utilisation relative de fumure minérale, une durée moyenne de jachère et une forte tendance agroforestière ;
- *Type 3* : où les systèmes sont déséquilibrés (43 % des exploitations) et caractérisés par une bonne proportion de légumineuses dans l'assolement, une quasi inexistence d'utilisation de fumure minérale, une courte période de jachère et une faible tendance agroforestière.

Pour l'ensemble des 4 villages d'étude, les systèmes d'exploitation de type 2 sont les plus importants et supérieur relativement de 6 % et 11 % respectivement à ceux de type 1 et de type 3. Ces tendances se confirment pour le village de Miniffi où les systèmes d'exploitation de la classe 2 représentent pratiquement un peu plus des 3/5<sup>ème</sup>, tandis que ceux de la classe 1 représentent un peu plus du tiers et sont 12 fois supérieurs à ceux de la classe 3. Toutefois, elles sont différentes pour les villages de :

- Akpéro, où les systèmes d'exploitation des classes 1 et 3 sont d'égale importance et représentent environ chacun les 2/5<sup>ème</sup> contre environ 1/5<sup>ème</sup> pour ceux de la classe 2 ;
- Gbanlin où les systèmes d'exploitation de la classe 3 représentent 2,2 fois ceux du type 1 et sont supérieurs de 1,2 % à ceux du type 2 ;
- Gomé où le type 1 représente environ les 2/5<sup>ème</sup> contre le quart pour le type 3 et un peu plus du tiers pour le type 2.

**Tableau V. Importance numérique et proportion des différentes classes de systèmes d'exploitation agricole**

Types de système	Akpéro		Gbanlin		Gomé		Miniffi		Ensemble	
	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Type 1	14	39	7	20	14	39	13	36	48	33
Type 2	8	22	13	36	13	36	22	61	56	39
Type 3	14	39	16	44	9	25	1	3	40	28
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>36</b>	<b>100</b>	<b>144</b>	<b>100</b>

L'analyse discriminante des données indique que globalement, tous les systèmes d'exploitation identifiés ont été bien classés : au moins 79 %, 69 % et 78 % respectivement pour les types 1, 2 et 3 (Tableau VI). Ces données permettent de valider les résultats de la classification contenus dans le tableau V.

**Tableau VI. Résultats de l'analyse discriminante des données**

Classes	Taux global des systèmes d'exploitation bien classés (%)			
	Akpéro	Gbanlin	Gomé	Miniffi
Classe 1	93	100	79	100
Classe 2	75	100	69	91
Classe 3	93	94	78	100

### 3.3. Influence des systèmes d'exploitation agricoles sur l'intensité de la dégradation des terres

Dans les villages des sites R-D une relation a été établie entre la classification locale des sols par les producteurs, la classification française (CPCS, 1967) et la classification FAO (FAO, 1998) afin de faire connaître l'appellation locale des sols basée généralement sur leur couleur ou leur texture (tableau VII). Dans les systèmes déséquilibrés, exception faite des sols ferrugineux non concrétionnés (Luvisols eutriques ou *Adowiwi*) et sols ferrugineux appauvris (Arénosols hapliques ou *Yinkin*), la matière organique constitue une limitation très sévère. Dans les autres systèmes, la limitation est moyenne. Le taux de matière organique est satisfaisant dans les sols ferrugineux non concrétionnés (*Adowiwi*, tableau VIII) quel que soit le système et également dans le système relativement équilibré des sols ferrugineux appauvris (*Yinkin*). Les niveaux d'azote sont très insatisfaisants dans les systèmes déséquilibrés et modérément équilibrés sur sols ferrugineux concrétionnés (Luvisols ferriques ou *kowiwi*), sols ferrugineux non concrétionnés (Luvisols eutriques ou *Ilè kpoto* à Gomé).

Vu les valeurs du pH, les sols sont neutres à faiblement acides, ce qui est favorable à une assimilation des éléments minéraux. En général, le pH décroît avec le travail du sol (de 7,6 à 6,2). Ainsi, la mise en culture des sols de la zone ne conduit pas à l'acidification du sol même après plusieurs années de cultures (Igué, 2000) sauf sur système déséquilibré de *Ilè kpoto* (Luvisols eutriques). Seulement la capacité d'échange cationique (CEC) dans tous les sols apparaît une limitation sévère à moyenne quel que soit le système d'exploitation.

D'ailleurs, Igué (2000) et Igué (2004) ont montré que la valeur de CEC diminue de 56 % après 25 ans de culture. Mieux, une étude récente dans le bassin de la Lotho dans la commune de Dassa-Zoumé (Igué *et al.*, 2007) confirme la même tendance. De même, Agboola (1981) a indiqué qu'on observe une diminution rapide de la matière organique et des éléments nutritifs dans les sols lorsqu'ils sont cultivés intensivement (Lal, 1996). La somme des bases échangeables est à un niveau de limitation moyenne dans tous les sols et la limitation est marquée dans les systèmes déséquilibrés. Le complexe absorbant est assez garni en cations échangeables et c'est au niveau des sols yinkin, kowiwi et Adowiwi (système d'exploitation déséquilibré), Adowéwé et ilè tchowa (système d'exploitation moyennement équilibré) (tableau VIII) que des taux de saturation sont inférieurs à 60 %.

Les données du tableau VIII comparées à celles du tableau IX montrent que la limitation présentée par le phosphore est sévère à moyenne dans tous les sols sans relation apparente avec les systèmes d'exploitation. Igué, (2000) et Igué *et al* 2007, ont indiqué que tous les sols ferrugineux tropicaux sont carencés en phosphore après la mise en culture. Cependant, Igué (2000) a indiqué qu'après une longue durée de culture, le phosphore peut augmenter dans le sol. Ceci est dû à l'application régulière des engrais phosphatés sur la culture du coton. Lal (1996) signale le même phénomène dans les sols du Nigeria sous culture de maïs avec fertilisation du phosphore alors qu'il était plus faible en forêt (Moormann *et al.*, 1975).

Globalement, les taux de P, K, Ca et Mg, la somme des bases et le taux de saturation du complexe absorbant ne présentent pas une tendance nette en rapport avec les systèmes d'exploitation (tableau VIII).

L'évaluation de l'impact des systèmes d'exploitation sur les niveaux de carbone (C) et d'azote (N) du sol a donné des tendances légèrement différentes d'un village à un autre (Figures 2 à 4).

**Tableau VII. Relation établie entre les typologies paysannes et scientifiques des sols dans la zone agro-écologique centre Bénin**

Type de sols	Typologies paysannes dans les villages de				CPCS (1967)	FAO (1998)
	Miniffi	Gomé	Gbanlin	Akpéro		
Sols peu profonds	–	–	Sangué	Ilè tchowa	Sols peu évolués, d'érosion	Leptosols hapliques
Sols sableux	Yinkin	Ilè yanri	Ado wéwé	Ilè yanri	Sols peu évolués, d'apport	Arénosols hapliques
Sols graveleux	Kin	–	Ado wéwé	Ilè tchowa	Sols ferrugineux tropicaux remaniés	Régosols aréniques
Sols rouges	Ko vovo	–	Ayikoungban vovo	Ilè kpikpa	Sols ferrallitiques peu désaturés	Acrisols chromiques
Sols brun-jaunâtre peu concrétionnés	Ko wiwi	Ilè odan, ilè kpoto	Ado wiwi	Ilè akété, Ilè gbigbèdè	Sols ferrugineux tropicaux lessivés peu concrétionnés	Luvissols eutriques
Sols brun rouge très concrétionnés ou indurés	–	Ilè itcho gui	Ahouannin kin	Ilè tchowa	Sols ferrugineux tropicaux très concrétionnés ou indurés	Plinthosols ferriques
Sols bruns des axes de drainage	ko wéwé	Ilè aman	Ayikoungban wiwi	Ilè amon	Sols alluviaux, ferrugineux hydromorphes et sols bruns eutrophes	Fluvisols, Lixisols gleyiques, Cambisols eutriques.

**Source : Agossou et Igué (2002)**

Dans le village de Gomé, les résultats des analyses ont montré que moins le système est équilibré, plus les niveaux de carbone et d'azote sont faibles (McDonagh *et al.*, 2001). La limitation en carbone est sévère (taux inférieur à 0,8 %) dans les systèmes déséquilibrés, alors qu'elle est moyenne à sévère dans les autres systèmes. Le phosphore et le potassium ne présentent pas de tendance nette en rapport avec les systèmes d'exploitation. A Miniffi, les taux de carbone et d'azote sont d'autant meilleurs que le système est moins déséquilibré. Comme à Gomé, le phosphore et le potassium ne semblent pas être liés aux systèmes. Les taux de carbone et d'azote sont satisfaisants dans le *yinkin* et très déficients dans le *kowiwi*.



Dans les villages de Gbanlin et d'Akpéro, quel que soit le type de sol considéré, l'azote et le carbone, de même que le phosphore et le potassium ne semblent pas être liés aux systèmes d'exploitation.

Par ailleurs, l'azote et le carbone ne présentent pas de limitation dans les sols plus sableux. Il s'en déduit que les taux du carbone et de l'azote sont les deux critères pertinents de jugement permettant de faire une liaison entre le type de système et le niveau de dégradation du sol.

D'après Yimer *et al.* (2007), les pratiques culturales inappropriées dégradent sérieusement et considérablement les sols. Ils signalent que les systèmes de culture sans amendement réduisent considérablement les teneurs en matière organique et en azote total.

Selon Raji et Ogunwole (2007), l'utilisation continue (45 ans) de NPK montre seulement une légère augmentation en carbone organique (3 %) par rapport à un sol non amendé tandis que la fumure combinée à NPK indique une augmentation de la teneur en carbone organique de 115 %. Ceci a été confirmé par Affaton (2008) qui a montré l'impact des différents systèmes de culture sur la fertilité des sols.

Tableau VIII. Moyenne des résultats d'analyse dans les 20 cm supérieurs des différents types de sol

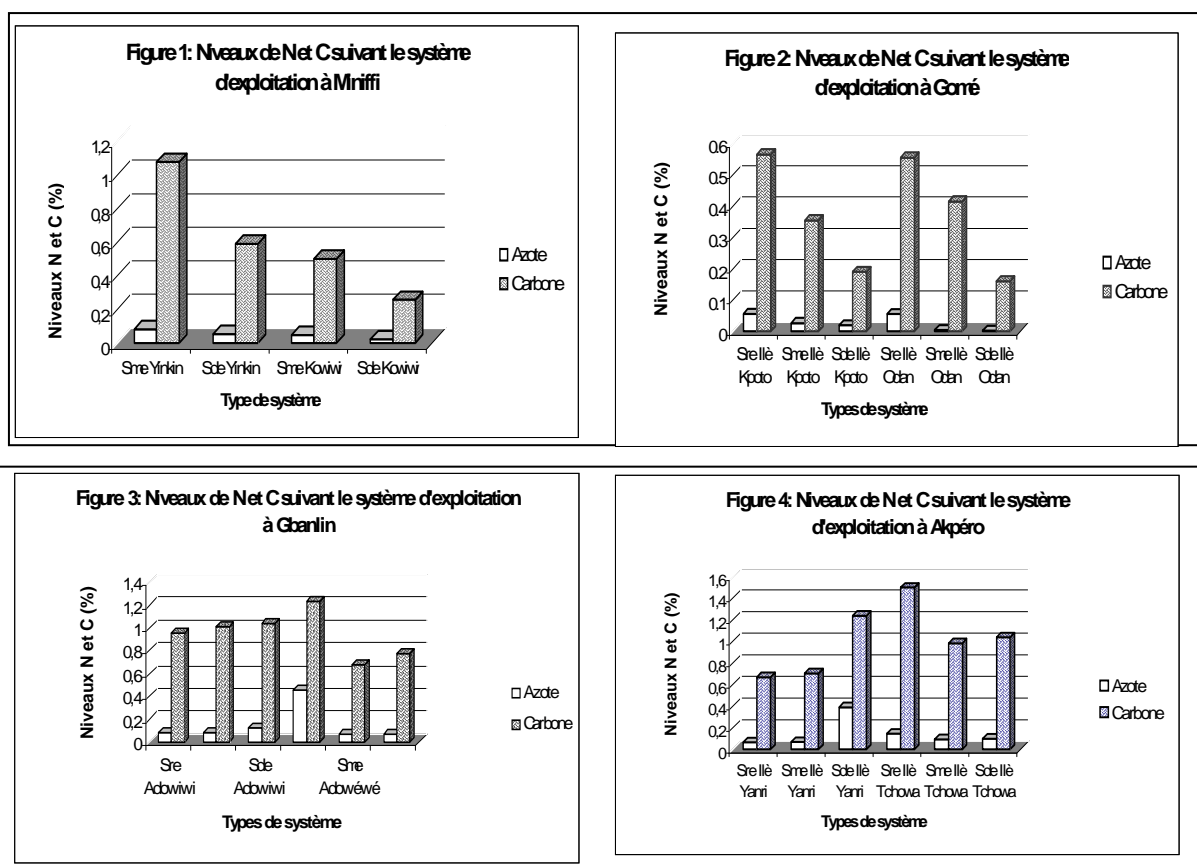
Type de Sol	Système d'exploitation	MO (%)	N (%)	pH	Ca++ (meq)	K+ (meq)	Mg++ (meq)	S* (meq)	CEC (meq)	% V**	Pppm
Yinkin	Smeq	1,86	0,081	6,7	2,86	0,40	0,60	4,96	10,60	46	15,7
	Sde	1,02	0,055	6,5	2,53	0,40	1,46	4,57	9,60	48	5,67
Kowiwi	Smeq	0,86	0,046	6,6	2,86	0,49	1,06	4,63	4,77	60	4
	Sde	0,45	0,023	6,4	1,66	0,40	0,86	3,1	4,30	45	3
	Sre	0,98	0,056	6,2	4,43	0,13	1,96	7,46	11,03	68	5
Ilèkpoto	Smeq	0,62	0,026	6,1	3,66	0,25	2,23	6,79	9,17	75	3,33
	Sde	0,33	0,019	5,9	2,26	0,09	1,98	4,97	8,37	61	3
	Sre	0,97	0,055	6,7	3,86	0,16	2,16	6,82	8,767	79	4
Ilèodan	Smeq	0,72	0,004	6,3	3,33	0,34	1,56	5,47	6,33	75	2,67
	Sde	0,28	0,002	6,3	2,9	0,15	1,36	4,86	7,10	70	6
	Sre	1,66	0,083	6,6	2,66	0,37	1,86	5,02	5,36	94	4
Adowiwi	Smeq	1,76	0,086	6,4	3,66	0,43	2,20	6,41	7	90	12,70
	Sde	1,81	0,123	6,8	2,26	0,37	1,40	4,11	8,36	57	38,70
	Sre	2,12	0,451	6,5	2,46	0,42	1,43	4,81	6,70	73	7
Adowéwé	Smeq	1,17	0,063	6,2	2,26	0,33	1,53	4,30	8,86	49	16,30
	Sde	1,34	0,074	6,5	2,7	0,13	1,60	4,73	6,86	71	4,67
	Sre	1,16	0,064	6,2	3,06	0,21	1,73	5,21	6,20	75	6,33
Ilè yanri	Smeq	1,21	0,068	6,5	2,96	0,25	1,43	4,92	6,50	56	3,67
	Sde	2,14	0,391	6,5	3,6	0,20	2,06	6,19	6,50	84	13,30
	Sre	2,59	0,146	6,6	2,53	0,58	1,66	4,95	8,33	59	8,67
Ilè Tchowa	Smeq	1,60	0,094	6,3	2,33	0,35	1	3,92	7,90	49	4
	Sde	1,79	0,099	6,4	2,4	0,39	1,5	4,36	5,73	83	12

\* S = somme des Cations, \*\* %V = taux de saturation, Sre = Système relativement équilibré, Smeq = Système moyennement équilibré, Sde = Système déséquilibré

Tableau IX. Critères d'évaluation des classes de fertilité chimique des sols

Caractéristiques	Pas de limitations I	Limitations moyennes II	Limitations sévères III	Limitations très sévères IV
Matière organique (%)	> 2	1-2	0,5-1	< 0,5
Azote à pH 6	> 0,08	0,045-0,08	0,03-0,045	< 0,03
P ppm (Bray 1)	> 20	10-20	5-10	< 5
K (méq/100 g sol)	> 0,4	0,2-0,4	0,1-0,2	< 0,1
Somme des bases	> 10	5-10	2-5	< 2
Saturation en bases (%)	> 60	40-60	15-40	< 15
CEC (méq/100 g sol)	> 25	10-25	5-10	< 5

Source : Igué (2003)



## CONCLUSION

L'étude a permis d'identifier trois systèmes d'exploitation ayant une influence sur la capacité productive des sols dans la région centre du Bénin. Les critères discriminants entre ces systèmes sont l'importance de la culture des légumineuses à graines, l'intensité du recyclage des résidus végétaux, l'importance de la fertilisation minérale, la durée de la jachère et l'intensité de la pratique d'agroforesterie.

L'évaluation de l'impact de ces systèmes d'exploitation sur les niveaux des nutriments du sol a montré que les taux du carbone et de l'azote sont les deux critères pertinents de jugement permettant de faire une liaison entre le type de système et le niveau de dégradation du sol. Les taux de P, K, Ca et Mg ne présentent pas une tendance nette en rapport avec les systèmes d'exploitation.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adégbola Y.P., I.N. Houssou, G.A. Singbo, 2003 : Typologie des exploitations et gestion de la fertilité des sols au Sud du Bénin, tome 1. Rapport d'étude, PAPA/CRA-Agonkanmey/INRAB, Porto-Novo, Bénin 60 p.
- Affaton, L.D., 2008 : Effet de la fertilisation sur la production de trois légumes feuilles traditionnels au Bénin : *Sesamum radiatum*, *Ceratotheca sesamoides* et *Justicia tenella*. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, UAC, Bénin 95 p.
- Agboola, A.A., 1981: The effect of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and maize yield in a rain forest zone of western Nigeria. *Agronomy journal*, 73, 247-251.
- Agossou, V., Igué, A.M., 2002. Caractérisation paysanne et scientifique des sols des sites d'expérimentation agricole de la région centre du Bénin. In Actes de l'Atelier Scientifique Centre 1, pp. 136–150. Editeurs : Agossou A., Amadj F., Agbo B. et Tandjiépon A., Dassa Zoumé, Bénin. ISBN 99919-40-12-X.
- Agossou V., A.M. Igué, T.F. Ogouvidé, 2003 : Caractérisation des sols des Sites R-D : influence des systèmes d'exploitation sur l'intensité de la dégradation des terres. 2<sup>ème</sup> Atelier Scientifique du Programme Régional Centre du Bénin tenu à Dassa du 17 au 18 décembre 2003. CRA-Centre/INRAB/MAEP/Bénin, Abstract, pp. 19-20.
- Alohou, E., 1998 : Etude des systèmes d'exploitation de quelques sites de recherche-développement du Nord-Bénin. Rapport d'étude. PARP/INRAB, 64 p.
- CeRPA-Collines (Centre Régional pour la Promotion Agricole), 2005 : Rapports annuels (1<sup>er</sup> cycle et 2<sup>ème</sup> cycle) de 1996 à 2005. Bohicon, Bénin 84 p.

- CPCS (Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols), 1967 : Classification des sols. Travaux Commission de Pédologie et de Cartographie des Sols 1963-1967. ENSA, Grignon, 87 p.
- Dubroucq, D., 1967 : Etude des sols de la région ouest Dassa-Zoumé. Etude No. 98, CENAP, Bénin. 96 p.
- FAO (Food and Agricultural Organization), 1998 : Base de référence mondiale pour les ressources en sols. Rapport sur les ressources en sols du monde n° 84. FAO, Rome, Italie, 96p. ISBN 92-5-204-141-9
- Grandin, B., 1988: Wealth ranking in smallholder communities: A field Manual, Intermediate Technology Publications, Nottingham, England.
- Igué, A.M., 2000: The use of a soil and terrain data base for land evaluation procedures: Case study of Central Benin. PhD thesis, University of Hohenheim, Germany, 235 p. ISSN 0942-0754.
- Igué, A.M., 2003 : Fertilité des terres de barres d'Adingnigon (commune d'Aplahoué). Actes 4 de l'Atelier scientifique Sud du 10 au 12 décembre 2003 à Abomey Calavi. CRA-Centre/INRAB/MAEP/Bénin. pp. 246 – 251. Editeurs : Adjanonhoun A, Bankolé C. Agbo B. et Igué K. ISBN 99999-51-68-7.
- Igué, A.M., 2004: Impact of land use effect on chemical and physical soil characteristics in Colline Département of Benin. Proceedings Fourth International Conference on Land Degradation. CARTAGENA Spain. Symposium N° 44, Abstract p. 301, paper 651 on CD-ROM.
- Igué A.M., A. Floquet, K. Stahr, 2005: Land use/cover change and farming system in central Benin. Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin N° 50 pp 23-37. ISSN 1025-2355.
- Igué A.M., M. Bélo, T. Gaiser, K. Stahr, 2007: Dégradation des terres du bassin versant de Lotho dans la commune de Dassa-Zoumé (Département des Collines). 4<sup>ème</sup> édition de l'Atelier Scientifique National de la Recherche Agricole du Bénin du 11 au 14 décembre 2007. Résumé pp. 34-35. CRA-Centre/INRAB/MAEP/Bénin.
- Lal, R., 1996: Deforestation and land use effects on soil degradation and rehabilitation in Western Nigeria. II. Soil chemical properties. *Land degradation and Development*, Vol. 7, 87-98.
- McDonagh J.F., T. Birch Thomsen, J. Magid, 2001: Soil organic matter decline and compositional change associated with cereal cropping in southern Tanzania. *Land degradation and development* 12, 13-26.
- Moormann F R, R. Lal, A.S.R. Joe, 1975: Soils of IITA. *IITA Technical bulletin* N°3 IITA Ibadan Nigeria 20 p.
- MCPPD, 2004 : Troisième recensement général de la population et de l'habitation – cahier des villages et quartiers de ville. Département des collines. Mai 2004. 30 p.
- Raji, B. A., Ogunwale, J.O., 2006: Potential of soil carbon sequestration under various landuse in the sub-humid and semi-arid savanna of Nigeria: lessons from long-term experiments. *International Journal of Soil Science*, 1, 1, 33-43.
- SAS, 1989 : SAS / STAT. User's guide (Ressource électronique). – 4<sup>ème</sup> éd., version 6 – New-York : SAS. Inst. Inc., Cary.
- Tran Vinh An, 1976: Recueil des méthodes d'analyses des sols. Principes, techniques et calculs. Version provisoire. Laboratoire d'Analyse des Sols et des Eaux PAP. Etude N°156. INRAB/MAEP/Bénin. 53 p + annexes.
- Van der Pol F., A.C. Gogan, G. Dagbénonbakin, 1993 : L'épuisement des sols et sa valeur économique dans le département du Mono, Bénin. Rapport RAMR/INRAB. 79 p. KIT Amsterdam.
- Yimer F., S. Ledin, A. Abdelkadir, 2007: Changes in soil organic carbon and total nitrogen contents in three adjacent land use types in the Bale Mountains, south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management*, 242, 2/3, 337-342.

# BULLETIN DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE DU BENIN

*Numéro 61-Septembre 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 BP 884 Recette Principale, Cotonou, République du Bénin

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 35 00 70 ; E-mail : [inrabd4@intnet.bj](mailto:inrabd4@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*