

Cinquième article : Profitability of organic, ecological and conventional vegetable farming systems in Southern Benin

Par : G. T. Vodouhê, R. C. Tossou et A. Adégbidi

Pages (pp.) 51-61.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) – Décembre 2020 – Volume 30 - Numéro 05

Le BRAB est en ligne (on line) sur le site web <http://www.slire.net> et peut être aussi consulté sur le site web de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) <http://www.inrab.org>

ISSN imprimé (print ISSN) : 1025-2355 et ISSN électronique (on line ISSN) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Direction Scientifique (DS) - Service Animation Scientifique (SAS)

01 BP 884 Recette Principale, Cotonou 01 - République du Bénin

Tél. : (+229) 21 30 02 64 ; E-mail : sp.inrab@inrab.org / inrabdg1@yahoo.fr / brabpisbinrab@gmail.com

La rédaction et la publication du bulletin de la recherche agronomique du Bénin (BRAB)
de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

01 B.P. 884 Recette Principale, Cotonou 01

Tél. : (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpisbinrab@gmail.com

République du Bénin

Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Water infiltration in the dongas soils in subhumid zone in West Africa J. Avakoudjo, F. Kouelo Alladassi, T. M. Akplo, V. Kindomihou, H. A. Azontondé, L. G. Amadji and B. A. Sinsin	1
Typologie de l'apiculture dans le département des Collines au centre du Bénin E. B. F. Sèdégan, S. C. B. Pomalégni, H. Dakpogan, S. Salifou, A. B. Gbangboché et G. A. Mensah	14
Single nucleotide Polymorphisms in MBLG gene associated with milk traits in Borgou and White Fulani cattle breeds in Benin I. Houaga, S. K. Kassa, S. A. Assani, S. O. G. Idrissou, S. Sidi, A. W. T. Muigai et I. A. K. Youssao	24
Caractéristiques de l'agriculture familiale dans la Dépression de Tchi au Sud-ouest du Bénin M. C. Dodo et H. Satoguina	31
Profitability of organic, ecological and conventional vegetable farming systems in Southern Benin G. T. Vodouhê, R. C. Tossou et A. Adégbidi	51
Pénurie de main-d'œuvre agricole au Bénin I. O. Saliou, A. Zannou, A. N. Honlonkou et A. K. N. Aoudji	62
Pratiques culturelles et valorisation des bas-fonds de la basse vallée de l'Ouémé au Bénin C. F. Babatoundé, C. C. Ahodékon Sessou et G. Biaou	69

ISSN sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

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 en mai 1991 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 secrétariat du BRAB. Pour recevoir la version électronique pdf du BRAB, 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. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Un thesaurus spécifique dénommé « TropicAgrif » (Tropical Agriculture and Forestry) a été développé pour caractériser les articles parus dans le BRAB et servir d'autres revues africaines du même genre. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin - 01 BP 884 Recette
Principale - Cotonou 01 – Tél.: (+229) 21 30 02 64 - E-mail: brabpbinrab@gmail.com – République du Bénin

Éditeur : Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Comité de Rédaction et de Publication : -i- **Directeur de rédaction et de publication :** Directeur Général de l'INRAB ; -ii- **Rédacteur en chef :** Directeur Scientifique de l'INRAB ; -iii- **Secrétaire documentaliste :** Documentaliste archiviste de l'INRAB ; -iv- **Maquettiste :** Analyste programmeur de l'INRAB ; -v- **Opérateur de mise en ligne :** Dr Ir. Setchémè Charles Bertrand POMALEGNI, Chargé de recherche ; -vi- **Membres :** Dr Ir. Guy A. MENSAH, Directeur de Recherche, Dr Ir. Angelo C. DJIHINTO, Maître de Recherche, Dr Ir. Rachida SIKIROU, Maître de Recherche et MSc. Ir. Gbènakpon A. Y. G. AMAGNIDE.

Conseil Scientifique : Membres du Conseil Scientifique de l'INRAB, Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahmane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Pr. Dr Ir. Kakai Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, Bénin), Pr. Dr Agathe FANTODJI (Biologie de la reproduction, Elevage des espèces gibier et non gibier, Côte d'Ivoire), Pr. Dr Ir. Jean T. C. CODJIA (Zootechnie, Zoologie, Faune, Bénin), Pr. Dr Ir. Euloge K. AGBOSSOU (Hydrologie, Bénin), Pr. Dr Sylvie M. HOUNZANGBE-ADOTE (Parasitologie, Physiologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Jean C. GANGLO (Agro-Foresterie), Dr Ir. Guy A. MENSAH (Zootechnie, Faune, Elevage des espèces gibier et non gibier, Bénin), Pr. Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, Bénin), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE (Sciences du sol, Bénin), Dr DMV. Delphin O. KOUDANDE (Génétique, Sélection et Santé Animale, Bénin), Dr Ir. Aimé H. BOKONON-GANTA (Agronomie, Entomologie, Bénin), Dr Ir. Rigobert C. TOSSOU (Sociologie, Bénin), Dr Ir. Gauthier BIAOU (Economie, Bénin), Dr Ir. Roch MONGBO (Sociologie, Anthropologie, Bénin), Dr Ir. Anne FLOQUET (Economie, Allemagne), Dr Ir. André KATARY (Entomologie, Bénin), Dr Ir. Hessou Anastase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Adolphe ADJANOHOOUN (Agro-foresterie, Bénin), Dr Ir. Isidore T.GBEGO (Zootechnie, Bénin), Dr Ir. Françoise ASSOGBA-KOMLAN (Maraîchage, Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. André B. BOYA (Pastoralisme, Agrostologie, Association Agriculture-Elevage), Dr Ousmane COULIBALY (Agro-économie, Mali), Dr Ir. Luc O.SINTONDJI (Hydrologie, Génie Rural, Bénin), Dr Ir. Vincent J. MAMA (Foresterie, SIG, Sénégal)

Comité de lecture : Les évaluateurs (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 et aux co-auteurs. Le BRAB publie par an normalement deux (02) numéros en juin et décembre mais quelquefois quatre (04) numéros en mars, juin, septembre et décembre et aussi des numéros spéciaux mis en ligne sur le site web : <http://www.slire.net>. Pour les auteurs, une contribution de quarante mille (40.000) Francs CFA est demandée par article soumis et accepté pour publication. L'auteur principal reçoit la version électronique pdf du numéro du BRAB contenant son article.

Soumission de manuscrits

Les articles doivent être envoyés par voie électronique et/ou en trois (3) exemplaires en version papier par une lettre de soumission (*covering letter*) au comité de rédaction et de publication du BRAB aux adresses électroniques suivantes : E-mail : brabpisbinrab@gmail.com. Dans la lettre de soumission les auteurs doivent proposer l'auteur de correspondance ainsi que les noms et adresses (y compris e-mail) d'au moins trois (03) experts de leur discipline ou domaine scientifique pour l'évaluation du manuscrit. Certes, le choix des évaluateurs (*referees*) revient au comité éditorial du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin.

Les manuscrits doivent être écrits en français ou en anglais, tapé/saisi sous Winword ou Word ou Word docx avec la police Arial taille 10 en interligne simple sur du papier A4 (21,0 cm x 29,7 cm). L'auteur doit fournir des fichiers électroniques des illustrations (tableaux, figures et photos) en dehors du texte. Les figures doivent être réalisées avec un logiciel pour les graphiques. Les données ayant servi à élaborer les figures seront également fournies. 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 traduit dans la seconde langue donc écrit dans les deux langues.

Auteur et Co-auteurs

Les initiales des prénoms en majuscules séparées par des points et le nom avec 1^{ère} lettre écrite en majuscule de tous les auteurs (auteur & co-auteurs) sont écrits sous le titre de l'article. Immédiatement, suivent les titres académiques (Pr., Prof., Dr, MSc., MPhil. et/ou Ir.), les prénoms écrits en minuscules et le nom écrit en majuscule, puis les adresses complètes (structure, BP, Tél., e-mail, pays, etc.) de tous les auteurs. Il ne faut retenir que les noms des membres de l'équipe 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^{er} 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 :

- Whithon, 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 :

Vierada 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 légendes seront écrites directement sous les tableaux et autres illustrations. En ce qui concerne les illustrations (tableaux, figures et photos) seules les versions électroniques bien lisibles et claires, puis mises en extension jpeg avec haute résolution seront acceptées. Seules les illustrations dessinées à l'ordinateur et/ou scannées, puis les photographies en extension jpeg et de bonne qualité donc de haute résolution sont acceptées. Les places des tableaux et figures dans le texte seront indiquées dans un cadre 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 c'est nécessaire.

Profitability of organic, ecological and conventional vegetable farming systems in Southern Bénin

G. T. Vodouhè^{1*}, R. C. Tossou¹ et A. Adégbidi¹

MPhil. Ir. Gbèlédji Tonakpon VODOUHE, Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : vogtov@gmail.com, Tél. : (+229)97219246/(+229)94940036, République du Bénin.

Pr. Dr. Ir. Rigobert Coccou TOSSOU, FSA/UAC, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : ctossou2000@yahoo.fr, Tél. : (+229)97037019/(+229)95853923, République du Bénin.

Pr. Dr. Ir. Anselme ADEGBIDI, FSA/UAC, 01 BP 526 Recette Principale, Cotonou 01, E-mail : ansadegbidi@yahoo.fr, anselmeadegbidi@hotmail.com, Tél. : (+229)95966963, République du Bénin.

* Corresponding author: E-mail : vogtov@gmail.com

Abstract

Vegetable crops are important sources of vegetable protein, vitamins and trace elements for the proper functioning of the body. The use of chemical pesticides compromises the quality of vegetables, while adversely affecting the health of farmers and consumers, through the presence of toxic residues in vegetables and the environment. With the progressive awareness of consumers' desire to consume vegetables without chemical pesticide residue, there is a gradual adoption of agro-ecological and organic practices to produce vegetables without chemical pesticide residue. One of the factors that determines the sustainability of these ecological and organic practices is their profitability. The study analyzed the profitability of organic and ecological vegetable farming systems. The surveys were conducted in Benin with 300 vegetable farmers including. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill), carrot (*Daucus carota* L.) and cabbage (*Brassica oleracea* L.) were the vegetables production assessed under different farming systems. Production costs, net margins and benefit / cost ratios are indicators of the profitability of a production. The results showed that organic, ecological and conventional farming systems for tomato, carrot and cabbage production were all profitable. But the organic farming systems for tomato, carrot and cabbage production were more profitable than the production of tomato, carrot and cabbage under conventional farming systems and ecological farming systems came the last. Organic vegetables have a special market in which the selling prices of organic vegetables were higher than the selling prices of ecological and conventional vegetables sold in regular markets. The next step is to understand organic farming system constraints on which to act for a good dissemination of this farming system and scale up the supply of marketed organic vegetable.

Key words: vegetables farming systems, organic, economics, Benin

Rentabilité financière des systèmes biologiques, écologiques et conventionnels de production de légumes au Sud-Bénin

Résumé

Les légumes sont d'importantes sources de protéines végétales, de vitamines et d'oligo-éléments pour le bon fonctionnement de l'organisme. L'utilisation de pesticides chimiques dans les systèmes de production maraîchère a montré des limites. Les conditions d'utilisation des pesticides chimiques dans la production des légumes compromettent la qualité des légumes et nuisent à la santé des producteurs et des consommateurs, de part la présence de résidus toxiques dans les légumes produits. La prise de conscience progressive et le désir des consommateurs à consommer des légumes sans résidus de pesticides chimiques entraînent une adoption progressive de systèmes biologiques et agro-écologiques de production des légumes. L'un des facteurs qui détermine la durabilité de ces systèmes est leur rentabilité financière. L'étude a analysé la rentabilité des systèmes biologiques et écologiques de production maraîchère. Les enquêtes ont été menées au sud du Bénin auprès de 300 maraîchers dont 88 producteurs de légumes biologiques, 105 producteurs de légumes écologiques et 107 producteurs de légumes conventionnels choisis de manière aléatoire simple. La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), la carotte (*Daucus carota* L.) et le chou (*Brassica oleracea* L.) ont été les cultures considérées de part leur importance. Les coûts de production, les marges nettes et les ratios bénéfiques/coûts ont été les indicateurs de rentabilité financière calculés. Les résultats ont montré que le système biologique était financièrement plus rentable que le système conventionnel, et le système écologique avait une rentabilité plus faible. Les légumes biologiques disposent d'un marché particulier dans lequel les prix de vente sont supérieurs aux prix de vente des autres légumes vendus sur des marchés ordinaires. Une attention particulière doit être accordée aux contraintes de ces systèmes alternatives de production de légumes afin de favoriser leur diffusion et améliorer la disponibilité des légumes sans résidus de produits chimiques.

Mots clés : Systèmes de production, légumes biologiques, rentabilité financière, Bénin

Introduction

Vegetables are known for their high nutrients content and health benefits. However, vegetable production is limited by a number of factors, the major ones being pest and soil fertility management. Insects are among the leading causes of harvest losses for vegetable crops (de Bon *et al.*, 2014). Farmers heavily rely on the use synthetic chemicals to manage pests and soil fertility (Adekambi et Adégbola, 2008). Overuse of pesticides is common in vegetable cropping systems in sub-Saharan Africa (de Bon *et al.*, 2014). Frequently, vegetable farmers carry out chemical treatments with increasingly higher doses (Ahouangninou *et al.*, 2011, 2013). They also use some unlicensed and non-recommended products. Synthetic chemicals products overuse is facilitated by their wide availability in official or informal markets. Pesticide overuse has severe environmental and health impacts (Vidogbèna, 2015). The risk associated with the use of synthetic chemicals is the accumulation of residues of crops and environment with poisonous residues (de Bon *et al.*, 2010). Vegetables are increasingly contaminated by chemical residues, soils and groundwater are polluted, fauna destroyed and human (Ahouangninou *et al.*, 2013). Intensive chemical pesticide use in the cotton (*Gossypium hirsutum* L.) production increases the resistance of the malaria (*Anopheles gambiae*) vector in Côte d'Ivoire, Burkina Faso, and Bénin (Yadouléon *et al.*, 2011). Pesticide residues have been identified in vegetables products marketed in southern Benin (Assogba-Komlan *et al.*, 2007; Sæthre *et al.*, 2011, Ahouangninou, 2013). Alternative pests and soil fertility management options such as agro-ecological and organic practices to produce healthy vegetables are disseminated among vegetable farmers (Déguénon, 2011; Ouinkoun, 2015; Vidogbèna, 2016). There is the use of biological or eco-friendly control methods for the pest control strategies, the use of organic fertilizer and plant extract sprays for vegetable production. Organic foods are often perceived as good foods for health because of the absence of pesticide residues (AAC, 2010a). The organic vegetable system involves the use of organic fertilizers as an alternative for the management of soil fertility, the use of botanical aqueous extracts like neem (*Azadirachta indica*) oil for the pest management. The soil for vegetable organic farming system must be free from chemical treatment for at least 03 years crop production. Organic vegetable production systems are isolated or separated/demarcated from the plots housing conventional vegetable production. The ecological farming system is a form of natural production of vegetables without of synthetic chemical inputs. Agroecology is variously known as a set of practices that allow more sustainable agriculture, without the use of dangerous chemicals; and as a movement that seeks to make agriculture more environmentally sustainable and more socially just (Wezel *et al.*, 2009). Unlike input substitution, agro-ecological integration is achieved through the functional diversification of the agro-ecosystem, such that non-agricultural inputs are minimized (Rosset *et al.*, 2011). Pests can be controlled with intercropping, for example, rather than with a conventional chemical or other organic pesticide approved for organic farming. Soil fertility would not be maintained with a chemical fertilizer or with an organic substitute bought off the farm, such as commercial compost, manure or biofertilizers, but rather through a combination of composting and crop residues, constant incorporation of organic matter into the soil, grazing animals on crop residues and using their manure as fertilizer, interacting with nitrogen-fixing legumes, promoting and maintaining active soil biology (Rosset *et al.*, 2011; Machín Sosa *et al.*, 2013). The ecological system is based on the principle of minimum tillage and permanent soil cover, associated with adequate crop rotations and associations (Capillon *et al.*, 2002; FAO, 2012). These practices would ensure greater protection of the soil, reduce the rate of mineralization of organic matter and promote maintenance of soil fertility in the long term. The final products from ecological farming system are not certified, but are called natural vegetables recognized as such and containing no residue of chemical inputs. Which is not the case for vegetables from organic farming systems. The organic vegetables product is Participatory Guarantee System (PGS) certified. Organic vegetable farmers bear the PGS certification cost. Without organic and ecological vegetable farming systems constraints, as a postulate, the appropriation of alternatives to synthetic chemicals like agro ecological practices and organic vegetable farming systems can be effective and sustainable if (i) there are profitable like conventional vegetable farming systems (ii) there are more profitable than conventional vegetable farming systems. Cost-Benefit analyses are necessary and important for adoption and diffusion assessments. The study quantifies the costs and the benefits of organic and ecological farming systems compared to conventional vegetable farming systems in southern Benin.

Study area

Field studies were conducted in 04 municipalities in southern Benin. Sèmè-Kpodji and Ouidah represent the coastal vegetable production areas. The study was also conducted in Abomey-Calavi which is an intra-urban area and the large urban center Cotonou. On these areas, organic, ecological and conventional vegetable farming systems are practiced.

Methodological approach

Data collection

The research units were vegetable farmers who produce conventional, ecological vegetable and organic vegetables. Organic vegetables were certified by the Participatory Guarantee System (PGS). The population for the study was finite. The sample size was determined with the proposed formula for this type of population (Durand, 2002):

$$n = \frac{p*(1-p) + \frac{e^2}{z^2}}{\frac{e^2}{z^2} + \frac{p*(1-p)}{N}}$$

, where: N: Size of the great population in all targeted areas; n: Sample size; z = 2.575 for e = 0.01; with z = 1.96 for e = 0.05; e is margin of error considered; z is a constant from the normal distribution; p: the percentage of observed characters of population and e is the margin selected sampling error; the sampling rate t gives t = n/N. Based on probabilistic sampling, use this formula and apply the plan of effect, 300 vegetable farmers were surveyed (table 1).

Table 1. Sample size for vegetables farming systems

Farming systems	Farmer size	Sample size
Conventional	602	107
Ecological	443	105
Organic	323	88
Total	N = 1,368	n = 300

Data collection was done using a structured questionnaire designed with the Kobo Collect application. Android operating system tablets were used for the data collection. The main vegetable on which data were collected by production system were tomato, carrot and cabbage, which are the major vegetables grown in the survey areas.

Data analysis

Descriptive statistics including means, frequencies and cross-tabulations supported by non-parametric tests with Stata software and financial profitability indicators like production costs, net production margins, net margins and benefit-cost ratios were used as a framework for analysis of the data. Production costs, net production margins and benefit-cost ratios are the accounting indicators of the profitability of an activity, investment or cropping system (Eilon, 1985). Financial profitability indicators are evaluated through profit margins, benefit-cost ratios, etc. (O'Donnell and Swales, 1982) and also by production costs (Coulbaly *et al.*, 2010).

According to them, an activity is efficient if it is financially profitable. An activity is profitable if the profit margins or benefit-cost ratios are positive. The Gross Product was able to cover all production costs (fixed and variables costs). The activity generates a financial surplus. A given cropping system was more profitable than the other cropping system if the net margin or benefit-cost ratio of this system was greater than the net margin or the benefit-cost ratio of the other. The financial profitability analysis tools for the different farming systems are the margins (gross and net margins), the benefit-cost ratios and the significance tests of the difference in means obtain (Houndékon, 2017).

Results

Characteristic of the vegetable farming systems

In the table 2 was shown the major characteristic elements of organic and ecological vegetable production systems as practiced by farmers in southern Benin. Production practices such as clearing, weeding without herbicides, making plots, the nursery, transplanting, depleting plants, irrigation or watering, weeding and harvesting were common to the three vegetable farming systems. The fertilizers and pesticides, the harvested products, the yields, the quantities of labor per operation and capital differ according to the farming systems.

The organic and ecological vegetable system involved the use of organic fertilizers as an alternative for the management of soil fertility, the use of botanical aqueous extracts like neem (*Azadirachta*

indica) oil for the pest management. The soil for vegetable organic system production had to be free from chemical treatment for at least three years crop production. Organic vegetable production systems were isolated or separated and/or demarcated from the plots housing conventional vegetable production.

Table 2. Characterization of the vegetable farming systems

Elements characterizing the farming system	Organic system	Ecological system
Soil preparation/weeding	Manual No use of herbicide	Manual No use of herbicide
Working the land	Making the boards or plowing Row sowing	Minimum plowing Bulk and sometimes row seedlings Broadcast sowing on the ground in pockets
Seed	Local seeds Exotic seeds	Local seeds Exotic seeds
Fertilizers	Poultry manure, commercial compost, commercial organic fertilizer	Dominant plant residues, ash broth, animal feces in some
Pesticides	Botanical aqueous extract Commercial neem extracts Commercial biopesticides (biobit, dipel)	Mechanical control, focus on crop rotation and associated crops for pest management, composed of fresh garlic + hot pepper + black pepper Low pesticides use
Surrounding cultures	Vegetable fields separated and identified from conventional crops	Cohabitation with certain fields with conventional crops
Certification	Vegetables produced certified organic	Vegetables natural products, not certified

Source: Survey data, 2019

The ecological system was a form of natural production of vegetables without inputs of synthetic chemical inputs. The fertilizers and pesticides used were organic inputs. The final product (ecological vegetable) was not certified, which was not the case for vegetables from organic production systems. The organic vegetables product was Participatory Guarantee System (PGS) certified. Organic vegetable farmers bore the PGS certification cost.

The marketing circuit for the different types of vegetables produced was not exactly the same. Conventional and ecological vegetables were sold almost everywhere or in ordinary markets. The vegetable products certified PGS were sold in organic selling points or specific markets to the consumers who wanted to buy vegetables produced without chemical pesticide residues and are willing to pay for the attributes of organic vegetables. Organic vegetables were sold in specific places in bulk or in basket of variable constituents with prices set according to the quantity of organic vegetables in the basket. Other vegetable sold their so-called ecological vegetables like ordinary vegetables without much difference between conventional vegetables and ecological vegetables.

Financial profitability of different vegetable farming systems

The selling prices of tomato, cabbage and carrot vegetables from the organic, ecological and conventional vegetable production systems were shown in table 3.

Table 3. Unit seasonal sales price (francs CFA) per kilogram of vegetable sold

System	Tomato		Cabbage		Carrot	
	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period
Organic	350	1,050	460	1,200	500	1,400
Conventional	245	850	275	825	305	900
Ecological	225	800	250	800	275	850

Source: Survey data, 2019

The price of vegetables in the market varied according to the farming systems and according to the periods of production during the year. The income which was nothing other than the selling price of a

kilogram of vegetable whatever the production system was higher during the lean season or scarcity (November to May) than the selling price of vegetable during period abundance (June to October). The selling prices of vegetables from organic farming systems were higher than the selling prices of vegetables from ecological and conventional farming systems. Organic vegetables had a particularly interesting market. Consumers paid premium for organic vegetables products (table 3). If we considered the sales periods of vegetables, the selling prices of vegetables in times of scarcity were on average three times higher than the prices in the period of abundance. During the scarcity period, there was a severe scarcity of supply of vegetables in the markets. These periods often corresponded to the dry season period.

In the table 4 were presented the results of financial profitability analysis by vegetable farming systems of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) production in southern Benin. Tomato production was generally profitable on the three vegetable farming systems (table 4). The net margin obtained in the organic vegetable farming system was positive and significantly higher than the net margin obtained in the conventional and ecological vegetable farming systems. The Benefit/Cost Ratio Profitability Indicator, which made it possible to judge the level of financial profitability of a farming system, was positive for all tomato farming systems. The calculated benefit-to-cost ratios were all greater than 1, therefore when the farmer invested 1 FCFA per hectare for vegetables production of regardless of the farming system, he obtained an income of more than 1 FCFA / ha.

From the period of abundance to the loan period of tomato production, the benefit/cost ratio varied between 3.526 and 7.757 for the organic tomato farming system, 3.293 and 5.995 for the conventional tomato farming system and 2.796 to 3.688 for the ecological tomato farming system. These different figures confirmed that the organic tomato farming system was the most profitable because it had the highest ratio. The level of financial profitability of the organic vegetable farming system was able to explain by the significant difference in raw products which were reflected in the quantity of tomato produced and the seasonal selling price of the tomato. The seasonal selling price of organic tomatoes (350 and 1,050 francs CFA/kg) was higher than the seasonal selling prices of tomatoes from conventional farming systems (245 and 850 francs CFA/kg) and ecological farming systems (225 and 800 francs CFA/kg).

The level of financial profitability of the carrot (*Daucus carota* L.) using the different vegetable farming systems was presented in table 5. The carrot production was generally financially profitable for the three farming systems. The net margin of the organic carrot was positive and significantly higher than the net margin of the carrot from conventional and ecological systems. The Benefit/Cost Ratio was positive for the carrot from the three farming systems. From the period of abundance to the loan period of carrot production, the benefit/cost ratio varied between 6.761 and 7.316 for the organic carrot farming system, 4.885 and 6.957 for the conventional carrot farming system and 1.565 and 3.569 for the ecological carrot farming system. In order of superiority of the value of these ratios, the organic carrot was the most profitable farming system in terms of carrot production because it had the highest ratio.

This significant level of profitability at the threshold of 1% at the level of the organic carrot was able to explain by the significant difference in the raw products which were reflected by the quantity of carrot produced and the selling price of the carrot. Also, the seasonal selling price of organic carrots (500 and 1,400 francs CFA/kg) was higher than the seasonal selling prices of carrots from conventional production systems (305 and 900 francs CFA/kg) and ecological production systems (275 and 850 francs CFA/kg).

In the table 6 was shown the profitability of cabbage (*Brassica oleracea* L.) under the organic, ecological and conventional farming systems of vegetable production. The cabbage was a vegetable whose was very demanding in maintenance. The level of its profitability using the three types of farming systems was presented in table 5. It showed that cabbage production was financially profitable at the three farming systems. An analysis of the result showed that the net margin of organic cabbage was positive and significantly ($p < 0.05$) higher than conventional and ecological cabbage. Also, from the period of abundance to the loan period of cabbage production, the benefit/cost ratio were 7.706 and 15.929 for the organic cabbage farming system, 4.884 and 10.820 for the conventional cabbage farming system and 1.495 and 3.741 for the ecological cabbage farming system. These different figures confirmed that the organic cabbage was the most profitable because it had the highest ratio. This was able to explain by the high price of organic cabbage (460 and 1,200 francs CFA per kg) compared to conventional cabbage (275 and 825 francs CFA per kg) and ecologically produced cabbage (250 and 800 francs CFA per kg) as shown in table 3 for seasonal selling prices.

Table 4. Financial profitability of tomato production by farming system in francs CFA per ha

Financial profitability		Tomato							
		Organic		Conventional		Ecological		All farming systems	
		Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period
Gross product	Average	3,251,102	7,252,459	2,355,575	6,093,514	1,365,699	1,801,452	2,324,125***	5,049,142***
	Standard deviation	830,700	1,853,100	888,000	1,983,200	7,249,160	406,400	2,989,287	1,414,233
Variables costs	Average	922,133	934,973	715,247	1,016,427	488,500	488,500	733,960	838,633
	Standard deviation	27,248	60,785	75,250	75,250	69,425	69,425	57,308	68,487
Fixed costs	Average	144,280	144,280	84,600	188,940	172,125	172,125	133,668	168,448
	Standard deviation	546	1,218	39,722	88,712	90,540	5,076	43,603	31,669
Net margin	Average	2,184,690	6,173,207	1,555,728	4,888,147	705,074	1,140,827	1,456,497***	4,042,060***
	Standard deviation	450,000	450,000	358,320	358,320	356,200	356,200	388,173	388,173
Benefit/cost ratio	Average	3.526	7.757	3.293	5.995	2.796	3.688	3.167***	6.021***
	Standard deviation	2.238	4.974	4.890	1.508	2.057	1.261	3.062	2.581

*** Significant at the 1% level ($p < 0.01$); ** significant at the 5% level ($p < 0.05$); * significant at the 10% level ($p < 0.10$). - Source: Survey data, 2019

Table 5. Financial profitability of carrot production by farming system in francs CFA per ha

Financial profitability		Carrot							
		Organic		Conventional		Ecological		All farming systems	
		Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period
Gross product	Average	1,572,075	3,493,500	1,094,783	2,432,850	450,286	1,000,635	1,039,048***	2,308,995***
	Standard deviation	182,754	908,019	195,360	971,768	4,277,004	162,560	1,551,706	680,782
Variables costs	Average	232,509	477,517	157,354	498,049	287,715	280,400	251,193	443,989
	Standard deviation	5,995	29,784	16,555	36,873	40,961	27,770	21,170	31,476
Fixed costs	Average	31,742	70,697	18,612	92,581	101,554	68,850	50,636	77,376
	Standard deviation	120	597	8,739	43,469	53,418	2,030	20,759	15,365

Financial profitability		Carrot							
		Organic		Conventional		Ecological		All farming systems	
		Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period
Net margin	Average	1,307,824	2,945,286	918,816	1,842,220	61,017	651,385	737,219***	1,787,630***
	Standard deviation	681,818	306,122	78,830	175,577	210,158	142,480	323,602	208,060
Benefit / cost ratio	Average	6.761	7.316	4.885	6.957	1.565	3.569	4.136***	5.201***
	Standard deviation	0.918	2.039	0.618	2.005	0.843	0.517	1.255	1.058

*** significant at the 1% level ($p < 0.01$); ** significant at the 5% level ($p < 0.05$); * significant at the 10% level ($p < 0.10$). - Source: Survey data, 2019

Table 6. Financial profitability of cabbage production by farming system in francs CFA per ha

Financial profitability		Cabbage							
		Organic		Conventional		Ecological		All farming systems	
		Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period	Period of abundance	Lean period
Gross product	Average	4,323,268	9,607,262	2,298,535	5,107,855	1,109,396	2,465,325	2,577,066***	5,726,814***
	Standard deviation	219,305	2,497,052	263,736	2,040,713	11,034,671	382,016	3,839,237	1,639,927
Variable costs	Average	271,411	1,246,670	212,428	1,045,903	742,305	658,940	434,048	1,009,171
	Standard deviation	7,194	81,907	22,349	77,432	105,679	65,260	45,074	74,866
Fixed cost	Average	38,090	194,417	25,126	194,419	262,009	161,798	108,408	183,545
	Standard deviation	144	1,641	11,797	91,285	137,819	4,771	49,920	32,566
Net margin	Average	4,013,767	8,166,174	2,060,980	3,867,532	105,083	1,644,588	2,034,610***	4,534,098***
	Standard deviation	568,182	111,317	58,393	83,608	542,208	334,828	389,594	176,584
Benefit / cost ratio	Average	7.706	15.929	4.884	10.820	1.495	3.741	5.675***	5.937***
	Standard deviation	3.730	1.679	1.131	3.668	1.543	0.946	1.936	2.296

*** significant at the 1% level ($p < 0.01$); ** significant at the 5% level ($p < 0.05$); * significant at the 10% level ($p < 0.10$).

Table 7. Compared profitability of vegetables by type of markets

Characteristics	Vegetable markets		Difference	Together
	Organic selling points	Regular (ordinar) markets		
Gross product	1,350,000	705,334	644,666	1,027,667
Variable costs	83,954	337,298	253,343	210,626
Fixed costs	17,426	120,090	102,663	68,758
Net margin	5,915,783	244,448	5,671,336	3,080,115
Benefit / cost ratio	16.08	4.57	11.51	10.32

*** significant at the 1% level ($p < 0.01$); ** significant at the 5% level ($p < 0.05$); * significant at the 10% level ($p < 0.10$).

The analysis in table 7 compared the profitability of the vegetables (tomato, carrot and cabbage) chosen at the point of sale of organic vegetables compared to other types of regular markets for conventional vegetables taken as a whole. The results showed that organic vegetables which were sold at the organic selling points was more profitable than other markets. Organic vegetables had an interesting market. Consumers were made up of 80% of officials, expatriates and consumers who were convinced of the dangers of consuming residues of vegetables, who were willing to buy organic vegetables a more expensive than conventional vegetables and subscribed to the purchase of organic vegetables.

Consumers of organic vegetables often belonged to organic vegetable consumer networks. This strategy aimed to ensure access to organic vegetables. These networks to which, they subscribed or contracted their deliver organic vegetables in the form of baskets of a set of vegetables or according to the choice of the consumer. They had options to buy in bulk or by the kilogram, which helped meet their organic vegetable needs. In this system, subscribed consumers always had priority. Delivery was made to fixed distribution locations, on known days and times. As for non-subscribed or occasional consumers, they had to place their order at least two days before the distributions. The order was made by phone, by sending a message via social networks such as WhatsApp, or by calling the distributor's number directly. These consumers bore the cost of home delivery to be delivered there by a motorcycle taxi driver. Sourcing through distribution networks was a way for consumers to ensure the organic nature of the vegetables they bought.

Discussion

The profit margins are all positive with significant differences ($p < 0.01$) among the three farming systems (tables 4, 5 and 6). The vegetables produce under the organic farming system generated better cost/benefit ratios than conventional and ecological systems. The net margins for tomato, carrot and cabbage in the organic system are the highest, followed by that in the conventional system and in the last, the net margins in ecological system. These results show that organic vegetable farming systems are more profitable than conventional and ecological vegetable farming systems. The study of Gibbon *et al.* (2007) on the profitability of organic farming in tropical African countries show that organic producers earn higher gross incomes than other producers. The ratios are higher for the protection of cabbage with an insect net, one of the pesticide reduction strategies, an agro ecological practice like organic farming system, than for the protection without compensation (Vidogbèna, 2015). The result in our study is in line with that of Houéto (2016) in Benin, which find net margins per hectare of organic cabbage higher than the net margins of conventional cabbages. In its study, Houéto (2016) found a net income per hectare of $8,589,046 \pm 1,164,271$ francs CFA among organic cabbage farmers and $6,349,009 \pm 507,829$ francs CFA for conventional cabbage. In our study, the net margin per hectare varies from the period of abundance to the period of scarcity from 4,013,767 to 8,166,174 francs CFA for organic cabbage and from 2,060,980 to 3,867,532 francs CFA for conventional cabbage. Comparative analysis of organic cotton and conventional cotton farming systems in Benin reveal that average gross and net margins are higher in organic farming than those on conventional cotton farms (Houndékon, 2010 and 2017). Houndékon find a net margin of 46,530 francs CFA/ha for organic cotton farmers producers and a net margin of 33,260 francs CFA/ha for conventional cotton farmers in 2010 and a net profit of 162,700 francs CFA/ha for organic cotton producers and 124,300 francs CFA/ha for conventional cotton systems in 2017. The difference in income for organic vegetable was able to explain by the farm gate price premium, which is from 15 to 20% based on the price of organic products. PGS certified organic vegetable producers have a specific consumer's base and are

able to sell their organic vegetables at a better price than conventional vegetable producers. Markets have a key role in assessing the profitability of organic vegetables. The prices of goods vary widely and have a significant impact on cost: benefit analyzes (Amoabeng *et al.*, 2014). Organic vegetables have a tangible profitable consumer market. Sale price of organic vegetables is higher than the one of conventional vegetables. Consumers with knowledge of organic vegetables, were aware of health benefits from their consumption and they were willing to pay the premium from 15 to 500 Francs CFA per kilogram for organic products (Vodouhè, 2019). This high selling price offsets the production costs and sometimes the level of production that results in the raw product level observed for carrots and cabbage.

Analyzes of the benefits of an innovation are necessary but insufficient for adoption and policies to support the diffusion of innovation. Organic or agro-ecological innovations must also be compatible with the values and social norms of end users (Rogers, 2003; Vidogbèna, 2015). Organic vegetable farming systems have standards and requirements that involve a structural change in farming practices, which may not be easy to implement. Organic system seems so interesting but it's still confined to few people for some reasons. First, farmers do not realize that although the average yields of crop production are significantly lower by around 20% in organic farming than in conventional farming (de Ponti *et al.*, 2012; Houéto, 2016), organic products are hit with a premium that increases income. Secondo, organic farming has many requirements and constraints that limit the dissemination. There requirements among others are the systematic of any synthetic chemical product on the farm forbidding; the production of organic crops in an environment separate and identified from the surrounding conventional crops, its heavy dependence of labor often mentioned as one the characteristics of organic farming (Padel and Lampkin, 1994; Tovignan, 2005; Amoabeng *et al.*, 2014) in a context of labor scarcity in Benin. One of the constraints linked to the habits of farmers that are not conducive to organic farming is the systematic or periodic use of chemicals for agricultural production. Finally, the major constraints hindering organic dissemination is the availability and accessibility of organic seeds, fertilizers and pesticides, the certification cost and the systematic recording of all operations carried out in the field. These aspects can be overcome but they must be taken into account and dealt with accordingly with extension support, training, awareness campaigns, knowledge transfer and the establishment of a mechanism or facility access to organic inputs. The impacts of adopting organic vegetable farming systems on health and environmental preservation are not easy to measure at the farm level. A research perspective at this level is necessary.

Conclusion

We compare the financial profitability of organic, ecological and conventional farming systems to obtain an economic benchmark on these different farming systems in order to improve the message of agricultural advice and promote the adoption of alternatives to vegetable production. The results of the study show that the organic, ecological and conventional farming systems of tomato, carrot and cabbage production are all profitable. These production systems all have positive and non-null net margins and profit/cost ratios. Organic farming systems for tomatoes, carrots and cabbage production are the most profitable, then conventional systems and finally ecological farming systems. Organic vegetables offer the farm gate selling prices premium, higher than the selling prices of conventional and ecological vegetables. Although the organic vegetable production system is profitable, the farmers are slow to adopt the organic vegetable farming system. It is important to know the constraints linked to this production system. An understanding of the organic vegetable farming system constraints allows us to know the elements on which to act for a good dissemination of this organic vegetable farming system.

References

- AAC (Agriculture et Agroalimentaire Canada), 2010 : Tendances du marché : produits biologiques. Ottawa : AAC. Bureau des marchés internationaux. Rapport d'analyse du marché, 14 p.
- Adékambi, S., Adégbola, P., 2008 : Analyse des systèmes de production des légumes. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 33 p.
- Ahouangninou, C., T. Martin, F. Assogba-Komlan, S. Simon, L. Djogbénou, I. Siddick, C. Pannetier, V. Corbel, B. Fayomi, 2013: Using *Aedes aegypti* larvae to assess pesticide contamination of soil, groundwater and vegetables, *Br. Biotechnol. J.* 3 (2), 143-157.
- Ahouangninou, C., 2013 : Gestion de l'environnement, Environnement, santé et développement durable. PhD. Université d'Abomey-Calavi, Cotonou, 349 p.

- Ahouangninou, C., B.E. Fayomi, T. Martin, 2011 : Evaluation des risques sanitaires et environnementaux des pratiques phytosanitaires des producteurs maraîchers dans la commune rurale de Tori-Bossito (Sud-Bénin). *Cahiers Agricultures*, 20, 216-222.
- Ahouangninou, C., T. Martin, P. Edoth, S. Siddick, S. Bio-Bangana, S. Dion, 2012: Characterization of health and environmental risks of pesticide use in market-gardening in the rural city of Tori-Bossito in Benin, West Africa. *Journal of Environmental Protection*. 3. 143-157.
- Amoabeng, B.W., G.M. Gurr, C.W. Gitau, P.C. Stevenson, 2014: Cost : benefit analysis of botanical insecticide use in cabbage: implications for smallholder farmers in developing countries. *Crop Prot.* 57, 71-76.
- Assogba-Komlan, F., P. Anihouvi, E. Achigan, R. Sikirou, A. Boko, C. Adje, V. Ahle, R. Vodouhê, A. Assa, 2007 : Pratiques Culturelles et Teneur en Éléments Antinutritionnels (Nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpon* au sud du Bénin. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 7. 1-21.
- Capillon, A., Ségué, L. 2002 : Écosystèmes cultivés et stockage du carbone. Cas des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale. *CR Acad. Agri. Fr*, 2002/88(5): 63-70.
- Coulibaly, O., 2010 : Développement, diffusion et adoption participatifs des technologies de niébé pour la réduction de pauvreté et le bien-être durable dans les ménages ruraux des zones semi-arides en Afrique de l'ouest. Fiche technique de projet de recherche. IITA. 6 p.
- de Bon, H., J. Huat, L. Parrot, A. Sinzogan, T. Martin, E. Malézieux, J.-F. Vayssières, 2014: Pesticide risks from fruit and vegetable pest management by small farmers in sub-Saharan Africa. A review of *Agronomy for Sustainable Development*. 34, 1-14.
- de Bon, H., L. Parrot, P. Moustier, 2010: Sustainable urban agriculture in developing countries. A review of *Agronomy for Sustainable Development*. 30. 21-32.
- De Ponti, T., B. Rijk, M.K. Van ittersum, 2012: The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems*, 108, 1-9.
- Deguénou, E.M., 2011 : Afrique de l'ouest, nourrir les villes par l'agriculture familiale durable : Entretien avec Edgar Déguénou sur la première AMAP du Bénin. Comité Français Pour La Solidarité Internationale. 7 p.
- Durand, C., 2002 : Méthodes de sondage: L'échantillonnage et la gestion du terrain. Département de sociologie. Université de Montréal.
- Eilon, S., 1985 : Framework for profitability and productivity measures. *Interfaces* 15 (3). 31-40.
- FAO, 2012 : Agriculture de conservation. Département de l'agriculture et de la protection des consommateurs. <http://www.fao.org/ag/ca/fr/>. Consulté le 07/07/2020 à 13 h.
- Gibbon, P., Bolwig, S., 2007: The economics of certified organic farming in tropical Africa : a preliminary assessment. *DIIS (Danish Institute for International Studies) working paper n°2007/3*. 3 p.
- Houéto, J., 2016 : Analyse de performance économique de production de Chou (*Brassica oleracea*) biologique dans les communes de Cotonou et de Sèmè-Kpodji au Sud-Bénin. Mémoire de master, Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.
- Houndékon, V.A., 2017 : Analyse comparative des systèmes de production du coton biologique et du coton conventionnel au Bénin. L'initiative sur l'Economie de la Dégradation des Terres (ELD). GIZ. 13 p.
- Houndékon, V.A., 2010 : Analyse comparative des systèmes de production du coton biologique et du coton conventionnel au Bénin. Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 13 p.
- O'Donnell, A.T., Swales, J.K., 1982: A note on profitability as a measure of company efficiency. *Managerial and Decision Economics* 3 (4). 188-193.
- Quinkoun, C.G., 2015 : Caractérisation des systèmes de culture et état sanitaire des sites maraîchers de Houéyiho de Sèmè-Kpodji et de Grand-Popo au Sud-Bénin. Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Bénin, 19 p.
- Padel, S., Lampkin, N.H., 1994: Conversion to organic farming: An overview. In: *The economics of organic farming: An international perspective*. CAB International, 295-313.
- Machín Sosa, B., A.M.R. Jaime, D.R.A. Lozano, P.M., Rosset, 2013: "Agro-ecological revolution: The farmer-to-farmer movement of the anap in Cuba." Jakarta: *La Via Campesina*. <http://viacampesina.org/downloads/>
- Rogers, E.M., 2003: Diffusion of Innovations. *Fifth ed. Free Press*.
- Rosset, P.M., B. Machín Sosa, A.M.J. Lozano., D.R., 2011: The campesino to campesino agro-ecology movement of anap in Cuba: social process methodology in the construction of sustainable peasant agriculture and foods sovereignty. *Journal of Peasant Studies*, 38, 1: 161-191.
- Sæthre, M.G., N.O. Svendsen Holen, F. Assogba-Komlan, I. Godonou, 2011: Pesticide residues analysis for three vegetable crops for urban consumers in Benin. *Bioforsk Report*. 6: 1-29.

Tovignan, D.S., 2005: Gender Perspectives in the Adoption of Organic Cotton in Benin: A Farm Household Modelling Approach. *Farming & rural systems economics*, Volume 74. Werner Doppler, Dept. of Agricultural Economics and Social Sciences in the Tropics and Subtropics, University of Hohenheim, Germany, Siegfried Bauer, Dept. of Regional- and Project-Planning, Justus-Liebig University Giessen, Germany. ISBN 3-8236-1472-X, ISSN 1616-9808. D 26.

Vidogbèna, F., 2016 : Adoption du filet anti-insectes pour la protection du chou pommé (*Brassica oleracea* L.) en milieux urbain et périurbain du Sud-Bénin. Thèse de doctorat unique en Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi. Bénin. 238 p.

Vidogbèna, F., A. Adégbidi, F. Assogba-Komlan, T. Martin, M. Ngouajjo, S. Simon, R.C.Tossou, P. Parrot, 2015 : Cost: Benefit analysis of insect net use in cabbage in real farming conditions among small holder farmers in Benin. *Crop Protection* 78 (2015) 164-171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.003>.

Vodouhè G.T., S.D. Vodouhè, R.C. Tossou, 2019 : Analyse du Consentement des Consommateurs à Payer les légumes Biologiques au Sud du Bénin. *African Journal of Organic Agriculture and Ecology (AJOAE)* Volume 1, 2019, 1-5

Wezel, A., S. Bellon, T. Doré, 2009: Agroecology as a science, a movement, and a practice. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 4: 503–515. <http://dx.doi.org/10.1051/agro/2009004>.

Yadouléon, A., T. Martin, G. Padonou, F. Chandre, A. Asidi, L. Djogbénou, R. Dabire, R. Aïkpon, M. Boko, I.A. Glitho, M. Akogbeto, 2011: Cotton pest management practices and the selection of pyrethroid resistance in *Anopheles gambiae* population in Northern Benin. *Parasites Vectors*4, 60.