

Cinquième article : Amélioration du procédé traditionnel de maltage du sorgho (*Sorghum bicolor*) pour la production du chakpalo au Bénin

Par : J. Dossou, Y. V. Ballogou, O. Daïnou, N. Akissoé et C. de Souza

Pages (pp.) 30-40.

Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB) - Numéro 76 – Décembre 2014

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 sur papier (on hard copy) : 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099
Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin



Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB)

Centre de Recherches Agricoles à vocation nationale basé à Agonkanmey (CRA-Agonkanmey)

Service Informatique Scientifique et Biométrie (PIS-B)

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

Tél.: (229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59

E-mail : brabinrab@yahoo.fr, brabpisbinrab@gmail.com, craagonkanmey@yahoo.fr

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 64/21 13 38 70/21 03 40 59 - Fax : (+229) 21 30 07 36

E-mail: brabinrab@yahoo.fr, brabpisbinrab@gmail.com, craagonkanmey@yahoo.fr

République du Bénin

Sommaire

Informations générales	ii
Indications aux auteurs	iii
Bulletin d'abonnement	vii
Evaluation de l'effet de cinq différentes couleurs de filets anti-insectes sur la lutte contre les ravageurs et la productivité du chou (<i>Brassica oleracea</i>) au Sud-Bénin F. Assogba Komlan, S. Simon, L. Adjaïto, R. Agbozo, A. Mensah, C. Ahouangninou, M. Ngouajio et T. Martin	1
Evaluation de la radioprotection des enfants en examens radiopédiatriques à l'Hôpital de zone de Suru-Lere à Cotonou au Sud-Bénin J. Dossou, A. Y. Kokoun, G.-M. S. G. Abinda, O. Biaou, F. S. Loko et G. A. Mensah	9
Effet du mode d'exploitation sur les pâturages à <i>Brachiaria ruziziensis</i> en zone soudanienne et subéquatoriale au Bénin A. G. Zoffoun, A. B. Aboh, S. Adjolohoun, M. Houinato et B. A. Sinsin	16
Comparaison des caractéristiques physicochimiques des miels frais et âgés récoltés dans le rucher de l'arboretum de l'Ecole Supérieure Agronomique de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire B. M. Iritie, E. N. Wandan, Y. M. Yapi, N. C. Bodji, G. A. Mensah et A. Togbé Fantodji	23
Amélioration du procédé traditionnel de maltage du sorgho (<i>Sorghum bicolor</i>) pour la production du chakpalo au Bénin J. Dossou, Y. V. Ballogou, O. Daïnou, N. Akissoé et C. de Souza	30
Comparaison de la topologie et de la géométrie des systèmes racinaires de jeunes plants de <i>Acacia tortilis</i> et de <i>Balanites aegyptiaca</i> en conditions naturelle et semi contrôlée J. Logbo, M. Diouf, L. S. Gnancadja, H. Sinoquet, et L.-E. Akpo	41

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 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 deux (2) numéros par an mais 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.

Comité de Rédaction et de Publication du Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin (BRAB)

01 BP: 884 Cotonou 01 Recette Principale – Tél.: (+229) 21 30 02 64 / 21 13 38 70 / 21 03 40 59

E-mail: brabinrab@yahoo.fr, brabpisbinrab@gmail.com, craagonkanmey@yahoo.fr – République du Bénin

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, Directeur 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, Maître de Recherche (CAMES) et Dr Ir. Attanda Mouinou IGUE, Maître de Recherche (CAMES)

Conseil Scientifique : Pr. Dr Ir. Brice A. SINSIN (Ecologie, Foresterie, Faune, PFNL, Bénin), Pr. Dr Michel BOKO (Climatologie, Bénin), Pr. Dr Ir. Nestor SOKPON (Sciences Forestières, Bénin), Pr. Dr Ir. Joseph D. HOUNHOUIGAN (Sciences et biotechnologies alimentaires, Bénin), Pr. Dr Ir. Abdourahamane BALLA (Sciences et biotechnologies alimentaires, Niger), Dr Jeanne ZOUNDJIHEKPON (Génétique, 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), Dr Ir. Gualbert GBEHOUNOU (Malherbologie, Protection des végétaux, Bénin), Pr. Dr Moussa BARAGÉ (Biotechnologies végétales, Niger), 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 Anasthase AZONTONDE (Sciences du sol, Bénin), Dr Ir. Claude ADANDEDJAN (Zootechnie, Pastoralisme, Agrostologie, Bénin), Dr Ir. Paul HOUSSOU (Technologies agro-alimentaires, Bénin), Dr Ir. Kakai Romain GLELE (Biométrie et Statistiques, 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 deux (2) numéros par an mais 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 : brabinrab@yahoo.fr, brabpisbinrab@gmail.com, craagonkanmey@yahoo.fr. 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 (3) 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 97-2003 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 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 :

- 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 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.

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 : brabinrab@yahoo.fr, brabpisbinrab@gmail.com, craagonkanmey@yahoo.fr

Tarifs pour un abonnement annuel donnant droit à deux (2) numéros du BRAB entier en version pdf par voie électronique :

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)

Amélioration du procédé traditionnel de maltage du sorgho (*Sorghum bicolor*) pour la production du *chakpalo* au Bénin

J. Dossou¹³, V. Y. Ballogou¹⁴, B. Amoussou Fagla¹³, N. Akissoé¹³, O. Daïnou¹⁵ et C. de Souza¹⁶

Résumé

L'objectif de l'étude est d'évaluer l'effet de la variation des conditions de trempage (température et durée) et de la durée de germination sur la qualité du malt de sorgho utilisé pour la production du *chakpalo* au Bénin. Les variétés de sorgho (*Sorghum bicolor*) rouge foncé et brun foncé cultivées au Bénin ont été utilisées pour la production des malts. Les deux procédés de maltage suivants ont été expérimentés : -i- procédé traditionnel réalisé par un trempage en eau à une température de 25 °C pendant 12, 18 et 24 h, suivi d'une germination et d'un séchage solaire ; -ii- procédé amélioré caractérisé par un trempage en eau à 45 °C pendant 3, 6 et 8 h puis une germination et un séchage contrôlé du malt vert à 60 °C. L'appréciation de la qualité des malts a été effectuée à travers la détermination des paramètres technologiques, physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques. Les résultats ont montré que la vitesse d'absorption d'eau des grains de sorgho était quatre fois plus élevée en eau à 45 °C ; ce qui a réduit à un tiers la durée globale de trempage (24 h pour la pratique traditionnelle contre 8h pour la technologie améliorée). Le trempage en eau à 45 °C a amélioré le pouvoir germinatif qui a passé de 60 à 73% pour le sorgho rouge et de 62 à 70% pour le sorgho foncé. Aucune différence significative ($p>0,05$) n'a existé entre les procédés concernant l'activité enzymatique des malts produits, exprimée en termes de pouvoir diastasique, alors qu'une différence significative ($p<0,05$) a été prouvée entre les variétés de sorgho utilisées (5,73 g d'équiv maltose/g de malt/min pour le sorgho rouge foncé et 7,54 g d'équiv maltose/g de malt/min pour le sorgho brun foncé). L'analyse microbiologique a révélé une qualité hygiénique satisfaisante pour le malt amélioré, caractérisée en particulier par une absence de coliformes totaux et fécaux. Le trempage en eau tiède, à 45°C pendant 8 h, améliore la qualité globale du malt.

Mots clés : Maltage, pouvoir diastasique, pouvoir germinatif, bière traditionnelle, sorgho.

Improving of traditional sorghum (*Sorghum bicolor*) malting process for *chakpalo* production in Benin

Abstract

The study aims to evaluate the effect of various steeping and germination conditions (duration and temperature) on the quality of sorghum malts of two sorghum varieties grown in Benin. The dark red and the dark brown varieties of sorghum (*Sorghum bicolor*) were used. The malts were obtained after soaking of the sorghum in water at 25 °C, germination and solar drying (traditional practice) and steeping in warm water at 45 °C (improved technology) followed by germination during 72 h and controlled drying of germinated malt at 60 °C. Some technological, physico-chemical and microbiological parameters have been used to evaluate the quality of the sorghum malts. The results showed that lukewarm water (45 °C) not only improved water absorption speed of sorghum grains but also reduced to third the global duration of soaking (from 24 h for traditional practice to 8 h for improved technology). Soaking in water at 45 °C also improved germinated power which increased from 60 to 73% for the red sorghum and 62 to 70% for brown sorghum. None significant difference ($p>0,05$) has been observed for the malt's enzymatic activity, expressed in term of diastasis power,

¹³ Dr Ir. Joseph DOSSOU, Département de Nutrition et Sciences Alimentaires (DNSA), Faculté des Sciences Agronomiques (FSA), Université d'Abomey-Calavi (UAC), 01 BP 526 Recette principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 97 08 62 66, E-mail : jokdossou@yahoo.fr, République du Bénin

Dr Ir. Noël AKISSOÉ, DNSA/FSA/UAC, 01 BP 526 Recette principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 97 51 20 24, E-mail : noel.akis@yahoo.fr, République du Bénin

Dr Ir. Balbine Amoussou Fagla, DNSA/FSA/UAC, 01 BP 526 Recette principale, Cotonou 01, E-mail : balbinak04@yahoo.fr, République du Bénin

¹⁴ Dr Vénérande Y. BALLOGOU, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC/UAC), 01 BP 526 Recette principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 97 18 15 04, E-mail : ballogouvrande@yahoo.fr, République du Bénin

¹⁵ Dr Ir. O. DAÏNOU, Département de Biologie Végétale, Faculté des Sciences et Techniques (FAST/UAC), 01 BP 526 Recette principale, Cotonou 01, Tél. : (+229) 90 97 95 33, République du Bénin

¹⁶ Dr C. DE SOUZA, Ecole Supérieure des Techniques Biologiques et Alimentaires, Université de Lomé, BP 526 Lomé, Tél. : (+228) 90 09 41 63, E-mail : csousaari@ub.tg, République du Togo

but significant difference ($p < 0,05$) of this parameter depended on the used sorghum variety (5.73 g equiv. maltose/g of malt/min for dark red and 7.54 g equiv. maltose/g of malt/min for dark brown one). Microbiological analysis showed a satisfactory safety quality for improved malts. The soaking of the sorghum with lukewarm water at 45°C during 8 hours improves the global quality of the malt.

Key words: Malting, diastasis power, germinated power, traditional beer, sorghum

INTRODUCTION

Chakpalo est une bière traditionnelle béninoise à base de sorgho ou de maïs (Adjadi *et al.*, 2015), préparée et consommée originellement par les peuples *Idaatcha* du département des Collines au Bénin. Une bière traditionnelle est une boisson alcoolisée obtenue à partir de la fermentation spontanée de sucres simples issus de la saccharification de matières amylacées (céréales, racines, tubercules, fruits, etc.). Certes, *chakpalo* est connu dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest, comme le Togo, le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire mais l'appellation de cette boisson la rapprocherait plus du Bénin. En effet, selon la tradition orale, en langue locale *Idaatcha*, le mot « *tchakparo* » dériverait de l'expression « *itchakpa iro* » ; ce qui signifierait « la bouillie du génie de la forêt » et par extension « la boisson du génie », puisque la légende prétend que la technologie du *chakpalo* aurait été livrée aux hommes par un génie de la forêt. On sait également qu'à l'origine, les bières primitives existaient sous forme de bouillie ou de suspension opaque (Stengel, 2008 ; Boirin, 2005), comme c'est le cas du *tchoukoutou* au Nord du Bénin et du Togo.

De nos jours, le maltage, le brassage et la fermentation spontanée du moût sont généralement en les trois étapes de la production du *tchakpalo* (Dossoumoun, 1981 ; Okoumanssoun, 1984 ; Ategbo, 1985 ; Nago, 1989 ; Adjadi *et al.*, 2015). Le maltage, vieille technique utilisée pour la production de nombreuses autres bières traditionnelles dont *tchoukoutou* au Bénin, *dolo* au Mali, au Burkina Faso et au Sénégal, *pito* au Ghana, *armawa* au Rwanda, *bili bili* au Tchad et *burukutu* ou *otika* au Nigeria (Kayodé *et al.*, 2005), consiste en un mécanisme de transformation biochimique des grains et de synthèse des enzymes et permet de réduire à des valeurs insignifiantes les proportions de composés toxiques et de facteurs antinutritionnels tels que les tannins et les glucosides cyanogéniques que l'on retrouve dans les grains de sorgho (FAO, 1995). Ce processus comprend les trois grandes étapes suivantes : -i- le trempage qui permet de fournir à la graine toute l'eau et l'oxygène nécessaires à la germination ; -ii- la germination qui favorise le développement des enzymes (α -amylase, β -amylase, endo- β -glucanase) ; -iii- le séchage, qui bloque l'activité des enzymes et empêche la dégradation du malt. Traditionnellement, le trempage des grains s'effectue dans un récipient d'eau, à la température ambiante pendant 12 h à 24 h, soit en moyenne 18 h, puis il est suivi d'un bref égouttage, d'une germination pendant 72 h et d'un séchage au soleil pendant 48 h (Ballogou, 2008 ; Ballogou *et al.* 2011 ; Dossou *et al.*, 2011).

Malgré les avancées technologiques réalisées de par le monde dans le domaine de la brasserie industrielle, la production traditionnelle du *chakpalo* à partir des malts de sorgho et du maïs est encore sujette à de nombreuses contraintes qui en affectent la qualité. Les principales contraintes de ce processus de maltage traditionnel peuvent être résumées comme suit : le faible taux de germination dû à la mauvaise qualité des grains souvent mis en germination dans la précipitation, sans triage ni choix de variété appropriée ; la trop longue durée de maltage variant de 8 à 9 j pour le sorgho ; le manque de suivi et de contrôle des paramètres du processus de maltage, ce qui en affecte la qualité technologique ; un séchage traditionnel (au soleil) exposant le produit aux intempéries, microbes et prédateurs, entraînant des risques de prévalence de contaminants et surtout de mycotoxines (aflatoxines, fumonisines, etc.). Une étude de Fandohan et Gnonlonfin (2005) sur la teneur en aflatoxines et en fumonisines du surnageant de ogui (pâte fermentée à base de farine de maïs) utilisé pour la préparation de *chakpalo* frelaté et d'infusions de tisanes au Bénin confirme aussi que la qualité sanitaire de ces boissons est défectueuse et alerte sur la nécessité de mesures préventives. Or, les moisissures responsables de la production de ces mycotoxines trouvent les meilleures conditions de leur développement dans les céréales mal séchées et contenant une forte teneur en eau résiduelle (au-delà de 14, 5%) ou stockées dans une ambiance à forte hygrométrie de l'air (Gnonlonfin *et al.*, 2013). Tout ceci justifie la pertinence de la présente étude.

Des travaux antérieurs ont mis en évidence l'influence de différents facteurs sur la qualité du malt obtenu, mais l'accent est souvent mis sur l'effet de la variation des conditions de germination sur la qualité technologique du malt de sorgho (Ratnavathi *et al.*, 1991). Ainsi, les conditions de trempage et de germination pouvaient influencer la teneur en extrait sec, le pouvoir diastasique et autres caractéristiques importantes du malt (Morall *et al.*, 1986). Malgré la reconnaissance de l'importance du processus de trempage pour le maltage, c'est tout récemment que des études se sont appesanties essentiellement sur l'effet des conditions de trempage sur la qualité du malt de sorgho (Ratnavathi *et*

al., 1991 ; Okolo et Ezeogu, 1996). Cette question de recherche est encore peu abordée, surtout en ce qui concerne les bières traditionnelles africaines. Par conséquent, Il est opportun de maîtriser les paramètres influençant la durée du maltage et la qualité des malts traditionnels. L'optimisation des paramètres opératoires du trempage peut permettre d'améliorer la qualité du produit. La présente étude apporte des informations complémentaires à celles déjà existantes et vise à évaluer l'effet de la variation des conditions de trempage (température et durée) et de germination (durée) sur la qualité (physico-chimique, technologique et microbiologique) des malts de deux variétés de sorgho cultivées au Bénin et utilisées pour la production du *chakpalo*. Plus spécifiquement, il s'agit d'analyser les paramètres technologiques, physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques des malts produits par trempage du sorgho en eau à 45 °C et de les comparer à ceux des malts produits à la température de 25 °C à partir de la technologie traditionnelle.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal et production des échantillons des malts de sorgho

Le sorgho (*Sorghum bicolor*) rouge foncé et le sorgho brun foncé, utilisés et reconnus comme les meilleures matières premières par les productrices de boissons traditionnelles (*chakpalo* et *tchoukoutou*) ont été les deux variétés de sorgho cultivées au Bénin ayant servi à produire les malts. Les échantillons de sorgho utilisés ont été achetés au marché Dantokpa à Cotonou au Sud-Bénin. Le procédé de maltage utilisé est constitué de trois grandes étapes (trempage, germination et séchage) résumées dans le diagramme technologique de la figure 1. Les deux procédés de maltage suivants ont été utilisés :

- un procédé traditionnel reproduit au laboratoire par un trempage en eau à la température de 25 °C pendant 12, 18 et 24 h, suivi d'une germination pendant 72 h et d'un séchage au soleil pendant 48 h ;
- un procédé amélioré qui est caractérisé par un trempage en eau à 45 °C pendant 3, 6 et 8 h, puis une germination et un séchage contrôlé dans une étuve à 60 °C pendant 48 h.

Pour la production de chaque type de malt, les grains de sorgho ont été vannés, triés et lavés à grande eau pour éliminer les déchets. Le trempage en eau à 45 °C a été réalisé dans un bain marie de marque NB301 (N-BIOTEK Co., Ltd, Korea), gradué de +5°C à 100 °C, avec une précision de $\pm 0,1^\circ\text{C}$, et d'une capacité volumétrique de 12 litres. Les durées de trempage en eau à 45 °C étaient de 3 h, 6 h et 8 h (durées retenues après plusieurs essais à des heures différentes) contre 12 h, 18 h et 24 h pour le trempage en eau à la température de 25 °C.

Après le détrempeage, les grains ont été lavés puis égouttés. Ensuite, ils ont été gardés dans un récipient et recouvert d'une toile plastique noire pendant environ 10 à 12 h de pré-germination. Cette étape permet une amorce de la levée des plantules. La germination proprement dite a été réalisée par étalement du sorgho en couche de 3 à 4 cm d'épaisseur pendant 3 jours sur des plateaux en plastique perforés. Les grains mis en germination étaient recouverts d'un sac de jute et arrosés toutes les 6 h pendant toute la durée de la germination.

Le malt vert obtenu après la germination a été étalé à l'ombre et laissé pendant 24 h au moins pour permettre aux enzymes d'hydrolyser le résidu d'amidon contenu dans les graines et de libérer les sucres fermentescibles, indispensables au brassage de la bière. Après le mûrissement, les deux types de séchage suivants ont été effectués : un séchage au soleil pendant environ 48 h (pratique traditionnelle) ; un séchage à l'étuve à 60 °C pendant 48 h. Les malts obtenus ont été conditionnés dans des sachets plastiques en polyéthylène thermosoudés pour éviter la réabsorption d'eau et la contamination microbienne. Les mesures de la durée de trempage et de germination ainsi que de température des produits ont été faites respectivement à l'aide d'un chronomètre et d'un thermomètre gradué de 0 à 100 °C.

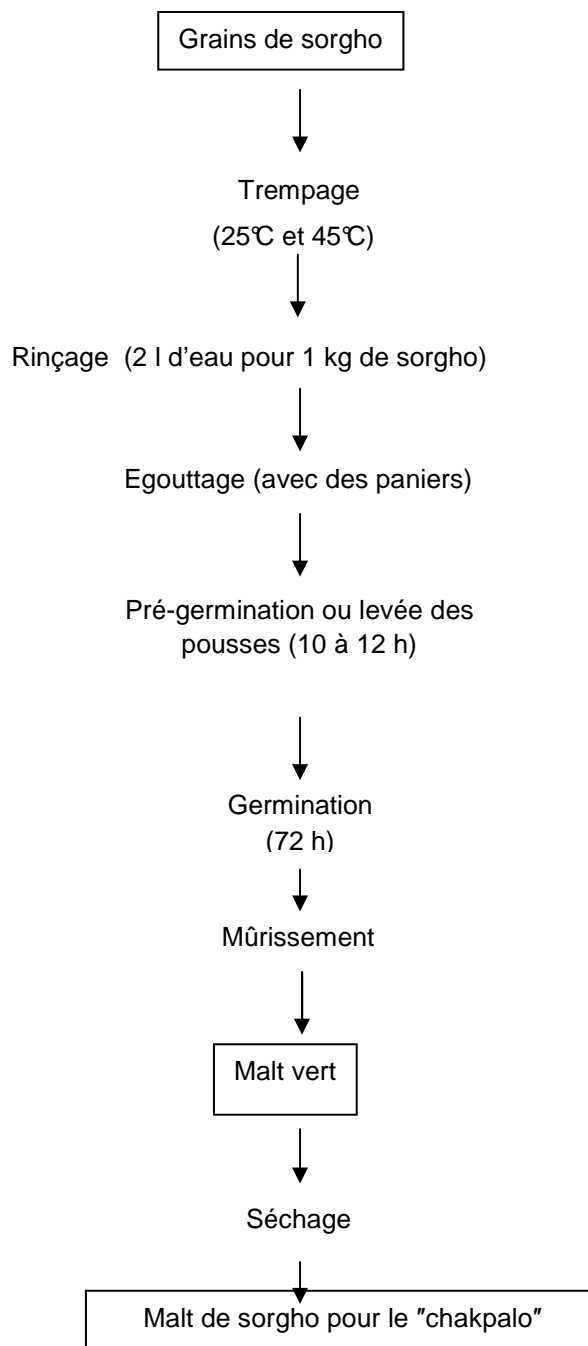


Figure 1. Diagramme technologique de production du malt de sorgho pour la préparation de chakpalo

Analyses des paramètres de qualité des malts et des paramètres technologiques et physico-chimiques

Les analyses de laboratoire ont porté sur les échantillons de grains trempés prélevés à différentes heures de trempage, de malt vert et de malt séché des deux variétés de sorgho utilisés. Dans le tableau I ont été résumés la fréquence des prélèvements et les analyses effectuées sur les différents échantillons de chaque variété. Les échantillons ont été analysés immédiatement après le prélèvement. Les analyses ont porté sur la détermination des paramètres technologiques, physico-chimiques et microbiologiques des échantillons. Les échantillons destinés à l'analyse microbiologique ont été prélevés dans du sachet stomacher.

La valeur technologique du malt a été appréciée à travers trois paramètres choisis à cause de leur importance pour la qualité du malt. Il s'agit notamment du pouvoir germinatif des grains de sorgho qui renseigne sur leur qualité et sur l'influence des conditions de trempage sur la dormance des grains, du pouvoir diastasique qui détermine l'activité amylasique du malt, et de la teneur en eau du malt qui

rend compte de l'aptitude du produit à favoriser ou non le développement des microorganismes ; ce dernier paramètre a été associé à la qualité hygiénique du malt qui justifie son innocuité pour le consommateur. Le pouvoir germinatif a été déterminé par le comptage des grains de sorgho ayant véritablement germé après 72 h, et exprimé en pourcentage sur la base de quatre répétitions selon la méthode décrite par Renard en 1975. Le pouvoir diastasique a été déterminé par une méthode colorimétrique, qui consiste à mesurer l'activité enzymatique sur une solution d'amidon soluble pendant 30 min à 40 °C par dosage des sucres réducteurs et des fonctions réductrices libérées lors de la réaction par l'acide 3-5 dinitrosalicylique à 100 °C pendant 10 min. La teneur en eau a été déterminée selon la méthode AACC, 44-15 A (Anonyme, 1984). La teneur en protéines a été évaluée par la méthode AACC, 1984, 46-11A.

Tableau I. Synthèse de la méthode d'échantillonnage et des différents paramètres mesurés

Etape	Durée (h)	Produits obtenus	Fréquence de prélèvement (h)	Paramètres mesurés
Trempage en eau à 45°C	3	Sorgho trempé	Toutes les heures	-Température -Teneur en eau
	6			
	8			
Trempage en eau à 25°C	12	Sorgho trempé	2	-Température -Teneur en eau
	18		3	
	24		4	
Germination	72	Malt vert	24	-Température -Pouvoir germinatif
Séchage	48	Malt séché	En fin de séchage	-Matière sèche -Température de séchage -Pouvoir diastasique -Protéines - Analyses microbiologiques

Analyse microbiologique

L'appréciation de la qualité microbiologique et hygiénique des malts a consisté en un dénombrement des germes aérobies mésophiles totaux, des levures et moisissures des coliformes totaux et fécaux après ensemencement sur des milieux nutritifs spécifiques. Les différents germes recherchés, les milieux de cultures utilisés ainsi que les conditions d'incubation ont été résumés dans le Tableau II.

Tableau II. Germes recherchés et milieux de culture utilisés

Microorganismes	Milieux de culture utilisés	Conditions d'incubation
Germes aérobies mésophiles totaux	Plate Count Agar (PCA; Oxoid CM 325, Hampshire, England)	Mettre à l'étuve à 30 °C pendant 48 à 72 h
Levures et moisissures	Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar (Oxoid CM 545, Hampshire, England)	Incubation à 20 °C pendant 4 à 5 j
Coliformes totaux	Vert Rouge Bile Agar (VRBA; Oxoid CM 107, Hampshire, England)	Incubation à 30 °C pendant 24 à 48 h
Coliformes fécaux	Vert Rouge Bile Agar (VRBA ; Oxoid CM 107, Hampshire, England)	Incubation à 44 °C pendant 24 à 48 h
Germes aérobies mésophiles totaux	Plate Count Agar (PCA; Oxoid CM 325, Hampshire, England)	Mettre à l'étuve à 30°C pendant 48 à 72 h
Levures et moisissures	Oxytetracycline Glucose Yeast Extract Agar (Oxoid CM 545, Hampshire, England)	Incubation à 20°C pendant 4 à 5 j
Coliformes totaux	Vert Rouge Bile Agar (VRBA; Oxoid CM 107, Hampshire, England)	Incubation à 30°C pendant 24 à 48 h
Coliformes fécaux	Vert Rouge Bile Agar (VRBA ; Oxoid CM 107, Hampshire, England)	Incubation à 44°C pendant 24 à 48 h

Analyses statistiques

Les résultats d'analyses physico-chimiques, technologiques et microbiologiques ont été synthétisés à l'aide du tableur Excel 2007 et analysés statistiquement avec le logiciel Minitab version 14. Un test de comparaison de moyenne (test t de Student) a été effectué pour évaluer l'effet du procédé et de la variété sur les différents paramètres mesurés au laboratoire au seuil de 5% considéré comme le seuil de significativité du test.

RESULTATS ET DISCUSSION

Impact du mode de trempage sur la vitesse d'absorption d'eau des grains de sorgho

Le trempage des grains de sorgho était une étape importante du maltage puisqu'il fournit à la graine l'eau et l'oxygène nécessaires à sa germination. Le suivi de la teneur en eau des grains au cours du trempage rend compte de la vitesse d'absorption d'eau de cette céréale. Les courbes de la Figure 2 ont illustré l'évolution de la teneur en eau en fonction du temps pour les grains du sorgho rouge foncé trempés en eau respectivement à 45 °C et à 25 °C.

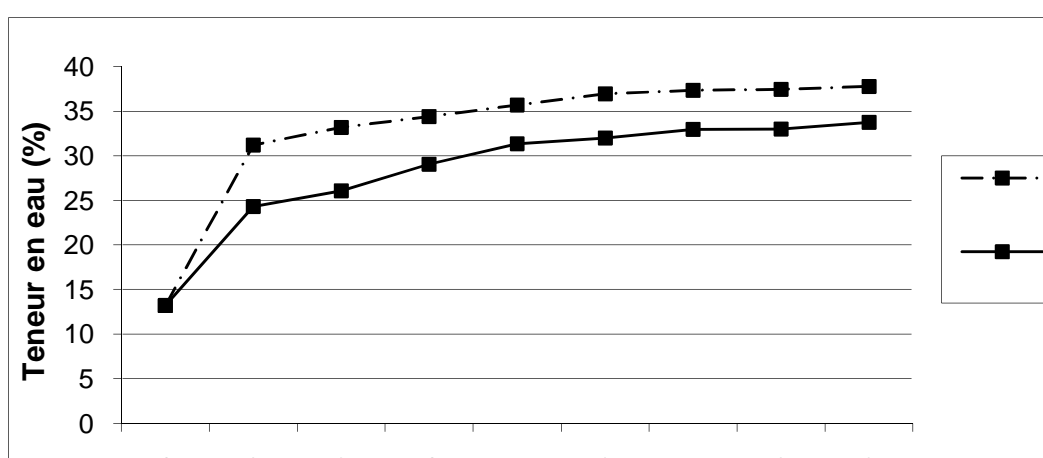


Figure 2. Evolution de la teneur en eau des grains de sorgho en fonction de la durée de trempage

A 45 °C, la teneur en eau initiale des grains est passée de 13,23 à 31,21% après 1 h de trempage et à 37,76% en fin de trempage, après 8 h. Ainsi, le grain absorbe près de 73% d'eau au cours de la première heure de trempage. Par conséquent, la vitesse d'absorption d'eau du grain est très élevée en début de trempage; elle est de 17,98% d'eau/h en 1 h de trempage contre 0,93% d'eau/h au cours des 7 dernières heures. Par contre, à 25 °C, la teneur en eau des grains est passée de 13,23 à 31,36% après 4 h de trempage, puis à 37,55% en fin de trempage, après 24 h. Ainsi, le grain absorbe 72% d'eau au cours des quatre premières heures de trempage en eau à 25 °C. Cette observation confirme une fois de plus que la vitesse d'absorption d'eau des grains est très élevée en début de trempage aussi bien en eau à 25 °C qu'en eau à 45 °C. Toutefois, en eau à 45°C, la vitesse d'absorption d'eau des grains est 4 fois plus rapide qu'en eau à 25 °C (en début de trempage). Ainsi, la durée de trempage des grains de sorgho diminue avec l'augmentation de la température de l'eau. Les mêmes observations ont été faites par Nout et Davies (1982) sur une variété de sorgho ceylanais (*Sorgho ingumba*) dont la durée de trempage a été réduite de 27 h à 18 h lorsque la température de trempage est passée de 25 à 35 °C pour atteindre finalement une même teneur en eau de 45% dans les deux cas. Des résultats similaires ont été aussi observés par Kunze (1979) sur l'orge (37 h à 25 °C et 28 h à 35 °C). Cet important gain de temps peut se traduire en termes d'augmentation significative de la capacité de production de malt. De plus, le trempage en eau à 45 °C peut permettre d'éviter l'apparition d'une odeur putride constatée dans la pratique traditionnelle après 12 h de trempage des grains de sorgho en eau à 25 °C. Il garantit également une teneur en eau suffisante pour une bonne germination des grains. En effet, Dewar *et al.* (1997) ont souligné que l'optimum du taux d'humidité des grains, positivement corrélé avec le pouvoir diastasique du malt de sorgho, est de 36%, ce qui concorde bien avec les résultats trouvés dans la présente étude, qui sont respectivement de 37,76 et de 37,55% pour les deux températures d'essai, valeurs statistiquement similaires à 36%. Tchienbou (2006) a indiqué que les grains de sorgho n'absorbent pratiquement plus d'eau après 12 h de trempage. Toutefois dans la présente étude, l'absorption d'eau est devenue quasiment nulle déjà à

partir de 8 h de trempage en eau à 45 °C. L'absorption d'eau est restée particulièrement lente au cours des dix dernières heures de trempage à 25 °C.

Amélioration du pouvoir germinatif des grains de sorgho trempés en eau à 45°C

L'aptitude au maltage du sorgho a pu être évaluée à travers le pouvoir germinatif (Tableau III). L'analyse statistique des données obtenues a montré une différence significative ($p < 0,05$) entre le pouvoir germinatif des grains trempés en eau à 25 °C et celui des grains trempés en eau à 45 °C.

Tableau III. Pouvoir germinatif du sorgho en fonction de la durée de trempage

Durée de trempage (h)	Pouvoir germinatif du sorgho rouge foncé (%)	Pouvoir germinatif du sorgho brun foncé (%)
Eau à 25 °C		
12	59 b	54 a
18	60 b	62 b
24	50 a	47 a
Eau à 45°C		
3	68 c	62 b
6	73 c	70 c
8	65 b	65 b

Les valeurs portant des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

En général, les valeurs de taux de germination obtenus après trempage des grains en eau à 45 °C étaient nettement supérieures à celles obtenues après trempage à 25 °C. Les plus fortes valeurs de taux de germination étaient obtenues à 6 h de trempage en utilisant de l'eau à 45 °C et à 18 h pour ce qui est de l'eau à 25 °C. Les différences entre les variétés utilisées n'étaient pas significatives ($p > 0,05$). Ainsi, pour les durées de trempage ayant permis d'avoir les plus forts taux de germination, les pouvoirs germinatifs des grains de sorgho trempés en eau à 45 et à 25 °C ont été respectivement en moyenne de 73% contre 60% pour le sorgho rouge foncé et de 70% contre 62% pour le sorgho brun foncé. Certes, ces pouvoirs germinatifs sont inférieurs aux valeurs trouvées par Kretschmer (1972) et Jayatissa *et al.* (1980) qui se situent dans une amplitude de 75 et 98%, soit une moyenne de 86,5%. Ce faible taux du pouvoir germinatif trouvé pour les grains de sorgho utilisés ici serait dû à plusieurs facteurs inconnus dont l'âge et les conditions de stockage des grains, les conditions de culture et les caractéristiques génétiques des grains ou encore les températures de trempage utilisées. Toutefois, la tendance à une augmentation du pouvoir germinatif grâce à l'utilisation de l'eau de trempage à 45 °C est nettement perceptible. Okolo et Ezeogu (1996) ont rapporté aussi que l'augmentation de la température de trempage à 40 °C pourrait réduire la durée de trempage à 6 h, comme le confirme la présente étude.

Influence de la température de trempage sur le pouvoir diastasique du malt

La qualité du malt de sorgho pour le brassage est définie principalement par rapport au pouvoir diastasique (Novellie, 1959 ; Novellie, 1962a). Le pouvoir diastasique permet de mesurer l'activité des enzymes α et β -amylases et donc l'aptitude du malt à libérer assez de sucres fermentescibles (Novellie, 1962b). La température de trempage peut influencer l'activité de ces enzymes indispensables à la réussite du processus de production de la bière. Le trempage est généralement reconnu comme l'étape la plus importante du processus de maltage (French et McRuer, 1990 ; Briggs *et al.*, 1981). Dans la présente étude, l'effet de la température de trempage sur le pouvoir diastasique du malt a été évalué pour le sorgho rouge foncé trempé en eau à 45 et à 25 °C. Les valeurs des pouvoirs diastasiques déterminées étaient respectivement de 5,73 g d'équiv. maltose/g de malt/min et 5,96 g d'équiv. maltose/g de malt/min. Ces résultats démontrent l'inexistence de différence significative ($p > 0,05$) entre les pouvoirs diastasiques des malts produits dans ces conditions. Le trempage des grains en eau à 45 °C n'affecte donc pas l'activité des enzymes. Plus précisément, les températures de traitement appliquées ici se situent en dessous du seuil de température qui provoquerait l'inhibition des enzymes du sorgho. En effet, les amylases (α et β) et les endo-glucanases contenues dans le sorgho sont inactivées à des températures plus élevées, notamment à 70 °C pour l' α -amylase (Muralikrishna et Nirmala, 2005) et 68-70 °C pour la β -amylase (Botes *et al.*, 1967 ; Kunze, 1979). Les travaux effectués par Ezeogu et Okolo (1994) et Dewar *et al.* (1996) ont montré que la température des grains influence de façon significative ($p < 0,05$) la qualité du malt de sorgho où le

pouvoir diastasique est de 31, 37 et 39 SD/g après trempage des sorghos respectivement à 20 °C, 25 °C et 30 °C.

Effet variétal et activité des enzymes du malt du sorgho

Les histogrammes de la figure 3 ont permis de comparer le pouvoir diastasique des malts des deux variétés de sorgho (sorgho rouge foncé et sorgho brun foncé) utilisées dans la présente étude.

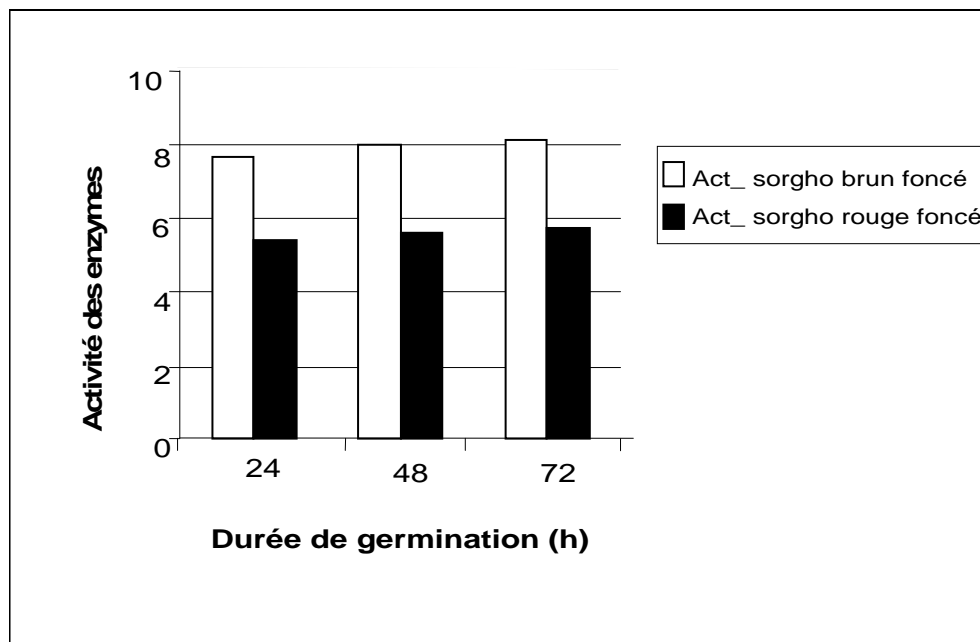


Figure 3. Pouvoir diastasique des malts produits en fonction de la variété du sorgho

Les malts obtenus dans les mêmes conditions de températures de trempage et de durée de germination ont eu des pouvoirs diastatiques significativement ($p < 0,05$) différents du fait de l'effet variétal. Le pouvoir diastasique était en moyenne de 5,73 g d'équiv maltose/g de malt/min pour le sorgho rouge foncé et de 7,54 g d'équiv maltose/g de malt/min pour le sorgho brun foncé. Ainsi, il diffère d'une variété de sorgho à une autre et est parfois très élevé dans certains cas. Kretschmer (1972) l'a estimé à 56,1 SD/g, 66,4 SD/g et 76,6 SD/g dans son étude menée respectivement sur les variétés sudafricaines Barnard Red, NK 125 et NK 145. Les activités des enzymes α et β -amylases des malts d'une cinquantaine de variétés de sorgho cultivées au Burkina Faso ont révélé aussi une forte variabilité (Dicko *et al.*, 2002). De même, les grains de sorgho rouge ont généralement une activité enzymatique plus élevée que les sorghos blancs (Dicko *et al.*, 2002). Certains cultivars ou variétés de sorgho sélectionnées donnent des pouvoirs diastatiques très élevés de l'ordre de 107 SD/g (Daiber, 1988). Cette aptitude des amylases à hydrolyser les polysaccharides est la plus importante propriété biochimique du malt dans la production de la bière traditionnelle à base de sorgho. Certes, elle diffère considérablement d'un sorgho à un autre et est significativement ($p < 0,05$) affectée par les facteurs génétiques et environnementaux. Par conséquent, le choix de la variété de sorgho appropriée doit être un critère déterminant pour le maltage des céréales et le brassage des bières traditionnelles africaines.

Caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des malts

Les teneurs en protéines trouvées ici pour les malts produits à 25 °C (11,12 et 10,65% respectivement pour les sorghos brun foncé et rouge foncé) et les malts produits à 45°C (11,02 et 10,8% respectivement pour les sorghos brun foncé et rouge foncé) étaient supérieures à la valeur minimale de 7% exigée par la norme du Codex Alimentarius (Codex Stan 172-1989) pour le sorgho en grains (Tableau IV). Des études antérieures ont montré l'existence d'une conservation de la teneur en azote des grains de sorgho au cours du maltage (Michodjehoun, 2000 ; Michodjehoun *et al.*, 2005). Cependant, Taylor (1983) a indiqué une légère perte de protéine au cours du trempage. Les malts traditionnels ont une teneur en eau plus élevée que les malts expérimentaux améliorés. Ceci peut s'expliquer par les conditions de séchage au soleil, de conditionnement et d'entreposage du malt traditionnel qui exposent le produit à l'influence des intempéries. Les malts expérimentaux sont par contre séchés à une température contrôlée, dans une étuve et conditionnés dans des sachets en

polyéthylène thermosoudés. L'eau étant un milieu favorable le développement des microorganismes, il est important qu'elle soit réduite au strict minimum dans les malts afin de favoriser leur conservation. La norme du Codex Alimentarius (Codex Stan 172-1989) exige une teneur en eau maximale de 14,5% pour le sorgho en grains. Les teneurs en eau des malts expérimentaux (9,55 et 10,94% respectivement pour le sorgho brun foncé et rouge foncé) sont largement en dessous de la limite recommandée par la norme du Codex Alimentarius. Par conséquent, les malts traditionnels qui ont une teneur en eau supérieure à 14,5% (15,23 et 21,63% respectivement pour les sorghos brun foncé et rouge foncé) ont une faible aptitude à la conservation et peuvent s'altérer très rapidement. Des colonies de moisissures ont été observées par Fandohan et Gnonlonfin (2005) sur des échantillons de malts traditionnels collectés auprès de certaines productrices de *chakpalo* dans les villes de Cotonou et Porto-Novo au Sud-Bénin.

Tableau IV. Caractéristiques physicochimiques des malts expérimental et traditionnel

Paramètres	Malt expérimental de sorgho		Malt traditionnel de sorgho		Norme Codex stan, 172-1989 pour le sorgho en grain
	rouge foncé	brun foncé	rouge foncé	brun foncé	
Teneur en eau (%)	10,94a	9,55a	21,63c	15,23b	Max : 14,5
Teneur en protéine (%)	11,02a	10,80a	10,65a	11,12a	Min : 7

Les valeurs portant des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Du point de vue de l'analyse microbiologique, les malts expérimentaux sont de meilleure qualité hygiénique que les malts traditionnels (Tableau V). Ceci s'explique par l'absence des coliformes totaux et fécaux. La charge en germes aérobies mésophiles est plus faible dans le malt expérimental que dans le malt traditionnel. Les levures et moisissures sont 10 fois plus importantes dans les malts traditionnels.

Tableau V. Caractéristiques microbiologiques des malts expérimental et traditionnel

Microorganisme [Unité Formant Colonies (UFC)/g]	Malt expérimental	Malt traditionnel
GAM	4,7.10 ¹ a	1,9.10 ³ b
Levures et moisissures	3.10 ¹ a	5.10 ² b
Coliformes totaux	0a	4,6.10 ³ b
Coliformes fécaux	0a	2,8.10 ² b

Les valeurs portant des lettres différentes sur la même ligne sont significativement différentes ($p < 0,05$).

Au regard des conventions définissant les critères de qualité microbiologique des produits céréaliers, la charge microbienne tolérable pour les produits à base de céréales nécessitant une cuisson à 100°C avant consommation est de 2.10⁵ UFC/g pour les germes aérobies mésophiles, 10³ UFC/g pour les levures et moisissures et 10² UFC/g pour les bactéries coliformes (Bourgeois *et al.*, 1996). Les charges microbiennes du malt expérimental sont conformes aux valeurs limites exigées. Par contre, le malt traditionnel a des charges en coliformes (2,8 10² UFC/g pour les coliformes fécaux et 4,6 10³ UFC/g pour les coliformes totaux) supérieures à la limite admise. Le malt expérimental est donc de meilleure qualité hygiénique que le malt traditionnel, qui de ce fait, constitue une source potentielle de contamination en mycotoxines (aflatoxine et fumonisine) pour le consommateur. La non maîtrise de l'étape du séchage au cours du processus du maltage traditionnel de céréales constitue aujourd'hui la principale source de ce danger de toxi-infection qui guette les consommateurs. Cette contrainte a été soulignée et abordée par la recherche sur l'élaboration d'un malt de meilleure qualité hygiénique que le malt traditionnel (Ballogou, 2005). En effet, Ballogou (2005) révèle une importante contamination des échantillons de malt traditionnel de sorgho de l'ordre de 2.10⁵ UFC/g. pour les levures et moisissures contre une valeur normative de 10³ UFC/g, tandis que les germes aérobie mésophiles atteignaient 3.10⁵ UFC/g. Alors que Bourgeois *et al.* (1996) ont montré que la norme fixe la limite tolérable à 2.10⁵ UFC/g. L'étude de Fandohan et Gnonlonfin (2005) sur la teneur en aflatoxine et en fumonisines du surnageant de *ogui* (pâte fermenté à base de farine de maïs) utilisé pour la préparation de *chakpalo* frelaté et d'infusions de tisanes au Bénin, confirme aussi que la qualité sanitaire de ces boissons est défectueuse et alerte sur la nécessité des mesures préventives. Or les moisissures responsables de la production de ces mycotoxines trouvent les meilleures conditions de leur développement dans les céréales mal séchées et contenant une forte teneur en eau résiduelle (au-delà de 14, 5%) ou stockées dans un environnement à forte hygrométrie de l'air. Des études ultérieures pourront permettre de mettre en évidence l'incidence des levures et moisissures,

présentes en plus grand nombre dans le malt traditionnel, sur la qualité sanitaire et nutritionnelle de ce produit.

CONCLUSION

L'étude montre la possibilité de produire du malt amélioré par trempage des grains de sorgho en eau à 45 °C. Ce mode de trempage confère de multiples avantages aux grains de sorgho au cours du maltage. Ce procédé réduit au tiers la durée globale de trempage et de moitié la durée globale de maltage en général. Mieux, ce mode de trempage améliore également les qualités technologique, physico-chimique, biochimique et microbiologique du malt. Cependant, l'étude n'ayant pris en compte que deux variétés de sorgho, les expérimentations doivent se poursuivre sur les autres types de sorgho cultivés au Bénin afin d'identifier les cultivars présentant les meilleures aptitudes au maltage et au brassage. De même, il reste également à évaluer l'influence de la température de trempage sur les facteurs antinutritionnels de la graine de sorgho tels que les phytates, les phénols et les composés cyanogènes, ainsi que sur la qualité globale du *chakpalo*. Enfin, la suite de l'étude doit proposer un dispositif de maltage des céréales adapté à une malterie à petite et moyenne échelle, afin de rendre disponible du malt prêt à l'emploi pour les productrices traditionnelles de *chakpalo*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adjadi, O., C. Lokossou, O. G. Azékonon, C. D. Bankole, A. K. A. Djinadou, R. N. Ahoyo Adjovi, A. Adjanohoun, 2015: Recueil de mets et de boissons à base de maïs consommés au Bénin. INRAB & PPAAO/WAAPP /Bénin. Dépôt légal N° 7931 du 04 juin 2015, 2^{ème} trimestre, ISBN : 978-99919-0-532-7, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. 155 p.
- Anonymous, 1984: Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist. St Paul, MN, USA, AACC.
- Atégbo, E.A.D., 1985: Contribution à l'étude biochimique et technologique du "Chakpalo". Influence de quelques paramètres sur la qualité et l'aptitude à la conservation de cette boisson. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA/UNB, 114 p.
- Balogou, V. Y., 2005: Production de céréales maltées prêtes à l'emploi pour la fabrication de boissons locales. Mémoire de maîtrise. Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, 50 p.
- Balogou, V. Y., 2008: Evaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques du *chakpalo* fermenté à la levure commerciale et au ferment traditionnel et stabilisé par pasteurisation ; Mémoire de DEA de Biotechnologie Appliquée, ESTBA/FDS, Université de Lomé, 63 p.
- Balogou, V. Y., J. Dossou, C. A. de Souza, 2011: Controlled Drying Effect on the Quality of Sorghum Malts Used for the *Chakpalo* Production in Benin. F. Nutri. Sci. 2: 156-161.
- Boirin, C., 2005: La bière, son histoire, sa fabrication et sa dégustation ; Arion Editions, Lac Beauport ; Quebec, Canada.
- Botes, B. D. P., F. J. Joubert, L. Novellie, 1967: Kaffir corn malting and brewing studies: purification and properties of sorghum malt α -amylase. J. Sci. Food Agric. 18: 409-415.
- Bourgeois, C. M., J.F. Mescle, J. Zucca, 1996: Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Collection sciences et technique agroalimentaire. Technique et documentation. Londres, Paris, New York.
- Briggs, D.E., J. S. Hough, R. Stevens, T. W. Young, 1981: Malting and brewing science, Vol. 1, Chapman and Hall, London p 387.
- Codex Stan 172., 1989: Norme codex pour le sorgho en grains, Codex Alimentarius (Rev. 1- 1995).
- Daiber, H.K., 1988: Malted and treated sorghum for industrial production of beer, feed, and food. Division of science and technology; CSIR, Pretoria, Republic of South Africa.
- Dewar, J., J. R. N. Taylor, P. Berjak, 1996: Determination of improved steeping conditions for sorghum malting. J. Cereal Sci. 26: 129-136.
- Dewar, J., J. R. N. Taylor, P. Berjak, 1997: Effect of germination conditions, with optimised steeping, on sorghum malt quality with particular reference to free amino nitrogen. J. Inst. Brew. 103: 171-175.
- Dicko, M.H., H. Gruppen, A. Traore, A.G.J. Voragen, W.J.H. Van Berkel, 2006: Sorghum grain as human food in Africa: relevance of content of starch and amylase activities. African J. Biotechnology. 5: 384-395.
- Dicko, M.H., R. Hilhorst, H. Gruppen, A. Traore, C. Laane, W.J.H. Van Berkel, A.G.J. Voragen, 2002: Comparison of content in phenolic compounds, polyphenol oxidase and peroxidase in grains of fifty sorghum cultivars from Burkina Faso. J. Agri. Food Chem. 50: 3780-3788.
- Dossou, J., V. Ballogou, C. de Souza, 2011: Étude comparative de la dynamique microbienne et de la qualité du *chakpalo* fermenté à levure commerciale (*Saccharomyces cerevisiae*) et au ferment traditionnel et stabilisé par pasteurisation; J. Rech. Sci. Univ. Lomé, Série A, 13(1): 39-51.
- Dossoumoun, A., 1981. Evolution des glucides, des protéines et de l'activité amylasique du grain du maïs au cours de la germination. Thèse de Doctorat de 3^e cycle, 109 p.

- Ezeogu, L.I., Okolo, B.N., 1994: Effect of final warm water steep and air rest cycles on malt properties of three improved Nigerian sorghum cultivars. *Journal of the Institute of brewing*. 100: 335-338.
- Fandohan, P., Gnonlonfin, B., 2005: Etude de la teneur en aflatoxine et en fumonisines du surnageant de ogui utilisé pour la préparation de tchakpalo et les infusions de tisanes au Bénin ; Rapport technique de recherche; Programme de Technologies Agricole et Alimentaires ; Institut National de Recherches Agricoles du Bénin ; Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche ; Bénin; 31p.
- FAO, 1995: Le sorgho et les mils dans la nutrition humaine. Rome 198p.
- French, B.J., McRuer, G.R., 1990: Malt quality as affected by various steep aeration regimes, M.B.A.A. Technical Quarterly 27: 10-14.
- Gnonlonfin, G. J. B., K. Hell, Y. Adjovi, P. Fandohan, D. O. Koudande, G. A. Mensah, A. Sanni, L. Brimer, 2013: A Review on Aflatoxin Contamination and Its Implications in the Developing World: A Sub-Saharan African Perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(4): 349-365.
- Jayatissa, M.P., A.R. Pathirana, K. Swayogasunderram, 1980: Malting quality of Sri lankan varieties of sorghum. *J. Inst. Brew.* 86: 18-20.
- Kayodé, P. P. A., A. Adegbi, D. J. Hounhouigan, A. R. Linnemann, R. J. M. Nout, 2005: Quality of farmers varieties of sorghum and derived foods as perceived by consumers in Benin. *Ecology of food and Nutrition*. 44: 271-294.
- Kretschmer, F. K. 1972: *Über Malzungseigenschaften von Hirsensorten Südafrikas* Monatsschr. Brau. 25 (3): 71-72.
- Kunze, W., 1979: *Technologie Brauer und Mälzer*; 5.Auflage; Fachbuchverlag Leipzig, RDA; 126-128.
- Michodjehoun, L.V., 2000: *Système technique et caractéristique du gowé, une pâte fermentée à base de céréales*. Thèse d'Ingénieur Agronome. FSA/UAC; 80 p.
- Michodjehoun-Mestres, L., D.J. Hounhouigan, J. Dossou, C. Mestres, 2005: Physical, chemical and microbiological changes during natural fermentation of gowé, a sprouted or non sprouted sorghum beverage from West-Africa. *African Journal of Biotechnology*. 4 (6): 487-496.
- Morrall, P., H.K. Boyd, J.R.N. Taylor, W. H. Van der Walt, 1986: Effect of germination temperature and moisture on malting of sorghum. *Journal of the Institute of brewing*. 92: 439-445.
- Muralikrishna, G., Nirmala, M., 2005: Cereal α -amylase an overview. *Carbohydrate polymers*. 60: 163-173.
- Nago, M.C. 1989: Technologies traditionnelles et alimentation au Bénin: Aspects techniques, biochimiques et nutritionnels : application à quelques aliments fermentés locaux. Etude de la technologie traditionnelle de préparation du « Chakpalo ». Document technique. Université Nationale du Bénin. UNB, Cotonou, 73 p.
- Nout R. J. M., Davies J.B. (1982): Malting characteristics of finger millet, sorghum and barley. *J. Inst. Brew.* 88: 157-163.
- Novellie, L., 1959: Kaffircorn malting and brewing studies. III. Determination of amylases in Kaffircorn malts. *J. Sci. Food Agric.* 10: 441-449.
- Novellie, L., 1962a: Kaffircorn malting and brewing studies. XI. Effect of malting conditions on the diastatic power of kaffircorn malt. *J. Sci. Food Agric.* 13: 115-120.
- Novellie, L., 1962b: Kaffircorn malting and brewing studies. XII Effect of malting conditions on malting losses and total amylase activity. *J. Sci. Food Agric.* 13: 121-123.
- Okolo, B.N., Ezeogu, L.I., 1996: Duration of final warm water steep as a crucial factor in protein modification in sorghum malts. *Journal of the Institute of brewing*. 102: 167-177.
- Okoumansoun, E.L., 1984: Le Chakpalo, aspects technologiques et analyse qualitative des glucides par chromatographie sur couche mince. Mémoire de fin d'étude-DET, Université nationale du Bénin, Cotonou, 54 p.
- Ratnavathi, C.V., Bala Ravi, S., 1991: Effect of different durations of steeping and malting on the production of alpha-amylase in sorghum. *Journal of Cereal Science* 14: 287-296.
- Renard, H. A., 1975: Les techniques de la germination, critères pratiques et signification. Dans "La germination des semences", Multon J.L. Coordonateur, Technique et Documentation. Lavoisier-APRIA, Paris, 1044-1082.
- Stengel, K., 2008: *Le grand Quiz de la bière* ; Editions Lanore Delgrave, Groupe Flammarion
- Taylor, N.R.J., 1983: Effect of malting on protein and free amino nitrogen composition of sorghum. *J. Sci. Food Agric.* 34, 885-892.
- Tchuenbou, F. 2006: Maltage du mil et du sorgho : Mise au point d'outils et de méthodes. Aptitude au maltage de quelques variétés de sorgho du Burkina et du Bénin. Thèse de master of science. 130 p.