

COMMUNICATION N°4

Production du vinaigre à partir de la pomme cajou. (2015). In : Adjanohoun A., Ahoyo-Adjovi N.R., Djègo J.G., Dossou R., Mensah G.A. (Editors), *Actes de l'Atelier Scientifique National Spécial du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO-Bénin)*, Abomey-Calavi, 23 – 25 novembre 2015, Dépôt Légal N° 8693 du 26 mai 2016, 2^{ème} trimestre – ISBN : 978-99919-2-269-0 Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin, p. 431. Ihemeheme, U.E., Houssou, P., Agbobatinkpo, B.P., **Padonou, S.W.**



République du Bénin

Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche

Secrétariat Général du Ministère

Institut National des Recherches Agricoles du Bénin



Actes de l'Atelier Scientifique National Spécial du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO-Bénin)

Abomey-Calavi les 23, 24 et 25 novembre 2015



Editeurs

Dr Ir. ADJANOHOUN Adolphe
Dr Ir. AHOYO ADJOVI Nestor René
Dr DJEGO Julien Gaudence
MSc. Ir. DOSSOU Romuald
Dr Ir. MENSAH Guy Apollinaire

**Actes de l'Atelier Scientifique National Spécial
du Programme de Productivité Agricole en
Afrique de l'Ouest
(PPAAO-Bénin)**

Abomey-Calavi les 23, 24 et 25 novembre 2015

**Dr Ir. ADJANOHOUN Adolphe
Dr Ir. AHOYO ADJOVI Nestor René
Dr DJEGO Julien Gaudence
MSc. Ir. DOSSOU Romuald
Dr Ir. MENSAH Guy Apollinaire**

Comité scientifique :

Dr Ir. ADJANOHOOUN Adolphe	Maître de Recherche (CAMES), Fertilité des sols et nutrition des plantes
Dr Ir. AHOYO ADJOVI Nestor R.	Chargé de Recherche (CAMES), Agroéconomie
Pr. Dr BABAMOOUSSA Lamine	Professeur titulaire des Universités (CAMES), Biologie moléculaire
Dr Ir. BIAOU Gauthier	Maître de Conférences des Universités (CAMES), Agroéconomie
Dr DJEGO DJOSSOU Sylvie	Maître Assistant des Universités (CAMES), Zoologie et Ecologie animale
Dr DJEGO Gaudence Julien	Maître de Conférences des Universités (CAMES), Botanique et Ecologie végétale
Dr Ir. DJINADOU IGUE Kouboura A.	Chargée de Recherche (CAMES), Agrosociologie et Genre et Développement
Pr. Dr Ir. GLELE KAKAÏ Romain Lucas	Professeur titulaire des Universités (CAMES), Foresterie, Biométrie et Biomathématique
Pr. Dr Ir. HOUNHOUGAN Djidjoho Joseph	Professeur titulaire des Universités (CAMES), Sciences alimentaires
Dr Ir. IGUE Mouïnou	Maître de Recherche (CAMES), Agropédologie
Dr Ir. MENSAH GuyApollinaire	Directeur de Recherche (CAMES), Zootechnie et Faune
Dr Ir. SIKIROU Rachidatou	Maître de Recherche (CAMES), Phytopathologie

Comité Technique:

Dr Ir. ADJANOHOOUN Adolphe
Dr DJEGO DJOSSOU Sylvie
Dr DJEGO GaudenceJulien
Dr Ir. MENSAH GuyApollinaire

Editeurs :

Dr Ir. ADJANOHOOUN Adolphe
Dr Ir. AHOYO ADJOVI Nestor René
Dr DJEGO Julien Gaudence
MSc. Ir. DOSSOU Romuald
Dr Ir. MENSAH Guy Apollinaire

Dépôt légal N° 8693 du 26 mai 2016, 2^{ème} trimestre – ISBN: 978-99919-2-269-0

Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin

TABLE DES MATIERES

PRÉFACE.....	6
LISTE DES AUTEURS.....	7
AGROFORESTERIE ET HORTICULTURE	9
Renforcement des capacités des pépiniéristes pour la production de plants greffés d'anacardiers dans les zones productrices d'anacarde au Bénin.....	10
Vulgarisation des techniques de gestion et d'entretien des plantations d'anacardiers dans les communes de Tchaourou, Parakou, N'Dali, Bembèrèkè, Sinendé, Nikki, Kalalé et Pèrèrè.....	12
Expérience de Partenariat Public-Privé pour le renforcement de la capacité de production de plants greffés d'anacardiers au Bénin	17
Evaluation des paramètres agronomiques à sept mois après plantation (MAP) de variétés améliorées de bananiers plantains introduites au Bénin.....	21
ECONOMIE ET SOCIOLOGIE RURALE.....	45
Caractérisation des systèmes de production à base de maïs pratiqués dans chaque zone agro-écologique du Bénin	46
Répertoire des systèmes de production à base de maïs selon le genre dans les zones agro-écologiques du Bénin	66
Analyse de la perception paysanne et rentabilité financière des technologies post-récolte de riz mises au point au Bénin	113
Incidence de l'hétérogénéité variétale sur la rentabilité financière et économique de la culture d'Ananas comosus ((L.) Merrill) en plantation monospécifique en République du Bénin	120
Estimation et décomposition de l'inefficacité économique des producteurs de maïs au Bénin : Une approche de fonction de distance directionnelle.....	127
Déterminants et probabilités d'adoption de quatre variétés hybrides chinoises de maïs par les acteurs au Bénin.....	139
PRODUCTIONS ANIMALE ET HALIEUTIQUE	147
Incorporation du tourteau de coprah, de la farine et du son de maïs pour le grossissement des juvéniles de <i>Macrobrachium vollehovenii</i> (Herklots, 1857) en captivité	148
Vulgarisation de la technique de production des alevins monosexes de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) de bonne qualité dans le département de l'Atlantique.....	166
Valorisation du résidu de transformation de pomme cajou dans la provende pour l'alimentation des lapins en croissance	167
Inventaire des aliments et pratiques de nourrissage et de rationnement des tilapias et poissons chats africains ou silures noirs d'élevage au Bénin	173
Évaluation de l'indice de consommation et de la digestibilité alimentaire des aliments à base de produits et sous-produits de maïs chez l'aulacode d'élevage	186
Caractéristiques de la carcasse de coquelets nourris avec des aliments à base de quatre variétés de maïs au Bénin	193
Valorisation de deux variétés de maïs (blanc et jaune) dans l'alimentation des larves et alevins du tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> en élevage.	197

PRODUCTION ET PROTECTION VÉGÉTALE	205
Performance de quatre variétés de maïs (<i>Zea mays L.</i>) hybrides chinoises sous la pression des maladies au sud, centre et nord Bénin	206
Effet de la combinaison des champignons mycorhyziens, des rhizobactéries PGPR et du « Chitosane » sur la croissance et le rendement en grains du maïs (<i>Zea mays L.</i>)	224
Efficacité des herbicides Topstar et Tripro sur les adventices du riz dans les départements du Mono et du Couffo au sud-ouest du Bénin	235
Contrôle des mauvaises herbes en riziculture au moyen du Garil (herbicide de post-levée) et du Topstar (herbicide de prélevée) dans les départements du Borgou et de l'Alibori au nord-est du Bénin	236
Rentabilité financière et contrôle des adventices en riziculture non irriguée de bas-fond par Trichlorpyr (72 g/l) + Propanil (360 g/l) et Pendiméthaline (400 g/l) au Nord-Ouest du Bénin.	237
Diversité et distribution des nématodes parasites d'ananas (<i>Ananas comosus</i>) au centre et au sud-ouest du Bénin	243
GESTION INTÉGRÉE DE LA FERTILITÉ DU SOL	253
Gestion de la toxicité ferreuse du riz avec des variétés tolérantes et la fertilisation en silice au Sud-Bénin	254
Réponse de l'ananas à la fertilisation minérale: Cas du Sud-Bénin	268
Performances agronomiques de l'engrais organique « AgroBio » sur quatre variétés de tomate de la sous-région Ouest-Africaine dans les conditions du Sud-Bénin	273
Effet de la fertilisation minérale sur la productivité et la résistance du riz à la pyriculariose causée par <i>Magnaporthe grisea</i> (Herbert) Barr au Nord-Bénin	280
Aptitude climatique et état de fertilité des sols des différentes zones agroécologiques pour la production du maïs au Bénin	293
Amélioration de la germination et de la croissance en serre du maïs par la combinaison de rhizobactéries PGPR à un dérivé de la chitine, le Chitosane	316
AMÉLIORATION GÉNÉTIQUE ET SÉLECTION	331
Performances technologiques de quatre variétés de maïs hybrides chinoises introduites au Bénin	332
Performances agronomiques de quelques variétés de maïs hybrides introduites au Bénin	339
Performances agronomiques des variétés de riz de bas fonds de type NERICA et de type hybride tolérants la submersion au Bénin et leur adaptabilité en fonction du type de submersion	344
Evaluation de la tolérance de quelques variétés de riz de bas-fonds à la submersion au stade de plantule	350
Evaluation préliminaire agro-morphologique de quelques variétés de tomate améliorée dans les conditions agro-écologiques du Sud Bénin	353
Diversité morphologique des cultivars locaux et variétés améliorées de maïs (<i>Zea mays L.</i>) au centre et au nord du Bénin	362
Sélection variétale participative et promotion des variétés de riz tolérant l'inondation dans les zones agro-écologiques du Bénin	375
Sélection participative des variétés améliorées de maïs dans les différentes zones agro-écologiques du Bénin	380
Genetic diversity of cultivated maize (<i>Zea mays</i>) accessions from Benin	397

TRANSFORMATION ET POST-RÉCOLTE	411
Comparaison de quelques techniques d'extraction pour l'amélioration de la production et de la qualité du jus de pommes d'anacarde	412
Valorisation de la coque des noix cajou à travers l'extraction du baume de cajou et l'utilisation du résidu de pressage comme brique combustible	419
Transformation thermochimique des coques déchets d'anacarde en gaz, charbon et biocarburant	424
Production du vinaigre à partir de la pomme cajou.....	431
Comparaison de quelques techniques d'extraction pour l'amélioration de la production et de la qualité du jus de pommes d'anacarde	438
Caractérisation technologique et nutritionnelle des cultivars locaux et des variétés améliorées de maïs (<i>Zea mays L.</i>) cultivés au Sud-Bénin.....	445
Evaluation des performances d'un séchoir hybride pour le séchage du yèkè-yèkè et du gambali-lifin (farine de maïs décortiquée et dégermé) au Bénin	450
Technologie de production du yèkè-yèkè enrichi au soja (<i>Glycine max</i>), au niébè (<i>Vigna unguiculata</i>) ou au voandzou (<i>Voandzou subterranea</i>).....	455
Amélioration de la technologie traditionnelle de production du gambari-lifin	467
Effet de la méthode de battage et de séchage sur la qualité de riz décortiqué	478
Evaluation technico-économique de la performance de l'utilisation de deux modèles de kits d'étuvage du riz au Bénin	485
Evaluation des pertes en riz paddy dues aux pratiques de post-récolte au Sud-Bénin	491
CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	497
Changements climatiques et gestion des ressources pastorales en zone agropastorale dans la commune de Banikoara au nord-est du Bénin	498
Détection des changements climatiques dans la commune de Banikoara au nord-est du Bénin	510

PREFACE

Le Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO), conçu par la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), coordonné par le Conseil Ouest et Centre Africain pour la Recherche et le Développement Agricoles (CORAF/WECARD) avec le financement de la Banque Mondiale, est mis en œuvre dans treize (13) des quinze (15) pays de l'espace CEDEAO à travers quatre (04) composantes. Deux (02) des quatre (04) composantes sont essentiellement axées sur la génération, la diffusion et l'adoption des innovations dans un contexte de changement climatique.

Au Bénin, le PPAAO est coordonné par le Programme Cadre d'Appui à la Diversification Agricole (ProCAD). Il appuie la filière maïs, la filière riz, la filière ananas, la filière anacarde et la filière produits aquacoles. Dans ce cadre, le PPAAO a financé des projets de recherche-développement et des projets de pré vulgarisation des innovations, mis en œuvre par les institutions composantes du Système National de Recherches Agricoles (SNRA).

La capitalisation des acquis des différents projets de recherche-développement et de pré vulgarisation est nécessaire. C'est ce qui justifie l'organisation les 23, 24 et 25 novembre 2015 à Abomey-Calavi de l'Atelier Scientifique Spécial PPAAO.

L'Atelier Scientifique Spécial PPAAO, qui a réuni quatre-vingt-neuf (89) personnes dont 24,72% de femmes provenant de treize (13) institutions, a permis (i) d'analyser de façon critique, par les chercheurs du SNRA, les résultats de recherche obtenus, (ii) de décider des thèmes à présenter au Comité Régional de Recherche et de Développement (CRRD) et (iii) de capitaliser les acquis de recherche sous forme d'actes.

Ainsi, le présent document, intitulé « Actes de l'Atelier Scientifique National Spécial du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO-Bénin) », présente sur 521 pages, les 52 communications présentées. Ces présentations sont réparties comme suit : le maïs avec dix-huit (18) communications, le riz avec onze (11) communications, les cultures maraîchères avec deux (02) communications, l'ananas avec trois (03) communications, l'anacarde avec huit (08) communications, le bananier-plantain avec une (01) communication, la viande avec une (01) communication, le poisson avec trois (03) communications et cinq (05) communications sur des thèmes transversaux tels la socio-économie et les changements climatiques.

J'adresse mes sincères compliments à toutes les personnes morales et physiques qui, à un titre ou à un autre, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration du présent document très fourni. Mes remerciements vont surtout au Directeur Scientifique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) et à toute son équipe qui ont organisé et conduit tout le processus depuis l'appel à communications jusqu'à l'édition du document. J'abrite l'espoir que ce document contribuera à l'avancée de la science.

Bertin ADEOSSI,
Coordonnateur du ProCAD

LISTE DES AUTEURS

1.	ABOH A. B.	51.	COFFI A. D. N. E.	101.	OLOUKOI L.
2.	ACHIGAN DAKO E.	52.	D'ALMEIDA A. F. M.	102.	PADONOU E.G
3.	ADANDONON A.	53.	DAGBENONBAKIN G.	103.	PADONOU S. W.
4.	ADANDONON A.	54.	DAKE J.	104.	POMALEGNI S. C. B.
5.	ADEGBOLA Y. P.	55.	DAN C.	105.	SABAI K.
6.	ADEGUELOU R. K.	56.	DANSOU V.	106.	SAGBOHAN J.
7.	ADJANOHOOUN A	57.	DEDEHOUANOU H.	107.	SAÏDOU A.
8.	ADJE C	58.	DJENONTIN J. P.	108.	SAVADOGO K.
9.	AFFOKPON A.	59.	DJIVOH H.	109.	SEIDOU H.
10.	AGBANGLA C.	60.	DOSSOU J.	110.	SEMASSA A. J.
11.	AGBESSI L	61.	DOSSOUMOU E.	111.	SENON V.
12.	AGBOBATINKPO B.P.	62.	GANDJI H.	112.	SENOUVO A. M. P.
13.	AGBODJATO N.A.	63.	GANGBE L.	113.	SIE M.
14.	AGLINGLO L.	64.	GAOUEF.	114.	SIKIROU R.
15.	AGNOUN Y.	65.	GBENOU J. D.	115.	SILUE D.
16.	AGOSSOU K.	66.	GODJO T.	116.	SINA H.
17.	AHISSOU H.	67.	GUEDOU M. S. E.	117.	SINGBO A. G.
18.	AHOHUENDO B.C	68.	HINVI J. C.	118.	SINSIN B.
19.	AHOUNENOU J.	69.	HLASSAME A.	119.	SODJINOU E.
20.	AHOUNOU J-L.	70.	HOUNDONOUGBO F.	120.	SODJINOU M.
21.	AHOYO ADJOVI N.	71.	HOUNGBO E.	121.	TAGUTCHOU J.-P.
22.	AÏHOU K.	72.	HOUNKPEVI D.	122.	TAÏWO N.
23.	AÏSSAN A. N.	73.	HOUNMENOUC.	123.	TEKA O.
24.	AKAKPO C.	74.	HOUSSOU P. A. F	124.	TENTE B.
25.	AKISSOE N.	75.	IDRISSOU TOURE M.	125.	TOSSOU C. C.
26.	AKONDE F-X	76.	IGUE A. M.	126.	TOSSOU Y. C. N.
27.	AKPODJI C. M. M. R.	77.	IHEMEHEME U.E.	127.	VENUPRASAD R.
28.	ALLAGBE C. M.	78.	KAMIROU C. S.	128.	VODOUHE M.
29.	AMADJI G.L.	79.	KANMADOZO C	129.	YACOUBOU M.
30.	AMAGNIDE A.	80.	KODJO S	130.	YALLOU C. G.
31.	ANATO V.	81.	KOGBETO M-J	131.	YEDOMONHAN H.
32.	ANIHOUVI V.B.	82.	KOTCHONI S.	132.	YEHOUENOU E.
33.	APLOGAN D.	83.	KOUKE R.	133.	ZANDJANAKOU-TACHIN M.
34.	ASSANI R.	84.	KUIVON DOHOU S.	134.	ZOCLI B.
35.	ASSOGBA KOMLAN F.	85.	LALEYE P.		
36.	ASSOGBA S.	86.	LOKOSSOU B.		
37.	ATCHADE T. G.S.	87.	MALIKI R.		
38.	ATTA M.	88.	MENSAH A. C. G.		
39.	AZELOKONON O.	89.	MENSAH G. A		
40.	BABA-MOUSSA L.	90.	METOHOU R.		
41.	BADOU A.	91.	MONGBO L. R.		
42.	BELLO I.	92.	MOUSSIBAOU O. S.		
43.	BELLO S.	93.	NAQUIN P.		
44.	BERTIN P.	94.	N'DJOLOSSE K.		
45.	BOKONON-GANTA A.H.	95.	NONFON R. C.		
46.	BOUKARI A.S.	96.	NOUMAVO P.A.		
47.	CAPO-CHICHI D. B. E.	97.	NOURATOU B.		
48.	CHABI R.B.	98.	OGOOWALE E.		
49.	CHIKOU A.	99.	OKE L. D. J O.		
50.	CHRYSOSTOME C.	100.	OLOU D.		

Production du vinaigre à partir de la pomme cajou

Ihemeheme U.E., Agbobatinkpo B.P., Houssou P. et Padonou S. W.

Programme Technologie Agricole et Alimentaire, Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 128 Porto-Novo, Bénin

Résumé

La pomme cajou est un sous-produit de l'anacardier riche en sucres et en vitamines. La valorisation de cette pomme sous forme de jus de table a commencé au Bénin mais la majeure partie de cette denrée est perdue, surtout celles qui sont impropres pour la préparation du jus de table. L'objectif de l'étude a été de valoriser la pomme cajou à travers sa transformation en vinaigre. A partir d'une technologie rudimentaire expérimentée par un transformateur dans la région de Savè, un dispositif amélioré a été mis au point afin de maîtriser la fermentation et assurer la qualité finale du produit. Les résultats ont montré que la production du vinaigre était une technologie alternative pour la valorisation de la pomme cajou. Cette technologie mérite d'être partagée avec les transformatrices de pommes cajou existantes pour la diversification de leur activité de transformation.

Mots clés : pomme d'anacarde, fermentation alcoolique, fermentation acétique, vinaigre

INTRODUCTION

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) est un arbre très ramifié, à port retombant, pouvant atteindre à l'âge adulte 10 m de haut et 14 m de houppier ou d'envergure (diamètre de la couronne). Il est cultivé pour son fruit composé de deux parties : la pomme cajou ou faux fruit et la noix de cajou dont l'amande est l'objet essentiel du commerce mondial de l'anacarde. La pomme cajou est juteuse et riche en vitamine C. (Djaha et al., 2008). Selon les données de la FAO la noix de cajou produite dans le monde en 2012 est estimée à 4.152.315 tonnes métriques (FAO, 2015). Au Bénin, la production a presque doublé en moins d'une décennie atteignant 90.000 tonnes métriques en 2011 et fait du Bénin le troisième pays exportateurs en Afrique de la noix de cajou (ACA, 2011).

Depuis fort longtemps les acteurs de la filière de cajou porte toute leur attention sur les noix de cajou pour la simple raison que les noix se conservent durant un an si elles sont correctement nettoyées et stockées dans de bonnes conditions, tandis que les pommes de cajou sont périssables et doivent être traitées sans délai dès qu'elles auront été récoltées, ou plutôt ramassées une fois tombées au sol. Toutefois, les pommes ont 5 à 10 fois le poids de la noix de cajou, une valeur qui se situe autour de 85% du poids total du fruit, et par conséquent, le gâchis est considérable compte tenu des quantités impliquées. Cependant, malgré l'augmentation de la production des noix et de la pomme de cajou, la pomme de cajou reste encore peu valorisée au Bénin. En considérant le ratio du poids de la pomme par rapport au poids de la noix estimé à 1/10, ainsi en 2007, le Bénin a produit environ 600.000 tonnes de pommes de cajou malheureusement abandonnée à la pourriture dans les plantations béninoises alors que la pomme, tout autant que la noix, dans les pays comme l'Inde, le Vietnam et plus particulièrement le Brésil, sont bien valorisées, d'où la nécessité pour le Bénin de leur emboîter le pas (PADA, 2013).

Hormis le jus de pomme cajou, le cocktail de pomme cajou et la confiture de pomme cajou, de nombreux autres procédés de transformation de la pomme cajou sont ignorées. La connaissance et l'usage de ces procédés peuvent contribuer à la réduction des pertes post récoltes de la pomme cajou et assurer la diversité des produits dérivés de l'anacarde. Ainsi, l'objectif principal de l'étude a été de produire du vinaigre de pomme cajou et d'évaluer la qualité du vinaigre produit.

MATERIELS ET METHODES

Phase expérimentale

La phase expérimentale a été conduite en deux étapes. La première étape en milieu réel à Savè dans le département des Collines au centre du Bénin auprès d'un instituteur à la retraite reconverti en producteur agricole et connu pour avoir expérimenté la production de vinaigre à partir du fruit du rônier. Ainsi, à partir de sa technique artisanale [Figure 1 (A)], le procédé de production du vinaigre de pomme cajou utilisée au cours des expérimentations a été décrit dans le diagramme technologique (B) de la figure 1. La seconde étape de l'expérimentation a été faite en station à Porto-Novo au sud du Bénin dans le laboratoire du Programme Technologie Agricole Alimentaire (PTAA) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour des essais en station afin d'améliorer les insuffisances recensées lors des essais en milieu réel.

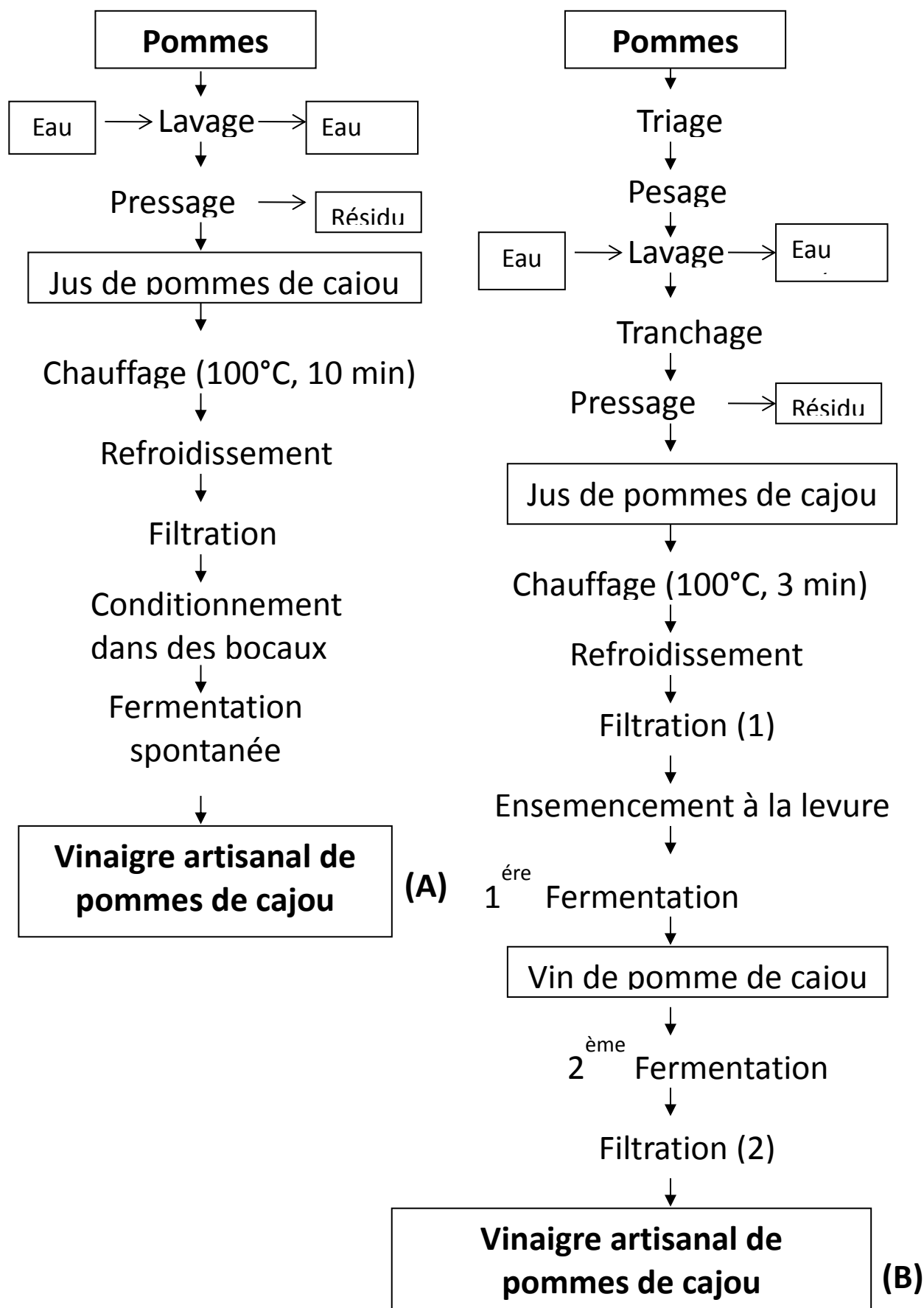


Figure 1 : Diagrammes technologiques artisanal (A) et amélioré (B) de production du vinaigre à partir des pommes

Matériels

Les matières premières végétales utilisées ont été des pommes cajou conservées par congélation depuis leur récolte jusqu'au jour de leur utilisation. Elles ont été récoltées dans l'arrondissement de Tchatchou dans la commune de Tchaourou dans le département du Borgou au nord du Bénin, puis transportées dans des glacières au laboratoire du PTAA/CRA-Agonkanmey/INRAB où elles ont été conservées à température de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pour la production et les analyses de laboratoire. Les matériels de transformation utilisés pour la production du vinaigre à partir de pommes cajou et leurs rôles au cours de la transformation ont été présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Matériel de transformation

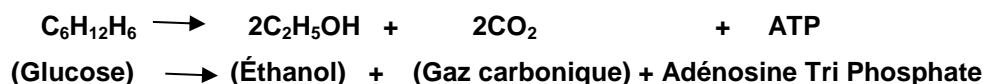
Matériels	Rôles
Balance commerciale (DA YANG) portée 25 kg	Pesée de la matière première
Balance analytique (METTLER TOLEDO)	Pesée de la levure
des Bassines et seaux	Lavage des pommes cajou
des Couteaux	Tranchage des pommes cajou
Presse a vise	Extraction du jus
Casserole	Pour la récupération du jus
Foyer a gaz	Source de chaleur
Marmite en inox	Pour la pasteurisation du jus
Entonnoir	Faciliter le remplissage des bidons
Bidons (dispositif)	Pour la fermentation
Thermomètre	Pour la surveillance de la température

Méthodes de production du vinaigre de pomme cajou

La méthode améliorée de production de vinaigre de pommes de cajou utilisée se distinguait de la méthode artisanale par -i- le triage et la pesée des pommes cajou en début du processus de la transformation, -ii- la réduction du temps de chauffage du jus de pommes cajou de 10 minutes à 3 minutes, -iii- une double filtration, -iv- l'ensemencement du jus extrait avec de la levure pour une première fermentation alcoolique, suivie plus tard d'une seconde fermentation acétique qui a résulte à l'obtention du vinaigre. Un dispositif particulier a été conçu et installé respectivement pour le suivi de chacun de ces deux types de fermentation (Figures 2 et 3). Les fermentations ont été conduites dans les conditions ambiantes de température et de pression.

Fermentation alcoolique

La fermentation est d'abord un phénomène naturel spontané qui survient, avec l'activité du microorganisme fermentaire, dans un milieu riche en sucres fermentescibles. Elle peut se traduire par une réaction chimique rendue effective grâce à l'intervention des enzymes synthétisées suite à l'activité des microorganismes. Les levures sont les principaux acteurs biotiques d'une fermentation alcoolique. Au cours de ce type de fermentation, le sucre est transformé en éthanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) et en gaz carbonique (CO_2) avec dégagement de chaleur dont l'équation selon Mazliak (1974) se présente comme suit :



La Figure 2 illustre la fermentation alcoolique ; elle a été effectuée dans deux différents bidons de cinq litres dont les couvercles et le perfuseur du perfuseur sont serties afin d'éviter toute pénétration d'air. Le second bout du perfuseur appelé terminal est introduit dans un récipient (gobelet) contenant de l'eau pour recueillir le gaz carbonique (CO_2) dégagé du bidon pendant la fermentation.

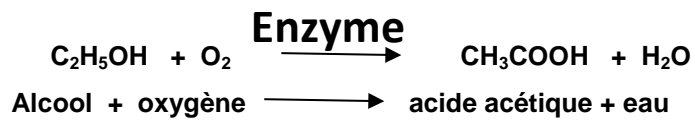
Chaque bidon contenait quatre litres (4 l) de moût ensemencé de levure (5g/l). La distance séparant le perfuseur du gobelet est de 5 cm. Le terminal est trempé dans le gobelet contenant de l'eau. Le gobelet portant l'eau a permis le contrôle de la fermentation alcoolique qui s'est exprimée par le rejet des bulles d'air (CO_2). Au bout de 15 à 30 min les premiers bulles apparaissaient. La fréquence du rejet du CO_2 a augmenté au fil des heures et s'est arrêtée au 17^{ème} jour dans l'essai témoin (sans levure) et au 7^{ème} jour dans l'essai avec levure.



Figure 2 : Dispositif de fermentation alcoolique

Fermentation acétique

La fermentation du vinaigre est dite acétique. En effet, le vinaigre est le fruit de la transformation de l'alcool éthylique produite lors de la fermentation précédente sous l'action conjuguée de l'oxygène de l'air et d'un champignon unicellulaire proche des levures, *Mycoderma aceti*. La fermentation acétique se caractérise par l'équation bilan définie par Pasteur :



La fermentation acétique illustrée par la figure 3 est la phase d'oxydation d'éthanol produit lors de la fermentation alcoolique précédente en acide acétique. Elle a duré 14 jours dans l'essai témoin sans levure (essai N°1) et 8 jours dans l'essai pour l'essaiensemencé de levure (essai N°2) après la phase précédente dite alcoolique. Cette deuxième fermentation étant aérobie, le couvercle de chacun des deux bidons a été ouvert et l'ouverture couverte avec une toile serrée par une cordelette. Cela a permis à l'oxygène de passer sans laisser pénétrer les insectes ou autres contaminants.



Figure 3 : Dispositif de fermentation acétique

Analyses physico-chimiques

Le degré Brix et le pH ont été déterminés sur les vinaigres de pommes cajou produits. Ainsi, la mesure du pH a été faite par l'introduction des électrodes du pH-mètre dans le vinaigre produit. La valeur du pH qui s'est affichée sur l'écran pH-mètre a été relevée. La mesure du degré Brix a été réalisée à l'aide d'un réfractomètre portatif de type Paralux gradué de 0 à 50°Brix. Une goutte d'échantillon est déposée sur la lentille du réfractomètre et la lecture est faite directement après exposition à la lumière. Ceci dans le but de déterminer le Brix du moût.

RESULTATS ET DISCUSSION

Rendement et bilan-matière lors de la production du vinaigre

Une dizaine d'opérations composait la technologie améliorée mise au point pour produire le vinaigre de pomme cajou. Un seul opérateur a conduit le processus de la transformation de 15 kg de pommes cajou jusqu'à l'ensemencement du jus en 3 h (tableau 2). De ce fait, une unité de production à l'échelle semi-industrielle ayant des équipements plus performants peut avoir une augmentation du rendement de jus, une réduction de main d'œuvre, une réduction de temps de travail impliquant plus de quantité de matières premières à transformer et plus de valeurs ajoutées.

Tableau 2. Bilan-matière pour la production du vinaigre de pomme cajou à partir de 15 kg de pommes cajou

Opérations	Produits intermédiaires	Poids (kg)	Durée (min)
Décongélation, Lavage et triage	pommes cajou lavées	15	15
Pesage	Pommes cajou pesées	15	3
Tranchage	Pommes cajou tranchées	15	20
Pressage	Jus et tourteaux de pommes cajou	10 et 4,8	18
Chauffage (Pasteurisation)	Jus de pommes cajou pasteurisé	10	30
Refroidissement	Jus de pommes refroidi	9,5	90
Filtration	Jus de pommes filtré	9,5	1
Ensemencement	Jus ensemencé	9,47	2

Valeurs de quelques paramètres physico-chimiques enregistrés au cours de la fermentation alcoolique

Le pH a varié durant la période de la fermentation alcoolique de 5 à 3 pour le moût ensemencé de levures et de 5 à 4 pour le moût témoin sans ensemencement (tableau 3). Cette décroissance montre que la fermentation alcoolique est accompagnée d'une légère fermentation lactique à cause de la relation symbiotique qui existe entre les levures responsables de la fermentation alcoolique et les bactéries lactiques acteurs principaux de l'acidification du milieu (Padonou *et al.*, 2009). Après 8 j de fermentation le degré Brix a baissé de 9,5 jusqu'à 3 au niveau de l'essai avec l'ensemencement de levures (tableau 3). Cela s'explique par le fait que les microorganismes fermentaires en présence ont transformé les sucres contenu dans le moût en alcool puis rendant le milieu plus acidifiant.

Tableau 3. Evolution du pH en fonction de la durée de la fermentation

pH									
Temps (heures)	0	24	48	72	96	120	144	168	192
Essai N°1 (sans levure)	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Essai N°2 (avec levure)	5	4	4	4	4	4	3	3	3

Tableau 4. Evolution du degré Brix en fonction de la durée de la fermentation

Degré Brix									
Temps (heures)	0	24	48	72	96	120	144	168	192
Essai N°1 (sans levure)	9,5	8	8	8,40	8	7,5	7,5	7,5	7
Essai N°2 (avec levure)	9,5	6,5	4	4	3,75	3,60	3,25	3	3

Valeurs de quelques paramètres physico-chimiques enregistrés au cours de la fermentation acétique

Le pH n'a pas beaucoup varié le long du processus de la fermentation acétique dans le cas de l'essai sans ensemencement de la levure. Cependant, avec l'essai ensemencé de levure, le niveau d'acidification était suffisant (pH = 3) pour que le vin de pommes de cajou obtenu à l'issue de la fermentation alcoolique soit transformé en vinaigre à partir du 13^{ème} jour de la fermentation (tableau 5). En effet, Samuel (2011) a affirmé qu'un bon vinaigre avait un pH généralement compris entre 2 et 3. Du 9^{ème} jour au 16^{ème} jour qui correspond à la période de la fermentation acétique, le degré Brix de l'essai ensemencé de levure est resté invariable (tableau 6). Cela s'explique par le fait que la transformation des sucres s'est arrêtée au profit de l'oxydation d'éthanol en acide acétique d'où la production du vinaigre. Par contre dans le cas de l'essai témoin sans ensemencement de levure, la transformation des sucres en alcool s'est poursuivie à cause de la lenteur du métabolisme des microorganismes fermentaires. Cette transformation s'est finalement arrêtée au 17^{ème} jour avant que la fermentation acétique n'ait commencé du 18^{ème} au 31^{ème} jour de la transformation avec un degré Brix de 3,5 (Tableau 7).

Tableau 5. Evolution du pH en fonction de la durée de la fermentation

Temps (jour)	pH							
	9	10	11	12	13	13	15	16
Essai N°1 (Sans levure)	4	4	4	4	4	4	4	4
Essai N°2 (Avec levure)	4	4	4	4	4	3	3	3

Tableau 6. Evolution du degré Brix en fonction de la durée de la fermentation

Temps (jour)	Degré Brix							
	9	10	11	12	13	13	15	16
Essai N°1 (sans levure)	7,5	7,30	7	6,90	6,50	6	5,25	5,75
Essai N°2 (avec levure)	3	3	3	3	3	3	3	3

Tableau 7. Résultat de la détermination du pH et du degré Brix des 2 types de vinaigre de pomme cajou à la fin des fermentations

Essai	pH à 30°C	Degré Brix
Essai N°1 (sans levure)	4	3,5
Essai N°2 (avec levure)	3	3

CONCLUSION

Dans but de valoriser les faux fruits de l'anacardier qui sont d'intérêt commercial négligeable, mais ayant une composition riche en sucres et en vitamine C, ces pommes sont utilisées dans la fabrication du vinaigre qui est un produit obtenu par la fermentation alcoolique et la fermentation acétique, une double fermentation. La fermentation alcoolique permet de passer de 9,5 degré Brix à 3 degré Brix. Lors de la deuxième fermentation (acétique), le vinaigre obtenu a un pH = 3 et un degré Brix = 3. L'ensemencement du substrat permet d'accélérer considérablement de plus de 14 jours la durée du processus de la transformation. La production du vinaigre à partir de pomme cajou peut être envisagée et présente une solution très intéressante pour les énormes tonnes de pommes cajou abandonnées dans les plantations.

REMERCIEMENTS

La présente recherche a été réalisée dans le cadre du projet Fonds Compétitifs PPAO-Anacarde abrité par le CRA-Agonkanmey/INRAB. Les auteurs expriment leur gratitude au Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAO) du Bénin pour son appui financier. Ils remercient également Monsieur Célestin ADIMI, producteur de vinaigre à Savè pour sa collaboration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ACA (African Cashew Alliance), 2012. Les défis d'aujourd'hui pour l'industrie de demain: croissance de la production et stimulation des investissements. 7^{ème} Conférence Annuelle de L'Alliance pour le Cajou Africain, Cotonou, 17-20 septembre 2012.

Djaha K., A.Y. Constant Yves, K.K. Edouard, N. K. Edouard & A. Kouadio, 2008. Preliminary floristic inventory and diversity in Azagny national park (Côte d'Ivoire). Eur J Scient Res, 23: 537-547.

FAO, 2015. www.faostat.fao.org. Consulté le 7 juillet 2015.

Mazliak P., 1974. Physiologie vegetale: Nutrition et métabolisme. Collection Methodes : Biologie

PADA (Projet d'Appui à la Diversification Agricole), 2013. Point d'exécution des activités au 10 juin 2012. Rapport de Suivi-Evaluation. Programme Cadre d'Appui à la Diversification Agricole (PROCAD), MAEP, Bénin. 4 p. www.procad.org

Padonou S. W., D. S. Nielsen, D. J. Hounhouigan, L. Thorsen, C. M. Nago & M. Jakobsen, 2009. The microbiota of Lafun, an African traditional cassava food product. *Int J Food Microbiol.* **133**, 22–30.

Samuel C. 2011. Comment faire votre propre vinaigre. http://www.vinaigremalin.fr/merci-conf-g5a2b/?awt_m=1btVls_eg2t&awt_email=mensahga%40gmail.com