

Nouveau concept de séchage et de fumage artisanal des aliments : application en milieu de pêche artisanale au Gabon

Ango Serge EKOMY^{1*}, Denis BRUNEAU², Daniel Jean MBEGA³ et West AREGBA²

¹*Institut de Recherches Technologiques (IRT) B.P. 14070 Libreville, Gabon*

²*Laboratoire TREFLE (UMR 5295) de l'IM, Esplanade des Arts et Métiers Talence, France*

³*Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF) B.P. 2246 Libreville, Gabon*

* Correspondance, courriel : ekomyango@yahoo.fr

Résumé

L'objet de cette étude est de présenter la conception détaillée et la fabrication d'un fumoir à poissons dont les spécificités permettent de répondre aux besoins de PED (pays en développement) côtiers tropicaux liés au traitement de poissons fraîchement pêchés. Cette technique de séchage et fumage correspond à un mode de conservation traditionnel en Afrique subsaharienne et permet l'exportation des produits finis. Le dispositif de fumage proposé ici est autonome en ce sens qu'il fonctionne sans électricité et ne nécessite que l'utilisation de bois de combustion et de bois de pyrolyse ; il est de plus modulaire et réalisable avec les matériaux et les outils standards de la maçonnerie et de la chaudronnerie. Il permet de séparer en deux phases distinctes, les opérations de séchage et de fumage. Le séchage des poissons se fait par convection, conduction et rayonnement à partir des conduites de fumées. De ce fait, nous avons une chaleur uniforme au sein de l'enceinte. Le système de fumage permet d'obtenir une teneur des benzo (a) pyrène recommandé par les organismes internationaux.

Mots-clés : *bois, conception, fumage, PED, poissons, séchage.*

Abstract

New concept of drying and smoking of artisanal foods : application in middle of artisanal fishing in Gabon

The purpose of this study is to present the detailed design and construction of a fish smokehouse whose characteristics can meet the needs of tropical coastal developing countries related to the treatment of freshly caught fish. This technique of drying and smoking is a traditional way of conservation in sub-Saharan Africa and allows the export of finished products. The smoking device proposed here is autonomous in the sense that it works without electricity and requires only the wooden use of combustion and wood of pyrolysis; it is of more modular and built with materials and standard tools of the masonry and the boilermaking. He allows to separate in two different phases, the operations of drying and smoking. The drying of fishes is made by convection, conduction and radiation with smoke ducts. Therefore, we have a uniform heat within the smokehouse. The system of smoking allows to obtain a content of benzo (a) pyrène recommended by the international bodies.

Keywords : *wood, design, smoking, PED, fish, drying.*

1. Introduction

Le poisson séché/fumé est une ressource alimentaire importante dans les pays en développement (PED) côtiers. Il permet aux populations à faibles revenus d'avoir accès aux protéines animales à moindre coût. Cette activité constitue la principale source de revenus pour les acteurs de ce secteur (transformatrices) et d'autres ménages qui ne sont pas directement impliqués dans cette activité. Malgré cette importance, le processus de production est resté archaïque et les conditions de travail sont très pénibles pour les transformatrices. Elles manient les produits brûlants à mains nues dans les épaisses couches de fumées chaudes. Ce qui les expose/prédisposent aux problèmes respiratoires et oculaires.

De plus, ces unités de production traditionnelles sont rudimentaires et ont un rendement énergétique faible ce qui entraîne une consommation importante de bois et de ses dérivés. De ce fait, il y a apparition des problématiques de déforestation. Ces équipements ne permettent pas aussi d'obtenir de produits finis de qualité régulière et ces derniers renferment un taux élevé d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), notamment le benzo(a) pyrène.

Dans cet article, nous vous présentons un nouveau concept traditionnel de séchage et fumage des aliments mise au point par le département TREFLE de l'IZM et le CIRAD en collaboration avec l'Institut de recherche technologique (IRT) du CENAREST du Gabon. la démarche employée pour mener à bien cette étude a consisté, après avoir analysé l'existant et défini le besoin, à mener une recherche de concept en s'appuyant sur l'analyse de travaux préalablement réalisés au laboratoire, mais aussi sur d'autres fumoirs artisanaux existants. Ensuite, un dimensionnement du système complet a été réalisé et a permis l'élaboration d'un dossier de réalisation complet d'un séchoir fumoir artisanal original destiné aux pays tropicaux africains côtiers. Un modèle numérique a été écrit. Les solutions technologiques retenues pour la construction d'un prototype sont présentés ainsi que les premiers résultats.

2. Matériel et méthodes

Une analyse de l'existant s'est effectuée à partir de deux sources de connaissance distinctes : l'observation directe de deux sites de transformation à Owendo et Ikendji au Gabon [1] et l'étude de la bibliographique les fumoirs traditionnels utilisés en Afrique

2-1. Présentation de quelques prototypes

Dans les deux sites, la principale unité de production traditionnel de poissons séchés/fumés est la même: c'est un fumoir longitudinal (*Figure 1*). Il est composé :

- de piquets supports : ce sont des rondins de bois ou supports métalliques (rails de chemins de fer). Ils sont installés par paire ;
- de 2 traverses de structure : elles sont généralement en bois. Elles sont disposées longitudinalement et leur longueur varie en fonction de la longueur du fumoir souhaitée;
- de petites traverses : elles sont en bois. Leur nombre varie en fonction de la longueur du fumoir. C'est sur ces derniers que l'on pose le grillage ;
- d'1 grillage dont les dimensions varient en fonction des dimensions du fumoir. Les poissons sont posés sur ce grillage ;



Figure 1 : *fumoir longitudinal*



Figure 2 : *fumoirs circulaires*

- de 2 traverses supports cales : elles sont en bois. Elles sont disposées longitudinalement et ont pour fonction de supporter les cales (posées perpendiculairement à ces traverses) servant à séparer les rangées de poissons alignées perpendiculairement aux traverses ;
- de tôles dont la fonction est de clore les ouvertures frontales et arrières du foyer pendant l'opération de séchage/fumage. Le fumoir est alors fermé non hermétiquement (semi-fermé) ;
- de feuilles de bananiers ou des paillasse de pailles qui servent à couvrir le poisson.

Une autre unité de transformation de poisson fumé est utilisée au campement de pêche d'Ikendji. Il repose sur les mêmes principes de construction que l'unité de transformation présenté ci-dessus, à ceci près qu'elle possède un deuxième étage de positionnement du produit au-dessus du premier. Cet étage supérieur ayant une fonction d'ajustement du fumage du produit, voire du stockage de celui-ci avant sa commercialisation.

Une autre unité de transformation est très utilisée aussi au sein de ses campements; c'est le fumoir circulaire (**Figure 2**). Il est obtenu à partir d'un fût de fioul de 200 litres. Ce dernier a une ouverture où l'on va insérer le bois de combustion et au-dessus de ce fût, on pose des traverses. C'est sur ses derniers que l'on va poser les poissons à fumer.

Au cours de cette étude de terrain sur les deux sites, nous avons constaté que les fumoirs d'Owendo et d'Ikendji sont des fumoirs « semi-fermés ». Ils sont à foyer direct c'est-à-dire que le produit est exposé au rayonnement direct du foyer et les fumées de combustion sont en contact direct avec le produit. De ce fait le poisson séché et fumé à un taux élevé en benzo(a)pyrènes (HAP). Le traitement du produit n'est pas homogène au sein du fumoir. Le produit est souvent calciné à sa surface. Ce fumoir présente un rendement énergétique faible car les matériaux du foyer sont bon conducteur de chaleur. De ce fait, la consommation de bois est importante. Dans ces fumoirs traditionnels les poissons sont posés verticalement sur les fumoirs et sont maintenues dans cette position grâce aux cales qui sont interposés entre les rangées de poissons (**Figure 1**). À chaque phase du séchage/fumage, il faut repositionner les poissons ce qui rend le procédé très long et pénible car on doit trier des centaines de poissons dans des épaisses fumées chaudes.

2-2. Recherches bibliographiques

Les fumoirs les plus utilisés en Afrique dont nous avons pu avoir des informations sont [1] :

- Le fumoir « bidon » (**Figure 3**) : la fabrication est la même que le fumoir circulaire du Gabon. le principale avantage est qu'il permet de réduire la consommation du bois. la principale inconvénient est qu'on ne peut pas sécher/fumer des quantités importantes de poissons. Pour pallier ce problème, il est courant d'assembler 2 ou 3 fûts. Ce fumoir est utilisé un peu partout en Afrique.

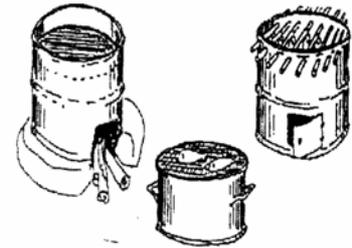


Figure 1 : Le fumoir bidon

- Le fumoir « Côte d'Ivoire » (**Figure 4**) : c'est un fumoir de forme carrée dont la structure est en bois ou en tôle. Un foyer central (non représenté) alimente plusieurs fumoirs. L'originalité de ce fumoir repose sur la présence d'une tôle perforée installée au-dessus de ce foyer. Elle permet d'assurer une répartition uniforme des fumées au sein du fumoir. Il protège le produit du rayonnement direct en favorisant ainsi l'uniformité du traitement des produits et non la calcination de ceux-ci.

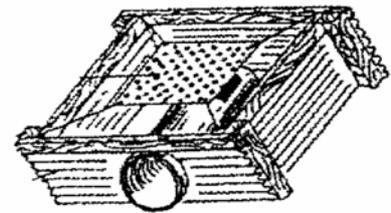


Figure 2 : Le fumoir « Côte d'Ivoire »

- Le fumoir Chorkor (**Figure 5**) : Ce fumoir est de forme rectangulaire. Il est constitué d'une structure maçonnée constituant plusieurs foyers disjoints sur laquelle sont disposées des claies. La pénibilité lors de la production est que l'ensemble des claies doit être enlevé puis redéposé afin de changer l'ordre étagé de celles-ci.

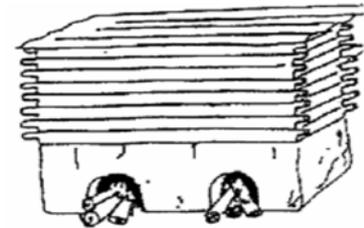


Figure 5 : Le fumoir Chorkor

- Le fumoir Altona (**Figure 6**) : ce fumoir est de forme rectangulaire. Il est constitué de deux structures : une structure extérieure maçonnée (en terre battue ou en brique) pour améliorer le rendement énergétique et d'une structure intérieure métallique permettant la disposition de plusieurs étages de claies indépendamment les unes des autres. La manutention des claies au cours de processus de séchage/fumage (changement d'étage des claies, claie par claie) est beaucoup plus légère que celle effectuée pour le fumoir bidon (poisson après poisson) ou que celle effectuée pour les fumoirs Chorkor (toutes les claies à la fois).

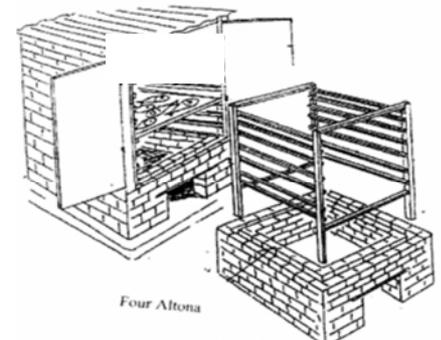


Figure 6 : Le fumoir Altona

Au cours de cette étude bibliographique, nous avons constaté que les fumoirs traditionnels de production de poissons séchés/fumés les plus utilisés en Afrique ont à peu près les mêmes problématiques que les fumoirs traditionnels du Gabon. La plus importante est la maîtrise des opérations de séchage et de fumage traditionnel du poisson séché/fumé même si le fumoir "côte d'ivoire" permet d'assurer la répartition des fumées à partir d'une tôle perforée et que les fumoirs Chorkor et Altona permettent d'avoir des supports-poissons étagés. La chaleur qui sert réellement au séchage des poissons dépend en fait de l'orientation du vent. Ce qui entraîne une qualité très variable des poissons séchés et fumés dans un même fumoir pendant la même campagne de séchage et fumage. Nous avons aussi un taux élevé en benzo(a)pyrènes (HAP) dans tous ses fumoirs.

3. Méthodologie

3-1. Concepts retenus

L'ensemble des remarques ci-dessus nous a amenés à choisir un concept de séchoir-fumoir reposant sur l'existence de 2 circuits distincts de circulation des fumées et d'une enceinte de séchage/fumage close (**Figure 7**). Le principe de fonctionnement est le suivant : des fumées dites « chaudes » sont générées par la combustion de bois. Après un passage au travers d'une grille de perte de charge (ayant pour fonction d'uniformiser la répartition des flux en amont de leur utilisation), ces fumées circulent dans des conduites qui traversent l'enceinte de séchage-fumage (ces conduites ayant pour fonction de chauffer par rayonnement principalement et mais aussi par convection le produit suspendu, ceci sans contact de ces fumées et les poissons).

Des fumées dites « froides » sont générées par pyrolyse de copeaux ou sciure. Après le passage dans un système de refroidissement, les fumées traversent une grille de perte de charge (ayant pour fonction d'uniformiser la répartition des flux en amont de leur utilisation). Ils pénètrent dans l'enceinte de séchage/fumage (où elles sont renouvelées en continu) et fument les poissons. De façon à assurer un fonctionnement autonome du fumoir (c.à.d. par convection naturelle) les foyers sont situés en dessous de l'enceinte de séchage fumage et les 2 flux de fumées sont évacués au-dessus de celle-ci dans une cheminée assurant le tirage global du système. Il a été breveté conjointement CIRAD-CNRS [2].

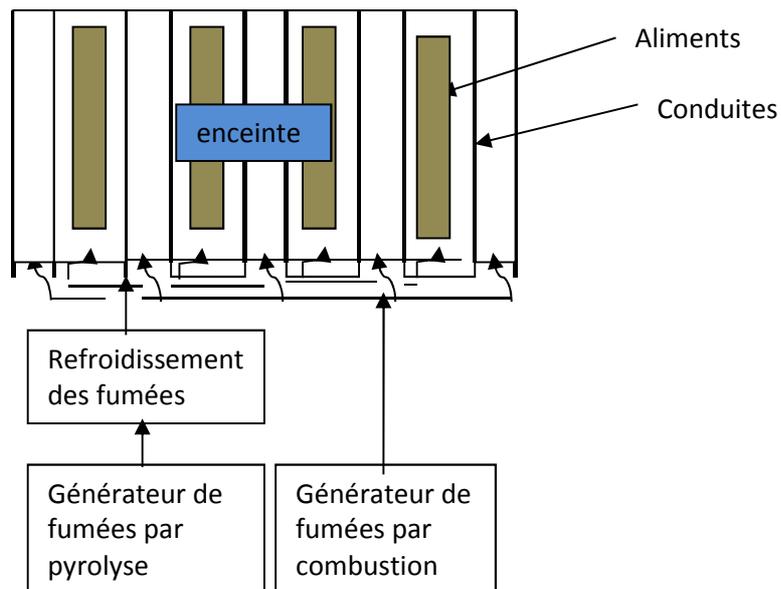


Figure 3 : *principe de fonctionnement du nouveau fumoir*

3-2. Dimensionnement

Dans un premier temps, à partir des caractéristiques des bois utiliser pour sécher et fumer les poissons au Gabon, de la quantité du poisson à sécher et fumer, nous estimons la quantité de bois en fonction de la quantité de poisson à sécher/fumer à partir de **l'équation (1)**.

$$Q_p = \frac{M}{t} (W_0 - W_f) \cdot \Delta H_v \quad (1)$$

Ensuite, nous évaluons la quantité de bois qu'il faut pour avoir une température conséquence pour sécher, cuire et fumer convenablement le poisson au sein du fumoir à partir de *l'équation (2)*. c'est la somme de la quantité de bois pour l'évaporation de l'eau au sein du poisson obtenu à partir de *l'équation (3)* et la quantité de bois qu'il faut pour la mise en température de l'enceinte pour que le fumoir puisse sécher, cuire et fumer convenablement le poisson d'après *l'équation (4)*. Ce modèle est construit à partir des travaux de G. ballard-Tremier and H. Jawurek et les observations de la consommation de bois du fumoir BOUCANE [3]. Ce modèle prend en compte les trois flux (fumée basse température, fumée haute température et l'air) qui circulent au sein du fumoir dont les températures varient différemment pendant tout le cycle de production et le comportement du produit selon l'évolution de sa teneur en eau et de la vitesse de séchage (convection naturelle).

$$M_{bt} = M_{b1} + M_{b2} \quad (2) \quad \frac{M_{b1}}{m_p} = \frac{\Delta H}{\eta \cdot PCI} \cdot \left(\frac{W_p}{1 + W_p} \right) \quad (3) \quad \frac{m_p}{M_{b2}} = \frac{[m_p]_{\text{boucané}}}{[M_b]_{\text{boucané}}} \cdot \frac{W_p}{W_{\text{boucané}}} \quad (4)$$

Enfin, nous estimons les dimensions de la cheminée en fonction des pertes de charges régulière au sein du fumoir, de la masse volumique et de la vitesse du fluide à partir de l'équation (5). ce modèle est construit à partir des travaux sur le projet BOUCANE [2] qui ont permis de déterminer la vitesse moyenne de 2 m/s environ des fumées de combustion circulant entre les plaques rayonnantes.

$$\Delta P = 0,10512 \cdot \left(\frac{2 \cdot \rho \cdot V}{\mu} \right)^{-0,243} \cdot \frac{H}{\rho_a} (l)^{-1,243} \quad (5)$$

De ces modèles, il en ressort que pour une vitesse moyenne des fumées de 2 m/s dans les conduites en fonction de l'écartement des plaques parallèles que :

- la température des parois (métalliques) doit être de l'ordre de 140°C (les émissivités du poisson et des parois externes des conduites, noircies par les fumées de pyrolyse, étant proches de l'unité) afin d'assurer un apport de puissance suffisant au produit,
- le coefficient d'échange convectif entre les fumées de combustion et les parois des conduites nécessaire afin d'imposer cette température de parois rayonnantes, ceci en fonction de la température des fumées de combustion entrant dans ces conduites vaut environ 5 W/m²/K pour une température de fumées de combustion entrantes de l'ordre de 200°C,
- la variation de température des fumées de combustion entre l'entrée et la sortie des conduites rayonnantes est de l'ordre de 10 à 20°C et les pertes de charge le long de celles-ci est de l'ordre de 5 Pa,
- un rendement énergétique de l'enceinte de séchage-cuisson-fumage (puissance fournie par les fumées de combustion / puissance contenue dans ces fumées) vaut 10% à 15%.

L'ensemble de ces considérations de dimensionnement nous a amené à choisir une distance entre les 2 plaques parallèles formant chaque conduite de fumées de combustion de l'ordre de 3 centimètres [2].

4. Résultats et discussion

4-1. Solutions technologiques retenus

Les solutions retenues tiennent compte de l'environnement des pays PED africains en ce sens que les matériaux utilisés se trouvent facilement dans ces pays et elles sont réalisables par les artisans locaux.

4-1-1. Séchage des poissons

Les conduites où circulent les fumées à hautes températures sont des paires de tôles qui ont une forme en "L". Elles sont fixées sur deux plaques perforés qui permettent d'assurer la circulation des fumées à hautes températures sans que ces derniers soient en contact avec les poissons (*Figure 8*). Les supports où sont posés les poissons sont installés entre les conduites (*Figure 9*). Elles varient en fonction de la grosseur des poissons. L'enceinte est rectangulaire. Il permet d'avoir une capacité importante dans un petit espace.

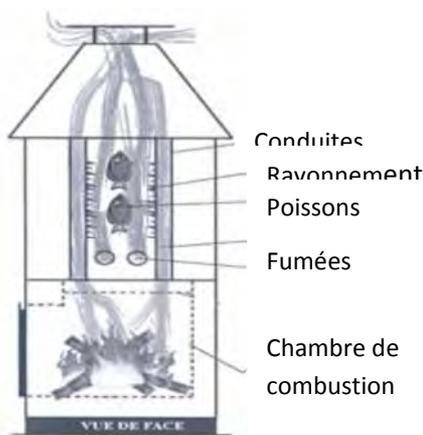
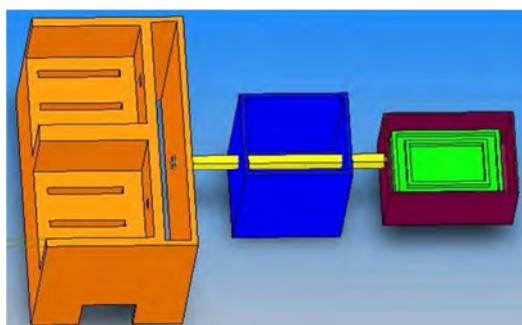


Figure 8: Principe de séchage/fumage du fumoir

Figure 9 : poissons installés dans l'enceinte

4-1-2. fumage du poisson

D'après certains travaux [1], pour réduire la teneur en benzo(a)pyrènes (HAP) d'une fumée, l'une des solutions consiste à produire cette fumée à 30°C, ce qui permet à certains particules de cette fumée de se condenser. De ce fait, pour réduire au maximum la teneur en benzo(a)pyrènes (HAP) dans le nouveau fumoir, nous avons combiné deux principes : un système qui nous permet de refroidir les fumées et l'utilisation d'un combustible contenant moins de benzo(a)pyrènes (HAP) notamment le charbon [5].



(a)



(b)

Figure 10 : les différents composants du système de fumage : (a) le dessin du système et (b) un modèle du système fabriqué.

Le système de fumage est composé de trois parties (*Figures 10a et 10b*) : la chambre de production de fumées, le système de refroidissement et la chambre d'uniformisation des fumées.

4-2. La chambre de production des fumées

Cette chambre est constituée de trois fûts : petit fût en grillage où l'on met le charbon à brûler, un fût moyen où l'on installe le petit fût en grillage. Ensuite ces fûts sont installés dans un grand récipient. C'est tout autour du petit fût en grillage que l'on verse la sciure et les copeaux de bois qui permettent d'obtenir la fumée.

4-3. Le système de refroidissement

Le système de refroidissement est composé d'un tube où circulent les fumées et un récipient. Le tube est fixé entre la chambre de production de fumée et la chambre d'uniformisation des fumés. Le récipient contient un liquide de refroidissement (l'eau ou les glaçons). Le tube est immergé dans cette eau de refroidissement du récipient. Deux modèles de fumoirs ont été construits afin de mieux valoriser les matériaux locaux et faciliter l'intégration de ce nouveau concept au sein de la population (*Figure 11*).



(a)



(b)

Figure 11 : présentation de deux modèles du nouveau fumoir : (a) fumoir construit tout en briques de terre battue pour une capacité de deux cent sardinelles moyens ayant deux chambres et (b) fumoir dont les parois de l'enceinte sont en bois ayant une chambre, d'une capacité cinquante sardinelles moyens.

5. Discussion

5-1. Consommation du bois et durée de production

En fonction des essences de bois utilisés pour la production du poisson séché/fumé au Gabon [6], nous avons calculés la consommation moyenne de bois de quatre fumoirs : le fumoir longitudinal, le fumoir circulaire et deux nouveaux fumoirs (l'un tout en brique de terre battue et l'autre ayant les parois de l'enceinte en bois). Nous avons constaté qu'en ce qui concerne la consommation de bois (*Tableau 1*), il faut en moyenne plus de 3 kg de bois pour sécher 1 kg de poisson par rapport aux nouveaux fumoirs.

Ceci est dû principalement au fait que les nouveaux fumoirs ont des foyers de combustion fermés et les parois en briques de terre battues conservent mieux la chaleur par rapport aux fumoirs traditionnels où le foyer est semi-fermé par des tôles ou de la paille. Ces matériaux étant des bons conducteurs de chaleur. Ayant moins de perte de chaleur et une répartition uniforme de la chaleur au sein de l'enceinte, la durée de production des poissons séché/fumés dans les nouveaux fumoirs est réduite de 2/3 en moyenne par rapport aux fumoirs traditionnels [4]. Les travaux se poursuivent pour réduire au maximum les pertes de chaleur au sein du foyer de combustion notamment par la réduction des angles internes du foyer et l'isolation autour de la porte du foyer de combustion par exemple.

Tableau 1 : Ratio moyen bois/poissons des différents fumoirs étudiés

Fumoirs	Longitudinal	Circulaire	Nouveau fumoir en briques de terre battue	Nouveau fumoir dont les parois l'enceinte sont en bois
Ratio moyen *	4,17	3,09	1,37	1,29
Durée de production (heures)	72	69	15	13

** Ratio moyen (kg de bois/kg de poissons)*

5-2. Teneur en benzo(a)pyrènes

D'après les résultats obtenus (*Tableau 2*), il en résulte que le nouveau système permet de réduire considérablement la teneur benzo(a)pyrènes des poissons séchés. Les valeurs obtenues sur le nouveau système sont inférieures aux valeurs recommandées par les organismes internationaux [4]. Nous n'avons pas les mêmes valeurs entre les deux nouveaux fumoirs parce que dans le premier nouveau fumoir, nous avons des fuites issues de la chambre de combustion. Les travaux se poursuivent pour avoir une teneur en benzo(a)pyrènes la plus faible possible en améliorant le fonctionnement de l'échangeur par exemple avoir un échangeur le plus long possible qui facilite non seulement le refroidissement des fumées et mais améliore la circulation des fumés par convection naturelle. De même avoir une eau la plus froide possible pendant tout le cycle de production par exemple l'utilisation d'un système thermosiphon.

Tableau 2 : Les teneurs en benzo (a)pyrènes des sardines séchées et fumées

Fumoirs	Longitudinal	Circulaire	Nouveau fumoir en briques de terre battue	Nouveau fumoir dont les parois l'enceinte sont en bois
Teneur en benzo(a)pyrènes (micro/kg de produit fini)	57	26	16	4

5-3. Qualité des produits et durée de conservation

Il a été noté une appréciation toute particulière des produits issus des nouveaux fumoirs lors des différents dégustations. Il a été constaté que les poissons issus des nouveaux fumoirs ont une couleur plus homogène (**Figure 12**) par rapport aux poissons séchés/fumés issus des fumoirs traditionnels (**Figure 13**) dont la couleur varie en fonction de la position des poissons dans le fumoir. Nous avons aussi une réduction de l'odeur de la fumée sur les poissons séchés et fumés. Les poissons séchés et fumés issus des nouveaux fumoirs se conservent bien pendant à peu près 6 à 8 mois dans un entrepôt bien aménagé et ayant une température inférieure à 15°C.



Figure 12 : *les produits issus du nouveau fumoir*

Figure 13 : *les produits issus du fumoir traditionnel*

6. Conclusion

Une analyse des principaux procédés artisanaux de séchage et fumage de produits carnés utilisés en Afrique tropicale a été menée. De celle-ci est ressortie la nécessité de concevoir un fumoir permettant d'accéder à une qualité sanitaire du produit satisfaisante et une homogénéité de traitement de celui-ci, d'assurer des conditions de travail des opérateurs « transformatrices » acceptables, tout en conservant le caractère d'autonomie conférant aux procédés artisanaux actuels et la possibilité d'être installés en absence de commodité telles que la présence d'électricité.

Les concepts retenus pour concevoir cette unité de production, qui fonctionne en convection naturelle, sont issus de l'analyse citée ci-dessus, mais aussi d'un brevet déposé en 2002 à la suite de travaux réalisés au laboratoire. Les différents prototypes d'essais construits intègrent bien l'environnement des artisans locaux. Les premiers résultats permettent de constater que nous avons une réduction considérable de la consommation de bois et une teneur en benzo(a)pyrènes au sein des produits recommandés par les organismes internationaux.

Remerciements

Nous tenons à remercier dans un premier temps, le personnels du département TREFLE du laboratoire I2M (UMR 5295) et les personnels de l'atelier de l'École Nationale des Arts et Métiers (ENSAM) du centre de Talence pour leur aide dans la conception, le dimensionnement et la fabrication du prototype. Ensuite la FAO pour le financement des différentes activités. Enfin les personnels de l'Institut de Recherche Technologique (IRT) du CENAREST pour la réalisation des différents travaux.

Nomenclature

<i>Lettres latines</i>		Unités
H	Hauteur	m
l	Longueur	m
M	Masse de bois	kg
m	Masse du poisson	kg
PCI	Puissance calorifique intrinsèque du bois	J/kg
V	Volume	m ³
w	Teneur en eau	kg/kg m.s
<i>grecques</i>		
Δp	Perte de charge	Pa
ΔH	Chaleur latente	J/kg
η	Rendement	
μ	Viscosité dynamique	kg/(m.s)
ρ	Masse volumique	kg/m ³
<i>Indices</i>		
a	Initial	
b	Boucané	
b1	Masse de bois pour l'évaporation d'eau	
b2	Masse de bois pour la mise en température de l'enceinte	
bt	Masse totale de bois	
p	poisson	

Références

- [1] - S. EKOMY ANGO, Conception, dimensionnement et réalisation d'un fumoir artisanal de séchage et fumage de poissons à vocation des PED côtiers, DRT/ ENSAM, centre de Bordeaux, (2005) 150p.
- [2] - S. EKOMY ANGO, D. BRUNEAU, P. SÉBASTIAN et V. ROCHERY, Conception et dimensionnement d'un fumoir à poisson autonome pour les pays côtiers tropicaux, Récents progrès en génie des procédés, N°92, ISBN 2-910239-66-7 (2005).
- [3] - P. SEBASTIAN, D. BRUNEAU, M. RIVER, A. COLLIGNAN, Computer aided design of an innovative smoking process devoted to the treatment of animal meat, Journal of food engineering (2004).
- [4] - S. EKOMY ANGO, J.D. MBEGA, E.S BILOHO, Vulgarisation d'un nouveau concept amélioré de séchage et de fumage artisanal des aliments, FAO, Rapport sur les pêches et l'aquaculture N° 904 FIIU/R904 (Bi), (2008) 69-75.
- [5] - M. RIVIER, F. KEBE, T. GOLI, Fumage de poissons en Afrique de l'Ouest pour les marchés locaux et d'exportation, Rapport intermédiaire, AUF/CIRAD, (2009) 18p.
- [6] - P. OBIANG ANGWE, L. NGUIMBI, Etude de l'analyse des essences appropriés aux activités de transformation des aliments à Libreville et Owendo au Gabon — Rapport intermédiaire IRET/IRT/FAO, (2010) 26p.