

Séchage artisanal du piment au Bénin : influence de la zone de séchage et du type de séchoir utilisé

Paul Ayihadji Ferdinand HOUSSOU¹, Valère DANSOU^{1*}, Abel Bodéhoussè HOTEgni¹,
Kowiou ABOUDOU^{1,2}, Arnold SAGUI¹ et Hugue ZANNOU¹

¹ Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Programme Technologies Agricole et Alimentaire, Laboratoire de recherche en microbiologie et physico-chimie, 01 BP 128 Porto-Novo, Bénin

² Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Département de Génie de Technologie Alimentaire, Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire, Laboratoire d'Etude et de Recherche en Chimie Appliquée, 01 BP 2009 Recette Principale Cotonou, Bénin

(Reçu le 22 Novembre 2021 ; Accepté le 11 Janvier 2022)

* Correspondance, courriel : vadansou@gmail.com

Résumé

L'objectif de l'étude était d'évaluer les performances de trois prototypes de séchoirs solaires sur la qualité du piment séché dans trois zones agro-climatiques du Bénin à savoir Klouékanmey, Dassa-zoumè et Malanville. Les tests de séchage ont été réalisés dans le mois de février 2021 avec la participation de 10 transformateurs des produits maraîchers par zone. Les paramètres de la cinétique de séchage ont été évalués et la qualité des piments séchés a été déterminée à travers la perception des acteurs ayant participé aux tests. Les résultats montrent qu'à Klouékanmey, Dassa-zoumè et Malanville, le séchoir Hybride (16 ± 1 heures, 18 ± 1 heures et 9 ± 1 heures), le séchoir Caisse (21 ± 1 heures, 16 ± 1 heures et 9 ± 1 heures) et le séchoir Tente ($21,33 \pm 1,52$ heures, $18,33 \pm 1,5$ heures et 11 ± 1 heures) ont respectivement montré des durées de séchage significativement courtes que celles enregistrées par la méthode traditionnelle qui était en moyenne de 49 ± 21 heures d'ensoleillement. Quant à la qualité des piments séchés, la couleur des piments séchés avec les trois séchoirs était brillante contrairement à celle obtenue pour la méthode traditionnelle où les piments étaient moins brillants et attrayants avec la présence de moisissures au niveau de certains lots à cause de la longue durée de séchage. Cette étude a révélé que les séchoirs améliorés testés sont meilleurs en considérant la rapidité de séchage et la qualité du piment séché par rapport au séchage traditionnel. La diffusion de ces séchoirs solaires vers un grand nombre de producteurs s'avère donc nécessaire en vue de la réduction des pertes post-récolte des denrées agricoles périssables au Bénin.

Mots-clés : Afrique de l'Ouest, culture maraîchère, pertes post-récolte, séchoir artisanal, qualité.

Abstract

Artisanal drying of chili in Benin : influence of the drying zone and the type of dryer used

The aim of this study was to assess the performance of three solar dryers prototypes (Hybrid, Box and Tent) on the quality of dried pepper in three agro-climatic zones of Benin namely Klouékanmey, Dassa-zoumè and

Malanville. The drying tests were carried out in February 2021 with the participation of 10 processors of vegetable crops per zone. The drying kinetic parameters were evaluated and the quality of the dried peppers was determined through the perception of the actors who participated in the tests. The results obtained show that in Kloulékanmey, Dassa-zoumè and Malanville the Hybrid dryer (16 ± 1 hours, 18 ± 1 hours and 9 ± 1 hours), Box dryer (21 ± 1 hours, 16 ± 1 hours and 9 ± 1 hours) and Tent dryer (21.33 ± 1.52 hours, 18.33 ± 1.5 hours and 11 ± 1 hours) have respectively showed shorter drying times than that recorded by the traditional method, which averaged 49 ± 21 hours of sunshine. Concerning the quality of the dried peppers, the color of dried peppers with the three dryers was brilliant unlike the one obtained for the traditional method where the peppers were less brilliant and attractive with the presence of mold in some batches of peppers due to the long drying time. This study has shown that the improved dryers with regard to the speed of drying and the quality of the dried pepper compared to the traditional drying locally practiced. The dissemination of these solar dryers to a large number of producers is therefore necessary in order to reduce post-harvest losses of perishable agricultural commodities in Benin.

Keywords : *West Africa, vegetable crops, post-harvest losses, artisanal dryer, quality.*

1. Introduction

Le piment (*Capsicum sp*) est généralement commercialisé sous forme fraîche ou séchée et utilisé comme une épice au Bénin et dans la sous-région [1]. Il représente après la tomate la deuxième culture maraichère la plus consommée au Bénin [2]. Il est très apprécié des consommateurs à cause de son goût piquant et aussi de ses qualités nutritionnelles en vitamines et en oligoéléments [3, 4]. Il se caractérise également par des propriétés antioxydantes et anti-cancéreuses [5]. Cependant, le piment est caractérisé par une forte périssabilité à cause de sa teneur en eau ce qui entraîne assez de perte post-récolte pour les producteurs. Comme la plupart des produits maraichers au Bénin, d'importantes pertes post-récolte sont enregistrées allant de 40 à 60 % [6, 7]. Pour pallier à ces pertes, les producteurs pratiquent des techniques de séchages qui malheureusement impactent négativement sur la qualité du piment séché. Au Bénin, la plupart de ces techniques de séchage (séchage au soleil à l'air libre) utilisées sont traditionnelles et exposent les denrées à différentes sortes de contamination [8]. Plusieurs auteurs ont initié des études concernant l'impact du séchage traditionnel sur la qualité des produits séchés. Les recherches menées sur le séchage traditionnel ont montré que ce séchage est caractérisé par une longue durée de séchage (7 à 10 jours) avec un processus de séchage difficile à contrôler qui affectent les attributs de qualité nutritionnelle et organoleptique des produits séchés [9 - 11]. De même ces techniques de séchage ne garantissent pas la conservation dans le temps du produit séché déjà contaminé et occasionnent des pertes considérables pour les producteurs et les transformateurs [12, 13]. Face à cela, des recherches ont été menées afin de trouver une meilleure technique de séchage permettant de réduire la durée de séchage et de préserver la qualité des produits maraichers comme le piment. Des études ont été menées sur l'évaluation de différents types de séchage solaire des produits agricoles et de la mer [14]. Ils ont rapporté une nette diminution de l'humidité du piment au bout de 48h de séchage. Les études menés sur le séchage solaire du piment ont rapporté que l'utilisation des équipements de séchage comme le séchoir solaire à serre a permis de réduire l'humidité de piment de 75 % à 15 % au bout de trois (03) jours de séchage [15]. De même des études sur une analyse des performances techniques et économiques d'équipement de séchage solaire du piment ont été menées à Bhutan [16]. Ces différents travaux ont fait ressortir l'importance d'utiliser des équipements de séchage solaire pour sécher le piment au détriment du séchage traditionnel. C'est également dans le but d'améliorer la qualité des piments séchés au Bénin que l'Institut National de la Recherche Agricole du Bénin (INRAB) a travaillé sur la mise au point de

séchoirs solaires adaptés. Ainsi, trois types de séchoirs solaires améliorés (Hybride, Tente et Caisse) appropriés pour le séchage des fruits et légumes ont été développés par l'INRAB [17, 18] pour pallier aux pertes post-récolte et préserver la qualité du piment séché. Mais aucune étude préalable n'a permis d'évaluer la performance de ces trois types de séchoirs solaires par rapport à la méthode traditionnelle. L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances techniques de trois types de séchoirs solaires améliorés par rapport au séchage traditionnel dans trois différentes zones agro écologiques du Bénin (Klouékanmey, Dassa-Zoumè et Malanville).

2. Matériel et méthodes

2-1. Matériel

2-1-1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour les tests de séchage est constitué du piment long de la variété Cayenne long slim d'un cycle végétatif de 3 mois récoltée en février 2021.

2-1-2. Caractéristiques des séchoirs solaires testés

Trois types de séchoirs solaires améliorés mis au point par la recherche ont été utilisés pour les tests de séchage au niveau des trois zones d'étude. Les caractéristiques de ces séchoirs sont :

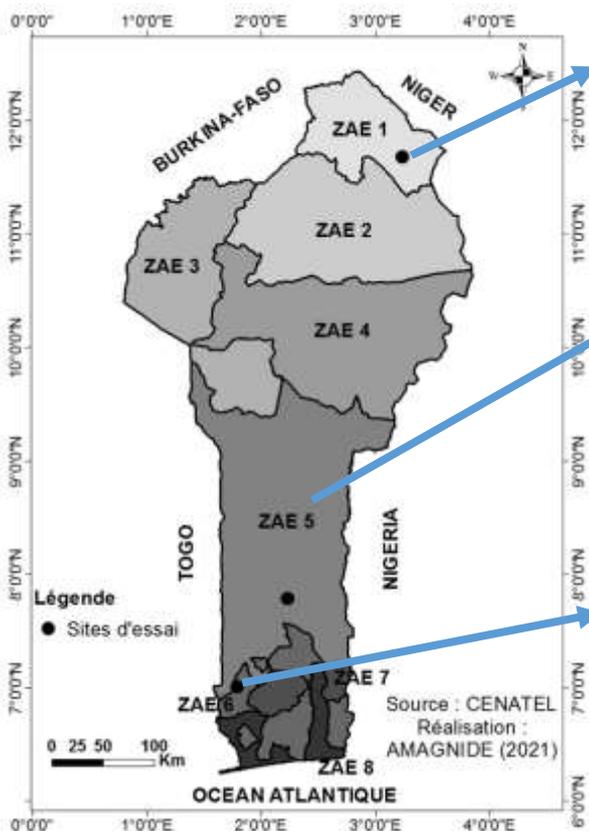
- ❖ Le séchoir solaire Hybride qui est présenté au niveau de la Photo 1a se caractérise par deux sources d'énergie à savoir le soleil et le gaz combustible (optionnel). Fabriquer en tôle d'acier ordinaire avec une isolation interne en bois d'abzeria, il est surmonté d'un capteur de chaleur (plexiglas) en forme de charpente qui sert en même temps de toiture. Il possède quatre compartiments dont deux de séchage, un pour le brûleur de gaz et le dernier pour le système de ventilation. Le système de ventilation est composé d'un ventilateur de 12 V, d'une batterie de 150 Ah et d'un module solaire PV de 100 Wc. La chaleur emmagasinée dans les compartiments de séchage est mélangée à l'air fournit par le ventilateur pour évacuer l'humidité du produit à sécher vers l'extérieur. Avec une capacité de 12 kg de piment frais par cycle, ce séchoir à l'avantage d'effectuer un séchage rapide avec une protection du produit contre les contaminations et les intempéries pendant le séchage ;
- ❖ Le séchoir Tente présenté au niveau de la Photo 1b se caractérise par la forme d'une tente canadienne et se compose d'une charpente en tuyaux de 26/34 et 33/42 recouverte par un film en polyéthylène transparent ; d'une surface d'entreposage des produits et d'un absorbeur (bâche noir située au bas du séchoir). Pour le séchage des produits, six (6) claies de séchage superposées et distantes les unes des autres successivement d'environ 18 cm sont utilisées. Ces claies coulissent sur des crêtes en cornière de 40 cm et se caractérisent par des surfaces d'étalage faites de grillage métallique de surface 0,70 m X 1,20 m. Des ouvertures confectionnées de moustiquaire permettant l'entrée et la sortie de l'air sont réalisées sur les plus grandes faces. Avec une capacité de 18 kg de piments frais par cycle, ce séchoir à l'avantage de protéger le produit contre les contaminations et les intempéries pendant le séchage ;
- ❖ Le séchoir Caisse présenté dans la Photo 1c est un séchoir fabriqué en bois d'abzeria et est constitué d'une table inclinée dont la surface supérieure est peinte en noir pour attirer la chaleur et d'une caisse de bois fermée en bas par un grillage en polypropylène tissé de couleur noir et le haut est couvert par un sachet transparent épais pour condenser la chaleur à l'intérieur de la caisse. La caisse est subdivisée en quatre compartiments de dimension égale. Elle a une capacité 8 kg de piments frais.



Photo 1 : Image des séchoirs solaires Hybride (a), Tente (b) et Caisse (c)

2-2. Zone d'étude et période

Les tests de séchage du piment ont été conduits dans trois (03) zones agro-climatique différentes du Bénin. Il s'agit de Klouékanmey au sud Bénin, de Dassa-Zoumè au centre du Bénin et Malanville au Nord du Bénin. Ces trois localités ont été choisies à cause de l'importance de la production et la pratique de séchage de piment. Les tests de séchage ont été réalisés pendant le mois de Février 2021.



Caractéristiques du ZAE 1 : Malanville

- Climat de type tropical sec à une saison pluvieuse et une saison sèche
- Pluviométrie moyenne : 900 mm par an,
- Température moyenne : 50°C ?
- Humidité relative moyenne : 55%

Caractéristiques du ZAE 5 : Dassa - Zoumè

- Climat de type subéquatorial de transition à deux saisons pluvieuses
- Pluviométrie moyenne annuelle : 1000 - 1200 mm par an
- Température moyenne : 33,87°C
- Humidité relative moyenne : 77,48 %.

Caractéristiques du ZAE 6 : Klouékanmey

- Climat de type subéquatorial à deux saisons de pluie
- Pluviométrie moyenne : 900 à 1400 mm par an
- Température moyenne annuelle : 26,5°C.
- Humidité relative moyenne : 85 %.

Figure 1 : Zones d'étude et leur caractéristique

2-3. Méthodes

2-3-1. Tests de séchage du piment

Les tests de séchage ont été réalisés avec les trois prototypes de séchoirs solaires (séchoir Tente, séchoir Hybride et séchoir Caisse) dans les trois zones agro-écologiques du Bénin avec la participation de 10 transformateurs des produits maraîchers par zone. Au niveau de chaque zone, les trois séchoirs ont été remplis à leur pleine capacité de piment frais soit 18 kg, 12 kg et 8 kg respectivement pour le séchoir Tente, séchoir Hybride et séchoir Caisse. Avant leur étalement dans les différents séchoirs testés, les piments ont été d'abord blanchis à la vapeur suivant la méthode d'utilisation de sel et d'huile rouge [18]. La méthode traditionnelle de séchage à l'aire libre pratiquée dans chaque zone a été utilisée comme témoin. Pour cette méthode 20 kg de piments frais ont été considérés en respectant les mêmes épaisseurs de couches d'étalement au soleil à l'instar des trois séchoirs améliorés testés.

2-3-2. Détermination des paramètres cinétiques de séchage

Les données relatives à la température de séchage, l'humidité relative de l'air ont été collectées lors des tests de séchage. Les températures et l'humidité relative à l'intérieur et à l'extérieur ont été prises à intervalle d'une heure à partir de 09 heures (début de séchage) jusqu'à 17 heure de fin de séchage par jour à l'aide d'un thermomètre (Brannan, Thermoter -20.0 to 1000°C and Humidity 5 % to 98 % RH). La masse initiale du piment frais avant séchage ainsi que la masse finale du piment après séchage ont été prises à l'aide d'une balance. Les durées de séchage de chaque prototype de séchoir ainsi que la méthode traditionnelle ont été également déterminées en utilisant un chronomètre. Par la suite, la teneur en eau des échantillons de piment prélevés avant et après le séchage ont été déterminées suivant la méthode standard gravimétrique [19]. La reconstitution des échantillons de piment séché a été effectuée par trempage du piment dans de l'eau suivant la méthode décrite par [20].

2-3-3. Tests de perception des acteurs sur la qualité du piment séché et des séchoirs testés

Les informations relatives à la perception des acteurs ayant participé aux tests des trois types de séchoirs dans les trois zones ont été collectées à travers un entretien en focus group. Les formes séchées et reconstituées des différents échantillons de piment ont été appréciées en utilisant les attributs de qualité tels que la couleur, la texture, la présence de moisissure. Les producteurs et transformateurs ont considéré les critères comme la durée de séchage, le coût du séchoir et la qualité du produit séché pour étayer leur choix sur le meilleur séchoir testé.

2-3-4. Analyse statistique

Les données collectées ont été saisies et traitées à l'aide du tableur Microsoft Excel 2016. De même, les statistiques descriptives ont été effectuées avec ce tableur. Aussi, une analyse de variance suivie du test de Student Newman Kell a été réalisée pour comparer la durée moyenne de séchage du piment en utilisant le logiciel SPSS v21.

3. Résultats et discussion

3-1. Evolution des paramètres de séchage du piment dans trois zones agro écologiques

Les paramètres de séchage du piment avec l'utilisation des trois (03) types de séchoirs solaires améliorés à Klouékanmey, Dassa-Zoumè et Malanville ont été déterminés. D'après les résultats obtenus, à Klouékanmey, les températures internes des trois séchoirs améliorés ont oscillé durant le séchage avec une moyenne de 35,99°C, 38,37°C et de 39,46°C respectivement pour les séchoirs Tente, Caisse et Hybride (**Figure 2a**). La température ambiante extérieure aux séchoirs était de 32°C lors des essais. Ainsi ces séchoirs améliorés ont permis d'obtenir un gain de température de 3,99°C, 6,37°C et 7,46°C respectivement pour les séchoirs Tente, Caisse et Hybride (**Figure 2**). En ce qui concerne la durée de séchage, une différence significative a été observée ($p < 0,05$) entre la durée de séchage des séchoirs Hybride (16 ± 1 heures) Tente (21 ± 1 heures) et Caisse (21 ± 1 heures) par rapport à celle de la méthode traditionnelle qui était en moyenne de 49 ± 21 heures soit 7 jours environ d'ensoleillement (Tableau 1). Toutefois, le séchoir Hybride a permis un séchage plus rapide ($p < 0,05$) comparativement aux séchoirs Tente et Caisse en favorisant un gain de temps de 5 heures. Ces résultats obtenus avec le séchoir Hybride peuvent s'expliquer par le fait que ce séchoir est constitué d'un dispositif de plexiglas et d'une isolation interne en bois qui favorise la conservation dans le temps de la chaleur à l'intérieur du séchoir. Au niveau de Dassa-Zoumè, il ressort des tests que la température ambiante (extérieure au séchoir) était de 34,58°C en moyenne (**Figure 2b**). Les températures internes enregistrées étaient de 45,40°C, 49,87°C et 51,24°C soit un gain de 10,82°C, 14,29°C et 16,66°C respectivement pour les séchoirs Tente, Hybride et Caisse (Figure 2 b). Après le séchage du piment par les trois séchoirs, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été enregistré sur la durée de séchage des séchoirs Caisse (16 ± 1 heures), Tente (18 ± 1 heures) et Hybride ($18,33 \pm 1,3$ heures) (**Tableau 1**).

Toutefois ces trois séchoirs ont permis de sécher plus rapidement ($p < 0,05$) le piment par rapport à la méthode traditionnelle (6 ± 2 jours) en vigueur dans cette localité. La capacité du séchoir Caisse à sécher le piment avec pratiquement la même durée de séchage que les séchoirs Hybride et Tente est certainement due à la faible quantité (8 kg) de produit séché par ce séchoir comparativement aux deux autres (12 kg et 18 kg). Aussi l'enceinte est-il plus confinée que les autres séchoirs, ce qui entraîne une concentration de la chaleur et favorise un séchage plus rapide. A Malanville, zone à forte température ambiante (39,41°C en moyenne), les températures internes moyennes enregistrées étaient de 53,54°C, 53,6°C et 54,1°C respectivement pour les séchoirs Hybride, Caisse et Tente (**Figure 2c**). Dans cette étude, il a été noté que l'utilisation des trois séchoirs améliorés permet un gain de 8,34°C, 8,28°C et 10,4°C de température respectivement pour les séchoirs Tente, Caisse et Hybride (**Figure 2b**). Après le séchage du piment par les trois séchoirs, une différence significative ($p < 0,05$) a été enregistrée sur la durée de séchage des séchoirs Hybride (9 ± 1 heures), Caisse (9 ± 1 heures) et Tente (11 ± 1 heures) plus courte que celle enregistrée pour la méthode traditionnelle à l'air libre (3 à 5 jours) (**Tableau 1**). Les séchoirs Hybride et caisse ont permis de sécher plus rapidement ($p < 0,05$) le piment par rapport au séchoir Tente. La présence de plexiglas au niveau du séchoir Hybride et la faible quantité de piment séché au niveau du séchoir Caisse pourrait expliquer ces résultats. Il résulte des tests que la durée de séchage des piments varie d'un séchoir solaire à un autre au Sud-Bénin tandis qu'au centre et au nord Bénin, les performances des trois séchoirs sont identiques. Cette même observation de variation de la durée de séchage au Sud-Bénin a été faite en Chine par [18] qui ont rapporté que la durée de séchage (temps d'évaporation de l'eau) dans le piment rouge est considérablement influencée par les différents types de séchoirs utilisés. Ces différences d'efficacité entre les séchoirs à l'intérieur d'une même zone peuvent s'expliquer par les capacités, la forme et la conductibilité des matériaux constitutifs de chaque type de séchoir. Par ailleurs, en considérant les trois zones d'étude, il a été observé

que les séchoirs testés ont permis un séchage plus rapide comparativement à la méthode traditionnelle et la rapidité du séchage s'accroît en évoluant de la zone du Sud vers le nord du Bénin. Ce constat peut s'expliquer par le fait que la température ambiante et l'humidité relative enregistrées à Malanville, favorisent une augmentation de la température de séchage des trois séchoirs par rapport à celle enregistrée au niveau des autres zones d'étude. Ainsi, les températures des séchoirs élevées enregistrées au cours du séchage ont été un facteur important dans l'accélération de la perte d'humidité du produit. Ces résultats vont en droite ligne avec les études de [21] qui ont montré que le séchage solaire des produits peut être fait dans la plupart des régions, mais la vitesse de séchage de ces produits est influencée par de nombreuses variables à savoir la température, l'humidité relative de l'air, la circulation de l'air et le type de produit à sécher. Des études similaires ont également montré que l'impact de l'humidité relative sur la température de séchage a été également fait ressorti dans les travaux menés au Japon et en Indonésie qui ont montré que plus l'humidité relative de l'air est basse plus le séchage se fera efficacement [22, 23]. D'autres recherches ont fait ressortir l'effet de la température de séchage sur l'humidité du produit. En effet, au cours du séchage avec les séchoirs solaires, la température élevée génère une force motrice importante pour le transfert de chaleur ainsi que la diffusivité de l'humidité contenue dans le produit ce qui accélère le séchage [24]. Les observations similaires ont été faites au cours des études sur le séchage du piment où les résultats obtenus ont montré que les piments séchés à une température de 70^{oc} ont contenus moins d'humidité par rapport à ceux séchés à 60^{oc} et 50^{oc} [25].

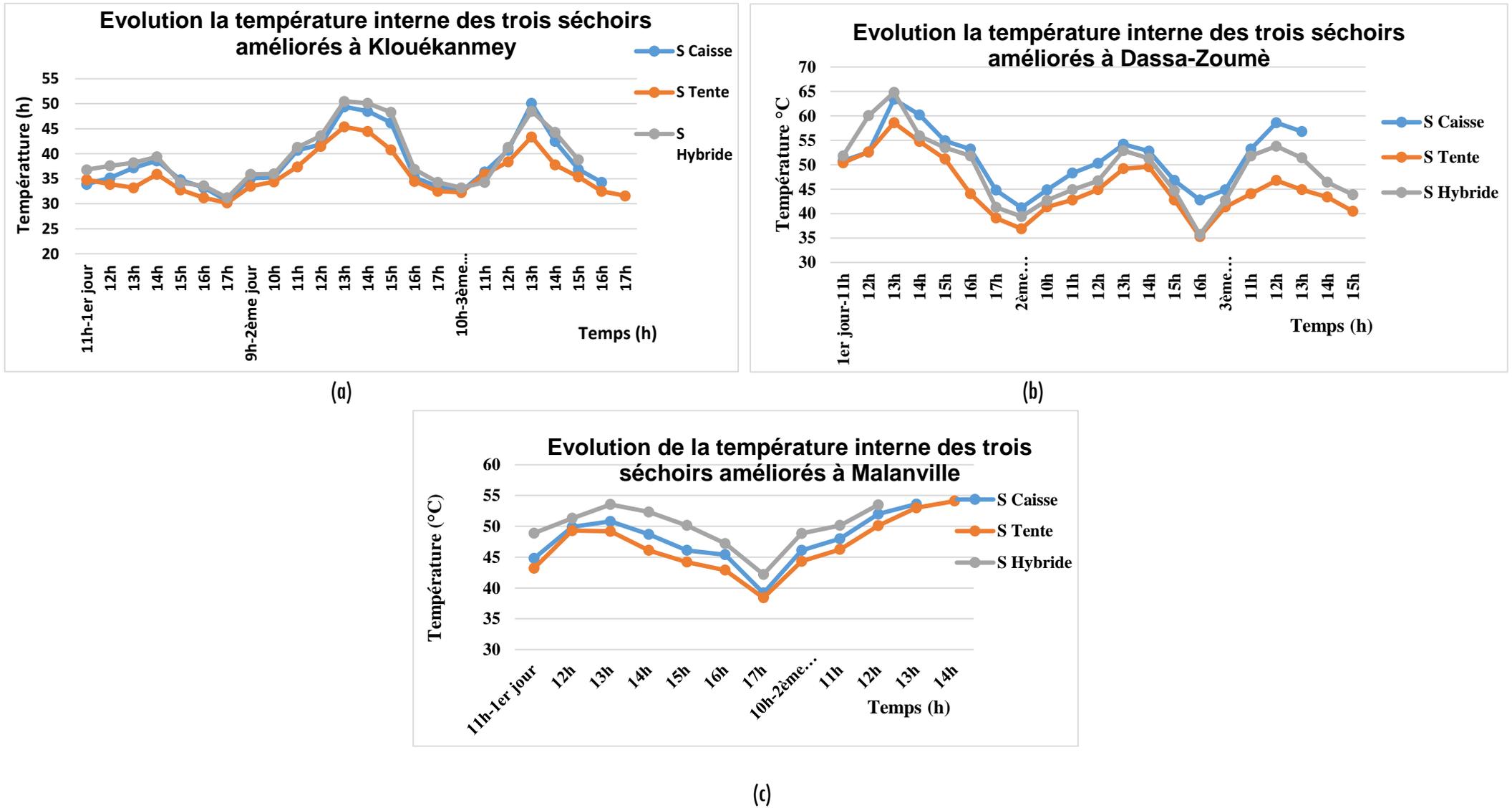


Figure 2 : Evolution de la température interne des séchoirs dans trois zones agro écologiques à (a) Klouékanmey (b) Dassa et (c) Malanville

Tableau 1 : Durée de séchage du piment dans trois zones agro écologiques à Klouékanmey, Dassa et à Malanville

Séchoirs	Durée en heure		
	Klouékanmey	Dassa-Zoumè	Malanville
Caisse	21 ± 1 ^a	16 ± 1 ^a	9 ± 1 ^a
Hybride	16 ± 1 ^b	18 ± 1 ^a	9 ± 1 ^a
Tente	21,33 ± 1,52 ^a	18,33 ± 1,5 ^a	11 ± 1 ^a
Méthode traditionnelle	49 ± 21 ^c	42 ± 14 ^c	28 ± 7 ^c

NB : La durée moyenne de séchage par jour était de 7 heures d'ensoleillement

Les chiffres portant les mêmes lettres dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5 %

3-2. Perception des acteurs sur la qualité du piment séché et les séchoirs testés

Les échantillons de piments séchés avec les trois séchoirs et le témoin avaient des teneurs en eau comprises entre 9 et 11 % dans les trois zones montrant ainsi que tous les piments étaient bien secs. La qualité du piment séché dépend considérablement de la méthode de séchage utilisée. En effet, à Klouékanmey, les transformateurs ayant participé au test de séchage ont rapporté que la couleur des piments séchés avec les trois séchoirs était brillante tandis que les piments séchés avec la méthode traditionnelle étaient moins brillants et moins attrayants. De même, l'intérieur de certains lots de piments séchés avec la méthode traditionnelle présentaient des moisissures (*Photo 2*) à cause de la longue durée de séchage) contrairement aux piments séchés (*Photo 3*) avec les techniques améliorées. Ces mêmes observations ont été faites dans les zones de Dassa-Zoumè et Malanville. La qualité attrayante du piment issu des séchoirs améliorés peut être due d'une part aux opérations de triage et de prétraitement (blanchiment) appliquées aux piments et d'autres part aux séchoirs améliorés utilisés qui accélèrent le séchage et protègent les produits séchés contre les contaminations environnementales. Le triage de piment permet de débarrasser les piments pourris et non mûrs du lot à transformer. Quant au prétraitement, les piments sont blanchis à la vapeur avant leur étalement dans les séchoirs dans le but d'inactiver les enzymes qui pourraient entraîner le brunissement enzymatique. Ces résultats sont en accord avec les recherches menées sur le blanchiment à vapeur, montrant que ce processus réduit le brunissement enzymatique et préserve la couleur des échantillons [26]. Cependant, force est de constater que la plupart des transformateurs sur le terrain ne pratique le blanchiment avant de sécher le piment. Ce qui impacte considérablement sur la qualité du produit séché. Cette mauvaise qualité des piments séchés avec la méthode traditionnelle est également causée par les conditions de séchage. En effet avec le séchage traditionnel, la qualité de produits séchés à l'aire libre peut être sérieusement affectée à cause des potentiels risques environnementaux (pluie, saleté emportée par le vent, tempête, poussière) et les dangers biologiques (infestation par les insectes, rongeurs et autres animaux domestiques) [13, 27]. Ces conditions de séchage observées au cours du séchage traditionnel entraînent également des changements physiques, chimiques, biochimiques et/ou microbiologiques causant ainsi une détérioration de la couleur attrayante du produit séché [27]. Enfin, il a été observé qu'après reconstitution des échantillons de piment, la texture de tous les échantillons de piments séchés avec les séchoirs améliorés étaient très appréciée par les participants aux tests dans toutes les trois zones de l'étude.



Photo 2 : Piments séchés à l'aire libre



Photo 3 : Piments séchés avec séchoirs améliorés

Par rapport à la perception des différents séchoirs testés, la majorité des participants ont rapporté que les trois séchoirs solaires ont permis d'obtenir des piments séchés de qualité plus attrayante que celle des piments obtenus par la méthode traditionnelle dans les trois zones d'étude. Toutefois, le séchoir Hybride a été très apprécié au niveau de Klouékanmey (90 % des participants) et Malanville (95 % des participants) à cause leur temps de séchage relativement court. Quant aux séchoirs Caisse et Tente, ils ont été respectivement très appréciés à Malanville (60 %) et à Klouékanmey (90 %) à cause de leur simplicité d'utilisation. Malgré cette variation d'appréciation des séchoirs solaires au niveau des trois zones d'étude, la majorité des transformateurs ont affirmé que tous les trois séchoirs sont meilleurs et appropriés pour le séchage du piment au Bénin comparativement au séchage traditionnel.

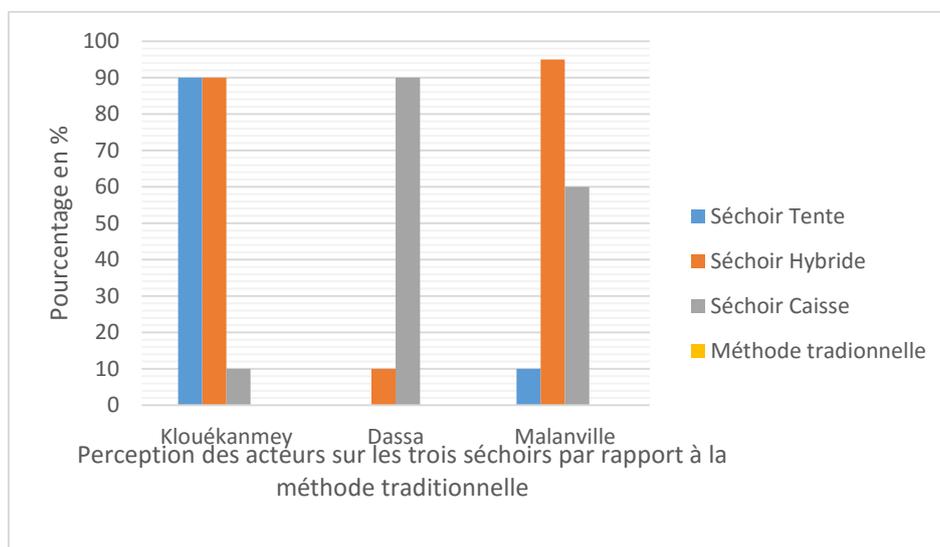


Figure 3 : Perception des participants sur les différents de séchoirs testés

4. Conclusion

L'évaluation de la performance de trois séchoirs solaires par rapport au séchage traditionnel du piment a été menée dans trois zones agro-climatiques du Bénin. Les tests qui ont été conduits en milieu réel avec la participation des transformateurs, nous ont permis de constater que quelque soit la zone agro-climatique considérée, l'utilisation des trois séchoirs solaires améliorés réduit considérablement le temps de séchage du piment par rapport à la méthode traditionnelle de séchage. La température de séchage élevée des séchoirs améliorés a accéléré la perte d'humidité du piment qui au bout de deux jours en moyenne étaient déjà séchés contrairement à la durée de 7 jours en moyenne pour la méthode traditionnelle. De même, la qualité des piments séchés avec les séchoirs améliorés a été très appréciée des transformateurs notamment la couleur rouge attrayante du piment. Tandis que les échantillons de piments séchés à l'aire libre n'ont pas présentés cette couleur attrayante après le séchage à cause des mauvaises conditions de séchage et de la non pratique du blanchiment. En ce qui concerne l'appréciation par les participants des séchoirs solaires améliorés, ces derniers ont rapporté que les trois séchoirs solaires ont permis d'obtenir des piments séchés de qualité plus attrayante que celle obtenus par la méthode traditionnelle dans les trois zones d'étude. La diffusion de ces séchoirs solaires vers un grand nombre de producteur s'avère donc nécessaire en vue de la réduction des pertes post-récolte des denrées agricoles périssables au Bénin. Ces trois séchoirs peuvent être aussi testés avec d'autres denrées agricoles périssables.

Références

- [1] - OROBIYI, A. DANSI, P. ASSOGBA, L. Y. LOKO, M. DANSI, R. VODOUHÈ, A. AKOUÈGNINOU and A. SANNI, *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* (ISSN: 2251-0044) Vol 3 (4) (2013) 107 - 120
- [2] - H. JOSEPH, A. YVES, Capitalisation des méthodes de conservation/transformation de la tomate. Bénin, AGRI-HUB Bénin Communauté d'Innovation Recherche-Développement (2014) p.32
- [3] - FAO, FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization, Roma, Italy. Available online at URL : www.fao.org. (2016)
- [4] - A. OROBIYI, Etude ethnobotanique, évaluation participative et caractérisations agromorphologique et biochimique du piment (*Capsicum annum* L.) au Bénin. Thèse de doctorat. Abomey-Calavi, République du Bénin. (2015) 119 p.
- [5] - C. KWANHATHAI, T. DUENCHAY & P. RUNGNAPHAR, Quality and Color Parameters of Dried Chili and Chili Powder Pretreated by Metabisulfite Soaking with Different Times and Concentrations. *Kasetsart J (Nat Sci)*, 46(2012) 473 - 484
- [6] - OROBIYI, A. DANSI, P. ASSOGBA, L. Y. LOKO, M. DANSI, R. VODOUHÈ, A. AKOUÈGNINOU and A. SANNI, Chili (*Capsicum annum* L.) in southern Benin : production constraints, varietal diversity, preference criteria and participatory evaluation, *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* (ISSN: 2251-0044) Vol 3(4) (2013) 107 - 120
- [7] - M. C. D. N. VODOUHE, A. P. F. HOUSSOU, C. KPANGBIN, E. LABINTAN and G. A. MENSAH, Séchage de la tomate (*Lycopersicon esculentum*) : une autre alternative pour sa valorisation au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin* (BRAB), 1025-2355 et ISSN en ligne (on line) : (2014) 1840 - 7099, <http://www.slire.net> & <http://www.inrab.org>
- [8] - M. OZGUR, A. AKPINAR-BAYIZIT, A. T. OZCAN and L. YILMAZ-ERSAN, Effect of dehydration on some physico-chemical properties and the antioxidant activity of leeks (*Allium porrum* L.). *Not Bot Hort Agrobot. Cluj*, 39 (2011) 144 - 151

- [9] - T. AJAYKUMAR, J. SANDEEP & B. MADHUKAR, Effect of Pretreatments on Quality Attributes of Dried Green Chilli Powder. *ISCA Journal of Engineering Sciences*, Vol. 1(1) (2012) 71 - 74
- [10] - D. ONWUDE I., N. HASHIM, R. JANIUS, K. ABDAN, G. GHEN and A. O. OLADEJO, NON-THERMAL Hybrid drying of fruits and vegetables : A review of current technologies, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43 (2017) 223 - 238, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.010>
- [11] - P. F. HOUSSOU., V. DANSOU, A. B. HOTEgni, H. ZANNOU, K. ABOUDOU, Analyse des pratiques endogènes de séchage des produits maraîchers (tomate, oignon, piment, vernonia et basilic) au Bénin. Rapport d'Activité (2021) 27 p
- [12] - D. P. A. F. HOUSSOU, H. C. SOSSOU, N. R. AHOYO ADJOVI, V. DANSOU, A. B. HOTEgni, H. ZANNOU, D. OUSSA, R. SIKIROU, Catalogue des innovations technologiques post-récolte générées par l'INRAB pour les petites et moyennes entreprises agro-alimentaires au Bénin et leur rentabilité financière PTAA/CRA-Agonkanmey/INRAB, 1ère Edition Dépôt légal N° 11636 du 25/09/2019, 3ème Trimestre, Bibliothèque Nationale du Bénin, ISBN : 978-99982-53-30-8 (2019) 197 p.
- [13] - J. BHUYAN, D. K. MOHANTY and D. JAYAPURIA, Comparative Study between Solar Dryer and Open Sun dried Tomato under North Plateau Climatic Zone. *J Krishi Vigyan* 8 (1) (2019) 28 - 33 DOI: 10.5958/2349-4433.2019.00065.5
- [14] - A. FUDHOLI, K. SOPIAN, M. H. RUSLAN, M. A. ALGHOUL and M. Y. SULAIMAN, "Review of solar dryers for agricultural and marine products," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 1 (2010) 1 - 30
- [15] - S. JANJAI, P. INTAWEE, J. KAEWKIEW, C. SRITUS and V. KHAMVONGSA, "A large-scale solar greenhouse dryer using polycarbonate cover: modeling and testing in a tropical environment of Lao People's Democratic Republic," *Renewable Energy*, vol. 36, no. 3, (2011) 1053 - 1062
- [16] - M. Z. HOSSAIN, M. A. HOSSAIN, MD. A. AWAL, MD. M. ALAM & A. H. M. M. RABBANI, Design and Development of Solar Dryer for Chilli Drying. *International Journal of Research*, (2) (2015) 63 - 78
- [17] - P. A. F. HOUSSOU, N. R. AHOYO ADJOVI, A. HOUNYEVOU KLOTUE, V. DANSOU, H. DJIVOH, A. B. HOTEgni, R. METOHOUE et N. H. AKISSOE, Evaluation des performances d'un séchoir hybride pour le séchage de Yèkè-Yèkè (couscous de maïs) et de Gambari-lifin (farine raffinée de maïs) au Benin. *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, N° 27, (Juin 2016) in presse
- [18] - M. C. D. N. VODOUHE, A. P. F. HOUSSOU, C. KPANGBIN, E. LABINTAN and G. A. Mensah, Séchage de esculentum) : une autre alternative pour sa valorisation au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique* 1025 - 2355 et ISSN en ligne (on line) : 1840-7099, <http://www.slire.net&http://www.inrab.org>
- [19] - S. SATISHKUMAR, KARTHIK, & K. BASAMMA, Study of different physicochemical properties of Byadagi chilli powder. *International Journal of Tropical Agriculture*, 33(2) (2015) 559 - 564
- [20] - B. MANJULA & C. RAMACHANDRA, Effect of drying methods on physical and chemical characteristics of dried. *Journal of Innovative Agriculture*, (2014) 22 - 30
- [21] - Z. CAO, L. ZHOU J. BI, J. YI, Q. CHEN, X. WU J. ZHENG and S. LIB, Effect of different drying technologies on drying characteristics and quality of red pepper (*Capsicum frutescens* L.) : a comparative study. *J Sci Food Agric*. 96 (2016) 3596 - 3603. DOI10.1002/jsfa.7549
- [22] - P. BAKANE, M. KHEDKAR, A. WANKHADEA & R. KOLHE, Studies on drying of green chilli in dehumidified air dryer. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*, 5(2) (2014) 127 - 130
- [23] - B. S. SASONGKO, H. HADIYANTO, M. DJAENI, A. M. PERDANIANTI, F. D. UTARI, Effects of drying temperature and relative humidity on the quality of dried onion slice. *Heliyon* 6 (2020) 9 p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04338>
- [24] - C. NIAMNUY, M. NACHAISIN, J. LAOHAVANICH, and S. DEVAHASTIN, Evaluation of Bioactive Compounds and Bioactivities of Soybean Dried by Different Methods and Conditions. *Food Chem.*, 129 (3) (2011) 899 - 906, DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.05.042

- [25] - S. GUPTA, Effect of Different Drying Techniques on Quality of Red Chilli Powder. M.Sc Thesis. Department of Processing and Food Engineering College of Agricultural Engineering and Technology, Punjab Agricultural University (2016)
- [26] - Z. CAO, L. ZHOU, J. BI, J. YI, Q. CHEN, X. WU, J. ZHENG and S. LIB, Effect of different drying technologies on drying characteristics and quality of red pepper (*Capsicum frutescens* L.) : a comparative study. *J Sci Food Agric.* 96 (2016) 3596 - 3603, DOI10.1002/jsfa.7549
- [27] - R. KUMAR, V. KUMAR, G. SINGH, B. SINGH, SAMSHER, J. SINGH & P. KUMAR, Drying characteristics of green chillies under different dryer. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4) (2017) 407 - 409
- [28] - V. KUMAR, B. R. SINGH, SAMSHER, S. CHANDRA and S. A. SINGH, Review on Tomato Drying by Different Methods with Pretreatments. *International Journal of Food and Fermentation Technology* 5(1) (2015) 15 - 24
- [29] - S. GUPTA, Effect of Different Drying Techniques on Quality of Red Chilli Powder. M.Sc Thesis. Department of Processing and Food Engineering College of Agricultural Engineering & Technology, Punjab Agricultural University (2016)
- [30] - T. AKINTUNDE, B. AKINTUNDE & A. FAGBEJA, Effect of blanching methods on drying kinetics of bell pepper. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11(7) (2011) 5457 - 5474
- [31] - Y. ANDO, Y. MAEDA, K. MIZUTANI, N. WAKATSUKI, S. HAGIWARA & H. NABETANI, Impact of blanching and freeze-thaw pretreatment on drying rate of carrot roots in relation to changes in cell membrane function and cell wall structure. *Journal of Food Science and Technology*, 71 (2016) 40 - 4
- [32] - R. BESSIN, A. M. G. BELEM, H. BOUSSINI, Z. COMPAORE, Y. KABORET and M. A. DEMBELE, Enquête sur les causes de mortalité des pintadeaux au Burkina Faso. *Revue Elev. Méd. Vét. Pays trop.* 51 (1) (1998) 87 - 93
- [33] - C. S. RATCLIFFE and T. M. CROWE, Habitat utilisation and home range size of helmeted guinea fowl (*Numida meleagris*) in the midlands of Kwazulu-Natal Province, South Africa. *Biol. Consev.*, 98, 333 - 345
- [34] - C. V. MCAINSH, J. KUSINA, J. MADSEN and O. NYONI, Traditional chicken production in Zimbabwe. *World's Poultry Science Journal* 60 (2004) 233 - 246