

EFFETS DES DISPOSITIFS DE SECHAGE A L'AIR LIBRE SUR LA QUALITE DES FEVES DE CACAO BORD CHAMP

Clément Akmel Djedjro, N. Emmanuel Assidjo *, Benjamin Yao

Laboratoire des Procédés Industriels, de Synthèse et de l'Environnement (LAPISEN), Institut National Polytechnique Houphouët-Boigny (INP-HB), BP 1313 Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)

(Reçu le 07 Janvier 2008, accepté le 02 Juin 2008)

* Correspondance et tirés à part, e-mail: *assidjo@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

Les fèves de cacao après fermentation regorgent de 50 à 60% d'eau qu'il faut réduire par séchage à 8%. En général, le séchage solaire est le procédé utilisé par la plupart des agriculteurs qui fournissent la presque totalité de la production mondiale. Ce procédé s'effectue sur différents dispositifs (claire ; tôle ; bâche ; aire cimentée ; bitume). L'objet de cette étude est de tester l'impact des dispositifs sur la qualité (acidité totale ; pH ; acidité volatile ; acidité libre) des fèves. Il apparaît qu'aucune différence significative de l'effet du type de dispositif du séchage sur la qualité des fèves n'a été observée. Cependant, le séchage sur bitume est à proscrire car affectant la qualité physique des fèves par introduction de grain de sable et bitume.

Mots-clés : *Dispositif de séchage, séchage solaire, cacao, acidité totale, acidité volatile, acidité libre.*

ABSTRACT

Effect of the surface type on cocoa beans quality during open sun drying

The cocoa beans, after fermentation, contain 50 to 60% of water that it is necessary to reduce by drying to 8%. In general, open sun drying is the process used by farmers that produce the almost totality of world production. This process is carried out on various surfaces (i.e. wooden grid; metal sheet; plastic sheet; cemented area; asphalt).

The aim of this study is to examine the impact of these surfaces on the cocoa beans quality (total acidity; pH; volatile acidity and free acidity). It appears

that no significant effect of the drying surface type on the quality of cocoa beans was observed. However, drying on the asphalt must be proscribed because it affects the physical quality of cocoa beans by the introduction of asphalt and sand grains.

Keywords : *surface type, open sun drying, cocoa, total acidity, volatile acidity, free acidity*

I - INTRODUCTION

La cacaoculture est l'activité principale de petits planteurs qui fournissent les 95% de la production mondiale sur des surfaces inférieures à 10 ha avec un rendement moyen, assez faible de l'ordre de 350 à 400 kg de fèves marchandes par hectare [1].

L'économie de certains pays repose en grande partie sur cette denrée. C'est le cas de la Côte d'Ivoire et du Ghana qui fournissent à eux seuls 60% de la production mondiale. Ainsi, six millions de personnes vivent de la filière cacaoyère au Ghana. En Côte d'Ivoire, la part du cacao représente 10% du PIB et 40% des recettes d'exportation [2,3].

Depuis quelques années, et suite à la libéralisation survenue en 1999, l'on constate une chute de la qualité du cacao d'origine ivoirienne sur le marché mondial [4]. En effet, la teneur en acide gras libre du cacao ivoirien dépasse les normes admises de 1,75% ; ce qui réduit considérablement sa qualité [5]. Cette détérioration de la qualité entraîne une perte financière pour les producteurs et des surcoûts de traitements pour les beurriers [6,7]

Plusieurs causes ont été évoquées pour expliquer la détérioration de la qualité de ce cacao, entre autres le dispositif de séchage solaire.

Dans l'ensemble des transformations subies par les fèves de cacao, le séchage est une étape cruciale qui peut influencer sur la qualité finale du produit puisque cette opération est déterminante dans l'expression du potentiel aromatique du cacao [8, 9]. En effet, après la fermentation, les fèves qui contiennent 50 à 60% d'eau doivent être séchées pour permettre leur conservation dans de bonnes conditions. Il est à noter qu'au cours du séchage solaire, les réactions biochimiques entamées au cours de la fermentation peuvent en général se poursuivre naturellement. Ainsi, le séchage solaire permet-il, souvent de parfaire un processus de fermentation insuffisante contrairement au séchage artificiel, plus brutal stoppant rapidement les réactions biochimiques et conduisant à un cacao très acide [10].

Les travaux de Vincent [11] ont accordé une large part à l'influence de trois types de séchoirs solaires (séchoir autobus avec fond en natte; séchoir autobus avec fond en treillis; séchoir basculant) sur la qualité physique et

chimique du cacao. Néanmoins, ces dispositifs n'ont pas toujours connu de diffusion dans le milieu des producteurs de cacao. Jinap et al. [12] ont également expérimenté les effets de quatre méthodes de séchage (four à 60°C; four convectif à air chaud; soleil et ombre) sur l'acidité des fèves et la saveur du chocolat, mais ces travaux n'ont pas mis l'accent sur les dispositifs de séchage à l'air libre.

Bien que, n'ayant pas fait réellement l'objet de recherche, les dispositifs de séchage solaire sont mentionnés quelquefois comme responsables de la mauvaise qualité du cacao bord champ et contribueraient à une augmentation de l'acidité des fèves.

Aussi, cette observation demande t-elle à être prouvée ou clarifiée étant donné qu'une grande partie de la production mondiale du cacao est séchée au soleil en couche mince sur des aires cimentées, sur des claies, des bâches en plastique noire [13-15] et bien d'autres dispositifs généralement déconseillés (bitume; tôle ; feu de bois).

Par conséquent, une meilleure connaissance de l'effet de chaque type de dispositif de séchage à l'air libre sur la qualité bord champ des fèves faciliterait le choix du dispositif ou permettrait plus de précautions à prendre dans leur utilisation.

L'objectif de ce travail est d'apprécier les effets des dispositifs de séchage solaire sur les différents types d'acidité du cacao bord champ: acidité totale, pH, acidité volatile et teneur en acide gras libre des fèves de cacao.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel végétal

Les expériences ont été réalisées sur différentes parties de fèves de cacao : amande; coque et fève entière (fève non décortiquée).

Les fèves de variété Forastero, utilisées dans cette étude ont été préalablement fermentées. La récolte a eu lieu pendant la deuxième période de la campagne 2006-2007 à Toumbokro, village situé dans la région des lacs (Côte d'Ivoire).

Après écabossage en plantation, les fèves ont été mises en fermentation pendant 4 à 6 jours. Après la fermentation, un échantillon de 25 à 30 kg de fèves a été prélevé aléatoirement et trié pour éliminer toutes les fèves présentant des défauts. Les fèves ont été ensuite ensachées et stockées à une température comprise entre 0 et 5°C. Avant chaque séchage, les fèves sont mises à température ambiante pendant au moins 30 minutes. La charge de fèves sur chaque dispositif de séchage a été de 5 kg pour 0,25 m².

II-2. Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques concernés par cette étude sont : l'acidité totale, l'acidité volatile, le taux d'acide gras libre et le pH du matériel végétal.

A la fin de chaque séchage caractérisé par une teneur finale en eau inférieure à 8%, les fèves ont été broyées pendant 120 s dans un broyeur IKA (Universalmu M20, Allemagne) à circulation d'eau afin d'éviter tout échauffement et toute évaporation pendant l'opération.

Puis, selon le type d'acidité à déterminer, les poudres obtenues ont été analysées.

Tandis que l'acidité totale est déterminée par suivi pH-métrique d'une solution de poudre de cacao dosée avec une solution fraîche de soude 0,1 N jusqu'à pH égal à 8,3, le pH est obtenu par mesure directe grâce à un pH-mètre CG714 (Schott-Gerate, Allemagne) plongé dans une solution agitée de poudre de cacao.

L'extraction de l'acidité volatile est faite sur 1g de poudre de cacao dans 400 mL d'eau distillée. Après obtention de 250 mL de distillat, le dosage s'est fait avec une solution fraîche de soude 0,10 N.

Pour la détermination de la teneur en acide gras libre, le beurre de cacao a été extrait préalablement au Soxhlet à l'hexane pendant 8 H. Une masse de 5g de beurre de cacao, ajoutée à 100mL d'alcool neutralisé, a servi à la préparation de la solution de cacao. Le dosage de la solution a été fait avec une solution de potasse alcoolique 0,1N.

II-3. Analyse statistique

L'analyse de variance (ANOVA) a été l'outil statistique de décision utilisé pour le traitement des données [16]. Le principe de cet outil est basé sur l'hypothèse que la variabilité totale observée dans les résultats est due à une fluctuation aléatoire. Les méthodes de l'hypothèse nulle (H_0) et l'hypothèse alternative (H_1) ont été utilisées en considérant la variabilité totale comme la somme des variations intra et inter essai [17].

Les différents traitements des données ont été réalisés à l'aide des logiciels Excel 2003 et SPSS 11.5.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

III-1. Acidité totale

Les histogrammes, de la *Figure 1*, relatifs à la distribution de l'acidité totale (AcT) dans la fève montrent que la répartition de l'acidité totale n'est pas

homogène. En effet, on note une diminution de celle-ci de l'amande vers la coque. Ce constat pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité biochimique de la fève. Augier [18] fit la même remarque lors de l'étude du transport d'eau et d'acide à l'intérieur d'une fève de cacao au cours du séchage. Il observa que les phénomènes de diffusion de l'acidité n'étaient pas identiques dans les différentes couches de la fève.

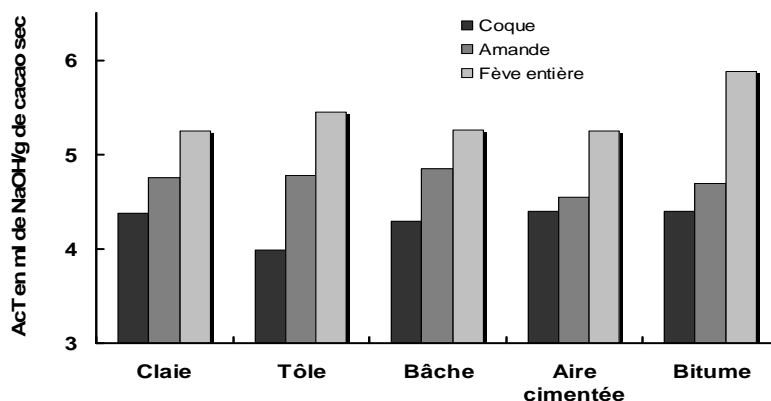


Figure 1: Distribution de l'acidité totale (AcT) dans la fève de cacao (Période de juillet)

Le *Tableau 1* présente, pour chaque dispositif de séchage, les valeurs d'acidité totale au cours de différentes périodes de séchage (mai ; juin ; juillet et août).

Tableau 1: Acidité Totale des fèves entières (FE) et Amandes (A) sur différents dispositifs

| | | claie | Tôle | Bâche | Aire cimentée | Bitume |
|---------------------------|----|--------|--------|--------|---------------|--------|
| <i>Moyenne générale</i> | FE | 4,69 | 4,87 | 5,01 | 4,62 | 5,23 |
| | A | 4,10 | 4,22 | 4,21 | 4,30 | 4,52 |
| <i>Ecart type général</i> | FE | ± 0,42 | ± 0,45 | ± 0,23 | ± 0,32 | ± 0,43 |
| | A | ± 0,48 | ± 0,41 | ± 0,54 | ± 0,66 | ± 0,99 |
| <i>Min</i> | FE | 4,31 | 4,46 | 4,71 | 4,29 | 5,00 |
| | A | 3,68 | 3,83 | 3,65 | 3,67 | 3,65 |
| <i>Max</i> | FE | 5,25 | 5,45 | 5,26 | 5,00 | 5,88 |
| | A | 4,76 | 4,78 | 4,85 | 5,11 | 5,85 |

L'analyse de ces résultats montre que l'étendue des moyennes générales des acidités totales des amandes de cacao (0,31) est inférieure à celle des fèves entières (0,61). Par ailleurs, dans l'ensemble, les amandes ont connu moins de variation d'acidité que les fèves entières. Par contre, à l'intérieur d'un même dispositif de séchage, l'écart type général des amandes est resté supérieur à celle de la fève entière.

Pour mieux apprécier l'effet des dispositifs de séchage à l'air libre sur les acidités des fèves de cacao, l'analyse de variance (ANOVA) pour chaque type d'acidité a été effectuée et résumée dans le **Tableau 2**.

Tableau 2: Table d'Analyse de variance

| ACIDITE | | F _{calculé} | Probabilité | F _{critique} |
|-----------------------|--------------|----------------------|-------------|-----------------------|
| Acidité totale | Amande | 0,112 | 0,976 | 3,055 |
| | fève entière | 1,693 | 0,203 | |
| pH | Amande | 0,244 | 0,908 | |
| | fève entière | 0,213 | 0,926 | |
| Acidité libre | | 0,314 | 0,864 | |
| AGL | | 2,925 | 0,057 | |

Au niveau de l'acidité totale de l'amande et de la fève entière, l'analyse de variance montre que les coefficients F de Fisher calculés (respectivement 0,1124 et 1,693) ne sont pas significatifs, au risque 5 %, puisqu'ils sont inférieurs à la valeur critique de F (3,055). Autrement, concernant ce paramètre, aucun dispositif de séchage ne se distingue des autres.

Notons toutefois que l'acidité de l'amande sur claie ($4,10 \pm 0,48$), dispositif généralement utilisé en milieu villageois [10] est la plus faible. Cette faible acidité observée sur ce dispositif serait certainement imputable au séchage lent qu'il offre contrairement aux dispositifs bitume ($4,52 \pm 0,99$) et tôle ($4,22 \pm 0,41$) [19, 20].

III-2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH dans les différentes parties de la fève est représenté à la **Figure 2**. On note une augmentation du pH de l'amande vers la coque contrairement à leur acidité totale correspondante.

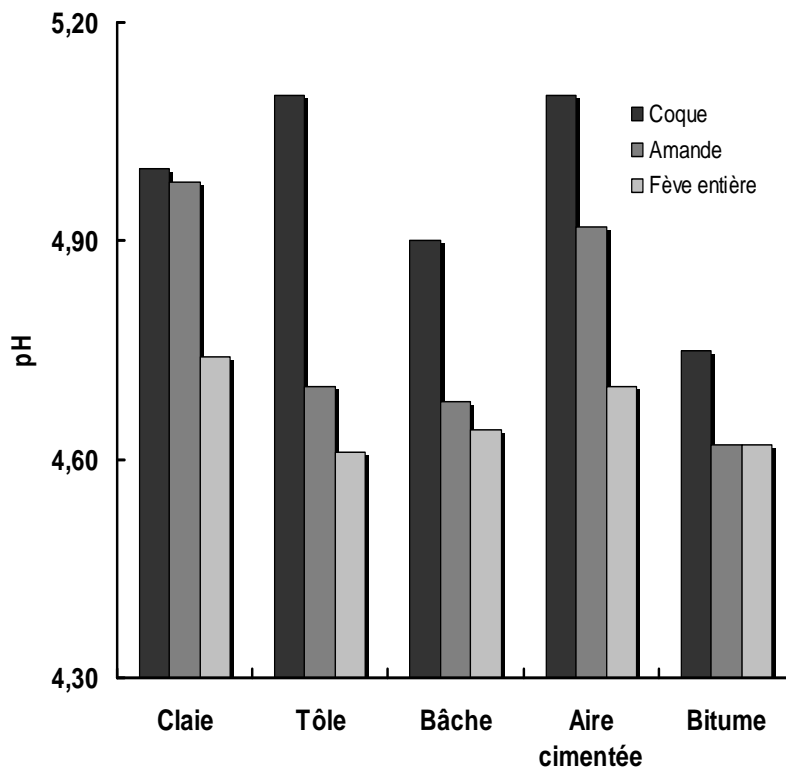


Figure 2: Distribution du pH dans la fève de cacao (Période de juillet)

Par ailleurs, il apparaît que le dispositif de séchage au soleil n'influence ni le pH des amandes ($F_{\text{calculé}} = 0,244$), ni celui des fèves entières ($F_{\text{calculé}} = 0,213$) (*Tableau 2*).

III-3. Acidité Volatile

L'analyse de la *Figure 3*, représentant les histogrammes de l'acidité volatile des amandes de fèves de cacao, montre que la teneur en acide volatil varie aussi bien au cours des périodes de séchage que selon les dispositifs.

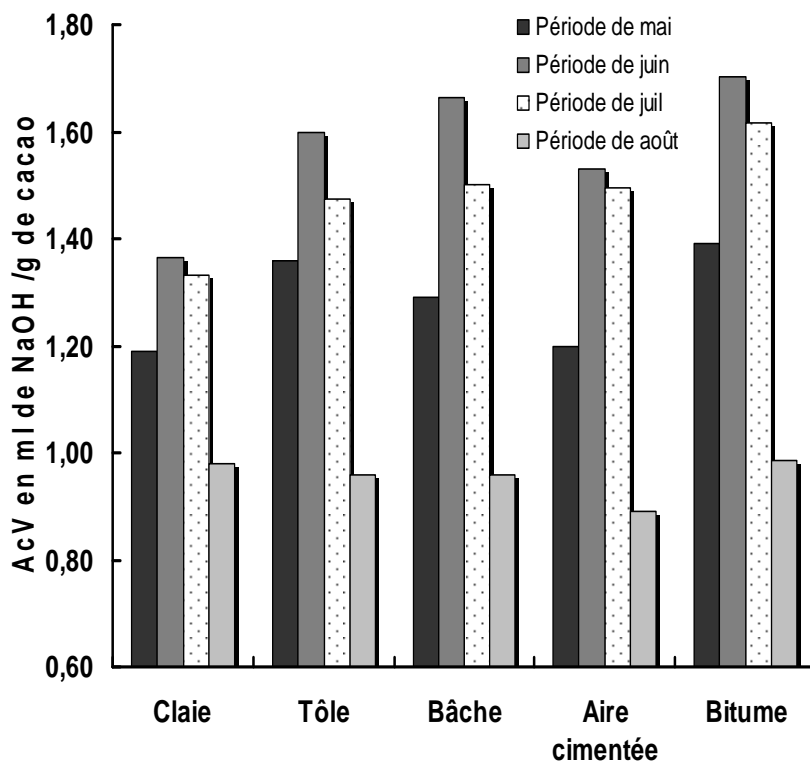


Figure 3 : Histogrammes de l'acidité volatile des amandes de fèves de cacao

Le test de l'ANOVA relatif à l'acidité volatile (**Tableau 2**), montre que les dispositifs n'ont pas d'effet significatif sur l'acidité volatile des amandes de cacao car la valeur calculée de Fisher (0,313) est inférieure à sa valeur limite au risque 5 %.

Cependant, il faut noter qu'au cours des essais, des valeurs relativement élevées de l'acidité volatile ont été enregistrées sur les dispositifs bitume ($1,42 \pm 0,32$), bâche ($1,35 \pm 0,30$) et tôle ($1,35 \pm 0,25$) comme dans le cas de l'acidité totale. Les valeurs élevées des acidités volatiles notées sur ces dispositifs seraient imputables à leur capacité à surchauffer facilement. Ainsi, les fèves directement en contact avec ces dispositifs ont sûrement bénéficié d'une élévation de leur température qui a contribué à une augmentation de leur acidité volatile. Car des études ont montré que la teneur en acide volatil dans les fèves augmente avec des températures élevées comme c'est le cas des séchoirs industriels [21-24].

Les **Figures 4** et **5**, représentant respectivement les évolutions de l'acidité volatile en fonction du pH et de l'acidité totale, montrent que les corrélations

de l'acidité volatile avec le pH (92,63%) et l'acidité totale (81,45%) sont relativement élevées.

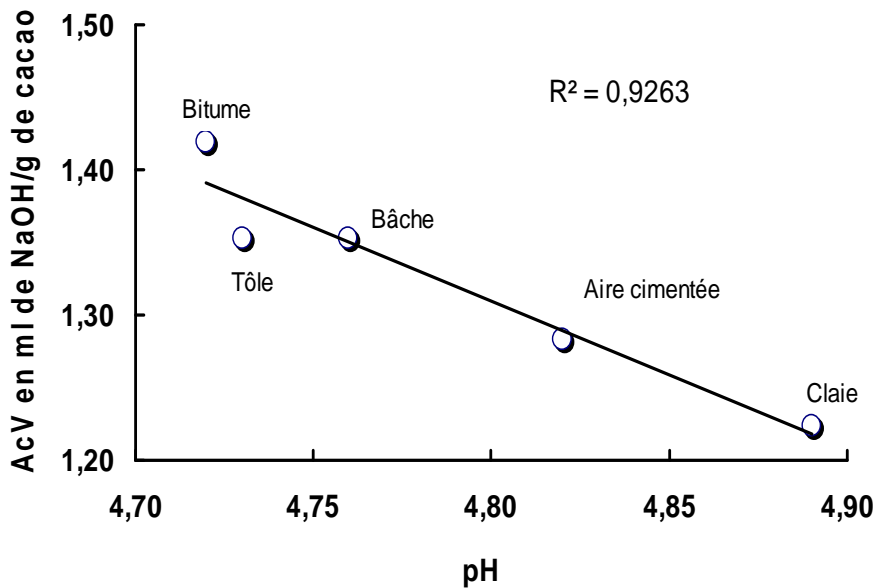


Figure 4: Evolution de l'acidité volatile en fonction du pH des fèves entières de cacao

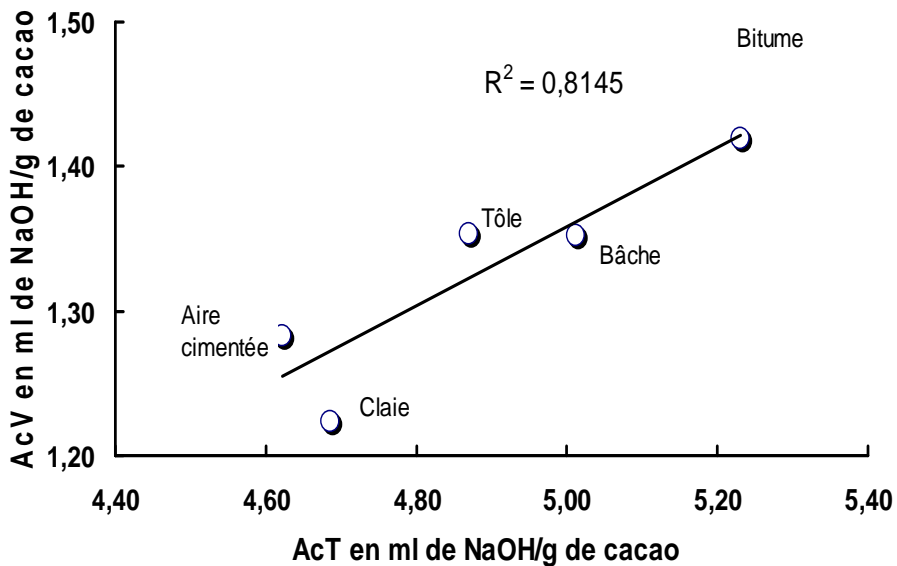


Figure 5 : Evolution de l'acidité volatile en fonction de l'acidité titrable des fèves de cacao

Les acides volatils (acide acétique principalement) peuvent être les premiers responsables d'une acidité élevée des fèves de cacao. Cette assertion est en accord avec les résultats obtenus par Jinaps et al. [12]. En effet, ils ont obtenu des corrélations de l'acidité volatile avec le pH de 86% et de 91% avec l'acidité totale.

III-4. Acide gras libre

La **Figure 6** présente les histogrammes de la teneur en AGL des fèves en fin de séchage. L'analyse des histogrammes montre que la teneur en acide gras libre varie d'un dispositif à un autre. En effet, tandis que la claie et la tôle donnent des valeurs moyennes respectives de $0,64 \pm 0,07$ et de $0,80 \pm 0,07$, la bâche, l'aire cimentée et le bitume présentent des AGL respectifs de $0,63 \pm 0,17$, $0,92 \pm 0,24$ et $0,67 \pm 0,08$.

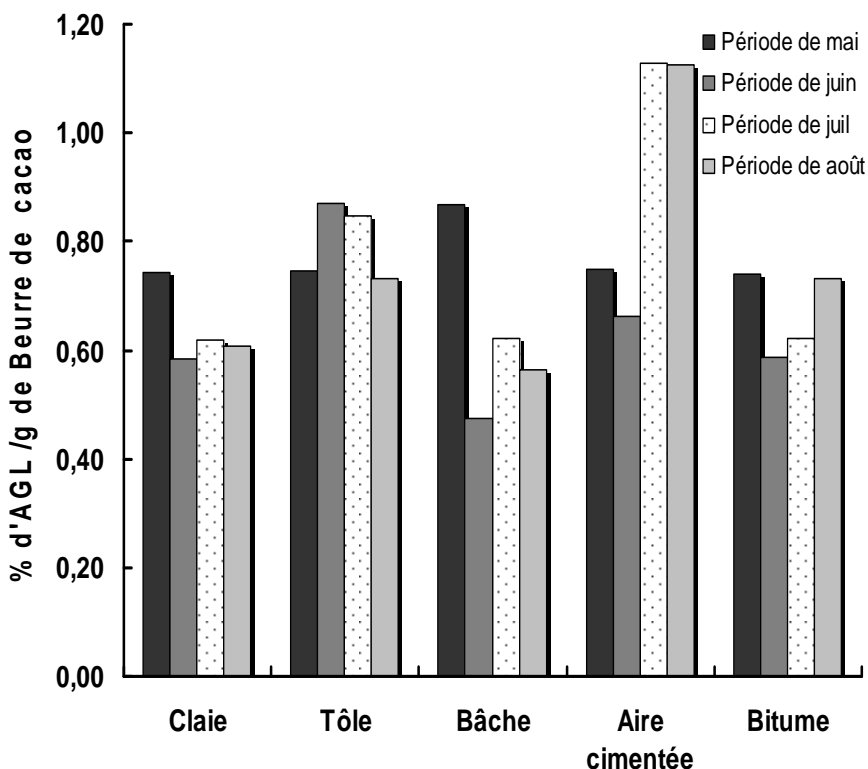


Figure 6: Histogrammes de la teneur en AGL des fèves en fin de séchage

La comparaison de l'effet des dispositifs sur la teneur en acide gras libre des fèves en fin de séchage par l'ANOVA (**Tableau 2**) montre de même qu'aucune différence significative n'est observée. Cependant, on note que le

risque pris de rejeter l'hypothèse (H_0) est très faible (0,567) contrairement à ceux obtenus sur les acidités totales des amandes (0,889); le pH des amandes (0,908) et sur les acidités volatiles (0,868). Ce fait serait lié à l'aire cimentée qui a donné des taux d'AGL élevés pendant le séchage des mois de juillet et août.

Tableau 3 : Différence de moyenne d'acidité des amandes entre les dispositifs étudiés

| (I) DISPOSITIF | (J) DISPOSITIF | Différence de moyennes (I-J) | | | |
|--------------------------|-------------------|------------------------------|--------|------------------|------------------------|
| | | Acide Total | pH | Acide Volatil | Acide Gras Libre |
| Claie | Tôle | -0,123 | 0,033 | -0,133 | -0,163 |
| | Bâche | -0,115 | 0,038 | -0,135 | 0,005 |
| | Aire cimentée | -0,200 | -0,058 | -0,063 | -0,278 |
| | Bitume | -0,422 | 0,067 | -0,208 | -0,033 |
| | Claie | 0,123 | -0,033 | 0,133 | 0,163 |
| Tôle | Bâche | 0,007 | 0,005 | -0,003 | 0,168 |
| | Aire cimentée | -0,078 | -0,090 | 0,070 | -0,115 |
| | Bitume | -0,300 | 0,035 | -0,075 | 0,130 |
| | Claie | 0,115 | -0,038 | 0,135 | -0,005 |
| | Tôle | -0,007 | -0,005 | 0,003 | -0,168 |
| Bâche | Aire cimentée | -0,085 | -0,095 | 0,073 | -0,283 |
| | Bitume | -0,307 | 0,030 | -0,073 | -0,038 |
| | Claie | 0,200 | 0,058 | 0,063 | 0,278 |
| | Tôle | 0,078 | 0,090 | -0,070 | 0,115 |
| | Bâche | 0,085 | 0,095 | -0,073 | 0,283 |
| Aire cimentée | Bitume | -0,222 | 0,125 | -0,145 | 0,245 |
| | Claie | 0,422 | -0,067 | 0,208 | 0,033 |
| | Tôle | 0,300 | -0,035 | 0,075 | -0,130 |
| | Bâche | 0,307 | -0,030 | 0,073 | 0,038 |
| | Aire cimentée | 0,222 | -0,125 | 0,145 | -0,245 |

L'analyse du **Tableau 3**, donnant la différence de moyenne d'acidité des amandes entre les dispositifs étudiés, confirme que le dispositif qui a présenté

des différences de moyennes relativement élevées concernant l'AGL est l'aire cimentée. Toutefois, la teneur en AGL des fèves issues des différents dispositifs de séchage est restée inférieure à 1,75%, teneur en AGL maximale admissible dans le beurre de cacao [1]. Ce résultat peut être dû au fait que les fèves ont été triées avant séchage et qu'elles ne furent conservées une fois sèches. En effet, des études ont montré qu'au cours du stockage, le cacao fixe des odeurs étrangères et peut devenir impropre à la consommation. En outre, sa teneur en AGL augmente au cours du stockage en corrélation avec le défaut de qualité des fèves [26,5].

Par conséquent, les pays réputés pour la production de cacao marchand à haute teneur en AGL, comme la Côte d'Ivoire, doivent mettre un accent particulier sur leurs technologies post récolte pour la qualité bord champ, car à cette étape, les risques de détérioration interne de la fève sont élevés.

IV - CONCLUSION

Au terme de ce travail, nous notons qu'aucune différence significative des effets des dispositifs de séchage à l'air libre (bitume, aire cimentée, tôle, claie) sur l'acidité des fèves de cacao n'a été observée. Autrement, concernant la qualité des fèves en rapport avec leur acidité, il importe peu d'utiliser la claie, la tôle ou le bitume pour sécher les fèves. Cependant, le dispositif tel que le bitume est à proscrire car il favoriserait la présence d'autres composés comme des grains de sable ou de particules goudroneuses, ou le développement de flaveurs indésirables comme le goût de fumée ou de terre. C'est pourquoi, en plus de l'acidité, d'autres paramètres tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) doivent servir de critère supplémentaire dans l'appréciation de l'effet des dispositifs sur la qualité bord champ des fèves de cacao.

Par ailleurs, cette étude confirme l'inhomogénéité de la distribution des acides dans les différents compartiments des fèves.

RÉFÉRENCES

- [1] - M. Barel, "Le commerce du cacao dans le monde. Chocolat et confiserie", Cirad Magazine, Montpellier, Sept-Oct N° 410 (2005)
- [2] - D. Banzio, "Comprendre et opérer dans les filières café et cacao en dix modules", Ed. Eburnie, Abidjan (2003).
- [3] - Anonyme 1, "Centre du commerce international: CACAO", Guide des pratiques commerciales, Genève (2001).

- [4] - Anonyme 2, "Elaboration d'un plan national qualité café cacao: Etude diagnostic, Rapport final", BCC, Abidjan (2006) pp. 4-24.
- [5] - T. Guehi, M. Dingkuhn, A. Vilda, E. Crose, G. Fourny, R. Ratomahenina, G Moulin; "Détermination de l'origine de l'activité enzymatique impliquée dans la formation des acides libres du cacao"; In : 14th International Cocoa Research Conference, Proceedings : towards a sustainable cocoa economy - what strategies to this end ?. - Lagos : Cocoa Producers' Alliance (2005) pp. 869-873
- [6] - M.S Fowler, "La qualité des fèves de cacao pour les fabricants de chocolat", In : Rencontres cacao, Les différents aspects de la qualité /CIRAD-CP, Montpellier : CIRAD (1995), pp.41-48; 147-153.
- [7] - J.F. Cruz, F. Troude., D. Griffon, J.P Hebert, "Conservation des grains en régions chaudes : Caractéristiques des grains", 2. ed.- «Techniques rurales en Afrique». Ministère de la Coopération et du Développement. Paris (1988), pp.3-15.
- [8] - E. Crose, N. Jeanjean, "Qualité du cacao: Influences de la fermentation et du séchage", Plantations- Recherche Développement, CIRAD–Montpellier 2,3 (1995), pp. 21-27.
- [9] - J-C. Vincent , "Quality evaluation of cocoa beans in relation to post harvest processing : acidity, weakness of aroma, off flavours and their control by sensory and chemical analyses", In : Proceedings of the Malaysian international cocoa conference /Jinap Selamat (ed.), Bong Chui Lian (ed.), Tan Kim Lai (ed.), Wan Rahimah Wan Ishak (ed.), Mastura Mansor (ed.); MCB. - Kota Kinabalu: Malaysian Cocoa Board (1996) pp. 231-241.
- [10] - J.Pointillon, "Cacao et chocolat : production, utilisation et caractéristiques, Tech & Doc/ Lavoisier, Collection sciences et techniques agroalimentaires, Paris (1997) pp. 96-115.
- [11] - J-C.Vincent, "Influence du type de séchage solaire sur les qualités physiques et chimiques du cacao", Café Cacao Thé, *Montpellier: CIRAD*, vol.12:n°4 (1968) pp.343-348.
- [12] - S. Jinaps, J. Thien., "Effect of drying on Acidity and Volatile Fatty Acids Content of cocoa beans", *Journal of science food and agriculture*, n°65 (1994) pp 67-75.
- [13] - E. Endamne., "Faisabilité technico-économique d'un système de séchage solaire des fèves de cacao au Gabon, constitué d'un séchoir situé à l'intérieur d'une serre agricole", Thèse de doctorat (1991).
- [14] - G. Mossu, "Le cacaoyer. Collection le technicien d'agriculture tropicale", Ed Maisonneuve et Larousse, Paris (1990).
- [15] - B.N. Ghosh, "Drying of cocoa beans by Gas". *World Crops*, vol. 25, n°5, Sept-Oct (1973) pp 232-237.

- [16] - Max Feinberg, “La validation des méthodes d’analyse, une approche chimométrique de l’assurance qualité au laboratoire”, Ed. Masson; Paris (1996) pp. 141-145.
- [17] - E.Assidjo, T. Chianea, M.F. Dreyfuss and P.J.P. Cardot , “Validation procedures of sedimentation field-flow fractionation techniques for biological applications”. *J. Chromatogr. B* N° 756 (1998) pp 102-113.
- [18] - F. Augier, “Transport d'eau et d'acide en milieu complexe. Application au séchage de la fève de cacao”. Thèse de doctorat de l'Université Montpellier II en mécanique et génie civil (8 mars 1999)
- [19] - G. Godfrey., “The Sime-Cadbury process. Design and operational considerations”. Seminar on improvements of cocoa beans processing, - Jakarta (1999): INCA (1999) pp.43-53.
- [20] - S. Mulato , E. J. Amir , S. Effendi and T. Sariyanto , “Effect of drying temperature of solar tunnel dryer on drying rate of cocoa bean”, *Menara Perkebunan, Indonesian* vol.59:n°4 (1991) pp.105-111
- [21] - J. Nganhou, “Mise au point d'une méthode de micro-analyse d'eau et d'acide acétique dans une fève de cacao en cours de séchage”, Rapport de stage effectué du 15 septembre au 1995 au 15 janvier 1996, Université de Yaoundé-ENSP (Yaoundé, Cameroun) CIRAD-CP (Paris, France) . - 16 p.
- [22] - B.M. Bopaiah, “Studies on cocoa processing”, III. Cotyledon pH as an index of fermentation. *Indian Cocoa, Arecanut and Spices Journal*, vol.14:n°4, (1991) pp. 145-147.
- [23] - J.F. Lewis, M.T. Lee, “The influence of harvesting, fermentation and drying on cocoa flavour quality”. *Planter* vol.62:n°721, (1986) pp.134-141.
- [24] - G. Neirinckx, A. Jennen , “Etude de la qualité du cacao. Comparaison de différentes méthodes de fermentation et de séchage”, Direction de l'Agriculture Bruxelles (1952) pp 195-112.
- [25] - M. Barel, “Le traitement post-récolte en Afrique et en Amérique Latine. Son influence sur la qualité”. In : Rencontres cacao, Les différents aspects de la qualité, Actes du séminaire /CIRAD-CP. - Montpellier: CIRAD, (1996) pp.91-98; 195-201