

Effet de la fermentation sur la cinétique de séchage solaire des fèves de cacao

Hyacinthe Aka Aka¹, Kibangou Nkembo SergeAppolinaire^{2,*}, Blaise Kamenan Koua¹, Siaka Touré¹

¹Laboratoire d'Énergie Solaire, UFR SSMT, Université Félix Houphouët Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Physique Fondamentale et Appliquée, UFR SFA, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Reçu: 26 Avril 2021 / Reçu sous sa forme révisée: 14 Mai 2021 / Accepté: 20 Mai 2021

Résumé:

La cacaoculture est une activité agricole de premier plan pour l'économie de la Côte d'Ivoire. Ainsi, l'amélioration permanente de la qualité marchande des fèves de cacao, s'avère indispensable pour la pérennisation de ce capital agricole. Après la récolte, la fermentation et le séchage sont les opérations cruciales dont dépendent les qualités marchande et organoleptique des fèves de cacao. Pour étudier l'impact de ces deux processus post-récoltes, des expérimentations sur la fermentation et le séchage des fèves de cacao Forastero ont été réalisées. Ainsi, 100 kg de fèves de cacao fraîches ont été fermentées pendant des durées variables. Le suivi des essais de fermentation, a montré une décroissance de l'humidité des fèves de cacao de 61% à 52% en base humide (bh). La température des fèves de cacao croît régulièrement pour atteindre un pic de 50 °C au bout de 5 jours de fermentation. Ce qui suggère une durée de fermentation optimale de 5 jours. Le pH a varié entre 3,5 et 5,5. Le séchage solaire direct des fèves de cacao fermentées, et des fèves témoins non fermentées, a ensuite été réalisé. Les fèves de cacao fermentées, contrairement aux fèves témoins, ont atteint des teneurs en eau inférieures ou égales à 8% (bh). Suivant l'état de fermentation, la cinétique de séchage des fèves de cacao a montré une quasi-absence de la phase à allure constante. Des paramètres tels que le rythme de séchage, la vitesse et la durée de séchage ont pu être analysés.

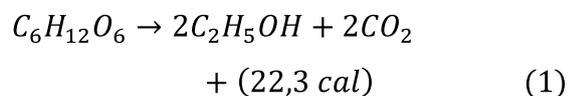
Mots-clés: Fèves de cacao; Fermentation; Cinétique de séchage; Température; pH.

*Auteur correspondant:

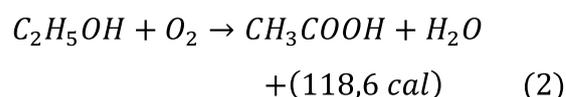
Adresse e-mail: elkibjr@yahoo.fr (A.S.K. Kibangou)

1. Introduction

Le souci d'obtenir du cacao de meilleure qualité, a suscité de nombreux travaux de recherche sur leurs conditions de fermentation et de séchage. Les graines fraîches extraites des cabosses doivent être débarrassés de l'humidité qu'elles contiennent afin de leur garantir une conservation de longue durée. Les conditions de fermentation et de séchage ont été reconnues comme étant essentiellement à l'origine de l'appréciation ou la dépréciation de la qualité marchande du cacao [1]. Ainsi, depuis les années 1936, la compréhension des processus biochimiques et enzymatiques de la fermentation, et la connaissance des microorganismes responsables de la dégradation de la pulpe mucilagineuse des fèves fraîches, ont aidé à maîtriser l'apparition des goûts tant appréciés du cacao [2]. La première opération de tout ce processus, qui est la fermentation, comporte deux phases bien distinctes. La première, correspond à la fermentation microbiologique de la pulpe riche en sucre et en acide citrique [3]. Cette fermentation est premièrement alcoolique, déclenchée par la présence de levures, selon l'équation suivante :



Elle devient lactique et acétique, avec l'apparition d'autres bactéries spécifiques dans la masse fermentaire. Cette fermentation acide est plus exothermique. La formation d'acide acétique est donnée par l'équation suivante :



La seconde phase de la fermentation est caractérisée par un ensemble de réactions biochimiques internes au cotylédon. La recherche de cacao de meilleures qualités, impose d'envisager des conditions et des durées adéquates pour les processus de fermentation et de séchage. Globalement, la fermentation permet de développer les précurseurs de l'arôme du chocolat, de diminuer l'astringence et d'amener l'amertume à un niveau agréable [4]. L'intérêt du séchage qui survient après la fermentation, est de ramener la teneur en eau des fèves à un seuil qui permet de garantir de bonnes conditions de conservation du cacao. Le séchage permet aussi de permet le déclenchement des réactions chimiques et biochimiques complémentaires, comme la polyphénolase responsable du brunissement du produit. La question du temps optimal pour éliminer l'excès d'eau contenu dans les fèves, en rapport avec les conditions de fermentation constitue notre centre d'intérêt.

Il est donc utile de rechercher des corrélations entre paramètres, comme celle entre la durée de la fermentation et la vitesse de séchage. L'analyse de l'acidité, de la température de la masse fermentaire ainsi que de la teneur en eau des fèves pendant le séchage nous semble aussi utile, pour apprécier la qualité du cacao. Il y a en plus, l'observation du temps de séchage, de la température et de l'humidité relative de l'air de séchage [5].

2. Matériels et méthodes

La première phase de cette étude concerne le processus de fermentation. Comme matériel végétal, nous avons utilisé du cacao provenant du village « Petit-Paris », dans le département d'Adiaké, une ville du sud-est de la Côte d'Ivoire, dans la région du Sud-Comoé. Il s'agit d'environ 100 kg de fèves fraîches de cacao, que nous avons fermenté, dans une caisse en bois, comprenant plusieurs compartiments.

Des sondes thermométriques et des pH-mètres introduits dans les masses fermentaires ont permis de suivre l'évolution de la température et du pH pendant la phase de la fermentation. La détermination de ces paramètres physico-chimiques est utile pour apprécier les conditions et la bonne tenue de la dégradation de la pulpe mucilagineuse

sucrée enrobant les fèves fraîches. Ces réactions biologiques et enzymatiques de fermentation sont assurées par les microorganismes que sont premièrement les levures, puis les bactéries et enfin les moisissures [6].

La seconde phase de cette étude concerne le processus de séchage du cacao. Les différents échantillons de cacao fermentés ont été directement séchés au soleil sur des claies. Le suivi de cette phase a consisté à analyser l'évolution de l'humidité, de la température et de la vitesse de séchage des fèves de cacao, qui ont été fermentées pendant des durées variables.

2.1. Fermentation des fèves récoltées

Des durées de fermentation, de trois jours à sept jours ont été choisies pour caractériser les quatre types d'échantillons de cacao fermenté. Un cinquième type d'échantillon de fèves non fermentées est constitué pour servir de témoin. Après l'écabossage du cacao mûr, une quantité de graines fraîches est déversée dans un compartiment de la caisse de fermentation en bois. Ce fermenteur muni des ouvertures de 16 mm de diamètre, permet l'écoulement des jus de fermentation par le bas du dispositif (Figure 1). L'ouverture du compartiment est ensuite soigneusement recouverte de feuilles de bananier : c'est le premier conditionnement ou premier type d'échantillon.

Le jour suivant, la même quantité de fèves fraîches est apprêtée pour la constitution d'un autre échantillon. Au terme du processus, nous pouvons disposer de fèves de cacao fermentées pendant 7 jours (E7), 5 jours (E5), 4 jours (E4), 3 jours (E3) et des fèves non fermentées (E0). Un brassage de la masse fermentaire est effectué le troisième et le cinquième jour pour aérer et uniformiser le milieu de

fermentation. Pendant le processus de la fermentation, les mesures de température sont réalisées grâce aux sondes thermométriques de type Pt_{100} introduites dans la masse fermentaire (Figure 2). Des pH-mètres « three-waymeter » dont les électrodes sont en permanence plongées dans le milieu de fermentation permettent de suivre l'évolution du pH (Figure 3).



Fig. 1. Fermenteur expérimental.

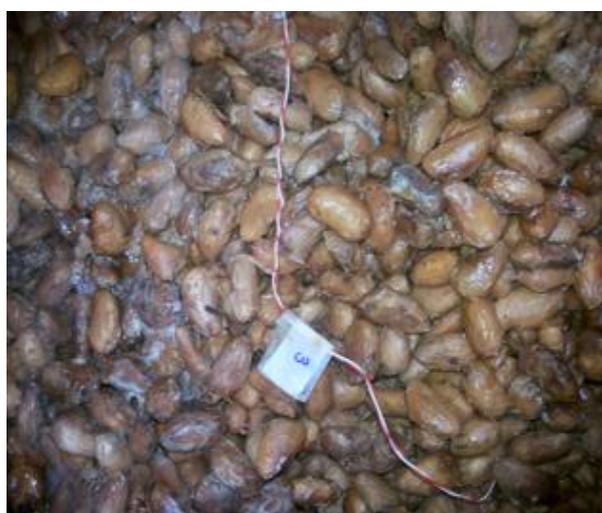


Fig. 2. Sonde thermométrique Pt_{100} pour la mesure de la température.



Fig. 3. pH-mètre « Three-waymeter » pour la mesure du pH.

2.2. Séchage des fèves de cacao

Au terme du processus de la fermentation, nous avons procédé au séchage solaire direct en monocouche des fèves de cacao. Le séchoir utilisé est une simple claie. Des thermosondes Pt₁₀₀ sont utilisées pour mesurer la température des fèves pendant le séchage. D'autres instruments de mesure ont également été utilisés pour l'acquisition des paramètres aérothermiques. Pour garantir des conditions de séchage identiques, tous les échantillons ont été placés dans le séchoir au même moment. Grâce à des pesées régulières, l'évolution de la masse de chaque échantillon de cacao a été suivie, en utilisant une balance électronique de précision 10⁻² g.

2.3. Méthodes de calcul des paramètres de la cinétique de séchage

L'ensemble des données recueillies est enregistré et traité sous Excel. Les courbes obtenues sont, au besoin, lissées par la méthode des moyennes mobiles. Les teneurs en eau en base humide (bh) et en base sèche (bs) ont été déterminées respectivement, en utilisant les équations 3 et 4.

La teneur en eau réduite ou rapport de séchage, a été calculée à partir de l'équation 5 [7] :

$$W_h = \frac{m_e}{m} = \frac{m - m_s}{m} \quad (3)$$

$$W_s = \frac{m_e}{m_s} = \frac{m - m_s}{m_s} \quad (4)$$

$$X_r = \frac{m_e}{m_0} = \frac{m - m_s}{m_0 - m_s} \quad (5)$$

m est la masse (kg), m_0 est la masse initiale (kg), m_s est la masse à scicité (kg), W_s est la teneur en eau en base sèche (kgH₂O/kg m s), W_h est la teneur en eau en base sèche (% bh), X_r est la teneur en eau réduite, ou rapport de séchage.

La vitesse de séchage à chaque instant est calculée comme suit :

$$v_i = -\frac{dW_s}{dt} \approx \frac{W_{s_i} - W_{s_{(i+dt)}}}{t_{(i+dt)} - t_i} \quad (6)$$

La valeur moyenne $\langle v_i \rangle$ de la vitesse est déterminée par :

$$\langle v_i \rangle = \frac{v_{i-2} + v_{i-1} + v_i + v_{i+1} + v_{i+2}}{5} \quad (7)$$

t est la durée (s) et v est la vitesse de séchage (kgH₂O/kg m s/s).

3. Résultats et discussion

3.1. Aspect des fèves fermentées

Après fermentation, les fèves obtenues présentent toutes des arômes agréables qui rappellent le chocolat. Elles présentent surtout une coloration différente, en fonction de la durée de fermentation: plus longue est la durée de fermentation, plus important est le brunissement des fèves de cacao (Figure 4).

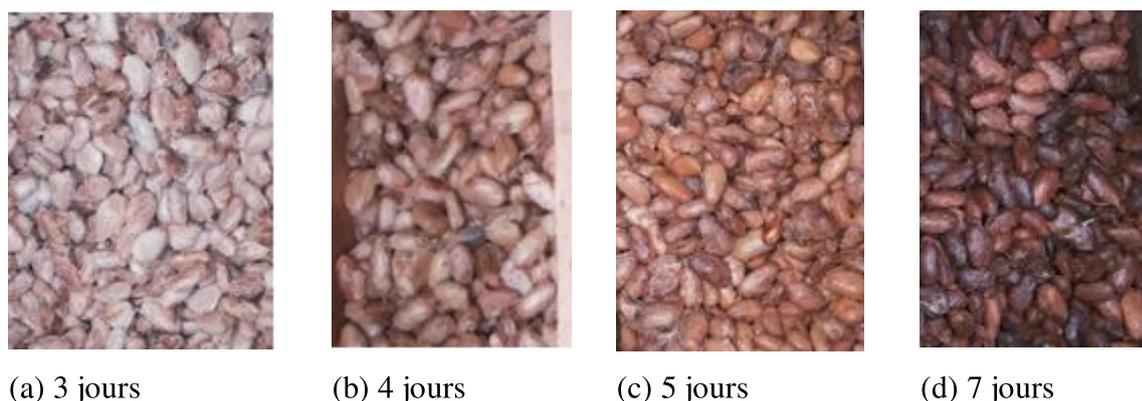


Fig. 4. Coloration des fèves de cacao fermentées.

3.2. Evolution de l'humidité de la masse fermentaire

Les données recueillies ont servi à tracer plusieurs courbes. Celle de la Figure 5 donne l'évolution de l'humidité des fèves de cacao au cours du processus de fermentation. Cette courbe présente une décroissance due à l'évacuation du jus de fermentation, par les perforations du fond de la caisse. Cette décroissance est la plus importante entre 0 et 3 jours. Entre 3 et 5 jours, elle faiblit en passant de 53,4 % (bh) à 52,3% (bh), soit une baisse d'environ 1%. Au-delà de 5 jours de fermentation, l'humidité ne baisse pratiquement plus et la courbe tend vers une limite de 52% (bh). En prolongeant la durée de la fermentation, la déshydratation gravitaire n'est plus

favorable pour une réduction de l'humidité. Il semble plus pertinent de passer au processus suivant, qui est le séchage des fèves.

Ainsi, la courbe de la Figure 5 nous renseigne sur une durée utile de fermentation des fèves de cacao, soit cinq jours. De plus, l'observation de l'aspect des fèves, sur les illustrations de la Figure 4, montre qu'à partir du cinquième jour, l'aspect brunâtre du cacao bien fermenté s'observe nettement. Au-delà de cinq jours, le brunissement des fèves de cacao est très prononcé, en tirant vers le brun très foncé. Au septième jour, les fèves ont pratiquement noirci : c'est le signe que le cacao a certainement trop fermenté [1].

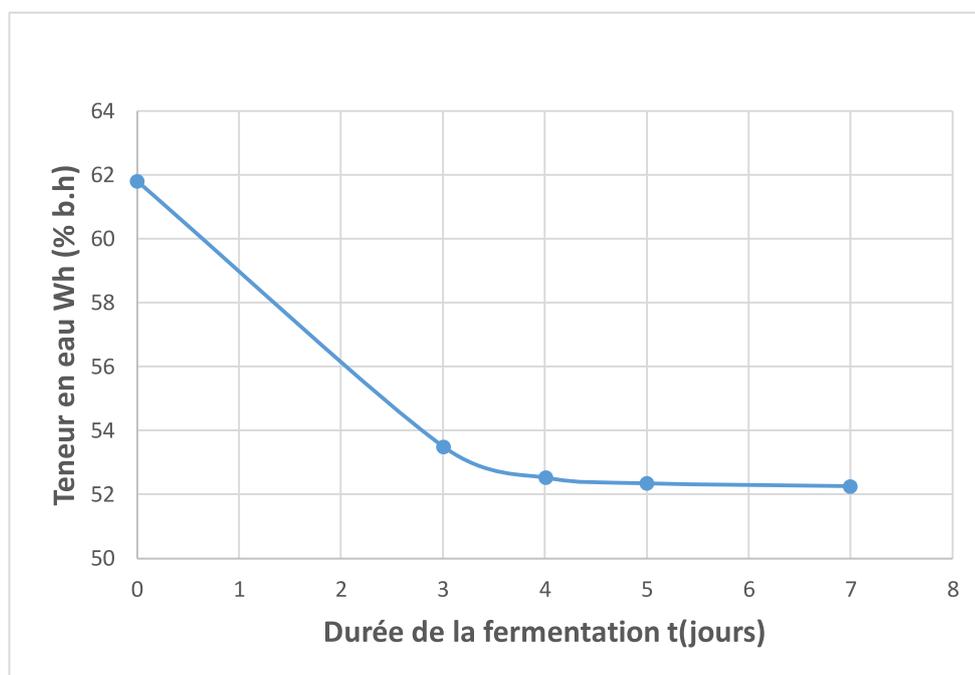


Fig. 5. Courbe d'évolution de la teneur en eau pendant fermentation.

3.3.Variation du pH pendant la fermentation

Jusqu'à la fin du premier jour de fermentation, le pH augmente de 4,3 à 4,6 puis décroît jusqu'en début du troisième jour où il est proche de 3,5. Puis, il reprend timidement sa croissance. Vers la fin du quatrième jour, le pH augmente assez

rapidement pour atteindre un pic en début du cinquième jour : le pH est alors de 5,5.

La prolongation de la fermentation au-delà de cinq jours entraîne la baisse du pH. Cette observation en fin de fermentation (Figure 6) pourrait expliquer, l'origine de l'apparition du goût acide du cacao séché, reportée dans la littérature [1].

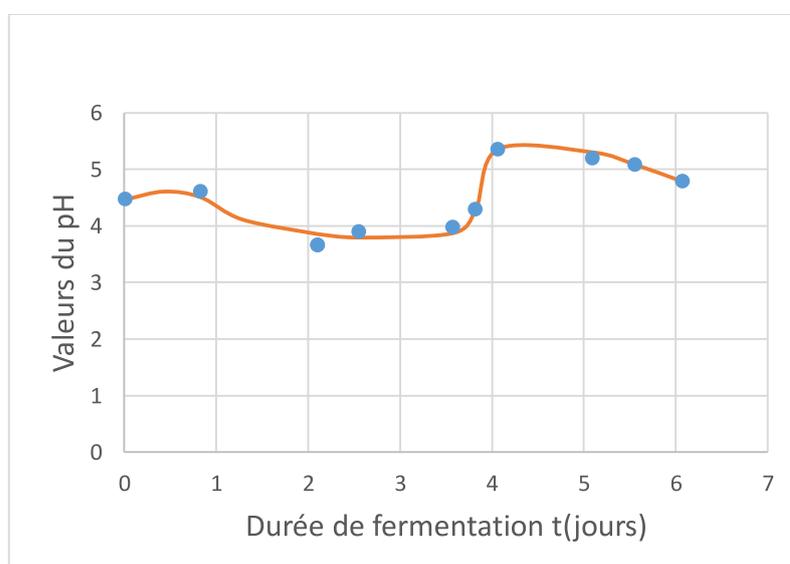


Fig. 6. Courbe d'évolution du pH pendant la fermentation.

3.4. Evolution de la température durant la fermentation

Les mesures de la température donnent des indications précieuses, permettant d'apprécier la vitesse et le degré d'avancement des différentes réactions chimiques nécessaire à la fermentation. En effet, les phases alcoolique et acétique de la fermentation du mucilage se traduisent par une forte élévation de la température [8]. Dans le fermenteur, comme le montre la Figure 7, la température des fèves de cacao augmente de 30°C à 40°C, le deuxième jour. Le troisième jour, elle est de 43°C. Ce niveau de température est favorable au développement des processus microbiens de dégradation du mucilage, à leur généralisation et à l'apparition des couleurs et des arômes adéquats [1]. Le brassage réalisé le troisième jour, a permis à la température de se maintenir moyennement à 42,5°C pendant environ quatre heures,

avant de croître à nouveau. Cette augmentation de la température traduit la poursuite des réactions exothermiques de dégradation des sucres en glucose, puis en alcool et enfin en acides lactique et acétique.

Au cinquième jour de la fermentation, la température de la masse des fèves atteint un pic avoisinant 50°C. D'après la littérature, la température optimale de fermentation se situe entre 43°C et 50°C [1]. Ainsi pour notre expérimentation, cette plage optimale de la température a été atteinte dès le troisième jour. Le second brassage a permis de refroidir le milieu de fermentation. La poursuite des réactions microbiennes a pu se maintenir avec une température moyenne de 48°C, jusqu'au sixième jour. Au-delà de cette période, la température a amorcé une décroissance. C'est le signe de la destruction progressive de la majeure partie des microorganismes.

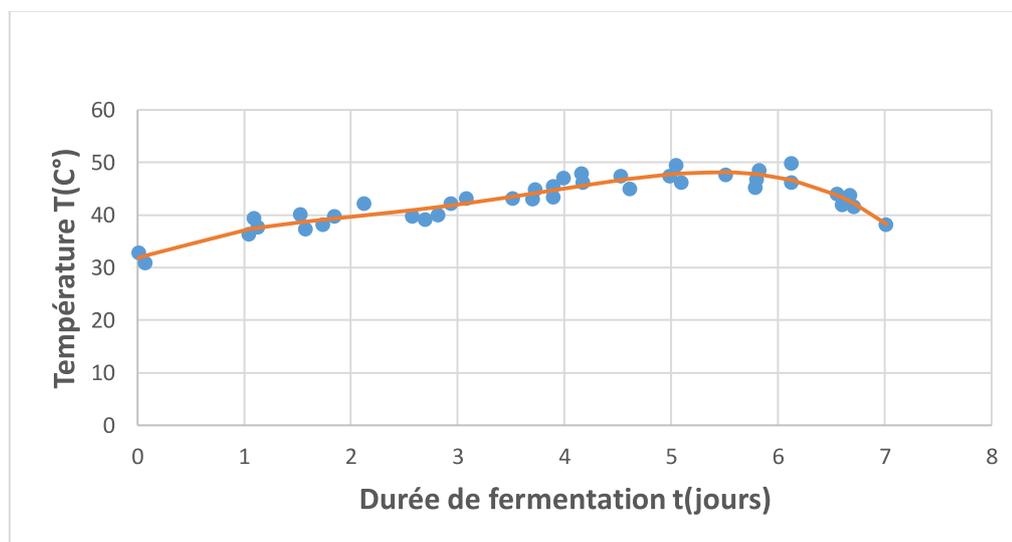


Fig. 7. Courbe de variation de la température de la fermentation.

3.5. Cinétique de séchage des fèves de cacao

3.5.1 Evolution de la teneur en eau en fonction du temps de séchage

En considérant la teneur en eau ou l'humidité des fèves, toutes les courbes de séchage obtenues ont une allure décroissante (Figure 8). L'échantillon de fèves non fermentées présente une humidité initiale de séchage nettement plus élevée, contrairement aux fèves fermentées. L'humidité dans les fèves fermentées évolue vers des valeurs plus basses pour des durées de fermentation plus longues. Grâce au drainage de la pulpe, le processus de la fermentation a favorisé une élimination plus rapide de l'eau dans les fèves, mais aussi celle des composés volatils formés. En trois jours de

séchage solaire direct, la teneur en eau d'un cacao bien sec (humidité en dessous de 8% bh) est plus vite obtenue pour des fèves fermentées. Pour les fèves témoins par contre, leur humidité reste élevée, soit 19,9 % (bh). La poursuite du séchage est nécessaire. La courbe de rythme de séchage (Figure 9) montre d'autres détails intéressants. Ainsi en début de séchage, la forte humidité des fèves témoins induit un meilleur rythme de séchage. En fin de séchage, probablement du fait du croûtage, il y a une stratification du rythme de séchage permettant de classer les échnatillons en trois groupes : E7 pour le meilleur rythme (valeur la plus basse); E0 et E3 pour le rythme le moins bon (valeurs les plus grandes); E4 et E5 pour un rythme intermédiaire.

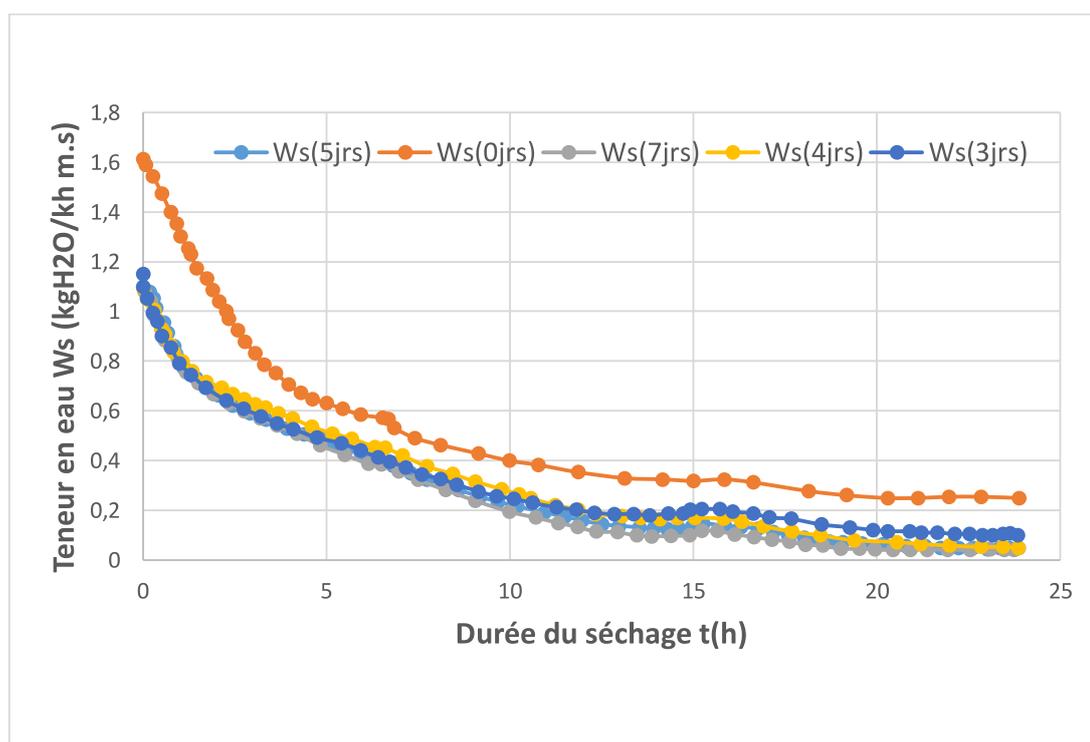


Fig. 8. Evolution des humidités Ws dans les fèves pendant les trois jours de séchage.

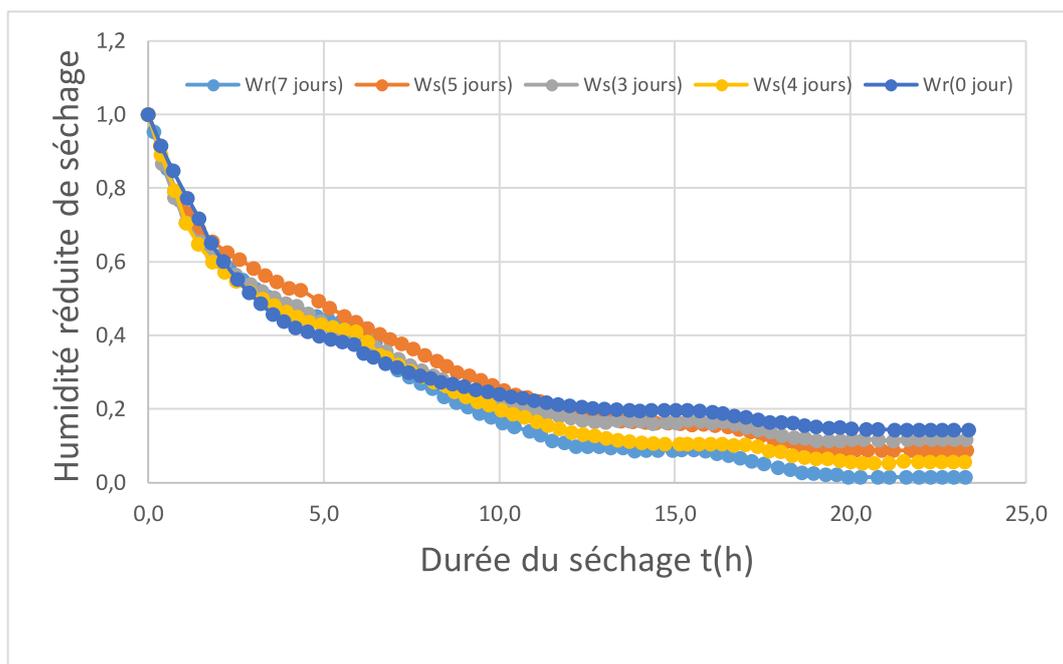


Fig. 9. Evolution des humidités réduites des fèves pendant le séchage.

3.5.2 Variation des températures maximales

Afin d'avoir une idée de l'évolution de la température pendant le séchage, nous avons observé entre autre la variation des pics quotidiens de la température pendant les trois jours du séchage (Figure 10). Les variations extrêmes de température sont obtenues pour les échantillons non fermentés et pour les échantillons fermentés sur la plus longue période. Pour les échantillons témoins, les valeurs maximales journalières varient entre 36,4°C et 45,6°C. Pour les échantillons

fermentés pendant 5 jours, les pics thermiques se situent entre 42,8°C et 51,2°C. Ainsi, pour les différents échantillons, plus la durée de fermentation est longue, plus le pic de température est plus élevé. La présence d'une humidité résiduelle plus importante dans les échantillons, est responsable de cette variabilité des pics de température. Une déshydratation plus importante par drainage du pulpe mucilagineux, peut se traduire par un pic de température plus élevé.

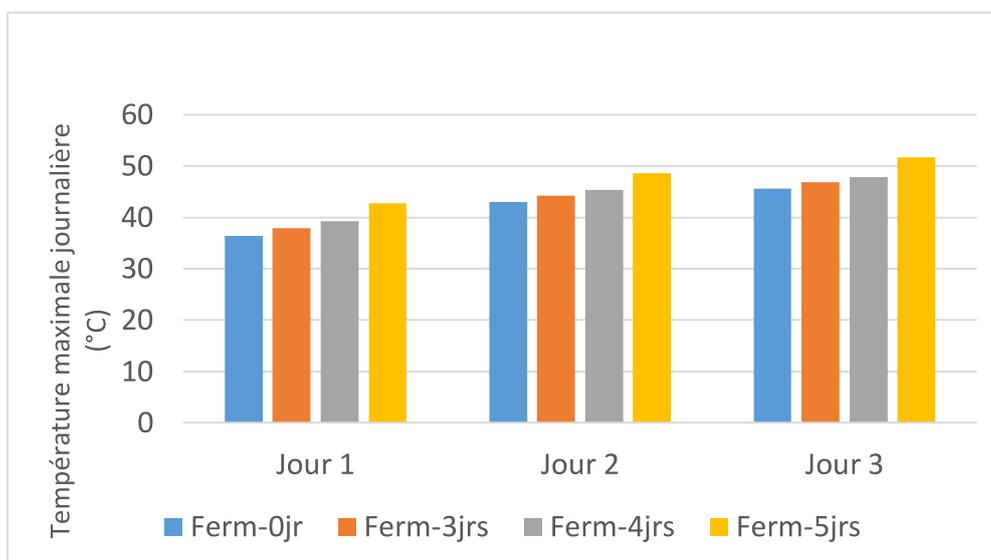


Fig. 10. Evolution de la température maximale de séchage.

3.5.3 Vitesse de séchage

Les courbes de vitesse de séchage qui sont présentées concernent :

- la vitesse de séchage en fonction du temps (Figure 11) ;
- la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau (Figure 12).

L'observation des courbes de la vitesse de séchage sur la Figure 11, montre une quasi-absence d'une phase à allure constante dans le cas des fèves de cacao fermentées [5]. Ce résultat peut être associé à la déshydratation due au processus de la fermentation. En effet, de l'eau libre présente dans la pulpe du mucilage est perdue par drainage dans le fermenteur. Ainsi, pour les fèves fermentées, la phase d'initiation du séchage est rapidement suivie d'une phase de décroissance, à deux étapes :

- une décroissance rapide de durée réduite (un à deux heures). Cette première étape semble favorisée par des facteurs tels que : la chaleur produite par les réactions chimiques de la fermentation, la présence plus importante d'une eau libre à l'intérieur des fèves, et l'absence d'une phase visqueuse enrobant les graines de cacao.
- une décroissance plus lente le reste du temps : pour cette étape, l'évaporation d'une eau libre dans les fèves est progressivement remplacée par l'évaporation d'une eau de plus en plus liée.

Pour les fèves témoins par contre, une phase courte de séchage à allure constante est nettement observable en début de séchage. Cette phase correspond à la désorption de l'eau libre de la pulpe mucilagineuse, puis celle contenue dans les

fèves. Cette eau libre s'évapore à vitesse constante [9].

Mais cette eau est contenue dans une phase visqueuse. Les résistances à la diffusion de l'humidité et au séchage sont ainsi très élevées, entraînant une vitesse de séchage plus réduite.

Par la suite intervient, comme pour les autres échantillons, la phase à allure décroissante. Les courbes de Krischer, qui donne la vitesse de séchage en fonction de l'humidité, constitue une autre représentation de la vitesse de séchage. Ainsi, la Figure 12 nous montre que globalement la vitesse maximale de séchage de la première étape de décroissance varie entre 7.10^{-5} et 9.10^{-5} kg H₂O/kg m s /s. Cette vitesse maximale est plus grande pour les échantillons de fèves fermentées. Pour ces échantillons, les

résistances au séchage et à la diffusion sont moins élevées. Pour les échantillons témoins, l'enrobage d'une pulpe mucilagineuse et des modifications de microstructures de la fève, peuvent être responsables des résistances élevées, au séchage et à la diffusion. Ainsi malgré une humidité plus importante, les courbes de Krischer montrent que les valeurs de la vitesse de séchage restent inférieures à celles calculées pour les échantillons fermentés. Une analyse biochimique de la composition du mucilage en fonction du niveau de fermentation et des implications de ce processus sur la microstructure des graines, permettraient d'affiner une telle analyse. Globalement, la deuxième étape de cette décroissance débute autour d'une humidité de 0,7 kg H₂O/kg m s.

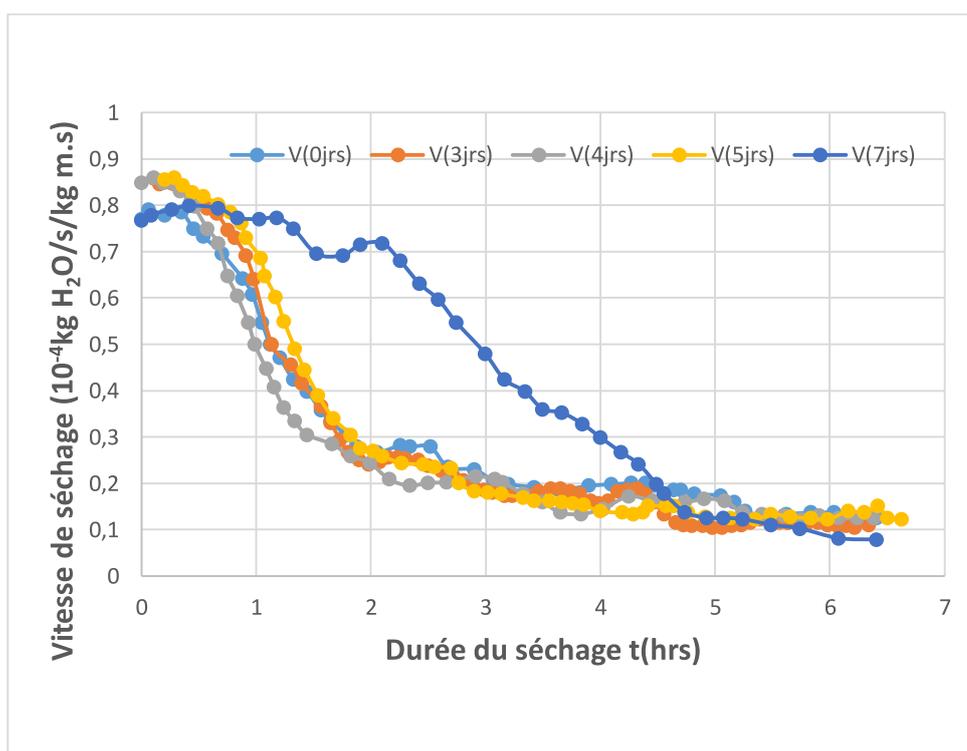


Fig. 11. Vitesses de séchage des fèves de cacao en fonction du temps.

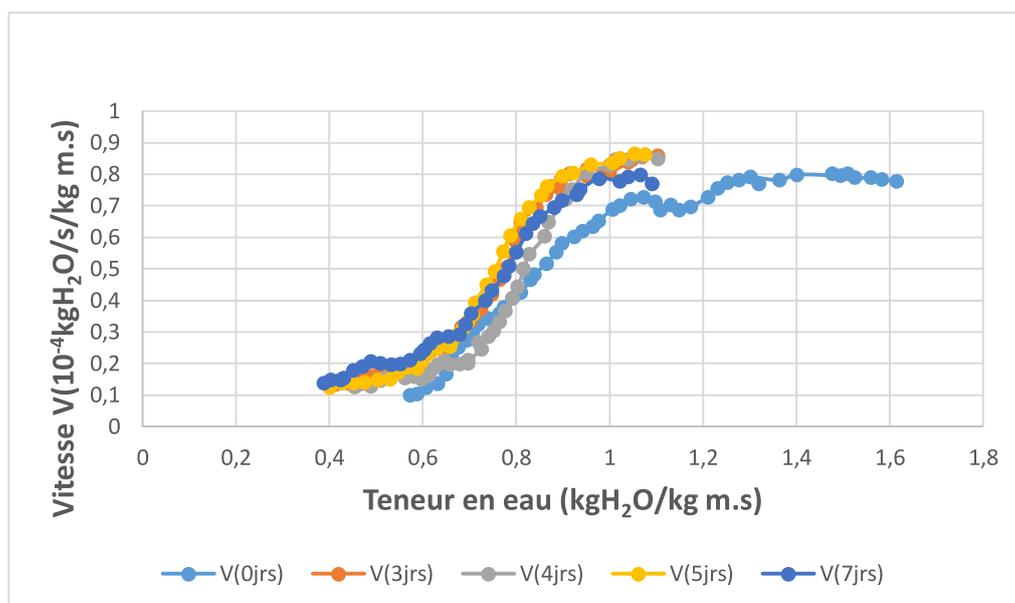


Fig. 12. Courbes de Krischer des fèves de cacao.

4. Conclusion

Pour cette étude, nous avons fermenté des fèves fraîches de cacao dans plusieurs compartiments d'une caisse de fermentation, de sorte à obtenir des échantillons de durées de fermentation différentes. Après la fermentation, les fèves de cacao ont été séchées par séchage solaire directe sur une claie. L'observation des courbes de l'évolution de la teneur en eau pendant les processus de fermentation et de séchage a permis de mettre en évidence une corrélation entre la durée de fermentation et la cinétique de séchage des fèves de cacao. Contrairement aux conclusions de Vincent (1970) [8], une durée utile de fermentation des fèves de cacao de cinq jours a été déterminée. Pour

la variété de cacao étudiée, il ne semble pas utile de prolonger ce processus jusqu'à sept jours. Ceci permet d'éviter tant l'apparition que l'accumulation des composants indésirables et des microorganismes susceptibles de dégrader les fèves de cacao. Même si le cacao fermenté sur une plus longue période, sèche plus vite au soleil, une humidité limite de 52% (bh) a été observée pour la fermentation. Ce processus a contribué à modifier les formes des courbes de cinétique de séchage. La phase de séchage à allure constante est pratiquement inexistante pour l'ensemble des échantillons. La durée de séchage est plus courte. Les variations de la composition du mucilage et d'éventuelles modifications de structure, ont induit des allures

différentes du rythme de séchage, en début et en fin de séchage, pour certains échantillons. Afin de mieux apprécier la durée optimale de séchage pour une durée de fermentation donnée et pour des

quantités encore plus importantes de fèves de cacao, en adéquation avec la réalité du quotidien des paysans, il est utile d'envisager des études complémentaires.

Références bibliographiques

[1] F.L. Sadoux, Etude de la fermentation et du séchage du cacao au Cameroun, *Café, Cacao, Thé*, V(4) (1961) 252 - 262.

[2] P.Tissot, La fermentation du Cacao, *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 16^e année, bulletin n°176 (1936) 264-276.

[3] E.O Afoakwa, *Chocolate Science and Technology: mechanism of chocolate flavor formation and development process* (2010), Wiley-Blackwell Publishers Oxford UK 3-22.

[4] P. Garcia-Alamilla, M.A. Salgado-Cervantes, M. Barel, G. Berthomieu, G.C. Rodriguez-Jimenes, M.A. Garcia-Alvarado, P.Tissot, Moisture, acidity and temperature evolution during cacao drying, *Journal of Food Engineering* 79 (2007) 1159–1165.

[5] A. Belghit, M. Kouhila, B. C. Boutaleb, Approche Expérimentale de la Cinétique de Séchage de la Verveine (*Lippia Citriodora*), *Rev. Energ. Ren.* 2 (1999) 87-97.

[6] L. Ban Koffi, G. H. Ouattara, T. G. Karou, S. Tagro Guehi, J. G. Nemlin et J. K. Dioph, Impacts de la fermentation du cacao sur la croissance de la flore microbienne et la qualité des fèves marchandes, *Agronomie Africaine* 25(2) (2013) 159 – 170.

[7] D.C. Akmel, E.N. Assidjo, P. Kouamé, K.B. Yao, Mathematical Modelling of Sun Drying Kinetics of Thin Layer Cocoa (*Theobroma Cacao*) Beans, *Journal of Applied Sciences Research* 5(9) (2009) 1110–1116.

[8] J.-C. Vincent, Influence de différents traitements technologiques sur la fermentation du cacao et le goût du chocolat, *Café, Cacao, Thé* (Paris), XIV(4) (1970) 303 - 322.

[9] M. Jacquet, J.-C. Vincent, J. Hahn, R. Lotodé, Séchage artificiel des fèves de cacao, *Café, Cacao, Thé* (Paris), XXIV(1) (1980) 43 - 55.

Effect of fermentation on the kinetics of solar drying of cocoa beans

Hyacinthe Aka Aka, Kibangou Nkembo Serge Appolinaire, Blaise Kamenan Koua, Siaka Touré

Abstract:

Cocoa farming is a major agricultural activity for the economy of Côte d'Ivoire. Thus, the permanent improvement of the marketable quality of cocoa beans is essential for the sustainability of this agricultural capital. After harvesting, fermentation and drying are the crucial operations on which the merchantability and organoleptic qualities of cocoa beans depend. To study the impact of these two post-harvesting processes, experiments on the fermentation and drying of Forastero cocoa beans were carried out. Thus, 100 kg of fresh cocoa beans were fermented for varying times. The monitoring of the fermentation tests showed a decrease in the humidity of the cocoa beans from 61% to 52% in wet basis. The temperature of the cocoa beans increases gradually to reach a peak of 50°C after 5 days of fermentation. Which suggests an optimal fermentation time of 5 days. The pH varied between 3.5 and 5.5. Direct solar drying of fermented cocoa beans, and non-fermented control beans, was then carried out. The fermented cocoa beans, unlike the control beans, reached water contents less than or equal to 8%. Depending on the fermentation state, the drying kinetics of the cocoa beans showed a virtual absence of the constant rate phase. Parameters such as the drying rate, speed and drying time have been analyzed.

Keywords: Cocoa beans; Fermentation; Drying kinetics; Temperature; pH.