

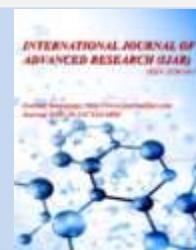


Journal Homepage: - www.journalijar.com

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI: 10.21474/IJAR01/11031

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/11031>



RESEARCH ARTICLE

POTENTIALITES PHYSICOCHIMIQUES DES FÈVES DE CACAO DES VARIÉTÉS "MERCEDES" ET "THEOBROMA CACAO" DES RÉGIONS DU LÔH-DJIBOUA ET DE L'INDÉNIÉ-DJUABLIN (CÔTE D'IVOIRE)

Karim Kouablan Jean Constant¹, Saki Suomion Justin¹, Yoboue Guillaume Arthur Kouassi Loh¹, Sea Tehi Bernard¹ and Patrice Lucien Kouame²

1. Laboratoire de Biotechnologies Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques (LBAVRB), UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Cocody Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.
2. Laboratoire de biocatalyse et des Bioprocédés (LBB), UFR STA, Université Nangui Abrogoua (UNA), Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 22 March 2020

Final Accepted: 25 April 2020

Published: May 2020

Key words:-

"Mercedes", "Theobroma Cocoa", Cocoa Beans, Biochemical Components, Macro-Minerals, Oligo-Minerals

Abstract

The aim of this study is to reveal the nutrients of a new cocoa variety (*Mercedes*) developed by the National Centre for Agronomic Research (CNRA) of Côte d'Ivoire and those of the existing variety "*Theobroma cocoa*". The physico-chemical and biochemical components of the beans of these two varieties taken from two different regions will be compared in order to determine which is richer. Samples of pods and beans of the two varieties "*Mercedes*" and "*Theobroma cocoa*" from two cocoa producing areas in Côte d'Ivoire were collected for laboratory analysis. The beans of "*Theobroma cocoa*" from Abengourou and "*Mercedes*" from Divo have respectively the proportions of magnesium (Mg) of 4093.26 ± 0.41 mg/kg and 3277.86 ± 2.90 mg/kg and the proportions of potassium (K) of 7569.97 ± 1.51 mg/kg and 7291.26 ± 2.76 mg/kg. They also contain high iron (Fe) values of 179.9 ± 0.70 mg/kg and 169.71 ± 1.03 mg/kg for Divo's "*Theobroma cocoa*" and "*Mercedes*" varieties respectively. The beans of Abengourou's "*Mercedes*" and Divo's "*Theobroma cocoa*" contain respectively $50.31 \pm 2.9\%$ and $40.49 \pm 0.82\%$ fat and $30.12 \pm 2.01\%$ and $40.97 \pm 0.78\%$ carbohydrate. It emerges from this study that a significant difference at the 5% threshold ($P \leq 0.05$) was observed in the macro-minerals, oligo-minerals and energy value of the "*Mercedes*" and "*Theobroma cocoa*" varieties from the two regions. The energy value of the beans evaluated were respectively 623.23 ± 1.94 Kcal/100g and 604.04 ± 1.87 Kcal/100g for the "*Mercedes*" and "*Theobroma cocoa*" varieties from Abengourou. The proteins of the beans analysed ranged from $9.66 \pm 0.03\%$ for the "*Theobroma cocoa*" varieties of Divo to $10.60 \pm 0.63\%$ for the "*Mercedes*" varieties of Abengourou. The bean almonds of the "*Mercedes*" and "*Theobroma cocoa*" varieties from the two regions analysed are rich in magnesium, potassium and iron. The "*Mercedes*" variety can be recommended in the diet to combat certain dietary deficiencies and cardiovascular

Corresponding Author:- Karim Kouablan Jean Constant

Address:- Laboratoire de Biotechnologies Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques (LBAVRB), UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny (UFHB), Cocody Abidjan, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

diseases, because of its very productive profile and its composition almost similar to "*Theobroma cocoa*".

Copy Right, IJAR, 2020,. All rights reserved.

Introduction:-

Le cacao est le pilier de l'économie des différents pays producteurs. Il génère de grosses recettes à l'exportation et constitue la principale source de revenu pour des millions de petits producteurs cultivant 90% du cacao mondial. Le cacao de par sa richesse en éléments nutritifs (lipides, fibre, polyphénols, minéraux) et économiques fait de lui et de ses sous-produits un super aliment. En effet selon Chartron (2005) le chocolat est une source d'énergie qui contient des nutriments et des flavonoïdes importants sur la santé des populations. Ses antioxydants et leur richesse en vitamine E aident à lutter contre le vieillissement cutané. Le cacao est utilisé dans divers aliments (gâteaux, biscuits, chocolats, aliments pour enfants...etc.), pour ses valeurs thérapeutiques et nutritionnelles notamment sa forte teneur en antioxydants (Guéhi et al. 2007).

Face au vieillissement des anciennes variétés de cacao, le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Côte d'Ivoire a mis au point une nouvelle variété appelée "*Mercedes*" à grande productivité mais dont les caractéristiques physicochimiques sont encore inconnues.

La variabilité des cultures en fonction des conditions climatiques, du type de sol, de la composition du sol, du lieu de culture et du type de variété est une réalité (Pointillon, 1997). Plusieurs facteurs influencent la composition nutritionnelle des fèves de cacao notamment le génotype, le traitement post-récolte (le séchage et la fermentation), leur origine et leur processus de transformation (production de masse, tourteau, beurre, ou de chocolat...) (Afoakwa, 2010 ; Bernaert et al. 2011).

Ce travail a pour objectif de déterminer et comparer la composition physicochimique des deux variétés de fèves de cacao de deux régions productrices de cacao. Pour atteindre cet objectif, après avoir déterminé les constituants physicochimiques des fèves des variétés "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*", une comparaison des constituants des deux variétés a été faite. Cette étude se fera sur les fèves des variétés "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*" des régions de l'Indénié-djuablin (Abengourou) et du Lôh-djiboua (Divo).

Pour y arriver, des méthodes et du matériel nous serons indispensables.

Matériel et Methodes:-

Matériel:

Le matériel biologique utilisé dans cette étude est constitué de fèves de cacaoyer des variétés "*Theobroma cacao*" et "*Mercedes*" du CNRA. Les fèves ont été échantillonnées dans deux régions de la Côte d'Ivoire, l'une à l'est dans la région de l'Indénié-djuablin (Abengourou) et l'autre au sud-ouest dans la région du Lôh-djiboua (Divo).

Méthodes:-

Préparation de la poudre de cacao:

La poudre de cacao est préparée selon la méthode décrite par Asiedu (1991). Les fèves de cacao sont broyées dans un mixeur, après séchage solaire pendant quelques jours. Le broyat obtenu est ensuite tamisé avec un tamis de maille 125 µm et la poudre produite est conservée au dessiccateur pour les différentes manipulations.

Analyses physicochimiques:

Détermination du taux d'humidité:

Les teneurs en eau sont déterminées selon la méthode décrite par AOAC (1980). Cinq (5) grammes de farine sont pesés dans une capsule de masse connue. L'ensemble (capsule + farine) est ensuite placé dans une étuve (MEMMERT) préalablement réglée à 105°C pendant une durée de 24 h. L'ensemble (capsule + farine) est ensuite retiré de l'étuve et introduit dans un dessiccateur pour le refroidissement puis cet ensemble (capsule + farine) est pesé jusqu'à poids constant.

Les teneurs en eau et en matière sèche sont exprimés en pourcentage de masse comme suit:

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

m_0 : masse (g) de la capsule vide.

m_1 : masse (g) de l'ensemble (capsule + farine) avant étuvage.

m_2 : masse (g) de l'ensemble (capsule + farine) après étuvage.

Détermination de la teneur en cendres:

La méthode de détermination de la teneur en cendres est celle décrite par l'AOAC (1980). Cinq (5) grammes de matière sèche obtenue précédemment sont pesés dans un creuset en porcelaine de masse connue. L'ensemble (creuset + échantillon) est ensuite placé dans un four à moufle (HERAEUS, HANAU) et l'échantillon est incinéré à 550°C jusqu'à l'obtention de cendres blanches. L'ensemble (creuset + échantillon) est ensuite retiré du four et introduit dans un dessiccateur pour le refroidissement puis l'ensemble (creuset + échantillon) est de nouveau pesé.

La teneur en cendres est exprimée en pourcentage de masse comme suit:

$$\text{Cendres (\%)} = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$$

m_0 : masse (g) du creuset vide.

m_1 : masse (g) de l'ensemble (creuset + farine) avant incinération.

m_2 : masse (g) de l'ensemble (creuset + farine) après incinération.

Détermination du pH:

Le pH est déterminé selon la méthode AOAC (2005). Dix (10) grammes de farines sont préparés dans 90 mL d'eau distillée bouillante ; homogénéisé puis refroidie jusqu'à 25°C. Un pH-mètre (HANNA) étalonné à l'aide de solution tampon (pH 4 et 7) permet de lire le pH de la solution placée sous agitateur magnétique.

Détermination de la teneur en matière grasse:

Les matières grasses de la poudre de cacao sont extraites par la méthode AOAC (1995) utilisant le SOXHLET. Cinq (5) grammes de farine ont été pesés et introduits dans une cartouche de WHATMAN préalablement tarée. Un volume de 60 mL d'hexane a été déposé dans un ballon d'extraction préalablement pesé à vide. Le ballon contenant l'hexane (M_1) a été déposé sur la calotte chauffante (110°C) intégrée au SOXHLET pendant 6 h. Après ce temps d'extraction, le ballon a été retiré de l'appareil de SOXHLET et mis à l'étuve à 60°C pendant 1 h pour l'évaporation totale du solvant. L'évaporation terminée, le ballon a été repesé (M_2). Le taux de matières grasses (T_{MG}) a été déterminé à partir de l'équation suivante :

$$TMG = \frac{M2 - M1}{5} \times 100$$

Détermination de la teneur en protéines:

Les protéines brutes sont déterminées à partir du dosage de l'azote total selon la méthode de Kjeldhal (BIPEA, 1976). Elle comprend une phase de minéralisation, suivie d'une phase de distillation et une phase de titrage par l'acide sulfurique. La teneur en protéines totales est exprimée en pourcentage de masse par les formules suivantes :

$$\text{Azote total (\%)} = \frac{(V1 \times V0) \times N \times 0,014}{me} \times 100$$

$$\text{Protéines totales (\%)} = 6,25 \times \text{Azote total (\%)}$$

V_0 : volume (mL) de solution d'acide sulfurique (0,1 N) versé pour l'essai à blanc.

V_1 : volume (mL) de solution d'acide sulfurique (0,1 N) versé pour l'essai (échantillon).

N: normalité de la solution d'acide sulfurique.

m_e : masse (g) de l'échantillon de farine.

Détermination du taux de glucides:

Les glucides totaux et la teneur en amidon sont évalués par calcul selon la méthode préconisée par la FAO (1947) qui prend en compte les teneurs en humidité, en lipides, en protéines et en cendres.

Détermination de la valeur nutritionnelle:

La valeur énergétique (E) est calculée par application des coefficients thermiques de Atwater et Rosa (1889) avec 4 kilocalories pour 1 g de protéines; 9,3 kilocalories pour 1 g de lipides et 3,75 kilocalories pour 1 g de glucides.

$$\text{Glucides totaux (\%)} = 100 - (\text{protéines} + \text{eau} + \text{lipides} + \text{cendres})$$

$$E \text{ (kcal/100g)} = [(4 \times \text{protéines}) + (9,3 \times \text{lipides}) + (3,75 \times \text{glucides})]$$

Détermination des minéraux:

La teneur des minéraux des amandes de fèves de cacao a été déterminée par un spectrophotomètre d'absorption atomique selon la méthode AOAC (1980). Une masse de 0,1 g de cendres obtenue après minéralisation de l'échantillon est dissoute dans 6 mL d'acide nitrique (65 %, v/v). Le minéralisat obtenu est ensuite repris dans une fiole jaugée et son volume est complété à 50 mL avec de l'eau déminéralisée. Ensuite des solutions standard de chaque minéral (100 mg/L) (Mn, Mg, Fe, Cu, Zn, K, P, Ca, Na, Cd, Pb) sont utilisées pour le calibrage du spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme. Enfin à une solution de 5 mL de minéralisat obtenu précédemment sont additionné 2 mL de solution de lanthane 3 % dans une fiole jaugée de 50 mL et le tout est complété avec de l'acide nitrique jusqu'au trait de jauge.

La détermination des différents minéraux est effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre d'absorption atomique (SPECTRAA-5, VARIAN) à des longueurs d'onde spécifiques. La quantification de chaque minéral est réalisée à l'aide d'un étalonnage externe établie à partir de la solution standard (100 mg/mL) de chaque minéral.

Analyse statistique:

Les essais relatifs aux analyses des minéraux et des composés biochimiques des fèves ont été effectués en triple et les valeurs numériques obtenues sont exprimées par la moyenne arithmétique affectée de l'écart-type statistique correspondant.

Une analyse de variance (ANOVA) des différents caractères étudiés a été réalisée par le logiciel R. La séparation des moyennes a été faite à l'aide du test de Duncan au seuil de 5%.

Résultats et Discussion:-

Résultats:

Composition biochimique:

La composition biochimique des fèves des variétés "Mercedes" et "Theobroma cacao" des régions du lôh-djiboua (Divo) et de l'indénié-djuablin (Abengourou) a été étudiée et mentionnée dans les Tableaux I. L'analyse des résultats du tableau I a montré qu'une différence significative au seuil de 5% ($P \leq 0,05$) a été observée au niveau des moyennes de l'humidité, de la matière grasse, du pH, des glucides, des fibres et de l'énergie. Par contre aucune différence significative au seuil de 5% ($P \geq 0,05$) n'a été observée au niveau des protéines et des cendres.

Tableau I:- Composition physicochimique des fèves de cacao des variétés "Mercedes" et "Theobroma cacao" des régions du lôh-djiboua (Divo) et de l'indénié-djuablin (Abengourou)

Paramètres	Régions	Variétés/Composition	
		"Mercedes"	"Theobroma cacao"
Humidité (%)	Lôh-djiboua (Divo)	6,93 ± 0,02 ^a	6,52 ± 0,12 ^b
	Indénié-djuablin (Abengourou)	6,02 ± 0,08 ^c	6,12 ± 0,02 ^c

pH	Lôh-djiboua (Divo)	6,04 ± 0,02 ^a	5,82 ± 0,02 ^b
	Indénié-djuablin (Abengourou)	4,93 ± 0,01 ^d	5,24 ± 0,01 ^c
Cendres (%)	Lôh-djiboua (Divo)	2,06 ± 0,02 ^b	2,36 ± 0,22 ^{ab}
	Indénié-djuablin (Abengourou)	2,95 ± 0,09 ^a	2,97 ± 0,48 ^a
Matières Grasses (%)	Lôh-djiboua (Divo)	42,29 ± 1,93 ^{bc}	40,49 ± 0,82 ^c
	Indénié-djuablin (Abengourou)	50,31 ± 2,9 ^a	46,94 ± 1,63 ^{ab}
Protéines (%)	Lôh-djiboua (Divo)	10,05 ± 0,07 ^a	9,66 ± 0,03 ^a
	Indénié-djuablin (Abengourou)	10,60 ± 0,63 ^a	10,44 ± 1,12 ^a
Fibres (%)	Lôh-djiboua (Divo)	38,00 ± 2,00 ^a	30,00 ± 2,64 ^c
	Indénié-djuablin (Abengourou)	37,79 ± 1,75 ^{ab}	32,58 ± 0,88 ^{bc}
Glucides (%)	Lôh-djiboua (Divo)	38,67 ± 0,5 ^a	40,97 ± 0,78 ^a
	Indénié-djuablin (Abengourou)	30,12 ± 2,01 ^c	33,53 ± 2,08 ^b
Energie (Kcal/100g)	Lôh-djiboua (Divo)	578,51 ± 1,24 ^c	568,84 ± 0,81 ^d
	Indénié-djuablin (Abengourou)	623,23 ± 1,94 ^a	604,04 ± 1,87 ^b

Pour chaque composant, sur les lignes et colonnes, les moyennes ± écart types affectées, de lettres différentes sont significativement différentes entre elle au seuil de $p \leq 0,05$ selon le test de Duncan

Composition Minérale:

La composition en minéraux des fèves des variétés "Mercedes" et "Theobroma cacao" des régions du lôh-djiboua (Divo) et de l'indénié-djuablin (Abengourou) a été étudiée et présentée dans les **Tableaux II**. Au vue du **tableau II**, les minéraux des fèves des régions du lôh-djiboua (Divo) et de l'indénié-djuablin (Abengourou) étudiés ont été regroupés en macroéléments et en microéléments. Les macroéléments sont le magnésium (Mg), le sodium (Na), le potassium (K) et le calcium (Ca) et les microéléments sont le fer (Fe), le cuivre (Cu), le manganèse (Mn), le zinc (Zn). Une différence significative au seuil de 5% ($P \leq 0,05$) a été observée au niveau des moyennes des minéraux des amandes de fèves de cacao.

Tableau II:- Composition en minéraux des fèves des variétés "Mercedes" et "Theobroma cacao" des régions du lôh-djiboua (Divo) et de l'indénié-djuablin (Abengourou).

	Paramètres	Régions	Variétés/Composition	
			"Mercedes"	"Theobroma cacao"
MACROELEMENTS	Mg (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	3277,86 ± 2,90 ^b	2410,34 ± 0,98 ^d
		Indénié-djuablin (Abengourou)	2593,41 ± 3,90 ^c	4093,26 ± 0,41 ^a
	Na (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	352,57 ± 3,06 ^d	417,87 ± 1,44 ^c
		Indénié-djuablin (Abengourou)	1189,15 ± 0,27 ^b	4056,73 ± 1,22 ^a
	K (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	7291,26 ± 2,76 ^b	6426,60 ± 1,09 ^d
		Indénié-djuablin (Abengourou)	6718,10 ± 3,16 ^c	7569,97 ± 1,51 ^a
Ca (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	1045,77 ± 1,61 ^a	767,01 ± 1,99 ^b	
	Indénié-djuablin (Abengourou)	396,58 ± 0,70 ^d	439,82 ± 1,85 ^c	
MICROELEMENTS	Fe (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	169,71 ± 1,03 ^b	179,9 ± 0,70 ^a
		Indénié-djuablin (Abengourou)	150,42 ± 1,40 ^c	140,69 ± 1,30 ^d
	Cu (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	22,15 ± 0,89 ^c	26,34 ± 0,15 ^a
		Indénié-djuablin (Abengourou)	21,75 ± 0,24 ^c	24,48 ± 1,54 ^b
	Mn (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	36,65 ± 0,64 ^b	52,85 ± 1,36 ^a
		Indénié-djuablin (Abengourou)	35,95 ± 0,54 ^b	20,23 ± 0,56 ^c
Zn (mg/kg)	Lôh-djiboua (Divo)	13,07 ± 0,59 ^c	2,28 ± 0,48 ^d	
	Indénié-djuablin (Abengourou)	21,57 ± 1,09 ^a	19,04 ± 0,43 ^b	

Pour chaque composant, sur les lignes et colonnes, les moyennes ± écart types affectées, de lettres différentes sont significativement différentes entre elle au seuil de $p \leq 0,05$ selon le test de Duncan.

Discussion:-

Les propriétés nutritionnelles des fèves de cacao des variétés "*Theobroma cacao*" et "*Mercedes*" étudiées sont mises en évidence par la détermination de leurs caractéristiques physico-chimiques et biochimiques.

Les teneurs en eau des fèves des variétés "*Theobroma cacao*" et "*Mercedes*" étudiées sont inférieures à 8% dans les deux régions et respectent la norme de qualité des fèves bien séchées selon le Conseil Café-cacao (CCC, 2018). Une teneur en eau de plus de 12 % de la poudre des fèves de cacao favoriserait la prolifération de microorganismes responsables de son altération. La teneur en eau est un critère de qualité et constitue un indicateur important de l'aptitude de la farine à la conservation (Butt *et al.*, 2004; Aryee *et al.*, 2005).

Les valeurs de pH des échantillons étudiées (4,93±0,01 et 5,24±0,01 pour la variété "*Mercedes*"; 5,82±0,02 et 6,04±0,02 pour la variété "*Theobroma cacao*") indiquent qu'elles sont de nature acide. Toutefois, cette acidité pourrait être mise à profit dans la formulation de crèmes cosmétiques, compte tenu de la compatibilité de ces valeurs de pH avec celle de la peau qui est comprise entre 5,2 et 7 (Reiger, 1989).

Le taux de cendres des fèves (2,36±0,22% Divo "*Theobroma cacao*" ; 2,97±0,48% Abengourou "*Theobroma cacao*" et 2,06±0,02% Divo "*Mercedes*"; 2,97±0,48% Abengourou "*Mercedes*") sont relativement élevé dans les échantillons par rapport ceux trouvés par Lorbarido *et al.*, (2011) dans la patate 0,95±0,02% et (Himeda M. *et al.*, 2012) dans la farine de taro (sosso) 1,73±0,09%. Ceci pourraient constituer une preuve que les fèves des variétés "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*" des deux régions étudiées sont aussi une source importante de minéraux.

Les lipides constituent les composés majeurs des fèves de cacao de deux régions cacaoyères. Leurs teneurs est 40,49±0,82% pour la variété "*Theobroma cacao*" de la région du Lôh Djiboua (Divo) et de 50,31±2,9% pour la variété "*Mercedes*" de la région de l'Indénié Djuablin (Abengourou). Ces teneurs de matières grasses obtenues sont comparables à celle obtenue pour le chocolat noir contenant 70 à 85% de masse de cacao qui est de 42,64% (Paoletti R. *et al.*, 2011).

Les teneurs des protéines sont de 9,66±0,03% pour les fèves de variété "*Theobroma cacao*" de la région du Lôh Djiboua (Divo) et de 10,60±0,63% pour les fèves de variété "*Mercedes*" de la région de l'Indénié Djuablin (Abengourou). Ces teneurs sont supérieures à celles obtenues pour le chocolat noir contenant 70-85% de masse de cacao qui est de 7,79% (USDA, 2018) et à celle trouvée par Chartron, (2015) qui situe les valeurs de protéines entre 8 et 9% pour les masses de cacao de variété "*Theobroma cacao*".

Les fibres constituent une fraction importante dans une denrée alimentaire en raison de leur rôle crucial dans le bon fonctionnement du transit intestinal. Les échantillons de fèves de cacao analysés ont des teneurs en fibres de 30±2,64% pour les fèves de variété "*Theobroma cacao*" de la région du Lôh Djiboua (Divo) et de 38±2,00% pour les fèves de variété "*Mercedes*" de la région du Lôh Djiboua (Divo). Ces teneurs obtenues sont supérieures à celle obtenue par Borchers *et al.* (2000) qui est de 23-29% pour les fèves de cacao de variété "*Theobroma cacao*".

Le taux de glucides des fèves de cacao analysées est de 30,12±2,01% pour les fèves de variété "*Mercedes*" de la région de l'Indénié Djuablin (Abengourou) et de 40,97±0,87% pour les fèves de variété "*Theobroma cacao*" de la région du lôh djiboua (Divo). Ces valeurs obtenues sont comparables à celle trouvée par Colombo M.L. *et al.* (2011) qui est de 45,90% pour le chocolat noir contenant 70-85% de masse de cacao.

Ces teneurs en glucides relativement élevées dans les échantillons pourraient constituer une preuve que les fèves des variétés "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*" des deux régions de la Côte d'Ivoire sont aussi une source d'énergie et certainement de fibres alimentaires. Par ailleurs, Il est connu que les glucides comprennent divers groupes, à savoir les monosaccharides et leurs dérivés, les oligosaccharides et les polysaccharides de réserve et de construction (Kalac, 2012; Sumathy *et al.*, 2015).

Les valeurs énergétiques des fèves de cacao des deux régions de la Côte d'Ivoire sont de : 568,84±0,81 Kcal "*Theobroma cacao*" Divo ; 578,51 ± 1,24 Kcal "*Mercedes*" Divo et de 623,23±1,94 Kcal "*Mercedes*" Abengourou ; 604,04 ± 1,87 "*Theobroma cacao*" Abengourou.

Les valeurs énergétiques des fèves de cacao sont comparables à celles rapportées par Chartron, (2015) qui est de 500 Kcal/100g pour le chocolat. Cependant il faut remarquer que celle des fèves de "*Mercedes*" de la région de l'Indénié Djuablin (Abengourou) (623,23 Kcal/100g) sont plus énergétiques que celle donnée par Chartron et celle de

"*Theobroma cacao*". Vu la forte valeur calorique des fèves de cacao des variétés "*Mercedes*", cette variété semble potentiellement plus intéressante pour les technologies de formulation des aliments. Ces amandes de fèves de cacao peuvent ainsi être rééquilibrés ou encore complétés les menus trop riches en protéines ou s'intégrer dans les régimes diététiques hypocaloriques (Chapon et al., 2005).

Les fèves de variété "*Mercedes*" sont plus riches en nutriments que les fèves de variété "*Theobroma cacao*". En effet les fèves "*Mercedes*" d'Abengourou ont des proportions plus élevées en matière grasse ($50,31 \pm 2,9\%$) et en énergie ($623,23 \pm 1,94$ Kcal). Les fèves "*Mercedes*" de Divo sont plus riches en fibre ($38,00 \pm 2,00\%$) et en glucide ($38,67 \pm 0,5\%$).

Les amandes des fèves de cacao de variété "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*" des régions de Divo et d'Abengourou se caractérisent ainsi par leur richesse en macroéléments minéraux particulièrement le potassium ($4093,26 \pm 0,41$ "*Theobroma cacao*" Abengourou; $3277,86 \pm 2,90$ "*Mercedes*" Divo) et le magnésium ($7569,97 \pm 1,51$ "*Theobroma cacao*" Abengourou ; $7291,26 \pm 2,76$ "*Mercedes*" Divo), sans négliger le sodium ($4056,73 \pm 1,22$ "*Theobroma cacao*" Abengourou ; $1189,15 \pm 0,27$ "*Mercedes*" Abengourou) et le calcium ($1045,77 \pm 1,61$ "*Mercedes*" Divo ; $767,01 \pm 1,99$ "*Theobroma cacao*" Divo) bien qu'ils aient des teneurs relativement moins importantes.

Des valeurs relativement élevées des macroéléments des fèves de cacao étudiées, ont été rapporté par le National Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2011) pour le chocolat noir contenant 70-85% de masse de cacao qui trouve les proportions de 715 mg/100g de potassium (K), 228 mg/100g de magnésium (Mg), 73 mg/100g de calcium (Ca) et 20 mg/100g de sodium (Na). Les amandes de fèves de cacao de la variété "*Theobroma cacao*" de la région d'Abengourou sont les plus riches en macro-minéraux (Mg: $4093,26 \pm 0,41$ mg/kg ; Na: $4056,73 \pm 1,22$ mg/kg ; K: $7569,97 \pm 1,51$ mg/kg).

Ces macroéléments jouent des rôles très importants dans l'organisme. En effet le potassium est essentiel dans la régulation de l'équilibre osmotique cellulaire et le maintien des potentiels de membranes, il joue de ce fait un rôle très important dans la santé cardiovasculaire pour tonifier les voies biochimiques et vasculaires (Murray et al., 2000).

Le magnésium est un cofacteur important dans de nombreuses réactions du métabolisme cellulaire, de ce fait il catalyse de nombreuses réactions biologiques, telles que la synthèse des protéines, la transmission de l'influx nerveux, les mouvements musculaires, la production énergétique et dans la fixation des os et des dents (Soetan et al., 2010 ; Colombo M.L. et al.2011).

Le calcium intervient dans la contraction musculaire, la transmission de l'influx nerveux et dans la constitution des os et les dents (Soetan et al., 2010).

Le sodium et le potassium forme une pompe qui intervient dans le rétablissement de la perméabilité membranaire. Les amandes de fèves de cacao peuvent donc être conseillées en vue d'assurer un bon équilibre et un bon fonctionnement de l'organisme.

En ce qui concerne la teneur des amandes des fèves en microéléments minéraux, les amandes des fèves de cacao de variété "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*" se caractérisent ainsi par leur richesse en microéléments minéraux particulièrement le fer ($179,9 \pm 0,70$ "*Theobroma cacao*" Divo ; $169,71 \pm 1,03$ "*Mercedes*" Divo), le manganèse ($52,85 \pm 1,36$ "*Theobroma cacao*" Divo ; $36,65 \pm 0,64$ "*Mercedes*" Divo). Ces amandes contiennent aussi du cuivre (Cu) [$26,34 \pm 0,15$ "*Theobroma cacao*" Divo ; $24,48 \pm 1,54$ "*Theobroma cacao*" Abengourou] et du zinc (Zn) ($21,57 \pm 1,09$ "*Mercedes*" Abengourou ; $19,04 \pm 0,43$ "*Theobroma cacao*" Abengourou).

Ces valeurs en microéléments des fèves de cacao étudiées dans les deux régions sont élevées par rapport à celles rapportées par le National Nutrient Database for Standard Reference (USDA, 2011) pour le chocolat noir contenant 70-85% de masse de cacao qui trouve les proportions de 11,90 mg/100g de fer (Fe), de 1,948 mg/100g de manganèse (Mn), de 1,766 mg/100g de cuivre (Cu) et de 3,31 mg/100g de zinc (Zn).

Ces microéléments sont indispensables parce que contribuant au bon fonctionnement de l'organisme par leur implication dans les fonctions physiologiques et métaboliques. En effet le fer contenu dans les échantillons

d'amandes de fèves de cacao étudiés peut être conseillé aux femmes enceintes et aux femmes allaitantes car la quantité obtenue (16 mg/100g) est plus importante que celle contenue dans la viande ou foie de bœuf (3 mg/100g). Cependant le fer non héminique du cacao limite l'absorption intestinale de (5-10%) contre une absorption intestinale plus importante du fer héminique contenu dans les viandes (20-30%). Cette faible absorption des végétaux peut être relevée en présence de l'acide ascorbique (Colombo M.L. *et al.*2011).

Le manganèse est un oligo-élément essentiel qui intervient dans la constitution de nombreux enzymes, essentiel dans le métabolisme des acides aminés, des lipides, des glucides ; participe à la production de l'insuline et à la formation osseuse (Doctissimo, 2017).

Le cuivre est impliqué dans des réactions enzymatiques multiples comprenant la synthèse du collagène et de neurotransmetteur. Un régime pauvre en cuivre peut entraîner des maladies cardio-vasculaires plus tard dans la vie. Le cacao est une bonne source de cuivre (Colombo M.L. *et al.*2011).

Le zinc est le cofacteur de plus de 300 réactions biochimiques de notre organisme. Il intervient également au niveau de la croissance des enfants, chute de cheveux, détoxification hépatique (foie) et dans l'immunité. Le zinc joue également un rôle important pour la fertilité. Chez l'homme, il est important pour la qualité du sperme et chez la femme, il joue un rôle important pour la nidation de l'œuf dans l'utérus (Anonyme 1, 2012).

De plus, selon l'autorité européenne de sécurité des aliments: EFSA (2013), les apports nutritionnels journaliers en oligoéléments sont: le Fer (adulte: 9-15 mg), le manganèse (adulte: 3 mg), le cuivre (adulte: 1,7 mg), le zinc (adulte: 8-13,5 mg) peuvent être apportés par les amandes de cacao de variété "*Mercedes*" et "*Theobroma cacao*".

Les amandes de fèves de cacao de la variété "*Theobroma cacao*" de la région de Divo a un maximum d'apport en micro-minéraux (Fe: 179,9±0,70 mg/kg ; Cu: 26,34±0,15 mg/kg ; Mn: 52,85±1,36 mg/kg). Quant à la variété la "*Mercedes*" de Divo, elle apporte une quantité plus élevée en Ca: 1045,77±1,61 mg/kg et celle d'Abengourou en Zn: 21,57±1,09 mg/kg. Ces amandes peuvent donc être conseillées en vue d'assurer un bon équilibre et un bon fonctionnement de l'organisme.

Conclusion:-

Cette étude a révélé que les échantillons de fèves de cacao analysés sont riches en composés biochimiques, en macro-minéraux (calcium, potassium, sodium, magnésium) et en oligo-minéraux (Fer, cuivre, zinc et manganèse). La provenance et la variété des fèves ont influencé les paramètres physicochimiques et biochimiques. Les fèves de la variété "*Mercedes*" sont plus riches en nutriments (lipides, glucides, fibres, énergie...) et celles des variétés "*Theobroma cacao*" sont plus riches en minéraux (Mg, Na, K, Fe, Mn, Cu). Les fèves de variété "*Mercedes*" doivent être enrichies en minéraux. Les composés biochimiques et les minéraux interagissent bien pour donner aux amandes de fèves de cacao une forte valeur calorique et une capacité anti-oxydante leur permettant de lutter contre le stress oxydatif et les maladies cardiovasculaires. La forte valeur calorique des fèves de cacao des variétés "*Mercedes*" semble potentiellement plus intéressante pour les technologies de formulation des aliments. Ces amandes peuvent donc être conseillées en pharmacologie et en cosmétique en vue d'assurer un bon équilibre et un bon fonctionnement de l'organisme.

Remerciements:

Les auteurs sont reconnaissants envers le Laboratoire de biocatalyse et des Bioprocédés (LBB) de l'Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire) pour l'assistance technique et l'équipement scientifique.

Références Bibliographiques:-

1. Afoakwa, E. O., (2010). Chocolate Science and Technology: mechanism of chocolate flavour formation and development process. Wiley-Blackwell Publishers Oxford UK 3-22.
2. Anonyme 1, 2012.- Influence de l'alimentation sur la fertilité. www.journaldemontreal.com, consulté le 20 avril 2019
3. AOAC (1980). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists Ed, Washington D.C, 1038 p.
4. AOAC (1995). Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists Ed, Washington D.C, p.

5. AOAC (2005). Official methods of analysis (18th ed.), Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, moisture content in plants, 1, 949 application. M.R Mozafari Ed, pp. 83-98
6. Aryee F.N., Oduro I., Ellis W.O. and Afuakwa J.J. (2005). The physicochemical properties of flours samples from the roots of 31 varieties of cassava. *Food Control*, 17: 916-922.
7. Asiedu J. J., 1991.- La transformation des produits agricoles en zone tropicale : Approche et Technologie, Edition Karthala et C.T.A., France et Pays-Bas, 335 p.
8. Atwater W. and Rosa E. 1899.- A new respiratory calorimeter and the conservation of energy in human body. *Phys. Rev.*, 9: 214-251.
9. Bernaert H., Blondeel I., Allegaert L., Lohmueller T., (2011). Industrial Treatment of Cocoa in Chocolate Production: Health Implications. Springer (eds.), *Chocolate and Health*, p 17-31.
10. BIPEA (1976). Recueil de méthodes d'analyses des communautés européennes. BIPEA, Gennevillier, pp. 51-52.
11. Borchers A.T., Keen C.L., Hannum S.M. (2000). Cocoa and chocolate: Composition, bioavailability, and health implications. *J Medicinal Food* 3(2):77-105
12. Butt M. S., Nasir M., Akhtar S. and Sharif K. (2004). Effect of moisture and packaging on the shelf life of wheat flour. *J. Food Safety*, 5: 1-6
13. CCC (2018). Conseil Café-Cacao : Productions, exportations et transformations des fèves de cacao (2005-2009). Programme National d'Investissement Agricole. Abidjan, p 9-10
14. Chapon A., Goutelle M., Rousson C. (2005). La valeur nutritive des champignons. Institut des sciences pharmaceutiques et biologiques. Faculté de pharmacie. Université Claude Bernard, Lyon. Internet.
15. Chartron S. (2005). Interêt nutritionnel du cacao et du chocolat. Colloque Cedus l'Alliance 7 : p 1-7.
16. Colombo M.L. Pinorini-Godly M.T. et Conti A. (2011). Botany and Pharmacognosy of the Cacao Tree. Springer (*Chocolate and Health*) pp.41-62
17. Doctissimo 2017.- Manganèse. www.doctissimo.fr consulté le 19 avril 2019
18. EFSA 2013.- European Food Safety Authority. Scientific Opinion Dietary Reference Values for Fer, Cuivre, Manganèse, zinc. *Parma EFSA journal* pp. 44
19. FAO (1947). Composition des aliments en principes nutritifs calorigènes et calcul des valeurs énergétiques utiles. FAO Ed, Washington DC, 30 p.
20. FAO (1993) Le maïs dans l'alimentation humaine. FAO Ed, Genève, 147 p.
21. Guehi T. S., Y. M. Konan, R. Koffi-Nevry, D. Y. N'dri and N. P. Manizan. (2007). Enumeration and identification of main fungal isolates and evaluation of fermentation's degree of Ivorian raw cocoa beans. *Aust. J. Basic Appl. Sci.*, 1 (4): 479 - 486.
22. Himeda M., Njintang Y. N., Nguimbou R. M., Gaiani C., Facho B., Scher J. and Mbofung C. M. F. (2012). Physicochemical, microstructure, rheological and thermal properties of taro (*Colocassia esculenta*) starch harvested at different maturity stages. *International journal of Biosciences*, 2, 14-27.
23. Kalac P. (2012). Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms. In : "Mushrooms: types, properties and nutrition", S. Andres and N. Bauman, Nova Science Publishers, Inc. 129-152.
24. Lombardo S. Pandino G. and Mauromicale G. (2011). Nutritional and sensory characteristics of early potato cultivars under organic and conventional cultivation systems. *Food chem* 133: 1249-54.
25. Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A. and Rodwell V.W. 2000.- Harper's Biochemistry, 25 th Edition, McGraw-Hill, Health Profession Division, USA, pp. 74-76.
26. Paoletti R., Poli A., Conti A. et Visioli F. (2011). *Chocolate and Health*. Springer ISBN 9788847020375 pp.164 DOI 10.1007/978-88-470-2038-2
27. Pontillon J., 1997.- Cacao et chocolat : production et caractéristiques. Tech & Doc/ Lavoisier. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Paris p.96-115
28. Reiger M. (1989). The apparent pH of the skin. *Cosmet. Toilet.*, 104: 53-54.
29. Soetan K.O., Olaiya C.O. and Oyewole O.E. 2010.- The importance of mineral elements for humans, domestic animal and plants: a review. *Afr. J. Food Sci.*, 4 : 200-222
30. Steinberg F.M., Bearden M.M. et Keen C.L. 2003.- Cocoa and chocolate flavonoids: implications for cardiovascular health. *J Am Diet Assoc* 103(2):215-223
31. Sumathy R., Kumuthakalavalli R., Krishnamoorthy A.S. (2015). Proximate, vitamin, aminoacid and mineral composition of milky mushroom, *Calocybe Indica* (P&C). Var. Apk2 commonly cultivated in Tamilnadu. *Journal of Natural Product and Plant Resources* 5(1): 38-43.
32. USDA (2018). National Nutrient Database for Standard Reference, Release 2018
33. USDA 2011.- National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23, 2010.