



Niveaux de contamination en pesticides organochlorés des noix de *Cola nitida*

Henri Marius Godi BIEGO^{1,2*}, Dominique Kouamé YAO¹, Pierre EZOUA¹,
Olivier Kouame CHATIGRE¹ et Luc Philippe KOUADIO²

¹ Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments, UFR Biosciences, Université de Cocody, 22 BP 582
Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire.

² Département de Santé Publique, d'Hydrologie et de Toxicologie, UFR des Sciences Pharmaceutiques et
Biologiques, Université de Cocody, BP V34 Abidjan, Côte d'Ivoire.

* Auteur correspondant, E-mail: biegoh3@yahoo.fr, Tél./Fax: (225) 22 48 47 47, Mobile: (225) 07 01 88 36

RESUME

L'objectif de cette étude est de déterminer le niveau de contamination en pesticides organochlorés des noix fraîches ou sèches de *Cola nitida* (Sterculiaceae) en Côte d'Ivoire. Ainsi, 108 échantillons de noix de cola fraîches et 27 échantillons de noix sèches ont été collectés dans les 9 plus grands magasins de traitement des noix de cola de la ville d'Anyama en Côte d'Ivoire. Les concentrations en 18 pesticides organochlorés ont été déterminées au chromatographe en phase gazeuse de marque Agilent Technologies 6980N munie de deux détecteurs à capture d'électrons (μ ECD), deux colonnes capillaires (30 m X 0,25 mm X 0,25 μ m) et d'un injecteur automatique. Les résultats révèlent la présence de pesticides organochlorés dans tous les échantillons. Les pesticides les plus retrouvées sont les hexachlorocyclohexanes (alpha, bêta, delta et gamma hexachlorocyclohexane) avec des concentrations comprises entre 2,0 et 237 μ g/kg, l'endosulfane et ses isomères (endosulfane I, endosulfane II et endosulfane sulfate) avec des concentrations de 2,0 à 99,0 μ g/kg et le DDT (dichlorodiphényltrichloroéthane) et ses isomères (DDD et DDE) avec des concentrations de 2,0 à 72,0 μ g/kg. La présence de pesticides organochlorés à des concentrations très variables dans les différents échantillons analysés traduit la nécessité d'organiser la filière cola, entièrement informelle, de sensibiliser les intervenants et les consommateurs sur la toxicité de ces substances. Par ailleurs, il est urgent de mettre en œuvre des moyens plus respectueux de l'environnement et de la santé des consommateurs en ce qui concerne la lutte contre les ravageurs des stocks de noix de cola.

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: noix de cola, pesticides organochlorés, chromatographie en phase gazeuse.

INTRODUCTION

Le colatier (*cola nitida* Vent. Schott et Endl., famille des sterculiacées) est une plante présente en Afrique centrale et subsaharienne où il forme un vaste peuplement naturel dans la zone forestière (Bonsson, 1983). La Côte d'Ivoire est le premier producteur et exportateur mondial, avec environ 100 000 tonnes de noix fraîches par an (CNRA, 2002).

La noix de cola est le premier produit agricole exporté par la Côte d'Ivoire vers les autres pays africains (CNRA, 2002). Elle joue un rôle social important dans les sociétés africaines où elle symbolise le sacré (Hauenstein, 1974). La noix de cola est utilisée dans les rites socioculturels tels que les mariages, les baptêmes, les manifestations d'amitiés, les funérailles, les rituels et les

© 2009 International Formulae Group. All rights reserved.

sacrifices (Olaniran et Egbe, 1979; Tindall, 1998). Elle est également utilisée comme stimulant, favorisant l'endurance physique et psychique des travailleurs manuels (Odebode, 1996; Atawodi et al., 2007) ou encore, comme ingrédients dans la formulation de certains produits pharmaceutiques et boissons énergiques (Egbe et Oladokun, 1987). La noix de cola contient 2 à 3% de caféine, 3,9% de tanin, 10,8% de protéines, 1,6% de lipides, 53% d'hydrates de carbonés et 3,5% de minéraux (Odebode, 1996).

Consommée surtout à l'état frais pour ces nombreux usages, la conservation post-récolte de la noix de cola pose un grave problème pour les acteurs de la filière. En effet, la cola est attaquée par des charançons (*Balanogastriis kolae*, *Paremydica insperata*) (Insecta; Coleoptera), des diptères (*Pterandrus colae*) (Diptera; Tephritidae) et des champignons (*Aspergillus niger*) qui peuvent provoquer 30 à 70% de pertes au cours du stockage (Daramola et Taylor, 1975; Oludemokun, 1979; Dembele et al., 2008).

Pour lutter contre ces ravageurs des stocks, les acteurs de la filière ont souvent recours à différentes méthodes de conservation traditionnelles telles que l'enfouissement des noix dans des termitières et la terre, l'utilisation de feuilles de *Thaumatococcus danielli* (Pedaliaceae), mais surtout à l'utilisation des pesticides appartenant aux familles des organochlorés, organophosphorés et pyréthrinoides (Oludemokun, 1982; Agbeniyi, 1999). La majorité des pesticides organochlorés utilisés est interdite de vente et d'utilisation en Côte d'Ivoire (Fleischer et al., 1998; PNM, 2006). La toxicité des pesticides et leur impact négatif sur l'environnement et la santé humaine est clairement établie. En effet, ces substances lipophiles, pour la plupart, s'accumulent dans des tissus de l'organisme. Chez l'homme, elles seraient responsables des effets dermatologiques, mutagènes, cancérigènes, tératogènes, neurologiques et des troubles hormonaux (Fear et al., 1998; Dewailly, 2000; Nordström, 2000; Vine, 2001).

Par conséquent, nous avons entrepris une étude pour évaluer le niveau des concentrations en pesticides organochlorés retrouvés dans les noix de cola commercialisées par la filière traditionnelle en Côte d'Ivoire.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Entre décembre 2008 et Février 2009, 135 échantillons de noix de cola, de 10 kg chacun, dont 108 frais et 27 secs ont été collectés dans les 9 plus grands magasins (M1 à M9) de la ville d'Anyama à raison de 12 échantillons de noix fraîches et 3 de noix sèches par magasin. La ville d'Anyama est le centre des activités de traitements, de stockage et de commercialisation de la noix de cola en Côte d'Ivoire.

Réactifs et appareillage

L'hexane 95% (SDS) et l'eau désionisée fournis par la société SDS ont été utilisés. Un mélange de solution étalon comprenant 18 pesticides organochlorés (EPA 608 Supelco) à 20 µg/L a été utilisé. Il s'agit de l'aldrine, l'alpha HCH, le beta HCH, le delta HCH, le lindane ou gamma HCH, le dieldrine, l'endosulfane I, l'endosulfane II, l'endosulfane sulfate, l'endrine, l'endrine aldéhyde, l'endrine ketone, l'heptachlore, l'heptachlore époxyde, le DDD, le DDE, le DDT et le métoxychlore. L'appareil utilisé pour l'analyse des échantillons était un chromatographe en phase gazeuse (CPG) de marque Agilent Technologies 6890N, comprenant un injecteur automatique Agilent 7683, deux détecteurs à capture d'électrons (µECD) et deux colonnes capillaires de marque Zebron (ZB-5MS et ZB-1701P; 30 m X 0,25 mm X 0,25 µm). L'appareillage était piloté par un micro-ordinateur muni du logiciel ChemStation plus version 2002. L'injection a été réalisée en mode Splitless et l'Azote N50 a été utilisé comme gaz vecteur. Les conditions opératoires du CPG ont été les suivantes: température de l'injecteur: 250 °C; température des détecteurs: 310 °C; volume injecté: 2 µL.

Extraction des pesticides

L'extraction a été réalisée selon la méthode établie par la Communauté Economique Européenne (2000). Le solvant d'extraction était l'hexane. Une prise d'essai de 500 g de chaque échantillon de noix de cola a été broyée au robot Moulinex. Après homogénéisation, 5 g de broyat ont été introduits dans un tube à centrifuger. 5 mL d'hexane 95% et 15 mL d'eau désionisée ont ensuite été ajoutés et le tube a été agité pendant 10 minutes au Top-Mix 11118 puis centrifugé pendant 10 minutes à une vitesse de rotation de 3500 trs/minute au centrifugeur de marque Dynac. Après centrifugation, 2 mL de surnageant ont été filtrés sur une cartouche contenant 300 mg de florisol (Alltech) puis élué avec 2 mL d'un mélange hexane-dichlorométhane (v/v; 85:15 mL). La solution obtenue a été transférée dans un tube à chromatographie puis concentrée à 1 mL à l'aide d'azote et conservée à 4 °C avant analyse. Trois essais ont été réalisés par échantillon de noix de cola.

Analyse statistique

Les valeurs moyennes et les domaines de variation des concentrations des différents composés organochlorés retrouvés ont été utilisés pour décrire le niveau de contamination des échantillons de noix de cola. La variabilité des teneurs en pesticides organochlorés totaux a été étudiée par une analyse de variance à deux facteurs (magasins de collectes et types de noix) effectuée par la procédure ANOVA utilisant le logiciel SPSS 12 ($P < 0,05$). Les concentrations moyennes totales de pesticides organochlorés calculées respectivement selon les noix fraîches et les noix sèches ont été séparées par la méthode de la plus petite différence significative ($P < 0,05$).

RESULTATS

Les concentrations moyennes en pesticides organochlorés des échantillons de noix fraîches et sèches et leurs domaines de variation sont présentées dans le Tableau 1. Tous les échantillons analysés contiennent des pesticides organochlorés à des concentrations

très variables. Seuls le méthoxychlore et l'endrine ne sont présents dans aucun des échantillons analysés. Les pesticides organochlorés présents en concentrations importantes sont par ordre décroissant: les hexachlorocyclohexanes (α , β , δ et lindane), l'endosulfane et ses isomères et le DDT et ses isomères. En effet, les concentrations en lindane et ses isomères sont comprises entre 2-97 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et 2-237 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivement dans les noix fraîches et sèches. Celles de l'endosulfane et ses isomères sont comprises entre 2-33 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et 2-99 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivement dans les noix fraîches et sèches. Enfin le contenu en DDT et ses isomères des noix fraîches et sèches sont de 2-35 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et 2-72 $\mu\text{g}/\text{kg}$ respectivement. Les hexachlorocyclohexanes sont surtout utilisés dans les magasins M1, M7 et M8; l'endosulfane et ses isomères dans les magasins M2, M3, M4, M5 et M9 et enfin le DDT et ses isomères dans le magasin M6 et M9 (Figures 1 et 2). Les autres pesticides: heptachlore, heptachlore époxyde, endrine aldéhyde, endrine cétone, dieldrine et aldrine sont retrouvés à des concentrations traces comprises entre 2 et 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de noix. L'analyse de variance effectuée sur les teneurs des pesticides organochlorés – hexachlorocyclohexanes et endosulfane et isomères – révèle à travers le test F des différences significatives ($P < 0,05$) entre les types de noix (fraîches ou sèches) et les sites d'échantillonnage (magasins de collecte). Toutefois, aucune différence significative n'a été décelée aussi bien entre les types de noix et les magasins de collecte en ce qui concerne le DDT et ses isomères (Tableau 2).

DISCUSSION

L'analyse des résultats montre que les substances les plus utilisées, pour la conservation des noix de cola avant leur commercialisation, appartiennent aux groupes des HCH (hexachlorocyclohexanes), de l'endosulfane et du DDT. Il existe très peu de données dans la littérature sur l'utilisation de pesticides organochlorés dans la filière cola en

Tableau 1: Concentrations moyennes et domaines de variation des pesticides organochlorés retrouvés dans les noix de cola ($\mu\text{g}/\text{kg}$ de produit).

Types de noix Pesticides organochlorés	Noix fraîches		Noix sèches	
α - HCH	9.6 \pm 7.43	(<2,0-21,5)	23.3 \pm 20.7	(<2,0-54,1)
β - HCH	5.4 \pm 3.3	(<2,0-10,7)	16.5 \pm 17.4	(<2,0-56,0)
δ - HCH	17.9 \pm 20.1	(<2,0-55,3)	36.7 \pm 47.5	(<2,0-149,0)
γ - HCH	31.0 \pm 36.3	(<2,0-97,0)	93.1 \pm 99.8	(<2,0-237,1)
Heptachlore	2.4 \pm 1.2	(<2,0-5,5)	2.2 \pm 0.5	(<2,0-3,5)
Heptachlore époxyde	2.8 \pm 1.6	(<2,0-6,9)	2.2 \pm 0.6	(<2,0-3,9)
Endosulfane I	10.6 \pm 11.1	(<2,0-33,0)	31.2 \pm 31.3	(<2,0-89,0)
Endosulfane II	9.2 \pm 8.8	(<2,0-24,0)	25.9 \pm 27.1	(<2,0-74,9)
Endosulfane sulfate	8.4 \pm 7.6	(<2,0-21,4)	26.9 \pm 32.4	(<2,0-99,1)
DDE	4.2 \pm 5.3	(<2,0-18,0)	12.2 \pm 19.8	(<2,0-62,4)
DDT	6.9 \pm 10.8	(<2,0-35,0)	16.0 \pm 23.6	(<2,0-72,5)
DDD	3.8 \pm 3.4	(<2,0-12,0)	10.7 \pm 13.0	(<2,0-39,9)
Endrine	nd		nd	
Endrine aldéhyde	2.3 \pm 0.5	(<2,0-3,4)	2.3 \pm 0.6	(<2,0-4,0)
Endrine ketone	2.1 \pm 0.3	(<2,0-3,0)	nd	
Aldrine	2.7 \pm 1.0	(<2,0-5,1)	2.5 \pm 0.7	(<2,0-4,0)
Dieldrine	4.6 \pm 4.0	(<2,0-5,0)	2.2 \pm 0.5	(<2,0-3,4)
Métoxychlore	nd		nd	
POC	123.9 ^a		303.9 ^b	

Les concentrations moyennes totales de pesticides organochlorés suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

POC: Concentration moyenne totale de pesticides organochlorés

Les valeurs entre parenthèses représentent les valeurs limites (minima et extrema)

Tableau 2: Analyse de variance à deux variables pour les pesticides organochlorés totaux (POC), HCH , DDT et isomères, endosulfane et isomères (test F significatif si $P < 0,05$).

	POC	HCH	Endosulfane et isomères	DDT et isomères
Types de noix (fraîches ou sèches)	0.0016	0.031	0.011	0.056
Sites d'échantillonnage (magasins de collecte)	0.0073	0.022	0.043	0.081

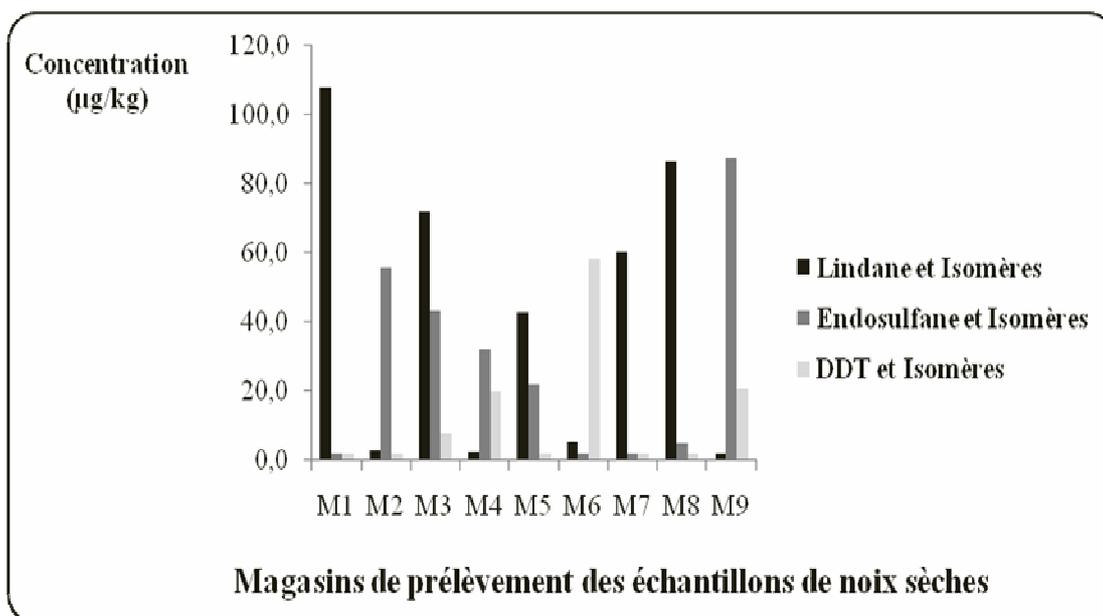


Figure 1: concentrations en pesticides organochlorés retrouvées dans les échantillons de noix sèches en fonction des magasins de prélèvements.

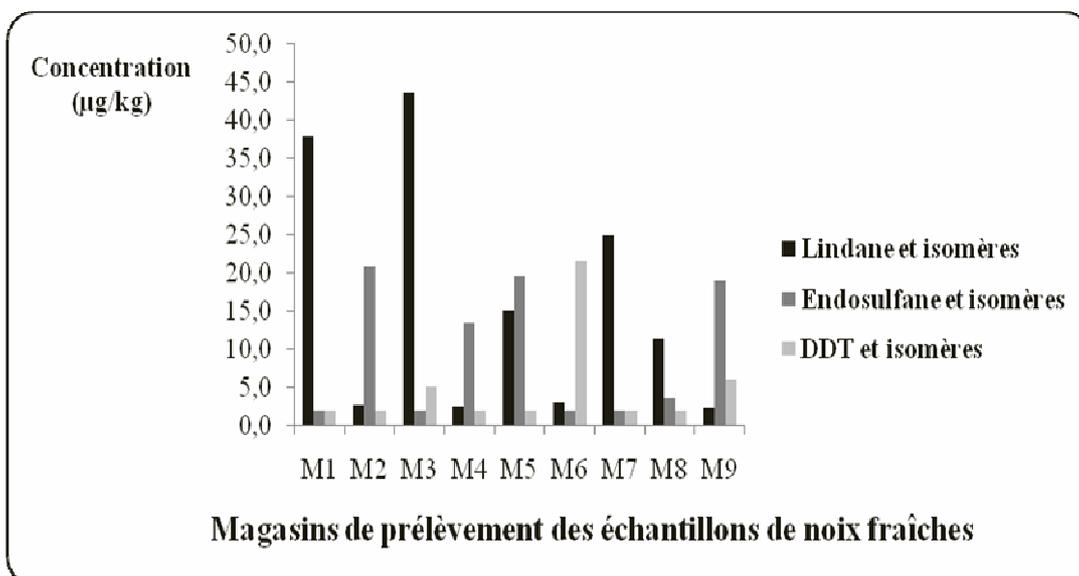


Figure 2: concentrations en pesticides organochlorés retrouvées dans les échantillons de noix fraîches en fonction des magasins de prélèvements.

Côte d'Ivoire. Les données existantes concernent surtout le café, le cacao, le coton, les céréales, la banane et les produits maraîchers. Ces substances sont utilisées non seulement pour augmenter les rendements des cultures mais également pour lutter contre les ravageurs au cours du stockage (Fleischer et al., 1998; Houenou, 2003; Biego et al., 2005, 2009).

L'étude entreprise révèle une certaine spécificité d'utilisation des substances actives en fonction des magasins de prélèvements. En effet, les hexachlorocyclohexanes sont surtout utilisés dans les magasins M1, M3, M5, M7 et M8; l'endosulfane et ses isomères dans le magasin M2 et enfin le DDT et ses isomères dans le magasin M6. Les concentrations de ces pesticides dans les noix sèches collectées dans ces magasins sont plus importantes que celles des noix fraîches. Apparemment, elles auraient fait l'objet de plusieurs traitements avec ces pesticides au cours du stockage. L'acquisition de ces pesticides qui se fait selon des filières d'approvisionnement non autorisées est liée à la disponibilité de ces substances et aux capacités financières des utilisateurs.

Une enquête réalisée sur la gestion de la qualité et la conformité à la réglementation phytosanitaire des produits chimiques utilisés dans la conservation de la noix de cola a révélé l'utilisation de l'endosulfane et du DDT dans la lutte contre les ravageurs des noix de cola avant commercialisation (Dembele et al., 2008). Les conclusions de cette enquête sont conformes aux résultats de notre étude qui, par ailleurs, montrent une utilisation plus fréquente des HCH. Les pesticides retrouvés ne sont pas autorisés pour le traitement des stocks de denrées alimentaires. Leur présence dans les noix de cola au cours de la conservation pose un problème de non respect des normes existantes sur la vente et l'utilisation des produits phytosanitaires ainsi que des accords internationaux signés par la Côte d'Ivoire (Fleischer et al., 1998; Codex Alimentarius, 2005 ; PNM, 2006).

Sur le plan sanitaire, la toxicité de ces substances n'étant plus à démontrer (Daniels et al., 1997; Fear et al., 1998; Dewailly, 2000; Nordström, 2000; Vine, 2001), le personnel des magasins de traitements qui manipulent les pesticides sans aucune précaution, et les consommateurs s'exposent aux graves pathologies liées à la présence de ces pesticides dans les noix. Ces pesticides constituent également une source de pollution de l'environnement (Sosan et al., 2008). Par ailleurs, les échanges internationaux impliquent un contrôle systématique des denrées alimentaires qui garantit leur innocuité. La filière cola doit être organisée pour faire face aux nombreux défis de la mondialisation et de la concurrence sinon, elle ne pourra pas se développer à un moment où les denrées alimentaires stimulantes sont de plus en plus demandées.

Conclusion

Cette étude a révélé la présence de pesticides organochlorés appartenant surtout aux groupes des HCH, du DDT et de l'endosulfane à des concentrations largement supérieures aux limites maximales de résidus de pesticides organochlorés des denrées alimentaires préconisées par le Codex Alimentarius. Ces substances sont interdites dans le traitement de stocks des denrées alimentaires. La filière cola totalement informelle souffre d'un manque d'organisation. Il importe d'insister sur la nécessité de mettre en place, à l'instar des autres filières de denrées agricoles de rente, des procédés de bonnes pratiques agricoles, de traçabilité, de sensibilisation et d'éducation des différents acteurs intervenant dans la filière et surtout, de trouver des procédés moins dangereux pour la lutte contre les ravageurs des noix de cola fraîches au cours de la conservation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Agbeniyi, SO. 1999. Efficacy of Milton solution and wood ash in the control of storage rot of kolanut (*Cola nitida*)

- (Vent.) Schott and Endl. *Niger. J. Tree Crop Res.*, **3**: 67-75.
- Atawodi SE, Pfundstein B, Haubner R, Spiegelhalder B, Bartsch H, Owen RW. 2007. Content of Polyphenolic Compounds in the Nigerian Stimulants *Cola nitida* ssp. *Alba*, *Cola nitida* ssp. *Rubra* A. Chev, and *Cola acuminata* Schott & Endl and Their Antioxidant Capacity. *J. Agric. Food Chem.*, **55**: 9824-9828.
- Biego GH, Oga ASS, Claon JS, Agbo NG, Kouadio LP. 2005. Détermination des résidus de pesticides organochlorés dans les produits maraîchers retrouvés sur les marchés d'Abidjan. *Cah. Santé Publ.*, **4**: 17-25.
- Biego HMG, Coulibaly A, Koffi KM, Chatigre KO, Kouadio KLP. 2009. Niveaux de résidus de pesticides organochlorés dans les produits du cacao en Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **3**: 297-303.
- Bonsson B. 1983. Amélioration de la production des noix de cola en Côte d'Ivoire: principes de sélection. *Café Cacao Thé*, **27**: 283-297.
- CNRA. 2002. Rapport d'activité du Centre National de Recherche Agronomique en 2001. Direction des systèmes d'information, p. 63.
- Codex alimentarius. 2005. Residues in food. Joint FAO/WHO Food standard program. Rome, 61-81.
- CEE. 2000. Quality control procedures for pesticide residue analysis. CEE (Communauté Economique Européenne), Guidelines for residues monitoring in the European Union. Second éd., N°SANCO/3103/2000, 30p.
- Daniels JL, Olshan AF, Savitz DA. 1997. Pesticides and childhood cancers. *Environmental Health Perspectives*, **105**: 1068-1077.
- Daramola AM, Taylor TA. 1975. Studies on the re-infestation of kola in store by kola weevil in Nigeria. *Niger. J. stored Prod. Res.*, **11**: 61-63.
- Dembele A, Traore SK, Kone M, Konate D, Toure AA. 2008. Contrôle chimique de la conservation de la noix de cola: gestion de la qualité et conformité à la réglementation phytosanitaire. *Eur. J. Sci. Res.*, **19**: 568-575.
- Dewailly E. 2000. Susceptibility to Infections and Immune Status in Inuits Infants Exposed to Organochlorines. *Environ. Health Perspect.*, **108**: 205-211.
- Egbe NE, Oladokun MAO. 1987. Factors limiting high yields in kola (*Cola nitida*) production in Nigeria. *Café Cacao Thé*, **32**: 303-310.
- Fear NT, Roman E, Reeves G, Pannet T. 1998. Childhood cancer and paternal employment in agriculture: The role of pesticides. *British Journal of Cancer*, **77**(5): 825.
- Fleischer G, Andoli V, Coulibaly M, Randolph T. 1998. Analyse socio économique de la filière des pesticides en Côte d'Ivoire. Série de Publication du Projet de Politique des Pesticides N° 06/F, Novembre 1998. Institut des Sciences Economiques, Faculté d'Horticulture, Université de Hanovre, p 112.
- Hauenstein A. 1974. La noix de cola. Coutumes et rites de quelques ethnies de Cote d'Ivoire. *Antropos*, **69**: 457-493.
- Houenou PV. 2003. De la Forêt aux Champs en Côte d'Ivoire: améliorer la gestion des ressources, améliorer la santé. Initiative de Programme Ecosystèmes et Santé Humaine. Centre de Recherches pour le Développement International, p. 4.
- Nordström M. 2000. Concentrations of Organochlorines Related to Titers to Epstein-Barr Virus Early Antigen IgG as Risk Factors for Hairy Cell Leukemia. *Environ. Health Perspect.*, **108**: 441-445.
- Odebode AC. 1996. Phenolic compounds in the kola nut *Cola nitida* and *Cola acuminata* (Sterculiaceae) in Africa. *Rev. Biol. Trop.*, **44**: 513-515.
- Olaniran YAO, Egbe NE. 1979. Early results on two selected clones of kola *Cola nitida*

- Vent. Schott and Endl. *Café Cacao Thé*, **23**: 29-34.
- Oludemokun AA. 1982. Processing, storage and utilization of kola nuts, *cola nitida* and *cola acuminata*. *Trop. Sci.*, **24**: 111-117.
- Oludemokun, AA. 1979. A review of cola diseases. *Pans*, **25**: 265-269.
- PNM. 2006. Plan National de mise en œuvre de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. Ministère de l'Environnement, des Eaux et Forêts. République de Côte d'Ivoire, p. 147.
- Sosan MB, Akingbohunge AE, Ojo IAO, Durosinmi MA. 2008. Insecticide residues in the blood serum and domestic water source of cacao farmers in southwestern Nigeria. *Chemosphere*, **72**: 781-784.
- Tindall R. 1998. The culture of Cola: social and economic aspects of a West African domesticate. *Ethnobo. Leaf.*, **2**: 1-3.
- VINE M. F., 2001. Plasma 1,1 Dichloro-2,2-bis (p-chlorophenyl) ethylene (DDE) in Levels and Immune Response. *American Journal of Epidemiology*, **221**: 53-63.