

Evolution Temporelle de l'utilisation des pesticides en agriculture tropicale dans le bassin versant de la Marahoué, Côte d'Ivoire

[Temporal Evolution of the pesticide use in tropical agriculture in the Marahoué watershed, Côte d'Ivoire]

Sylvain Kouakou AKPO¹, Lassina Sandotin COULIBALY¹, Lacina COULIBALY¹, and Issiaka SAVANE²

¹Unité de recherche en Biotechnologie et Ingénierie de l'Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Unité de recherche Géosciences et Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Pesticides used for intensive agricultural production threaten natural resources and human health. The aim of this study is to analyze the use of pesticides in the Marahoué watershed (M W) to identify potential risks of pollution of its water resources, including surface. A collection of data on pesticide use was conducted among agribusiness and support structures. The estimated costs of active ingredients was carried out thereafter. The results show that the most commonly used molecules on the MW is the category of insecticides. The high applied loads have affected the Triazophos (68.9 t) and Profenofos (26.4 t) in 1998, Endosulfan (63.3 t) and Profenofos (23.7 t) in 2000, Endosulfan (6.1 t) and Chlorpyrifos-ethyl (2.7 t) in 2002 and Endosulfan (35.7 t) and Profenofos (19.9 t) in 2005. 40 active ingredients (MA) of agricultural pesticides are applied in the chemical BVM distributed in 22 families. Whatever that year, pesticide family organochlorine and organophosphorus were used in proportion, more than 50% of the total mass applied.

KEYWORDS: Pesticide, Agriculture, Tropical, Watershed, Marahoué, Côte d'Ivoire.

RESUME: Les pesticides utilisés pour la production agricole intensive menacent les ressources naturelles et la santé humaine. L'objectif de la présente étude est d'analyser l'usage des pesticides dans le Bassin Versant de la Marahoué (BVM) afin de cerner les risques potentiels de pollution de ses ressources en eau, notamment celles de surface. Une collecte de données sur l'usage des pesticides a été effectuée auprès des structures agroindustrielles et d'encadrement. L'estimation des charges de matières actives a été réalisée par la suite. Il ressort des résultats que les molécules les plus utilisées sur le BVM sont de la catégorie des insecticides. Les fortes charges appliquées ont concernées le Triazophos (68,9 t) et le Profénofos (26,4 t) en 1998, l'Endosulfan (63,3 t) et le Profénofos (23, 7 t) en 2000, l'Endosulfan (6,1 t) et le Chlorpyrifos-éthyl (2,7 t) en 2002 et l'Endosulfan (35,7 t) et du Profénofos (19,9 t) en 2005. 40 matières actives (MA) de pesticides agricoles sont appliquées dans le BVM réparties dans 22 familles chimiques. Quelque soit l'année considérée, les pesticides de la famille des organochlorés et organophosphorés étaient utilisés en proportion importante, soit plus de 50% de la masse totale appliquée.

MOTS-CLEFS: Pesticide, Agriculture, Tropicale, Bassin versant, Marahoué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'Afrique est confrontée à une série de défis économiques et environnementaux qui concourent à la destruction de son écosystème. Ses populations se trouvent ainsi en face des conséquences souvent mortelles des dérives de leurs activités. Or la dégradation de l'environnement par les activités anthropiques est un sujet très engagé mondialement. Pourtant, les pouvoirs publics dans les pays en développement observent un laisser-aller sur des rejets ponctuels d'eaux usées industrielles ou domestiques pour la protection dans l'environnement. La plupart des ressources en eau de surface notamment en milieu rural, se trouvent confronter à ces pollutions ce qui fait qu'elles présentent des épisodes d'eutrophisations de plus en plus étendues, à cause des apports en nutriments des rejets domestiques et de l'agriculture [1], [2], [3], [4]. Relativement à la pollution agricole, les polluants peuvent entraîner une contamination de la chaîne alimentaire [5], des difficultés en approvisionnement des populations en eau potable et des menaces certaines sur la biodiversité [6], [7]. Ces conséquences sont dues à la rémanence de certains produits agrochimiques ou de leurs produits de dégradations qui par le biais de la bioaccumulation et de la biomagnification s'accumulent dans les tissus des plantes et des animaux [8], [9].

Les pesticides qui sont utilisés pour améliorer les rendements agricoles en luttant contre les mauvaises herbes et les ennemis des cultures [10] présentent pour certains des risques sanitaires [11], [12], [13] avec des effets cancérigènes et endocriniens sur la population humaine. D'ailleurs, la convention sur les polluants organo-persistants (POPs) est une belle illustration de mesure de contrôle de ces produits dans l'environnement. Dans les pays en développement, notamment en Côte d'Ivoire, l'utilisation des pesticides bien qu'étant relativement récente, présente déjà beaucoup d'inquiétudes [14], [15], [16], [17], [18]. En effet, ce pays à économie essentiellement agricole, utilise une importante quantité de pesticides sur ses plantations agricoles, dont la présence de certains d'entre eux a été signalée dans plusieurs forages [19], [20] et une contamination de la population [21].

Le Bassin Versant de la Marahoué (BVM) dans le grand bassin versant du Bandama qui est un espace hautement agricole (plantations de cacao, canne à sucre et coton) n'échappe pas à cette situation de la pollution des ressources en eau par les agrochimiques.

La présente étude a été initiée dans le cadre de l'élaboration d'une politique de gestion durable des ressources en eau dans le Bassin Versant de la Marahoué (BVM). Elle a pour objet d'analyser l'usage des pesticides dans le bassin afin de cerner les risques potentiels de pollution de ses ressources en eau, notamment celles de surface. Plus spécifiquement, il s'agit (i) d'identifier les molécules actives (MA) de pesticides appliquées dans le BVM; (ii) de déterminer l'évolution dans le temps des quantités de ces pesticides; (iv) de déterminer la distribution spatiale des molécules ayant un impact notable sur l'environnement.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Marahoué ou Bandama Rouge prend sa source au Sud-Ouest de la ville de Boundiali, à la latitude de 9°30' N dans la plaine de Kanyéré à environ 720 m d'altitude (Figure 1). Son bassin versant est localisé entre les latitudes 6°40' - 9°30' N et les longitudes 5° - 7°W. Son cours principal est encadré par deux affluents : le Béré à l'Est (affluent majeur de rive gauche) et le Yarani ou Banoroni à l'Ouest (affluent majeur de rive droite). Enfin, elle se jette dans le Bandama blanc au niveau du village de Bonzi. La superficie du bassin est de 24 300 km².

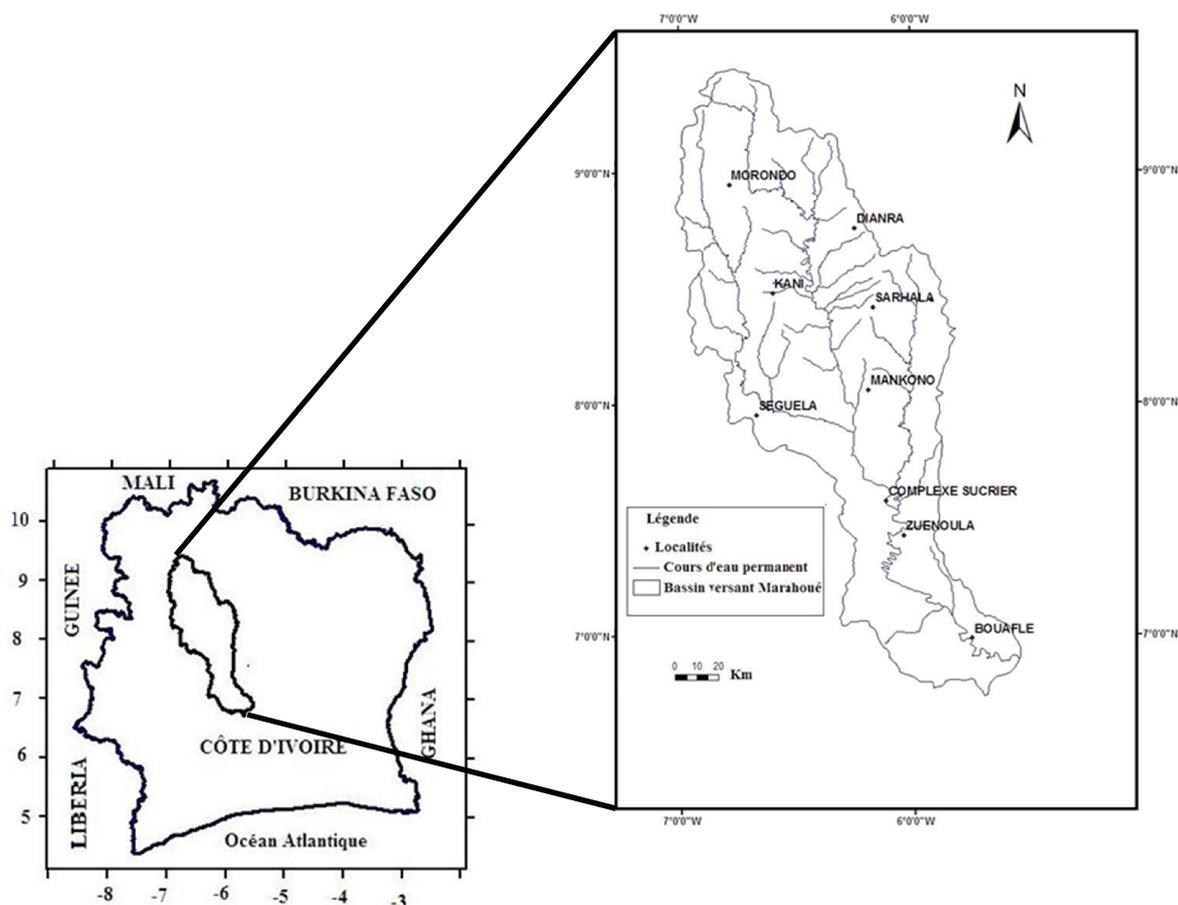


Fig. 1. Situation géographique du bassin versant de la Marahoué (BVM)

3 MATERIELS ET METHODES

3.1 DONNEES

Les données collectées dans la présente étude sont les statistiques des produits agrochimiques ou pesticides et les surfaces sur lesquelles ils ont été emblavés. La démarche de l'élaboration des statistiques des produits phytosanitaires est celle utilisée par [22]. Elle s'est déroulée en trois étapes indiquées 1, 2 et 3 (Figure 2). La première a consisté à la consultation des rapports annuels d'activités de la Compagnie Ivoirienne pour le Développement du textile (CIDT) (1998 à 2005), de l'agroindustriel SUCRIVOIRE (1998 à 2005) et des organisations d'agriculteurs ou de paysans (Groupement à vocation coopérative (GVC) qui ne sont pas sous l'encadrement de la CIDT et SUCRIVOIRE. Une synthèse desdites données a été effectuée afin de ressortir les matières actives de pesticides et de retenir les surfaces sur lesquelles elles ont été effectivement appliquées. La seconde étape a consisté à l'identification, à l'aide du Catalogue phytosanitaire du Ministère de l'Agriculture de Côte d'Ivoire [23], des différentes matières actives (MA) de chaque formulation de pesticides recensés sur le terrain. La troisième étape était le calcul des charges phytosanitaires et les doses de matières actives de pesticides appliquée sur les surfaces.

Le questionnaire portait sur les variables suivantes : la connaissance de la qualité et celle de la quantité des intrants agricoles distribués. Il a été élaboré et adressé aux responsables des coopératives agricoles de certaines localités situées dans le BVM pour renseignement.

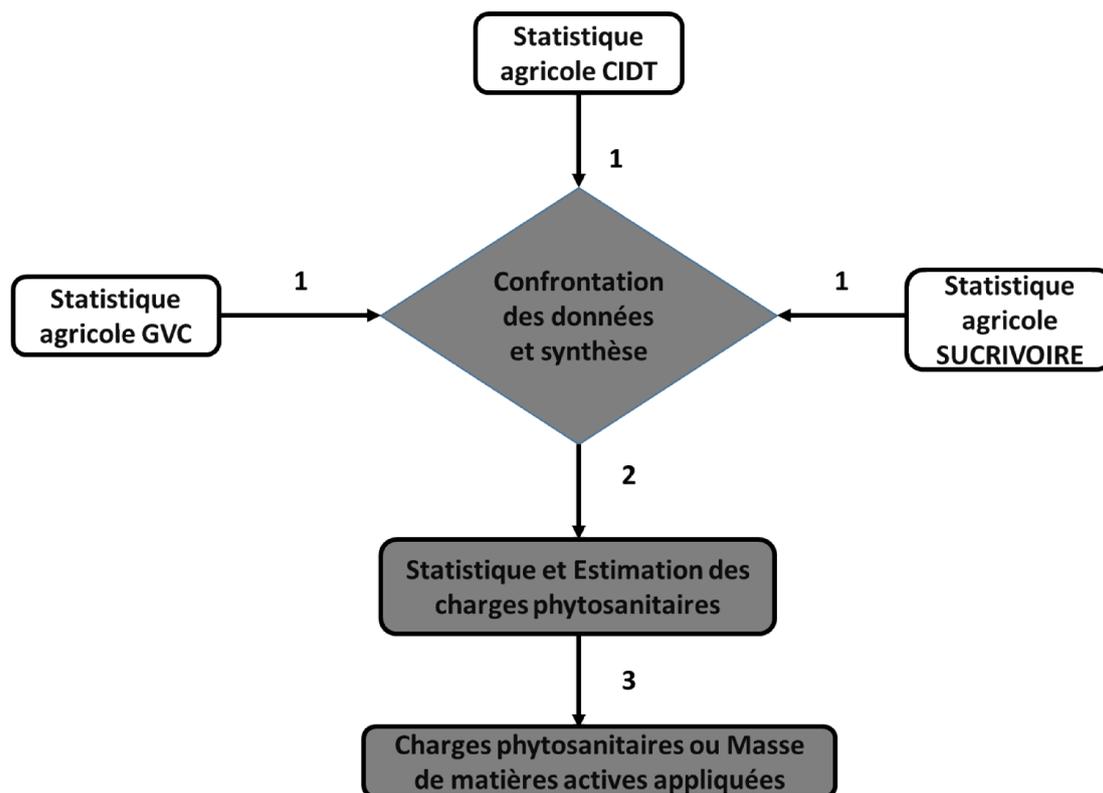


Fig. 2. Schéma d'élaboration de la base de données de l'utilisation des pesticides dans le BVM. 1 : Etape de collecte des données ; 2 : Etape de d'élaboration de la base de données des pesticides ; 3 : Evaluation de la quantité de matières actives appliquées

3.2 ESTIMATION DES CHARGES DE PRODUITS AGROCHIMIQUES

Les formulations de produits agrochimiques (pesticides) relevées sur le terrain auprès de la Compagnie Ivoirienne pour le développement du Textile (CIDT), de l'agroindustriel SUCRIVOIRE et des organisations paysannes (Groupement à Vocation coopérative (GVC)) ont servi à l'estimation des masses des produits agrochimiques appliqués dans le BVM.

3.2.1 ESTIMATION DE LA CHARGE PHYTOSANITAIRE (MATIERES ACTIVES DES PESTICIDES)

Les fiches techniques des produits phytosanitaires ont été utilisées pour prendre en compte les proportions des matières actives dans les produits. Ensuite, la quantité de matière active des pesticides a été estimée selon les équations (1) et (2):

$$QM.a \text{ (g)} = V_{pcom} \cdot C \quad (1)$$

Avec:

QM.a: quantité de matière active (g),
 V_{pcom}: volume de produit commercial effectivement utilisé (L/ha),
 C: concentration de matière active contenue dans le produit (g/L).

$$QM.a \text{ (g)} = D \cdot S \cdot C \quad (2)$$

Avec:

D: dose du produit appliqué, exprimée en litre/ha ou en kg/ha
 S: surface sur laquelle le produit est appliqué et exprimée en ha
 C: concentration de la matière active contenue dans le produit, exprimée en g/litre ou en g/kg.

3.2.2 ESTIMATION DE LA CHARGE SPECIFIQUE APPLIQUEE PAR MATIERE ACTIVE DE PESTICIDES

La charge spécifique appliquée représente l'intensité des matières actives effectivement appliquée sur une surface emblavée selon la formule suivante:

$$D M.a (g.ha^{-1}) = \frac{QM.a}{S} \quad (3)$$

Avec:

D M.a: Dose appliquée par unité de surface exprimée en g par ha

QM.a: Quantité de matières actives appliquée en g

S: surface emblavée en ha

4 RESULTATS ET DISCUSSION

4.1 RESULTATS

4.1.1 CHARGE PHYTOSANITAIRE TOTALE DU BVM

4.1.1.1 CHARGE PHYTOSANITAIRE TOTALE SUPERIEURE A 500 KG

La figure 3 montre l'évolution de la charge totale de matière active épanchée sur le BVM supérieure à 500 kg de 1998 à 2005. En 1998 (Figure 3A), les molécules les plus utilisées dans cette catégorie sont les insecticides. Les charges des molécules les plus élevées appliquées concernaient le Triazophos (68,9 t) et le Profénofos (26,4 t). En revanche, les plus faiblement appliquées sont composées du Diuron (0,9 t) et de l'Atrazine (0,9 t) qui appartiennent aux herbicides. Cependant, en 2000 (Figure 3B), le profil de matières actives appliquées dont les charges étaient supérieures à 500 kg se composait d'insecticides. Mais cette fois, c'étaient l'Endosulfan (63,3 t) et le Profénofos (23,7 t) qui avaient les charges les plus élevées. Tandis que l'insecticide Deltaméthrine (0,6 t) et l'herbicide 2,4-D sel d'amine (0,7 t) constituaient les deux molécules qui étaient faiblement appliquées dans le BVM.

Concernant les matières actives appliquées en 2002 (Figure 3C) dont les charges étaient supérieures à 500 kg, ce sont encore deux insecticides composés de l'Endosulfan avec 6,1 t et le Chlorpyrifos-éthyl (2,7 t). En revanche, le Diuron (0,8 t) et le 2,4-D sel d'amine (0,8 t) qui sont des herbicides, constituaient les molécules faiblement appliquées.

Enfin, en 2005 (Figure 3D) comme les autres périodes analysées, ce sont encore deux insecticides composés de l'Endosulfan (35,7 t) et du Profénofos (19,9 t) qui étaient intensément appliqués. A contrario, les herbicides Prométhryne (0,6 t) et Fluométuron (0,7 t) étaient les plus faiblement appliqués.

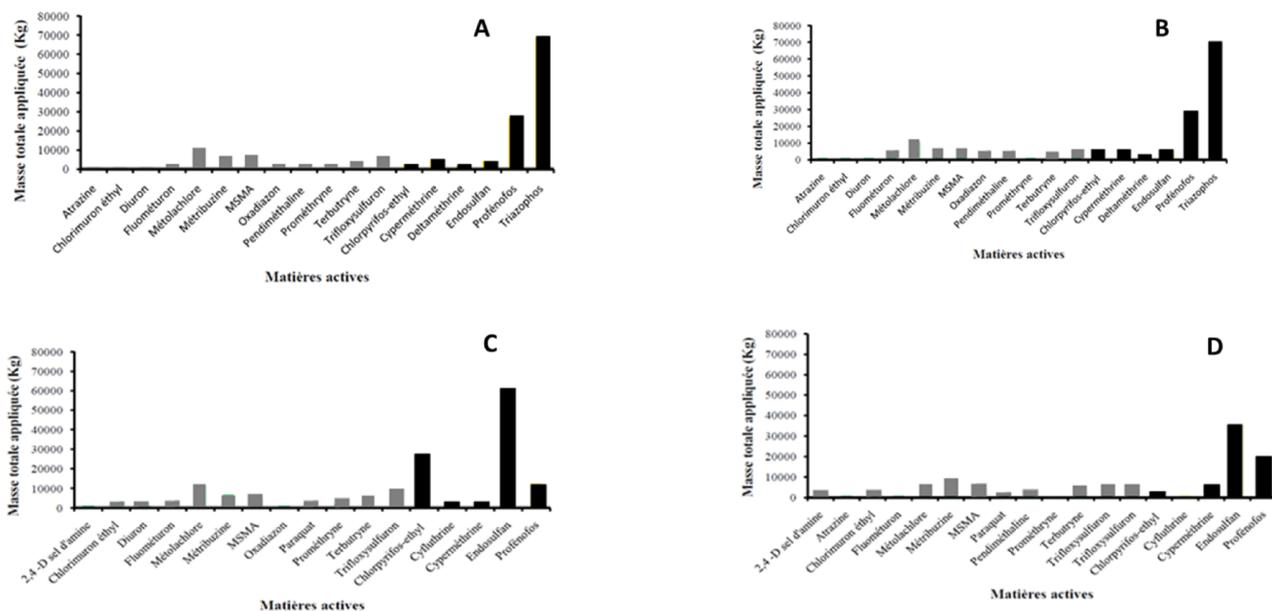


Fig. 3. **Matières actives appliquées sur le BVM dont la masse totale est supérieure à 500 Kg en 1998 (A), en 2000 (B), en 2002 (C) et 2005 (D).**

4.1.1.2 CHARGE PHYTOSANITAIRE TOTALE INFÉRIEURE A 500 KG

L'évolution de la charge totale de matières actives appliquée inférieure à 500 kg est présentée par la figure 4. On peut constater qu'en 1998 (Figure 4A), l'insecticide Cyfluthrine (255,6 kg) et l'herbicide Halosulfuron-Méthyl (241,88 kg) constituaient les molécules fortement appliquées. En revanche, les herbicides Cyanazine (5 kg) et Aclonifène (11,3 kg) étaient les plus faiblement appliquées. Relativement à l'année 2000 (Figure 4B), le Diuron (350,3 kg) et l'Améthryne (159,1 kg) appartenant au groupe des herbicides étaient les molécules les plus appliquées dont les charges totales les plus élevées étaient inférieures à 500 kg. Cependant, les molécules faiblement appliquées en 2000 concernaient les herbicides Alachlore (2,4 kg) et Cyanazine (6,8 kg). Par contre, en 2002 (Figure 4C), ce sont les herbicides Atrazine (439,5 Kg), Haloxypol-R (374,8 kg) et Glyphosate (340,9 kg) qui étaient les plus appliqués. Mais, le Clomazone (7,6 kg) et le Fluazifop-p-Butyl (12,8 kg) appartenant aussi au groupe des herbicides composaient les deux molécules les plus faiblement appliquées. Enfin, en 2005 (Figure 4D), les herbicides Glyphosate (365 kg) et Sulfosate (324 kg) étaient les deux molécules les plus appliquées dans le BVM dans la catégorie des pesticides appliqués avec des charges inférieures à 500 kg. En revanche, les herbicides Fluazifop-p-Butyl (13,1 kg) et Alachlore (21,6 Kg) étaient les plus faiblement appliqués.

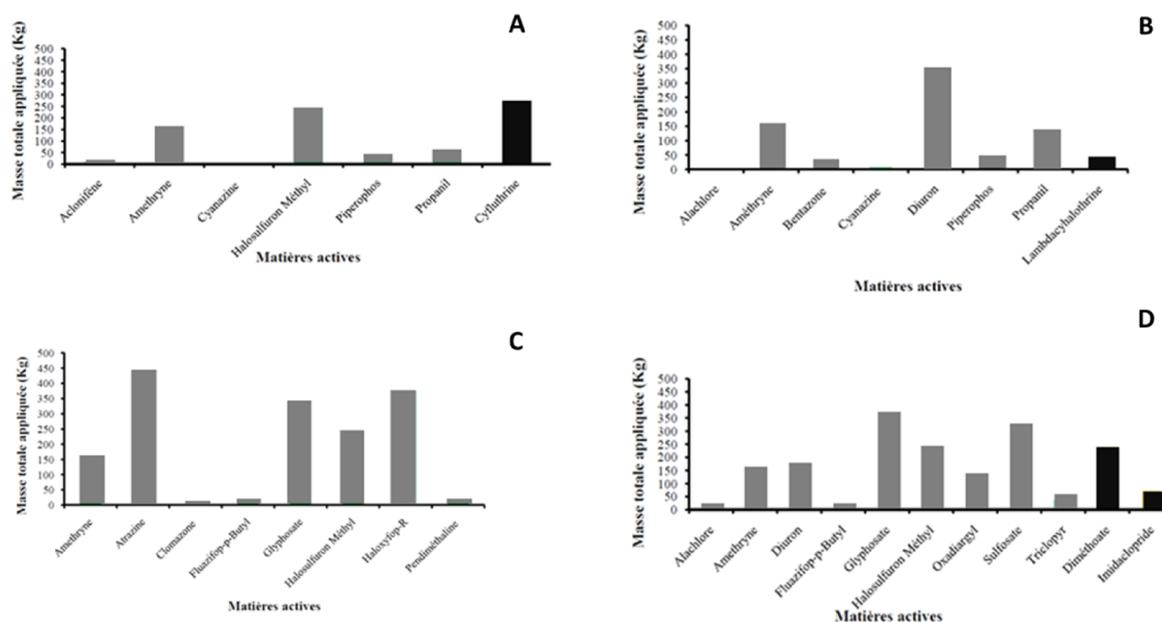


Fig. 4. *Matières actives appliquées dont la masse totale est inférieure à 500 kg en 1998 (A), en 2000 (B), en 2002 (C) et 2005 (D)*

4.1.1.3 CHARGE PHYTOSANITAIRE SPECIFIQUE APPLIQUEE PAR MATIERE ACTIVE

La figure 5 présente la charge appliquée sur les surfaces culturales. On remarque qu'en 1998 (Figure 5A), les plus fortes charges spécifiques, dépassant le kilogramme par hectare, concernaient le Pendiméthaline ($1,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), la Métribuzine ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Trifloxysulfuron ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le MSMA ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Aclonifène ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et le Diuron ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). En revanche, les molécules dont les charges appliquées étaient inférieures à $100 \text{ g}/\text{ha}$ se composaient de Cyfluthrine ($26,1 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Améthryne ($36,83 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Deltaméthrine ($38,58 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Halosulfuron-Méthyl ($56 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) et la Cyperméthrine ($81 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$). Relativement à l'année 2000 (Figure 5B), les matières actives épandues à de fortes charges étaient la Métribuzine ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Trifloxysulfuron ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le MSMA ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le 2,4-D sel d'amine ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Métolachlore ($1,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Alachlore ($1,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Propanil ($1,12 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et l'Endosulfan ($1,06 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). A contrario, le Deltaméthrine ($30,1 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Lambdacyhalothrine ($32,6 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Améthryne ($36,8 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Halosulfuron-Méthyl ($56 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), la Cyperméthrine ($73,1 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) et la Cyfluthrine ($77,5 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) composaient l'ensemble des matières actives dont la charge appliquée était inférieure à $100 \text{ g}/\text{ha}$. En considérant l'année 2002 (Figure 5C), les plus fortes charges de matières actives épandues concernaient le 2,4-D sel d'amine ($1,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), la Métribuzine ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Trifloxysulfuron ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le MSMA ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Métolachlore ($1,1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Endosulfan ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et le Glyphosate ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Par contre, pour cette année, l'Améthryne ($36,8 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), la Cyfluthrine ($44,1 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Halosulfuron -Méthyl ($56 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) et la Cyperméthrine ($94,9 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaient les plus faibles charges épandues. Quant à l'année 2005 (Figure 5D), les plus fortes charges de matières actives appliquées étaient représentées par la Métribuzine ($1,54 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Trifloxysulfuron ($1,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), le MSMA ($1,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) et le Sulfosate ($1,2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). En revanche, la Cyfluthrine ($26,9 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Améthryne ($36,8 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), l'Halosulfuron-méthyl ($56 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), la Cyperméthrine ($61,3 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Chlorpyrifos-éthyl ($71,3 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$), le Diuron ($76 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) et le Paraquat ($93,5 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$) avaient les charges appliquées les plus faibles en 2005.

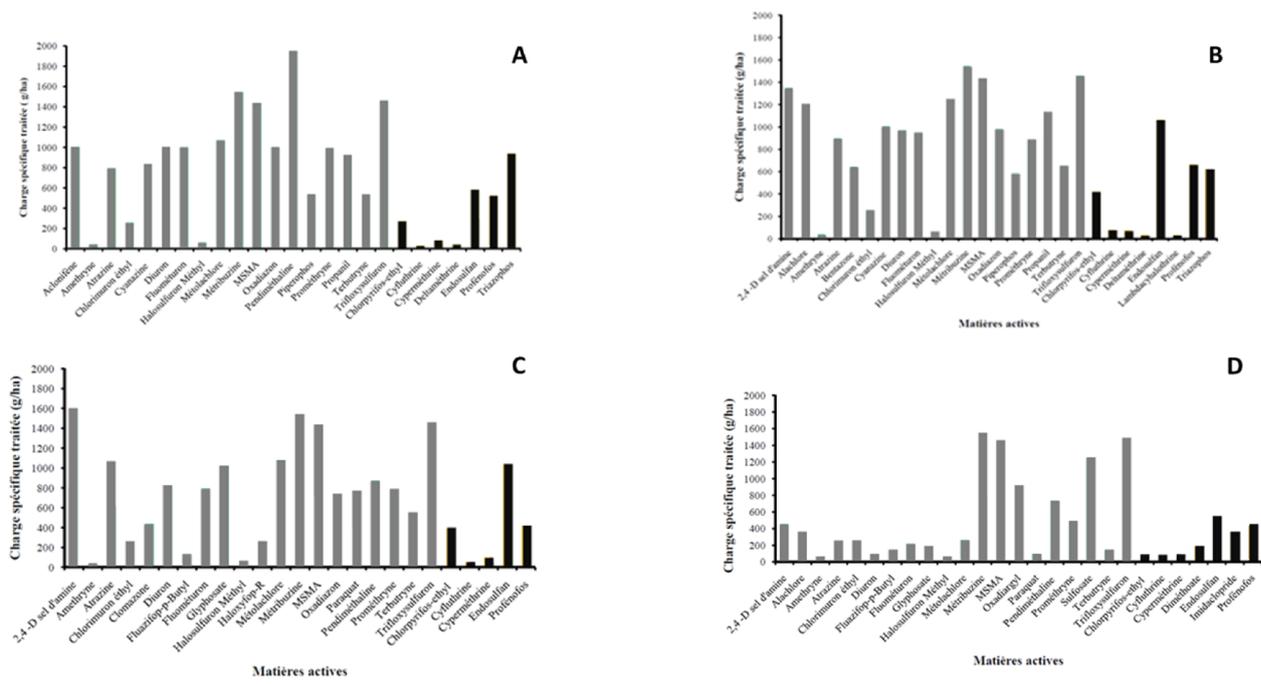


Fig. 5. Charge phytosanitaire par hectare traité et par matière active épanchée sur le BVM en 1998 (A), en 2000 (B), en 2002 (C) et 2005 (D).

4.1.2 EVOLUTION DES FAMILLES CHIMIQUES DE PESTICIDES APPLIQUES DANS LE BVM

La figure 6 montre les principales familles chimiques constitutives de la charge phytosanitaire du BVM. On peut noter qu'en 1998 (Figure 6A) quatorze (14) familles chimiques intervenaient dans la composition de la charge phytosanitaire du BVM. Quatre (4) d'entre elles contribuaient massivement (environ 81%) dont la famille des Organophosphorés avec environ 98 t, celle des Chloroacetanilides avec 10,7 t; la famille des Sulfonylurées avec 7,4 t et les Pyréthréinoïdes de Synthèse, soit respectivement 64, 7 et 5% de la masse totale des pesticides appliqués dans le BVM. Par contre en 2000 (Figure 6B), la charge phytosanitaire était majoritairement constituée d'Organochloré avec 63,4 t; d'Organophosphoré avec 51,3 t; de Chloroacetanilide avec 16,2 t et de Triazine avec 8 561,7 kg, soit respectivement 37, 30, 9 et 5% de la masse totale de produits phytosanitaires appliqués dans le BVM. Pour cette année, ce sont quatorze (14) familles chimiques qui composaient la charge phytosanitaire du BVM. On peut remarquer qu'en 2002 (Figure 6C) sur dix sept (17) familles chimiques utilisées, les quatre (4) premières familles représentaient plus de la moitié de la charge appliquée. Il s'agit des familles des Organochlorés avec 61,1 t; des Organophosphorés avec 39,5 t; la famille des Phénylurées avec 37,4 t et celle des Chloroacetanilides avec 11,7 t; soit respectivement 32, 21, 20 et 6% de la masse totale de pesticides appliqués.

Enfin en 2005 (Figure 6D), dix huit (18) familles chimiques constituaient la charge phytosanitaire du BVM. Pour cette année, ce sont quatre (4) familles qui représentaient aussi plus de la moitié de cette charge. Ce sont les familles des organochlorés avec 35 681,8 kg, des organophosphorés avec 22 544 kg, des sulfonylurées avec 7 382,4 kg et des triazinones avec 6 658,7 kg, soit respectivement 35, 22 et 7% de la masse totale de pesticides appliqués dans le BVM. On peut aussi remarquer que de 1998 à 2005, l'application des organochlorés a connu une augmentation de 3% à plus de 30%. En revanche, celle des organophosphorés a connu une régression de 64% à 22% de 1998 à 2005.

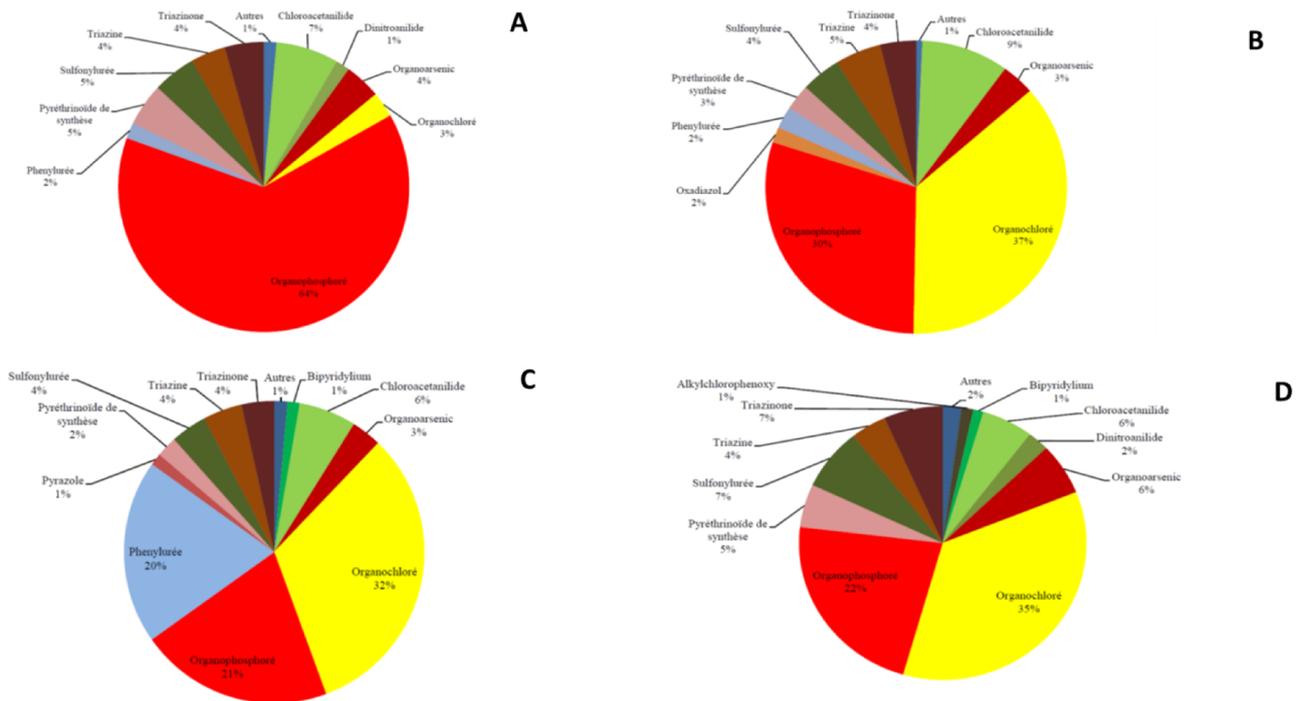


Fig. 6. Principales familles chimiques constituant la charge phytosanitaire du BVM en 1998 (A), en 2000 (B), 2002 (C) et 2005 (D).

4.2 DISCUSSION

Le bilan phytosanitaire du BVM dans le temps a montré une application annuelle de masses importantes de pesticides dans ledit bassin versant. Par ailleurs, les matières actives les plus épanchées se composent de Triazophos, Profénofos, Endosulfan et du Chlorpyrifos-éthyl. Aussi il faut relever que ces molécules appartiennent toutes au champ d'activité insecticide. Ce résultat s'explique par le fait que ces molécules sont utilisées sur les cotonniers au stade végétatif pour lutter contre les chenilles exocarpiques (*Hélicoverpa armigera* et *Earias*) [24] dès la floraison et contre *Aleurode B. tabaci* au stade fructifère [25]. Par ailleurs, des molécules telles que Diuron, Atrazine, 2,4-D sel d'amine, Prométhryne et Fluométuron du groupe des herbicides étaient aussi épanchées de façon importante. Ceci est dû au fait qu'elles sont utilisées en association dans divers formulations commerciales et appliquées comme herbicides totaux sur les parcelles de cotonniers, de canne à sucre ainsi que sur les riz. Les matières actives épanchées aux plus fortes charges spécifiques (c'est-à-dire supérieures à 1 kg.ha⁻¹ traité), sur la période 1998-2005 se composaient: 2,4-D sel d'amine, Aclonifène, Alachlore, Diuron, Glyphosate, Métolachlore, Métribuzine, MSMA, Pendiméthaline, Propanil, Sulfosate et Trifloxysulfuron qui sont tous des herbicides, puis l'Endosulfan qui est un insecticide. La présence de ces molécules résulte de leur utilisation abondante par les paysans pour le désherbage. En effet, la lutte contre les adventices constitue le travail le plus lourd pour les paysans, en culture de coton par exemple qui est très représentée dans le BVM. L'utilisation de l'Endosulfan, à cette charge spécifique s'explique par le fait qu'elle soit abondamment utilisée pour lutter contre *H. armigera* qui est un ravageur du cotonnier. L'utilisation de certaines matières actives comme Améthryne, Deltaméthrine, Chlorpyrifos-éthyl, Cyfluthrine, Cyperméthrine, Halosulfuron-méthyl, Paraquat à faible charge spécifique (inférieur à 100 g.ha⁻¹) s'expliquerait par le fait de leur utilisation en complément de traitement à l'Endosulfan pour certaines ou pour d'autres à leur faible proportion dans des formulations commerciales. Aussi la diversité des masses appliquées de certaines matières actives pourrait-elle être justifiée par les modes de leur application. [26] faisaient observer que la forte ou la faible charge spécifique des pesticides en milieu rural est le corollaire de l'inadéquation entre les pratiques paysannes et l'encadrement technique.

Les résultats de l'identification des pesticides ont montré que les matières actives appartiennent à divers familles chimiques. Il faut noter que 40 matières actives ont été recensées sur la zone d'étude et celles-ci appartenaient à 22 familles chimiques. Ces matières actives sont du groupe des herbicides ou de celui des insecticides. La présence de plusieurs matières actives d'herbicide ou d'insecticide met en évidence la grande variabilité de leur propriété et de la diversité des cibles à traiter [27], [28]. Quelque soit l'année considérée, les résultats ont montré que les pesticides de la famille des organochlorés et organophosphorés étaient utilisés en proportion importante, plus de 50% de la masse totale appliquée. Par exemple, la

proportion de MA de la famille des organochlorés, pour les années 2000, 2002 et 2005, est demeurée supérieure à 32% de la masse totale de pesticide appliquée. En revanche, pour les pesticides de la famille des organophosphorés, ceux-ci ont exceptionnellement été utilisés en proportion plus importante (64%) en 1998. Au-delà de cette année, les masses de cette famille chimique utilisées se plaçaient en seconde position après celles des organochlorés. La forte proportion des organophosphorés appliqués en 1998 dans le BVM s'explique par le fait que le degré d'infestation des parcelles de coton à cette période n'exigeait pas l'usage d'une masse importante d'organochlorés. Par ailleurs, Il faut noter qu'en Côte d'Ivoire, la plupart des formulations de pesticides homologuées pour usage sur le cotonnier est constituée d'organophosphorés et de pyréthrinoïdes de synthèse [29], [23]. Les résultats de 2000 à 2005 avec une forte proportion d'utilisation d'organochlorés et une baisse progressive de proportion d'organophosphorés s'explique par une perte de sensibilité de *Heliothis* aux pyréthrinoïdes qui aurait été provoquée par l'utilisation des associations de pyréthrinoïdes avec les organophosphorés [30]. C'est pour lutter contre cette résistance que la CIDT avait engagé un programme de lutte avec l'usage intense et systématique de l'Endosulfan. Quant aux autres familles chimiques rencontrées en faible proportion, elles sont toutes des herbicides. Ce résultat pourrait s'expliquer par la lutte contre les adventices qui ne nécessite pas de fortes doses de ces MA. Relativement à l'épandage des pesticides sur le territoire du BVM, les MA régulièrement épandues sur le BVM (Endosulfan: organochloré, Chlorpyrifos-éthyl: organophosphoré, Cyperméthrine: pyréthrinoïde de synthèse) sont abondamment utilisées dans les localités de Marandala et de Mankono. Cette forte application de ces MA dans ces localités s'expliquent par le traitement des grandes surfaces de coton qui existent dans lesdites localités [31]. Par ailleurs, les MA identifiées présentent des risques élevés de contamination des ressources en eau dans ces localités. En effet, divers travaux dans le monde ont montré que les MA identifiées dans les localités du BVM avaient une forte toxicité et pourraient intégrer les ressources en eau [32], [33], [34], [17].

5 CONCLUSION

La dynamique temporelle de l'utilisation des pesticides indique que le BVM reçoit une application annuelle de fortes charges de ces produits. Ils se composent d'insecticides et d'herbicides. En somme, 40 MA de pesticides agricoles sont appliquées dans le BVM réparties dans 22 familles chimiques. Les résultats ont également montré que les pesticides de la famille des organochlorés et organophosphorés étaient utilisés en proportion importante, soit plus de 50% de la masse totale appliquée. Parmi ces MA, on a identifié la présence de molécules interdites telles que le Paraquat, l'Endosulfan et l'Atrazine. Par ailleurs, certaines molécules appliquées dans le bassin sont rémanentes et présentent un risque potentiel de pollution de l'environnement, d'où l'urgence de contrôler leur application sur les cultures.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements vont à l'endroit du Directeur Général de la CIDT (2006-2008) et tous ses collaborateurs Directeurs régionaux, Chefs de zone et Agents d'encadrement, pour leur contribution dans la réalisation des travaux de terrain.

REFERENCES

- [1] S.-O Ryding., W. Rast , Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs. *Collection Sciences de l'environnement* 9ème Edition UNESCO. 294p, 1994.
- [2] H.M.G Van der Werf, "Assessing the impact of pesticides on the environment". *Agri. Ecosyst. Environ.*, Vol.60, pp. 81-96, 1996.
- [3] M. De Wit. and G. Bendoricchio, "Nutrient fluxes in the Po basin". *Sci. Total Environ.*, vol. 273, pp. 147-161, 2001.
- [4] P.A.G.M Scheren., C Kroeze., F.J.J.G Janssen., L Hordijk. and K.J. Ptasinski, "Integrated Water pollution assessment of the Ebrié Lagoon, Ivory Coast", *West Africa. J. Marine Syst.*, vol. 44, pp 1-17, 2004.
- [5] F. Colin, Approche spatiale de la pollution chronique des eaux de surface par les produits phytosanitaires : cas de l'atrazine dans le bassin du Sousson (Gers, France). Thèse de Doctorat CEMAGREF. Montpellier, France. 255p, 2000.
- [6] C. Déjoux, La pollution des eaux continentales africaines – Expériences acquises, situation actuelle et perspectives. ORSTOM. 229 p, 1988.
- [7] F. Laurent and D. Ruelland, "Pollutions agricoles: enjeux d'une identification des risques à l'échelle de bassins versants". *ESO*, vol. 22, pp 51-60, 2004.
- [8] F. Ramade, Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson, Paris. 299 p, 1992.
- [9] A. Rerat, Production alimentaire mondiale et environnement. Notre avenir en jeu. Editions TEC & DOC-Lavoisier, Paris. 189 p, 1994.

- [10] G.C López-Pe´rez., M. Arias-Este´vez, E. Lo´pez-Periago, B. Soto-Gonza´lez, B. Cancho-Grande and J. Simal-Ga´ndara, "Dynamics of pesticides in potato crops". *J. Agric. Food Chem.* Vol. 54 n° 5, pp 1797–1803, 2006.
- [11] Leonard R.A. (1990) Movement of pesticides into surface waters. In: H.H. Cheng, (Ed.), *Pesticides in the Soil Environment: Processes, Impacts and Modeling*. Soil Sci. Soc. Am., Madison, WI, pp. 303-349, 1990.
- [12] C. J. Halsall "Investigating the occurrence of persistent organic pollutants (POPs) in the arctic: their atmospheric behaviour and interaction with the seasonal snow pack". *Environ. Poll.*, vol. 128, n° 1-2, pp 163-175, 2004.
- [13] M. Sanborn, D. Cole, K. Kerr, C. Vakil, L.H. Sanin & K. Bassil (2004) *Pesticides literature Review*. Ontario College of Family Physicians. 186 p.
- [14] R.C. Nebié, T. R. Yaméogo and S.I.B. F. Sié "Résidus de pesticides dans quelques produits alimentaires de grande consommation au Burkina Faso". *Bul. Info. SOACHIM.*, vol 4, pp 68-78, 2002.
- [15] A.M Toé., M.L Kinane, S. Koné and E. Sanfo- Boyarm "Le non respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticides en culture cotonniere au Burkina Faso: quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement". *Rev. Afr. Sant. Prod. Animal*, vol. 2, pp 275-278, 2004.
- [16] I. Cissé, A. A. Tandia, S.T. Fall and H. S. Diop El. (2003) "Usage des pesticides incontrôlés en agriculture périurbaine: cas de la zone des Niayes au Sénégal". *Cah. Agri.*, vol. 12, pp 181-186, 2003.
- [17] K. H. Tapsoba and Y. Bonzi-Coulibaly, "Production cotonnière et pollution des eaux par les pesticides au Burkina Faso". *J. SOACHIM*, vol. 21, pp 87-93, 2006.
- [18] S. K. Traoré, M. Koné, A. Dembelé, P. Lafrance and P. Houenou, "Etude comparative du niveau de résidus de pesticides organochlorés chez trois espèces de poissons du lac de Buyo (sud-ouest de la Côte d'Ivoire) et estimation du potentiel de risques pour la santé humaine". *J. SOACHIM.*, vol. 16, pp 137-152, 2003.
- [19] M. Babut *Eaux d'alimentation en zone rurale ivoirienne: Approche de la qualité chimique (éléments toxiques et indésirables) et de la vulnérabilité des aquifères*. Thèse de Doctorat en pharmacie, Université de Lille II. Lille, France, 182 p, 1984.
- [20] S. K. Traoré, K. Mamadou, A. Dembélé., P. Lafrance, P. Mazellier and P. Houénou, "Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte d'Ivoire (centre, sud et sud ouest)". *J. SOACHIM.*, vol. 1, pp 1-9, 2006.
- [21] K. S. Traoré, A. Dembélé, K. Mamadou, V. Mambo, P. Lafrance, Y. A. Bekro and P.V. Houénou, "Contrôle des pesticides organochlorés dans le lait et produits laitiers : Bioaccumulation et risques d'exposition". *Afr. Sci.*, vol. 04, n°1, pp 87-98, 2008.
- [22] L. Coulibaly, S. Coulibaly, B. Kamagaté, N. Sékongo, I. Savané, G. Gourène, "Distribution des Pesticides D'origine Agricole et Évaluation de la Vulnérabilité des Ressources en Eaux Dans un Bassin Versant Transfrontalier: Cas du Comoé, Côte d'Ivoire". *Eur. J. Sci. Res.*, vol.76, n° 4, pp 601-613, 2012.
- [23] B. B. Kouablé, F. Akamou and E. Coulibaly, *Catalogue phytosanitaire de Côte d'Ivoire*. 44p, 2004.
- [24] A. E. Yehouenou-Pazou, M. Boko, C.A.M Van Gestel., H. Ahissou, S. Akpona, B. Van Hattum, K. Swart and N.M. van Straalen (2006) "Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in the Ouémé River catchment in the Republic of Bénin". *Environ. Int.*, vol. 32, pp 616-623, 2006.
- [25] O.G. Ochou., T. Martin and N. F. Hala, *Rapport d'activités: Gestion intégrée des populations d'arthropodes dans un système de culture à base de coton en Côte d'Ivoire, campagne 1998-1999*. CNRA/CIRAD, 19 p, 1999.
- [26] A.P.K Gomgnimbou., W. P Savadogo., J. A. Nianogo and J. Millogo-Rasolodimby, "Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical: diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'Est du Burkina Fasso". *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, vol. 13, n°4, pp 499-507, 2009.
- [27] Y. Fushiwaki and K. Urano (2001) "Adsorption of pesticides and their biodegraded products on clay minerals and soils". *J. Health Sci.*, vol. 47, n°4, pp 429-432, 2001.
- [28] A. Claver, P. Ormad., L. Rodrí´guez and J. L. Ovelleiro (2006) "Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain)". *Chemosphere*, vol. 64, pp 1437-1443, 2006.
- [29] MINAGRA: Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, *Index Phytosanitaire de Côte d'Ivoire*. Première édition, 354 p, 2000.
- [30] G. Fleischer, V. Andoli, M. Coulibaly and T. Randolph, *Analyse socio-économique de la filière des pesticides en Côte d'Ivoire*. Direction de la protection des végétaux et de la qualité. Ministère de l'agriculture et des ressources animales de la Côte d'Ivoire. Hanovre/Abidjan, Série de publication n° 06/F, 72 p, 1998.
- [31] S.K. Akpo., L. Coulibaly, N. Sékongo, I. Savané, "A Kohonen self organizing-map (KSOM) approach to analyze pesticides biodisponibility into the Marahoué watershed, Côte d'Ivoire", *Eur. J. Sci. Res.*, vol. 61, n°3, pp. 355-366, 2011.
- [32] N. Awashi, R. Ahuja and A. Kumar, "Factors influencing the degradation of soil-applied endosulfan isomers", *Soil Biol. Biochem.*, vol. 32, pp. 1697-1705, 2000.
- [33] S. Cluzeau, *Index phytosanitaire*. Ed. ACTA, Paris, 641 p, 2002.
- [34] G.A. Jamal, S. Hansen and P.O.O. Julu. (2002) "Low level exposures to organophosphorus esters may cause neurotoxicity", *Toxicology*, vol.181, pp. 23-33.