



## **Contamination des ressources hydriques par l'usage de pesticides en zones cotonnières du Mali : cas du bassin versant de Sinani (région Sikasso)**

**Amadou Farota<sup>1\*</sup>, Amadou Maïga<sup>1</sup>, Ibrahim M Daou<sup>2</sup>, Habibatou Sangaré, Amakon Dolo<sup>3</sup>, Aboudou Doumbia<sup>4</sup>, Kéléigui Diallo<sup>1</sup>, Hamadoun B Maïga<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako, Mali

<sup>2</sup> Institut polytechnique Rural, Katibougou, Mali

<sup>3</sup> Ecole Nationale d'ingénieurs, ABT-ENI, Bamako-Mali

<sup>4</sup> Institut des Sciences Appliquées, Bamako-Mali

\* Corresponding author's email address: farotaama@gmail.com

**RÉSUMÉ:** La contamination des eaux de surface et souterraines par l'usage de pesticides dans la production cotonnière dans le bassin versant de Sinani a été étudié de 2019 à 2022 à travers une série d'enquêtes et d'échantillonnage réalisée auprès des cotonculteurs. Les résultats des enquêtes ont montré que plusieurs formulations de pesticides sont utilisées par les paysans lors des différentes campagnes cotonnières. La qualité et la diversité des pesticides sont dues aux différentes sources d'approvisionnement des cotonculteurs dudit bassin versant. Les résultats des analyses chromatographiques ont montré une contamination des eaux de surface et souterraines dudit bassin versant par des résidus de pesticides organochlorés. Les concentrations mesurées varient de 0,005 à 0,37 mg/L dans l'ensemble des échantillons d'eau prélevés dans les 4 villages du bassin versant de Sinani. Cette contamination peut être due à l'usage récent et/ou ancien de pesticides persistants, non biodégradables et non homologués.

Mots-clés : Contamination, eaux de surface et souterraines, pesticides, bassin versant de Sinani, Mali.

**ABSTRACT :** The contamination of surface and groundwater by the use of pesticides in cotton production in the Sinani watershed was studied from 2019 to 2022 through a series of surveys and sampling carried out with cotton growers. The results of the surveys showed that several pesticide formulations are used by farmers during the different cotton campaigns. The quality and diversity of pesticides are due to the different sources of supply of cotton growers in the said watershed. The results of the chromatographic analyzes showed contamination of the surface and underground waters of the said catchment area by residues of organochlorine pesticides. The concentrations measured vary from 0.005 to 0.37 mg/L in all the water samples taken in the 4 villages of the Sinani watershed. This contamination may be due to the recent and/or former use of persistent, non-biodegradable and unapproved pesticides.

Keywords: Contamination, surface and groundwater, pesticides, Sinani watershed, Mali.

## I. INTRODUCTION :

Au Mali, l'agriculture occupe plus de 80% de la population active et contribue à plus de 36% au produit intérieur brut (Maïga et al, 2022). Deuxième source d'exportation après l'or, le coton encore appelé « Or blanc », constitue un facteur important de développement de l'économie du Mali, car il fournit des revenus à plus de 40% de la population rurale et contribue à 22% des recettes d'exportation (Panara, 2018). Ces résultats sont dus non seulement à l'extension de surfaces cultivables, aux différentes modes de gestion des sols agricoles, mais aussi à l'utilisation intensive d'intrants chimiques (engrais et pesticides) (Maïga et al, 2022). Les engrais chimiques stimulent la croissance des plantes (Bossy, 2013). Quant aux pesticides, ils permettent aux paysans de réduire les pertes dues aux insectes ravageurs et aux adventices, ce qui peut augmenter les rendements agricoles (Onil et St-Laurent, 2001) ; (Andral, 1996) ; (Diop, 2013). Cependant, en dehors de ces effets bénéfiques, ces produits chimiques peuvent avoir des conséquences très graves sur la santé des agriculteurs (actions endocriniennes etc.), la qualité des sols agricoles et celle des eaux (acidification des sols, contamination des eaux etc.) de l'environnement (Jérôme, 2015).

Les pesticides, après plusieurs décennies d'utilisations intensives, demeurent les substances chimiques qui nous font poser plus de questions par rapport aux risques qu'ils présentent pour l'environnement et pour la santé humaine (Alhassane, 2008). En effet, leur utilisation abusive peut occasionner non seulement la pollution de l'environnement, mais en plus, les produits obtenus après les traitements phytosanitaires peuvent présenter toujours des résidus de pesticides entraînant une toxicité chronique (toxicité due à l'absorption répétée pendant plusieurs jours, mois ou années suite à l'accumulation de faibles doses de pesticides dans l'organisme) (Onil et St-Laurent, 2001).

Des produits chimiques très dangereux sont souvent utilisés pendant la pratique de certaines cultures (ex. coton, céréales etc.) dans la majorité des zones soudano-sahéliennes et en particulier au Mali dans les zones cotonnières de la compagnie Malienne pour le développement des textiles (CMDT) et de celles de l'office de la haute vallée du Niger (OHVN). Toutefois, l'usage intensif de tels pesticides n'est

jamais sans conséquences néfastes sur les différents milieux de l'environnement (air, eau et sol). En effet, au Burkina Faso, les études menées par Thiam et Sagna, (2009) ont montré que sur un échantillon de 100 producteurs chargés des traitements phytosanitaires dans la zone cotonnière du Gourma, 92% des enquêtés ont été atteints de maux de tête sévères, suivis de vertiges pour 83%. Ces auteurs ont aussi mentionné des tremblements de mains pour 54%, des nausées ou vomissements pour 21%, des troubles de la vision pour 21%, des transpirations excessives pour 13%, des étourdissements et hyper salivation pour 8%. Signalons que la moitié de ces symptômes (46%) est survenue quelques heures ou quelques jours après l'utilisation du pesticide organochloré appelé endosulfan. De même, au Mali, en 2007, la contamination de sols agricoles en zone cotonnière par le  $\beta$ -endosulfan (métabolites de l'endosulfan) a été mesurée à 65% pour une teneur maximale de 37  $\mu\text{g}/\text{kg}$  par Dem et al, (2007). Des résultats similaires ont été aussi rapportés dans les études conduites par Maïga et al, (2014) dans le bassin versant agricole de Korokoro (région de Fana, Mali) où les recherches ont montré une contamination des sols agricoles dudit bassin versant par des pesticides organochlorés (DDT et métabolites, endosulfan etc.) et pyréthrinoides (ex. la cyperméthrine). Cette même étude, a montré que l'ensemble des eaux des puits traditionnels dudit bassin versant a été contaminé par l'usage ancien et/ou récent de pesticides organochlorés dans la production du coton.

Selon les données recueillies auprès des services du commerce extérieur, la quantité de pesticides utilisées au Mali a atteint un taux de croissance de 71,47% de 2012 à 2016 (Alhassane, 2008). Dans le secteur de la CMDT de Niéna (région de Sikasso), pendant les campagnes cotonnières 2019-2020 et 2020-2021, les usages d'insecticides et d'herbicides sont passés respectivement de 104 048 litres à 110 991 litres et de 13 046 litres à 7 608 litres (Maïga et al, 2022).

Cette augmentation annuelle des quantités de pesticides utilisés au Mali lors des cultures du coton et/ou des céréales, constitue un problème réel car, selon le rapport de l'Assemblée des états unis pour l'environnement, les pesticides sont à la base de près de 385 millions de cas d'intoxications accidentelles non mortelles par an, et d'environ 11 000 décès. En

outre, il a été recensé annuellement 1 à 2 millions de cas d'auto-empoisonnement qui font environ 168 000 décès (UITA, 2020). Quant à l'OMS et la FAO, ils estiment que le nombre annuel d'intoxications de personnes lié aux pesticides se situe entre 1 et 5 millions (Toure, 2020).

Selon le rapport de la FAO publié en 2019, au Mali 329 personnes souffrent d'intoxications dues à l'usage annuel de pesticides avec 30 à 220 décès résultant de 210 à 1150 voire 1980 cas d'intoxication chroniques (Congo, 2013).

Toujours au Mali, précisément en milieu rural, 70,7% des populations sont analphabètes (INSAT-Mali, 2016) et il est fréquemment constaté le rejet dans la nature et/ou l'utilisation d'emballages de pesticides après utilisation pour conserver l'eau, le lait etc (MEA, 2013). Il est aussi important de savoir qu'au Mali, en zones cotonnières de la CMDT et celles de l'OHVN, 80% des pesticides utilisés sont des insecticides (organochlorés, organophosphorés, pyréthrinoides etc.) (Maïga et al, 2022). Cependant, l'usage intensif de certains de ces produits chimiques comme les organochlorés peut constituer des risques sanitaires significatifs (intoxication, cancers, infertilité etc.) (MSP, 2019) et aussi de contamination des eaux, sols agricoles et de l'air.

À l'instar des autres pays africains francophones (Niger, Burkina FASO, Cote d'Ivoire, Sénégal, Guinée CONAKRY, Togo et Benin), ces types de pesticides, sont formellement interdits d'usage agricole à cause de leur potentielle toxicité, bioaccumulation, actions endocriniennes et persistance environnementale. Et aussi, ces produits chimiques peuvent occasionner une pollution des sols agricoles, qui à leur tour deviennent des sources continues de contamination des ressources hydriques, cultures et animaux (Woignier et al, 2014) ; (Wendt-Rasch et al. 2004), (Capkin et al, 2006).

Actuellement, au Mali, les données scientifiques concernant le suivi et le devenir des résidus de pesticides dans l'air, les eaux et les sols agricoles de l'environnement sont très limitées (Bonnefoy, 1997) ; (Coulibaly et Derlone, 1994) ; (AED, 2018) ; (Bars et al. 2020) d'où la nécessité de mener des études scientifiques très poussées dans ces milieux. Ce présent projet d'étude s'inscrit dans ce cadre et il

visé un approfondissement des connaissances sur les conséquences de l'utilisation de pesticides en zones cotonnières du bassin versant de Sinani (94km<sup>2</sup>) sur la qualité des ressources hydriques dudit bassin versant de 2019 à 2022.

## II. MATERIEL ET METHODES

### 2.1 Localisation et choix du site de l'étude

Le bassin versant de Sinani (94 km<sup>2</sup>) est situé à 68 km dans la partie Ouest de la région de Sikasso et fait partie de la commune de Konan dont le chef-lieu est Kafana dans la sous-préfecture de N'kourala. Ce petit bassin versant est exploité par quatre principaux villages ou hameaux de cultures qui sont : Zamiasso, Sinani, Mourasso et Lebentiola (Figure 1). Depuis plusieurs décennies, la mécanisation agricole est bien affichée dans ces villages ou hameaux de culture avec l'intervention de la CMDT pour intensifier le développement de la culture cotonnière dans une rotation coton-céréales (maïs, mil, sorgho). Toutefois, l'essor de la culture cotonnière est essentiellement basé sur l'usage intensif d'intrants chimiques (engrais et pesticides) qui, souvent ne sont pas sans conséquences sur la qualité des eaux dudit bassin versant et aussi sur la santé des cotonculteurs. Le choix de ce petit bassin versant dans cette étude s'inscrit dans ce cadre et il vise essentiellement la relance de la collaboration scientifique déjà existante avec certains habitants dudit bassin versant, le suivi des agriculteurs pendant les différentes campagnes cotonnières afin de déterminer la nature chimique des pesticides fréquemment utilisés. Et aussi, de déterminer la qualité physico-chimique des eaux superficielles et/ou souterraines consommées par la population. La figure 1 ci-dessous présente la localisation du bassin versant de Sinani avec les sites d'investigation.

### 2.2 Enquêtes au sein du bassin versant de Sinani

L'objectif des enquêtes est de recenser les usages récents et/ou anciens de pesticides auprès des cotonculteurs des 4 villages (Zamiasso, Sinani, Mourasso et Lebentiola) du bassin versant de Sinani.

Signalons tout de même que notre travail a été basé

sur le principe du libre consentement de chaque agriculteur. C'est-à-dire que chaque enquêté est libre

de répondre ou de ne pas répondre à nos séries de questions. De même, ceux qui ont accepté de répondre à nos questions étaient également libres

d'arrêter à tout moment et cela, sans aucune forme de pression physique, morale ni matérielle.

appliquée dans chacun des 4 villages visités dudit bassin versant.

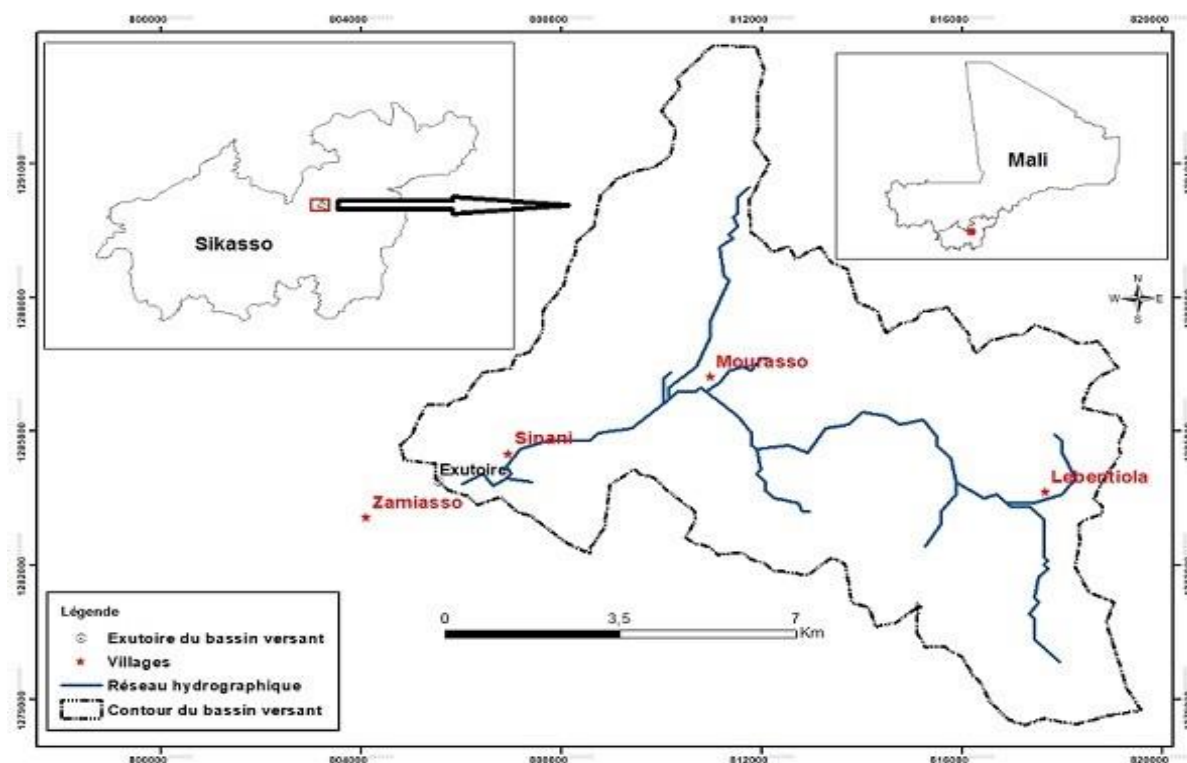


Figure 1: Localisation du bassin versant de Sinani et les sites d'investigation

Ces enquêtes se sont déroulées lors de la mission d'études effectuée du 23 au 26 décembre 2018 et également renforcées pendant celle conduite du 10 au 14 novembre 2019. Toutefois, un questionnaire a été établi dans le but d'atteindre les différents objectifs spécifiques fixés dans cette étude. Le questionnaire utilisé est composé de trois (03) phases essentielles. D'une manière générale, afin de faciliter le bon déroulement de ces enquêtes et aussi dans le but de collecter le maximum d'informations pour constituer une base de données au sein de chacun des 4 villages que nous avons visités, la majeure partie des cotonculteurs a été conviée en réunion dans la concession de chaque premier responsable du village concerné. Ainsi, notre questionnaire a été adressé à l'ensemble des personnes qui ont pu répondre à chaque appel du chef du village. Toutefois, durant chacune de nos réunions, nous avons toujours pris soin de bien détailler notre questionnaire afin d'obtenir les réponses adéquates aux différentes phases dudit questionnaire. Cette démarche a été

### 2.3 Campagnes de prélèvement d'échantillons d'eaux dans le bassin versant de Sinani

Dans l'objectif d'étudier l'impact de l'usage de pesticides dans la production du coton sur la qualité des eaux du bassin versant de Sinani, une campagne d'échantillonnage des cours d'eau à proximité des champs sous culture cotonnière, puits domestiques ou traditionnels et forages a été effectuée pendant la mission d'études effectuée du 10 au 14 novembre 2019. Pour faciliter le suivi, tous les cours d'eau à proximité de champs de coton, puits domestiques ou traditionnels et forages dudit bassin versant ont été géoréférencés avec le GPSMAP 78 Garmin. Cet appareil a permis d'enregistrer les coordonnées géographiques de chaque point de prélèvement d'eau à l'échelle dudit bassin versant. Toutefois, des mesures de précautions ont été prises suivies d'usage de matériel analytique adéquat de haute qualité pour

que ces prélèvements d'échantillons d'eau se fassent dans de meilleures conditions. En effet, à l'échelle

dudit bassin versant, tous les échantillons d'eau ont été prélevés dans des bouteilles en verre ambrées préalablement lavées et décontaminées au laboratoire central vétérinaire sis à Bamako (LCV-Bamako). Une feuille d'aluminium a été placée sur le goulot de chaque bouteille pour éviter le contact entre l'échantillon d'eau et le bouchon en plastique. Après prélèvement, chaque échantillon d'eau collecté a été automatiquement étiqueté ou codé. Ensuite, l'ensemble des échantillons d'eau a été transporté dans une glacière munie de plaquettes réfrigérantes. Au laboratoire, afin d'assurer la stabilité des molécules des pesticides recherchés, tous les échantillons d'eau ont été conservés dans un réfrigérateur à 4°C avant leur analyse.

#### 2.4 Détermination des résidus de pesticides dans les échantillons d'eaux

Dans le cadre de cette étude, les pesticides qui sont recherchés sont ceux qui ont fait l'objet de suivis annuels auprès des cotonculteurs du bassin versant de Sinani et qui sont d'une manière générale interdits (ex. organochlorés etc.) d'usage agricole par le comité sahélien des pesticides (CSP) et par la CMDT en particulier. Leur interdiction dans la production

cotonnière en zones CMDT ou OHVN est due à leur degré de toxicité aiguë, persistance dans les milieux de l'environnement (sols, eaux et air), actions endocrinienne et à leur grande capacité de bioaccumulation. D'où leur choix dans cette étude.

Les pesticides étant caractérisés par une grande diversité dans leurs propriétés physico-chimiques et

également par des concentrations très faibles ( $\mu\text{g/L}$ ,  $\text{ng}/\mu\text{L}$ ,  $\text{mg}/\text{kg}$  etc.) dans les différentes matrices

appréciable pour une détection du plus grand nombre de composés. De ce fait, l'analyse des pesticides nécessite de mettre en place des méthodes d'extraction et de purification des matières actives et leur identification et quantification par des techniques très poussées comme les analyses en chromatographie en phase gazeuse, liquide etc.

#### ➤ Réactifs et solvants

Les solvants, acétone, n-hexane, éther diéthylique, acétate d'éthyle, etc., sont de haute qualité analytique pour la recherche de résidus de pesticides et ont été fournis par la société Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH (Maïga et al, 2014). De même que les standards des pesticides (endosulfan, profenofos, cyperméthrine, DDT, aldrine, endrine etc.) ayant servi à préparer les différentes solutions, sont de haute pureté (99,7% à 99,9%, Dr. Ehrenstorfer, GmbH). Toutefois, leurs solutions mère ( $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) ont été préparées dans l'hexane et conservées à 4°C.

#### ➤ Choix et performance de la méthode d'analyse des échantillons d'eaux

Dans le cadre de cette étude, tous les échantillons d'eaux collectés dans le bassin versant de Sinani pendant la campagne cotonnière, ont été soumis à la technique d'extraction liquide-liquide. Cette méthode est constamment utilisée dans l'analyse de matrices liquides (Maïga et al, 2013) ; (Maïga et al, 2014) ; D'une manière générale, elle consiste à transvaser 500 mL de chaque échantillon d'eau dans une ampoule à décanter suivi de 10 mL de chlorure de sodium saturé (NaCl). L'hexane a été utilisé comme solvant d'extraction à 10% du volume de chaque

échantillon d'eau (Zimmerman Strahan, et Hurman, 2001) ; (Traore et Koné, s. d.). L'ampoule a été par la suite agitée vigoureusement pendant 10 mn puis laisser à la décantation pendant 5 mn. Les phases

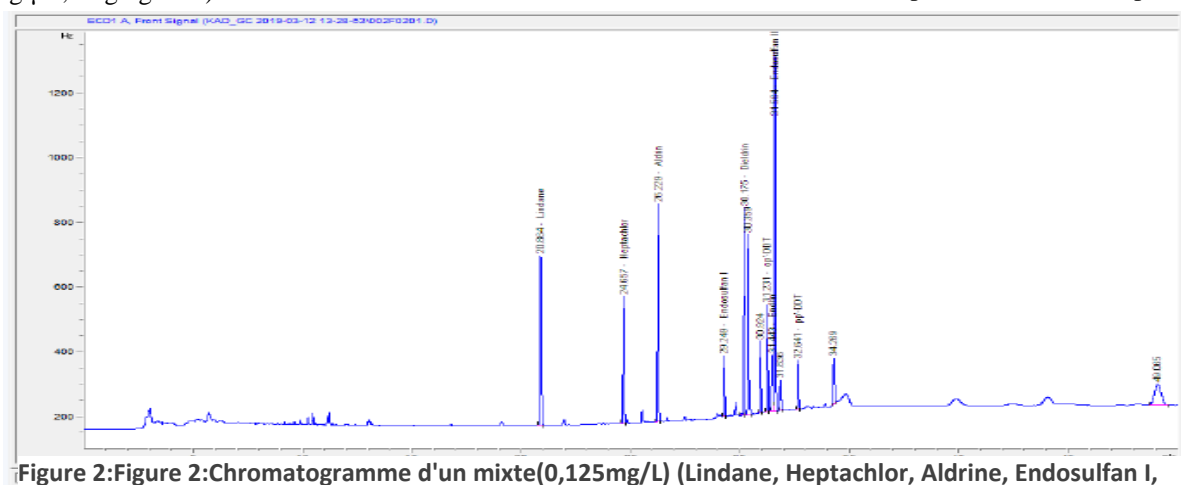


Figure 2: Figure 2: Chromatogramme d'un mixte (0,125 mg/L) (Lindane, Heptachlor, Aldrine, Endosulfan I, Dieldrine, op' DDT, Endrine, Endosulfan II, pp' DDT)

environnementales (solide, liquide etc.), une méthode analytique hautement sensible serait fortement

aqueuse et solvatée ont été récupérées respectivement dans un erlenmeyer de 500 et 250 mL. Trois

extractions ont été ainsi réalisées sur chaque échantillon d'eau. Pour éliminer les traces d'eau, le sulfate de sodium anhydre ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) a été ajouté aux différentes fractions qui ont été ensuite filtrées sur du papier filtre. Les filtrats ont été concentrés à un évaporateur rotatif (Büchi Rotavapor) à 1 mL puis purifiés sur des cartouches d'adsorbants apolaires. Ces cartouches ont été auparavant conditionnées respectivement avec 5 mL du solvant binaire hexane/diéthyl éther (40/60, v/v) et avec de l'hexane suivi du dépôt de chaque extrait concentré. L'éluion de ce dernier dans chaque cartouche a été réalisée respectivement avec 5 mL du mélange hexane/diéthyl éther dans les proportions 80/20 et 40/60, (v/v). Les extraits ont été recueillis dans des tubes ambrés en verre de 15mL puis concentrés à nouveau sur le même évaporateur rotatif jusqu'à 0,5 mL. Ces extraits ont été ensuite transvasés dans des vials, complétés à 1 mL avec de l'hexane puis analysés avec deux chromatographes en phase gazeuse (CPG- $\mu$ ECD, HP 6890 Séries et CPG-NPD).

#### ✓ Analyses chromatographiques des échantillons d'eaux

Pendant la campagne cotonnière, tous les échantillons d'eaux collectés au sein du bassin versant de Sinani, ont été analysés avec deux chromatographes en phase gazeuse. Le premier est muni d'un micro détecteur à capture d'électrons (CPG- $\mu$ ECD, HP 6890 Séries) et le deuxième d'un détecteur azote phosphore (CPG,NPD). Ces chromatographes ont été respectivement utilisés pour rechercher les pesticides trouvés auprès des cotonculteurs du bassin versant de Sinani. La colonne chromatographique qui a été utilisée pour analyser ces pesticides est du type RTX-5 Crossbond (longueur 30 m, 250  $\mu\text{m}$  de diamètre interne et 0,50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur de film), phase stationnaire 5% diphenyl-95% dimethyl polysiloxane.

La confirmation des résultats a été faite avec la colonne HP-5 (5% Phenyl methyl Siloxane) de même caractéristique que la précédente mais de polarité différente. Le gaz vecteur utilisé est l'azote de haute pureté (99,9%) et l'injection a été réalisée en mode splitless avec un volume d'injection de 1  $\mu\text{L}$ . Pour l'analyse des insecticides, le programme de température a été établi comme suit, température initiale du four à 70°C pendant 2 mn, de 70°C à 150°C à 25°C.mn<sup>-1</sup>, de 150°C à 200°C à 3°C.mn<sup>-1</sup>, de 200°C à 280°C à 8°C.mn<sup>-1</sup> et à 280°C pendant 10 mn. Les températures de l'injecteur et du détecteur ont été fixées respectivement à 250°C et 300°C.

Pour l'analyse des herbicides, la température initiale du four a été fixée à 35°C pendant 2 mn, de 35°C à 75°C à 25°C.mn<sup>-1</sup>, de 75°C à 100°C à 3°C.mn<sup>-1</sup>, de 100°C à 140°C à 8°C.mn<sup>-1</sup> et à 140°C pendant 10 mn. Les températures de l'injecteur et du détecteur ont été fixées respectivement à 140°C et 150°C. Les pesticides recherchés ont été identifiés par

comparaison du temps de rétention de chacun d'entre eux à celui de chaque standard de pesticides (figure 2) et aussi quantifier par la méthode d'étalonnage externe. Des droites d'étalonnage ( $r^2 > 0,996$ ) ont été établies avec cinq points suite à des dilutions des solutions mères (500 mg.L<sup>-1</sup> dans l'hexane). Les limites de détection (LD) et de quantification (LQ) ont été calculées en fonction de la déviation standard, la pente de chaque droite d'étalonnage, le facteur de dilution et le volume de prise d'essai comme détaillées dans les expressions ci-dessous :

$$LD_{(mg/L)} = \left( \left( \frac{Rsd}{Pente(m)} \right) \times 3 \right) \times \left( \frac{Dilution}{Prise\ d'essai} \right)$$

$$LQ_{(mg/L)} = \left( \left( \frac{Rsd}{Pente(m)} \right) \times 5 \right) \times \left( \frac{Dilution}{Prise\ d'essai} \right)$$

Rsd : residual standard deviation

La figure 2 ci-dessus illustre le chromatogramme d'un standard mix (0,125mg/L) montrant la présence de pesticides organochlorés (aldrine, lindane, heptachlor, endosulfan, etc).

### III. ANALYSE DES DONNEES

Les données obtenues au cours de cette étude sont de deux types : les données recueillies sur le terrain c'est-à-dire dans le bassin versant de Sinani et celles obtenues au laboratoire après analyse des échantillons.

Les données obtenues sur le terrain, ont regroupé les réponses aux questionnaires adressées aux cotonculteurs et la géolocalisation des différents sites d'investigations. Les réponses aux questionnaires ont été dépouillées manuellement et saisies à l'aide du logiciel Excel 2013.

Ces résultats ont été résumés sous forme de tableaux et l'ensemble des traitements statistiques ont été réalisés avec le logiciel Excel 2013. Ainsi, la liste des pesticides utilisés par les paysans dans le bassin versant de Sinani a été comparée d'une part à celle utilisée par le comité sahélien des pesticides (CPS) et d'autre part aux pesticides utilisées par la compagnie malienne de développement des textiles (CMDT). Ce qui nous a permis de connaître les pesticides dangereux utilisés par les paysans pour la culture du coton dans le bassin versant de Sinani et leur lieu de provenance.

D'autre part, les coordonnées géographiques des points de prélèvement (Puits traditionnels, forages, rivières, champs de coton enregistré avec le GPS (Global Positioning System) 72 Garming ont été traité par le logiciel Arc Gis 10.3 afin de réaliser les différentes cartes du bassin versant avec les sites d'investigation. Quant aux résultats obtenus lors des analyses au laboratoire, ils ont été saisis et traité à l'aide du logiciel Excel 2013 dans une statistique descriptive (Maximum, moyenne et écart type).

#### IV. RESULTATS

##### ➤ Enquêtes auprès des paysans

Lors des enquêtes nous avons recensé auprès des agriculteurs, 24 pesticides dont 15 herbicides soit 62,5 %, 8 insecticides soit (33,33 %) et 1 fongicides soit 4% des pesticides recensés. Ces pesticides contiennent au total 16 molécules. L'identification des pesticides a été faite avec la liste des pesticides fournis par le comité sahélien des pesticides (CSP) version 2019 (www.insah.org, octobre 2019) et celle fournis par la CMDT. Parmi les pesticides enquêtés, 66,66 % des herbicides et 12,5 % des insecticides ne sont pas fournis par la CMDT ; donc n'existent pas sur la liste des pesticides autorisés par le CSP version 2019 (tableau 1 ci-dessous). D'autre part, le tableau 1 montre que 5 pesticides enquêtés soit 19 % des pesticides sont de classe II selon le tableau de classification de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Ces pesticides sont modérément dangereux et doivent être utilisés par des personnes instruites bien formées avec un équipement adéquat. Au même moment, 8 pesticides soit 30,76 % des pesticides enquêtés sont de classe III selon l'OMS. Ils sont peu dangereux et peuvent être utilisés par des personnes respectant les précautions de routine avec un équipement adéquat. Par contre le reste des pesticides qui sont inconnu soit 50 % peuvent être des pesticides de classe I, donc des pesticides très dangereux dont l'utilisation est interdite par le CPS. Tous ces résultats sont rassemblés dans le tableau 1 ci-dessous.

**Tableau 1 : Informations recueillies sur les pesticides enquêtés dans les 4 villages du bassin versant de Sinani:**

Nom commerciale	Classe OMS	Usage	Matière active et concentration
Kalach	III	Herbicide	Glyphosate 360g/L
Nomolt	III	Insecticide	Teflubenzuron 150g/L

Emir-Fort 104EC	II	Insecticide	Cyperméthrin 72g/L Acétamipride 32g/L
Pendistar	IN	Herbicide	Pendiméthaline 400g/L
Supergalan	IN	Herbicide	IN
Bintana PW	IN	Herbicide	Glyphosate 480g/L
Mepro-daf	III	Herbicide	Métalochlore + Prométhrine 510g/L
Glypho-tex	IN	Herbicide	Gluphosate 480g/L
Calfos 500EC	II	Insecticide	Profénos 500g/L
Stomp	III	Herbicide	Pindiméthaline 455g/L
Indoxan	III	Insecticide	Indoxacarbe 50g/L
Tangana	II	Insecticide	Acétamipride 72g/L Cyperméthrine 32g/L
Mom-thaz 45WS	III	Fongicide	Imidaclopride 250g/kg thiram 200g/kg
Emaprid 56 EC	III	Insecticide	Emamectine benzoate 24g/L
Aceto	IN	Herbicide	Acétochlore 900g/l

<b>Halonet 104 EC</b>	II	<b>Herbicide</b>	<b>Haloxyfop-Rméthyl 104g/l</b>
<b>Conquest</b>	II	Insecticide	Acétamipride 32g/L cyperméthrin 144g/L
<b>Mepro</b>	IN	Herbicide	Métalochlore 72g/ prométryne 32g/L
<b>Lambda Super-2,5 E</b>	IN	Insecticide	Lambda cyhalotrin 25g/l
<b>Cytone</b>	IN	IN	IN
<b>Alkole</b>	IN	IN	IN
<b>Prodas</b>	IN	Herbicide	Glyphosate 360g/l
<b>Acecool</b>	IN	Herbicide	Acétochlor/prométryne
<b>Glypho Moultaa</b>	IN	Herbicide	Glyphosate 480g/l

NB : IN veut dire Inconnu

➤ **Analyse des résidus de pesticides dans les échantillons d’eaux :**

Les échantillons d’eaux ont été analysés à l’aide d’un Chromatographe en phase gazeuse (CPG- $\mu$ ECD, HP 6890) au laboratoire central vétérinaire (section toxicologie), afin de déterminer l’état de la contamination des eaux dans le bassin versant de Sinani. Au total 14 échantillons d’eaux ont été analysés. Excepté les pesticides OP’ DDT et endosulfan B qui ont une teneur inférieure à la limite de détection dans tous les échantillons analysés, les analyses ont montré une contamination totale de tous les échantillons d’eaux, de puits, de forage et de rivière par au moins un des pesticides (aldrine, dieldrine, endrine, endosulfane A, heptachlore, lindane et OPP’ DDT). Ces analyses ont également montré, une absence totale des pesticides enquêtés dans les mêmes échantillons d’eaux analysés. Il faut noter que ces organochlorés n’ont pas été signalés au préalable par les paysans lors des enquêtes.

Tous ces résultats sont résumés dans le tableau 2 ci-dessous.



Tableau2 : résultats obtenus sur la contamination des eaux dans le bassin versant de Sinani

	Code échantillons	Aldrine	Dieldrine	Endrine	Endo-sulfan A	Endo-sulfan B	Hep-tachlore	Lin-dane	Op' DDT	Opp'DDT
Sinani	FS1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,046	< LD	< LD	< LD
	P1S1219	0,008	0,017	< LD	0,011	< LD	< LD	0,011	< LD	0,017
	P2S1219	0,009	0,010	0,012	0,009	< LD	< LD	0,005	< LD	0,021
Zami-asso	RivZ1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
	P2Z1219	< LD	0,007	0,015	0,009	< LD	0,24	< LD	< LD	0,37
	P4Z1219	0,007	< LD	< LD	< LD	< LD	0,008	< LD	< LD	0,007
Mou-rasso	RivM1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,022	< LD	< LD	< LD
	RivM1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,014	< LD	< LD	< LD
	P1M1219	0,005	0,006	0,012	0,009	< LD	0,005	< LD	< LD	0,032
	P2M1219	< LD	0,019	< LD	< LD	< LD	0,29	< LD	< LD	0,016
	FM1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,22	< LD	< LD	0,034
Leben-toula	P1L1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,27	< LD	< LD	< LD
	P2L1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	0,164	< LD	< LD	< LD
	FL1219	< LD	< LD	< LD	0,007	< LD	0,215	< LD	< LD	0,044
	RivL1219	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Limite de détection (LD) mg/L		0,005	0,005	0,007	0,006	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004

## V DISCUSSION

### ➤ Enquêtes auprès des paysans

Le tableau 1 montre que 24 pesticides contenant 16 molécules différentes ont été utilisés par les paysans pendant la campagne cotonnière dans le bassin versant de Sinani. Parmi ces pesticides, treize (13) ne figurent pas sur la liste des pesticides homologués par le comité sahélien des pesticides (CSP) version 2019. En plus, le nom de la matière active de certains pesticides ne figurent pas sur les bidons vides retrouvés avec les paysans. La diversité des pesticides utilisés et la présence de pesticides non autorisés par le CSP s'expliquent par le fait que, les paysans s'approvisionnent en pesticide non seulement auprès de la CMDT, mais aussi dans



Figure 3: Bidons vides de pesticides jetés dans les champs après usage à Lebentoula

l'informel (petits détaillants non agréés). Des résultats similaires ont été rapportés par beaucoup de **Figure 4: Bidons vides de pesticides jetés dans les champs après usage à Lebentoula**

travaux scientifiques réalisés au Mali et en Afrique de l'ouest (AED, 2018) ; (Maïga et al,2022) ; (ACEDD,2021), (Bars et al,2020). L'absence d'étiquette indiquant la matière active sur les boîtes déjà utilisées s'explique par le fait que, les boîtes une fois utilisées sont soit jetées dans les champs, enfus dans le sol (figure 3) ou utiliser pour d'autre fin (conservation des boissons...). Des résultats similaires ont été obtenus par des travaux réalisés au Mali par Maïga et al, (2022) ; AED, (2018) et au Sénégal par Thiam et Sagna, (2009). Signalons que la liste des pesticides recensés auprès des paysans dans le tableau 1 n'est sûrement pas complète à cause de l'absence total de base de données fournie par les paysans sur les pesticides utilisés pendant chaque campagne cotonnière dans le bassin versant de Sinani et surtout à cause du rejet des bidons utilisés et leur

usage pour d'autre fin (Maïga et al,2022) ; (Thiam et Sagna,2009). Ces pesticides de matières actives inconnues peuvent être des pesticides dangereux (classe I) dont l'usage est interdit par le CSP dans la sous-région. Des résultats similaires ont été obtenus par de nombreux travaux scientifiques réalisés au Mali par Maïga et al, (2022) ; AED,(2018) et au Sénégal par Cissé et al, ( 2003) ; Diop, (2013).

L'utilisation de pesticides dangereux achetés au marché et non autorisés par le CSP (comité sahélien des pesticides), ainsi que la présence de boîtes vides de pesticides déjà utilisées et qui traînent un peu partout peuvent s'expliquer non seulement par le faible prix d'achat des pesticides obsolètes sur le marché, mais surtout par le faible niveau d'instruction des paysans dans le bassin versant de Sinani. Ainsi, selon le rapport publié en 2016 par l'institut national de la statistique du Mali, le taux de scolarisation dans la zone rurale au Mali est faible et représente 53,9 % des enfants scolarisables (INSAT-Mali, 2016). Des résultats similaires ont été obtenus par des travaux scientifiques réalisés au Mali par ACEDD, (2021) ; (Maïga et al,2022) et au Sénégal par Thiam et Sagna, 2009).

#### ➤ **Mesure des concentrations des résidus de pesticides dans les échantillons d'eaux**

Les résultats du tableau 2 montrent une contamination des échantillons d'eaux par les pesticides organochlorés (aldrine, dieldrine, endrine, endosulfan A, heptachlore, lindane, et OPP' DDT) avec des teneurs variant de 0,005 à 0,37 mg/L d'eau analysée. Cette contamination peut s'expliquer d'une part, par une utilisation ancienne ou frauduleuse de ces pesticides achetés dans l'informel (Maïga et al,2022) ;(MSP,2019). Ces pesticides après

contamination des sols agricoles se sont retrouvés par ruissellement et par infiltration dans les eaux de surface et souterraines.

D'autre part, selon les résultats de nos enquêtes auprès des paysans, les pesticides organochlorés non fournis par la CMDT ont cessé d'être utilisés officiellement dans le bassin versant de Sinani depuis plusieurs dizaines d'années. Leur présence dans les eaux peut donc s'expliquer par leur persistance due à la résistance à la dégradation naturelle. Des résultats similaires ont été obtenus par beaucoup de travaux scientifiques réalisés au Mali, en Afrique et dans le monde entier. Ainsi, au Sénégal, en Inde, au Pakistan et au Vietnam, le DDT faisait partie des pesticides détectés dans les eaux de puits domestiques (Sankaramakrishman et Sanghi,2005) ; (Sanghi et Sasi,2001). De même, Au Nigéria, les eaux de la Lagune de Lagos ont été contaminées suite au transport par ruissellement des pesticides issues des activités agricoles (Calamari et Naev,1994). Enfin au Mali, des études conduites par Maïga et al, (2014) dans le bassin versant agricole de Korokoro (région de Fana, Mali) ont montré une contamination des eaux des puits traditionnels dudit bassin versant par l'usage ancien et/ou récent de pesticides organochlorés (DDT et métabolites, endosulfan etc.) et pyrèthrinoides (ex. la cyperméthrine) dans la production de coton.

#### V : **CONCLUSION**

Pendant la campagne cotonnière, nous avons réalisé les enquêtes sur les pratiques agricoles, les prélèvements d'échantillons, les analyses de résidus de pesticides dans les eaux du bassin versant de Sinani aux laboratoires. Ainsi, 14 échantillons d'eaux (puits traditionnels, forages, rivières), ont été prélevés pour les analyses au laboratoire central vétérinaire (section toxicologie de Sotuba).

Les résultats de ces analyses ont montré une présence de résidus de pesticides organochlorés (aldrine, dieldrine, endrine, endosulfan A et B, heptachlore, lindane, OP' DDT et OPP' DDT) dans tous les échantillons, mais avec un taux inférieur à la limite de détection pour l'OP' DDT et l'OPP' DDT. Cette contamination peut être due à l'usage ancien et/ou récent de ces pesticides dans la production du coton à l'échelle dudit bassin versant et aussi, à leur persistance environnementale, non biodégradabilité et actions endocrines.

Les objectifs de ces activités ont été atteints car, tous les échantillons eaux ont pu être analysés et les résultats obtenus nous ont édifiés sur l'état de leur contamination.

#### **Remerciements**

Nous remercions sincèrement le fonds compétitif pour la recherche et l'innovation technologique

(FCRIT) du centre national de recherche scientifique et de technologie du Mali pour avoir financé la totalité des activités scientifiques de cette étude.

## RÉFÉRENCES :

ACEDD (Action pour la conservation de l'environnement et le développement durable). - (page consultée le 28 juillet 2022) Rapport National sur les Pesticides Extrêmement Dangereux (HHP) au Mali.2021.[enligne].AdresseURL:file:///E:/rapport\_etude\_hhp\_mali\_032021.pdf.

AED (Agence de l'environnement et du développement). -(page consultée le 28 juillet 2022). *Rapport national sur l'état de l'environnement au Mali édition 2017. 2018. [En ligne].AdresseURL:https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/8E2BC5FA-301B-557F-6C14-8202C5A68A02/attachments/206976/PROJET%20REE%202017%20.pdf.*

Aghatan Ag Alhassane -(Page consultée le 02 juillet 2022).Rapport national sur l'état de l'environnement. 2008.[Enligne].Adresse URL :[https://www.notreplanete.info/actualites/1491-conclusions\\_colloque\\_pesticides\\_Environnement.](https://www.notreplanete.info/actualites/1491-conclusions_colloque_pesticides_Environnement)

ANDRAL, B. -(page consultée le 03/07/2022) Données sur le comportement et les effets des produits phytosanitaires dans l'environnement.1996. [Enligne].AdresseURL :[https://archimer.ifremer.fr/doc/00132/24308/.](https://archimer.ifremer.fr/doc/00132/24308/)

Bars, M. L., Sidibé, F., Mandart, E., Fabre, J., Grusse, P. L., et Diakite, C. H. Évaluation des risques liés à l'utilisation de pesticides en culture cotonnière au Mali. *Cahiers Agricultures, Cah. Agric.* 2020 ; 29 : 4.

Bonnefoy, A. – (Page consultée le 01 juillet 2022) Impact des intrants agricoles sur la qualité des eaux en zone cotonnière du Mali sud.1997. [En ligne]. AdresseURL :<https://horizon.documentation.ird.fr/exl.doc/pleins.textes/divers19-03/010031791.pdf>

Bossy, D.-(Page consultée le 26 juin 2022) Avantages et inconvénients des engrais.2013. [En

ligne].AdresseURL :[https://www.mediaterre.org/terres/genpdf,20130611101554,5.html.](https://www.mediaterre.org/terres/genpdf,20130611101554,5.html)

Calamari, D., et Naeve, H. – (Page consultée le 26 Août 2022) Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain.1994. [Enligne]AdresseURL :<https://www.fao.org/inland-fischeries/topics/detail/ru/c/1148851>

Capkin, E., Altinok, I., et Karahan, S. Water quality and fish size affect toxicity of endosulfan, an organochlorine pesticide, to rainbow trout. *Chemosphere.* 2006 ; 64(10) : 1793-1800.

Cisse, I., Tandia, A. A., Fall, S. T., et Diop, E. H. S. Usage incontrôlé des pesticides en agriculture périurbaine : Cas de la zone des Niayes au Sénégal. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones Agricultures.*2003 ; 12 : 181-186.

Congo, K.A.- (Page consulté le 01 juillet 2022) Risques sanitaires associés à l'utilisation de pesticides autour de petites retenues : Cas du barrage de Loumbila. 2013. [En ligne] Adresse URL:[http://documentation.2iesedu.org/cdi2ie/opac\\_css/doc\\_num.php?doc\\_num.php?explnum\\_id=1825](http://documentation.2iesedu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?doc_num.php?explnum_id=1825)

Coulibaly, A., et Derlon, J.- (Page consultée le 13 Août 2022) Pollution des Eaux du Fleuve Banifing par les Intrants Agricoles Chimiques : Principaux résultats.1994. [En ligne] Adresse URL

Dem, S. B., Cobb, J. M., et Mullins, D. E. Pesticide residues in soil and water from four cotton growing areas of Mali, West Africa. *J Agric Food Environ Sci.* 2007 ; 1 : 1-12.

Diop, A.- (Page consultée le 03 Juin 2022) Diagnostic des pratiques d'utilisation et quantification des pesticides dans la zone des Niayes de Dakar (Sénégal). 2013. [En ligne] Adresse URL : [https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00959895.](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00959895)

INSAT-Mali (institut national de la statistique au mali). – (Page consultée le 30 Août 2022) Enquête modulaire et permanente auprès des ménages (EMOP).2016.[Enligne].AdresseURL :[https://www.instatmali.org/laravelfilemanager/files/shares/eq/ranal6pas1\\_eq.pdf](https://www.instatmali.org/laravelfilemanager/files/shares/eq/ranal6pas1_eq.pdf)

Jérôme, H.- (Page consultée le 27 juin 2022). Les dégâts environnementaux de l'agriculture intensive.2015.[Enligne].AdresseURL :  
<https://blogs.mediapart.fr/edition/la-mort-est-dans-le-pre/article/211015/les-degats-environnementaux-de-lagriculture-intensive>.

Maïga, A., Blanchaud, H., Diallo, D., Alliot, F., Cisse, A. S., et Chevreuil, M. Pesticides Occurrence in an Alfisol of Sudano-Sahelian Agricultural Watershed (Korokoro, Mali). *Journal of Engineering Research and Applications*. 2014 ; 4 (8) : 130-141.

Maïga, A., Farota, A., Cisse, A. S., Diallo, D., Maïga, H. B., Blanchaud, H., Daou, I. M., Diallo, K., et Dolo, A. Conséquences des pratiques agricoles sur les compartiments eau et sol du bassin versant agricole de Sinani (94 km<sup>2</sup>, cercle de Sikasso) : Réchauffement climatique, contamination des sols agricoles, eaux de surface et souterraines. Faculté des Sciences et Techniques de l'université des Sciences des techniques et des technologies de Bamako.2022 ; (N° (2017-31/CNRST/FCRIT 2017); p. 132).

MEA(Ministère de l'environnement et de l'assainissement). – (Page consultée le 11 septembre 2022). Plan de gestion des pestes et pesticides.2013. [En ligne]. Adresse URL : E4235v2.

MSP (Ministère de la santé et de la prévention).- (Page consultée le 28 juin 2022) Effets sur la santé d'une exposition à des pesticides.2019. Adresse URL :<https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/pesticides/article/effets-sur-la-sante-d-une-exposition-a-des-pesticides>.

Onil, S., et St-Laurent, L.- (Page consultée le 28 juin 2022). Guide de prévention pour les utilisateurs de pesticides en agriculture maraîchère : Guide technique.2001.[Enligne].AdresseURL :<https://www.irsst.qc.ca/media/documents/pdf>.

Panara, M.- (Page consultée le 26 juin 2022) Coton : Le Mali, ce champion d'Afrique. 2018. [En ligne].AdresseURL :[https://www.lepoint.fr/economie/coton-le-mali-persiste-et-signe-26-01-2018-2189827\\_28.php](https://www.lepoint.fr/economie/coton-le-mali-persiste-et-signe-26-01-2018-2189827_28.php)

Sanghi, R., et Sasi, K. S. Pesticides and heavy metals in agricultural soil of Kanpur, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2001 ; 67 (3) : 446-454.

Sankaramakrishnan, N., Sharma, A. K., et Sanghi, R. Organochlorine and organophosphorous pesticide residues in ground water and surface waters of Kanpur, Uttar Pradesh, India. *Environment International*. 2005 ; (31) : 113-120.

Thiam, A., et Sagna, M. B.- (Page consulté le 18 juin 2022) Monitoring des pesticides au niveau des communautés à la base.2009. [En ligne].Adresse URL :[http://www.panafric.org/fr/Rapports/Etudes/Rapport\\_Af\\_CBM\\_Fr.pdf](http://www.panafric.org/fr/Rapports/Etudes/Rapport_Af_CBM_Fr.pdf)

Toure, A. A.- (Page consultée le 17 juin 2022) Etude des connaissances sur l'usage rationnel des pesticides à Bamako et à Baguineda.2020. [En ligne]. Adresse URL :<https://www.revues.ml/index.php/rmst/article/view/1913>.

Traore, S. K., Mamadou, K., Dembélé, A., Lafrance, P., Mazellier, P., et Houenou, P. Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte-d'Ivoire (Centre, Sud et Sud-Ouest). *Journal africain des sciences de l'environnement*. 2006 ; 1(1) : 1-9.

UITA (union international des travailleurs de l'alimentation).- (Page consultée le 19 septembre

2022) Manuel de formation sur les pesticides. 2004.  
[Enligne].AdresseURL :<http://www.ilo.org/public/fr/ench/région/afro/dakar/index.htm>.

Wendt-Rasch, L., Van den Brink, P., Crum, S., et Woin, P. The effects of a pesticide mixture on aquatic ecosystems differing in trophic status : Responses of the macrophyte *Myriophyllum spicatum* and the periphytic algal community. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2004 ; 57 (3) : 383-398.

Woignier, T., Clostre, F., Cattan, P., Levillain, J., Cabidoche, Y.-M., et Jannoyer, M. L. Diagnosis and management of field pollution in the case of an organochlorinepesticide,thechlordecone.2014.ISSN : 953511235X.

Zimmerma, L., Strahan, A., et Hurman, E. Method of Analysis and Quality-Assurance Practices by the U.S. Geological Survey Organic Geochemistry Research Group-Determination of Four Selected Mosquito Insecticides and a Synergist in Water Using Liquid-Liquid Extraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry.2001 *U.S. Geological Survey, Lawrence, Kansas*, 01-273.

