

## **Analyse et répartition spatiale des principales sources de pollution potentielle de la lagune Aghien, Sud-Est Côte d'Ivoire**

**Kôkôh Rose EFFEBI<sup>1</sup>\*, Zamblé Armand TRA BI<sup>2</sup>, Yemou Jeanne N'TAIN<sup>1</sup> et Fabrice NGUETTA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Université Nangui Abrogoua, Unité de Formation et de Recherche en Sciences et Gestion de l'Environnement (UFR/SGE), Laboratoire Géoscience et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire*

<sup>2</sup> *Université Alassane Ouattara, Département de Géographie, Côte d'Ivoire*

---

\* Correspondance, courriel : [effeb2001@yahoo.fr](mailto:effeb2001@yahoo.fr)

### **Résumé**

L'objectif de ce travail était de réaliser une cartographie des sources de pollution potentielle en lien avec les activités anthropiques dans le bassin versant de la lagune Aghien. Des enquêtes sociales auprès de 4711 ménages ont été menées sur 9 sites. Ces sites correspondent à des localités rurales et urbaines situées à proximité et en amont du bassin versant de la lagune Aghien. Les données d'enquête ont été traduites en des Systèmes d'Information Géographique et analysées. Les résultats obtenus montrent que le service de gestion des ordures ménagères est inexistant, entraînant un rejet important de ceux-ci à proximité de la lagune (56 % de la production d'ordure du bassin). La gestion des excréments humains dans les localités est essentiellement de type autonome (wc à chasse d'eau, toilettes sèches et latrines) avec des défécations dans la nature et dans la lagune relativement importantes (37 % à Akandjé). Les eaux usées domestiques (branchements anarchiques) et pluviales sont charriées depuis l'amont en zone urbaine, en passant par les affluents Djibi et Bété, pour se déverser dans la lagune Aghien. Les résultats révèlent également des rejets de près de 10% de boue de vidange dans la lagune Aghien dus à une gestion informelle du secteur. Ce travail a abouti à la répartition spatiale des sources de pollution identifiées dans le bassin versant Aghien.

**Mots-clés :** *enquête, eaux usées, lagune Aghien, ménage, ordures ménagères, pollution, SIG.*

### **Abstract**

**Analysis of the main sources of potential pollution of the Aghien Lagoon, South-East Côte d'Ivoire**

The aim of this work was to make a cartography of the potential sources of pollution related to anthropogenic activities in the Aghien lagoon watershed. Social surveys of 4711 households were conducted at 9 sites. These sites correspond to rural and urban localities located near and upstream of the Aghien lagoon watershed. Survey data has been translated into Geographic Information Systems and analyzed. The results show that the household waste management service is non-existent, leading to a significant rejection of these near the lagoon (56 % of the basin's waste production). The management of human excreta in the localities is mainly of the autonomous type (flush toilets, dry toilets and latrines), with relatively large defecations in the nature and in the lagoon (37 % in Akandjé). Domestic wastewater

(unplanned connections) and rainwater are transported from the upstream to urban areas, via the Djibi and Bété tributaries, and discharge into the Aghien lagoon. The results also reveal discharges of almost 10 % of sludge in the Aghien lagoon due to informal management of the sector. This work resulted in the spatial distribution of identified pollution sources in the Aghien watershed.

**Keywords :** *survey, wastewater, Aghien lagoon, household, garbage, pollution, GIS.*

## 1. Introduction

La croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [1, 2]. Le milieu urbain concentre ainsi des populations et activités sur un territoire resserré, lequel doit supporter de nombreux flux [3]. C'est le cas dans la plupart des pays en développement où les problèmes majeurs auxquels les responsables communaux des grandes villes africaines doivent constamment faire face sont ceux liés à la gestion durable des déchets urbains et à l'accès à un système d'assainissement adéquat [4]. La concentration de la population dans les zones urbaines ne fait qu'aggraver le problème d'accès à l'eau [5]. Parmi les pollutions diverses, la pollution de l'eau est une menace vitale pour la santé humaine et est également devenue la question la plus remarquable pour le développement durable [6]. La ville d'Abidjan connaît une croissance démographique exponentielle depuis l'indépendance de la Côte d'Ivoire : 380 000 habitants en 1965 à 4 707 000 habitants en 2014, soit 20 % de la population ivoirienne actuelle [7]. Cette explosion démographique a mis en relief l'inadaptation des infrastructures socio-économiques. Parmi les défis majeurs, celui de l'approvisionnement en eau potable de cette population demeure une priorité constante. L'eau est indispensable à toute forme de vie ; elle est nécessaire à la santé, l'agriculture, l'industrie, le tourisme, les loisirs et la navigation etc. L'eau est également une ressource qui est menacée et constitue de ce fait une source de danger voire de mort, lorsqu'on sait que près de 80 % des maladies et 3,1% des décès au monde seraient de l'avis des spécialistes de la question attribuée à la mauvaise qualité de l'eau. Ces maladies trouvent souvent leurs origines dans la pollution des ressources en eau [8]. Ainsi la pollution peut perturber la production d'eau potable et en augmenter le prix de revient [9]. Aussi le nombre et le type de bactéries présentes dans ces sources de pollution sont capables de rendre l'eau impropre à l'utilisation humaine [10].

En effet, la ville d'Abidjan est actuellement alimentée en eau potable exclusivement à partir des eaux souterraines de la nappe du Continental Terminal. Toutefois, un double constat apparaît : l'insuffisance quantitative et qualitative de cette eau. Ainsi, d'une part, l'urbanisation incontrôlée réduit la capacité d'infiltration des eaux pluviales au niveau des champs captant [11]. Et d'autre part, cette urbanisation est source de contamination importante par des polluants chimiques et organiques de la ressource en eau [12]. Ainsi, le recours à d'autres sources pour répondre aux besoins pressants en eau de la ville d'Abidjan est la priorité actuelle des décideurs. C'est pourquoi, l'Etat de Côte d'Ivoire a identifié les sources telles que les eaux de surface du lac Bakré, de la lagune Aghien et du fleuve Comoé et les eaux souterraines de la nappe du Continental Terminal de Bonoua (située à 60 km d'Abidjan) pour l'alimentation du grand Abidjan. Parmi ces sources deux font l'objet d'attention prioritaire. Il s'agit de la nappe de Bonoua qui alimente une partie de la ville d'Abidjan depuis mars 2015 et la lagune Aghien, objet de cette étude. Les principales sources de pollution des eaux, en règle générale, sont : agricole, domestique, industrielle ou émanant des déchets solides. La mauvaise gestion de l'assainissement et l'absence de traitement aggravent la pollution du milieu naturel, et en particulier les ressources en eau [13]. La ville d'Abidjan ne dispose d'aucun système de traitement des eaux usées domestiques, par conséquent toutes ces eaux sont rejetées à l'état brut dans les lagunes et en mer, occasionnant la pollution de ces ressources en eau, particulièrement la lagune Aghien. Les eaux usées domestiques non traitées, tout comme les effluents agricoles et industrielles sont directement rejetés dans

cette lagune [14, 15]. Tous ces intrants anthropiques de polluants modifient l'écologie locale des lieux de rejet [16, 17]. Le bassin versant Aghien présente des zones urbaines, des villages avoisinants, des zones d'activité agricole et d'élevage, sources potentielles de pollutions chimique, organique et biologique qui pourraient nuire à la qualité des eaux dans ce bassin. Cependant la lagune Aghien étant susceptible d'être utilisée pour la production d'eau potable de la ville d'Abidjan, ces différentes sources de pollution potentielle représentent un problème important pour celle-ci. En effet, les auteurs [18, 19] ont montré que toute activité menée ou exercée sur un bassin versant influence d'une manière ou d'une autre les ressources en eau de surface. Certes, de nombreuses études ont été réalisées sur la lagune notamment sur la caractérisation physique, chimique, bactériologique, ainsi que sur l'utilisation potentielle de cette lagune comme source d'approvisionnement en eau potable. Aucun de ces travaux n'a abordé la question des potentielles sources de pollution liées aux activités humaines autour de la lagune Aghien. En effet la recherche et la maîtrise de ces sources de pollution permettraient de mieux les circonscrire et de proposer des solutions palliatives en vue de protéger la lagune Aghien. Or il est indéniable que les activités humaines produisent diverses sortes de déchets rejetés dans la lagune détériorant ainsi la qualité de ses eaux. Au vue des menaces sur la qualité actuelle et future des eaux de cette lagune, il est donc primordial de s'interroger sur l'origine des polluants menaçant l'utilisation durable de cette ressource comme source potentielle d'approvisionnement en eau potable de la ville d'Abidjan. Selon l'Auteur de la référence [20], il est important que toutes les activités anthropiques soient caractérisées avec leurs impacts afin de limiter la pollution. L'objectif de cette étude était de caractériser, par des enquêtes sociales et cartographier à travers un Système d'Information Géographique, les différentes sources de pollution dues aux activités anthropiques en amont et en aval de la lagune Aghien.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Zone d'étude

La lagune Aghien est située au Sud de la Côte d'Ivoire, dans le District d'Abidjan. Ce réservoir d'eau situé entre les latitudes 5°22'N et 5°26'N et les longitudes 3°49'W et 3°55'W renferme une partie de la ville d'Abidjan, de la commune de Bingerville et d'Anyama [21]. La lagune Aghien a une superficie de 20 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 40,72 km avec un volume estimé à 25 km<sup>3</sup> et une profondeur maximale de 13 m. Elle fait partie du réseau lagunaire d'Abidjan. Elle est séparée de la lagune Ebrié par la lagune Potou avec laquelle elle communique par un chenal naturel. Son bassin versant est drainé par un réseau hydrographique composé d'une part par les rivières Bété et Djibi qui débouchent directement dans sa cuvette amont et d'autre part par la Mé qui intercepte son cours aval [21], (*Figure 1*). Au niveau climatique, le bassin versant d'Aghien est situé en zone subéquatoriale à quatre saisons. Les précipitations très abondantes (moyenne annuelle de 1800 mm) se répartissent au cours de l'année en une grande saison pluvieuse d'avril à juillet, une petite saison pluvieuse d'octobre à novembre, une grande saison sèche de décembre à mars, et une petite saison sèche d'août à septembre. Cette zone climatique est caractérisée par un régime hydrologique de type équatorial de transition [22]. Le bassin versant, autrefois, essentiellement couvert par la forêt dense sempervirente a été transformé en espace de culture (surtout d'hévéa et de palmier à huile) d'une part et en espace urbanisé d'autre part. Il subit une conquête par l'habitat en périphérie d'Abidjan (communes d'Abobo, d'Anyama et de Bingerville). Au Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 1998, la population du District d'Abidjan a été estimée à 3 125 890. Celle-ci est passée de 1 026 738 habitants en 1975 à 2 187 560 habitants en 1988 pour atteindre 3 125 890 habitants en 1998, soit un taux de croissance moyen annuel de 5,25 % entre 1975 et 1988 et 3,75 % entre 1988 et 1998 [23]. Un paysage fortement marqué par la présence humaine (urbanisation et/ou agriculture). Environ 45 % de la surface du bassin versant total correspond à des espaces naturels. En zone urbaine, on a un habitat économique et évolutif avec des villas basses et immeubles, par contre en zone rurale on a un habitat majoritairement composé de maisons basses de type individuel [24].

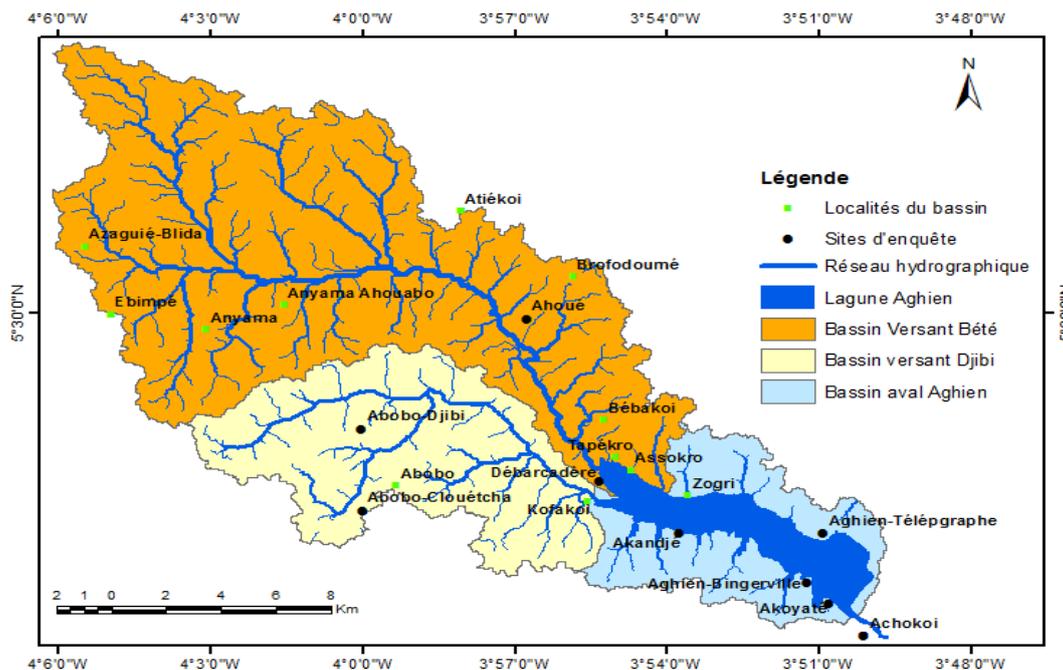


Figure 1 : Bassin versant de la lagune Aghien et localités enquêtées

## 2-2. Collecte de données

La base statistique ayant servi à cette étude provient d'enquête de terrain par échantillonnage. Les villages enquêtés se répartissent entre deux (2) groupes ethniques à savoir les *Tchaman* ou *Ebrié* et les *Akyé* ou *Attié*. Ce sont les Akan lagunaires appartenant au groupe linguistique *KWA*. La population comprend, outre les autochtones *Attié*, *Ebriés*, les allogènes venus de toutes les régions de la Côte d'Ivoire. La communauté étrangère quant à elle se compose de ressortissants des pays de l'Afrique, particulièrement ceux de l'Afrique de l'Ouest. La technique d'échantillonnage utilisée est la méthode d'échantillonnage en grappe. Elle a consisté en la division de la population en groupes ou grappes. Il s'agissait de déterminer d'abord, les communes traversées par la lagune Aghien, ensuite les villages en milieu rural, les quartiers en ville et enfin, de sélectionner les ménages. Ainsi, l'unité d'échantillonnage ici est le ménage. 70 % des ménages en zone urbaine et rurale soit un total de 4711 ménages ont été enquêtés sur un effectif total de 6730 ménages, pour une population totale estimée à 51914 habitants [23]. Des enquêtes sociales ont été réalisées auprès des ménages aux mois de juin à septembre 2015, afin de déterminer toute source de pollution potentielle de l'eau liée aux différentes activités humaines dans la lagune Aghien et son bassin versant. Les sites d'enquêtes concernent en zone rurale, en aval, les localités situées dans le voisinage immédiat de la lagune (Achokoi, Akoyaté, Akandjé, Aghien Bingerville, Adjin Télégraphe, Débarcadère) et en zone urbaine, celles en amont de la lagune (Abobo Clouécha, Abobo Djibi, Ahoué). Les ménages retenus ont été soumis à un questionnaire dont les principaux axes concernent :

- ✓ le mode de gestion des ordures ménagères, des eaux usées et pluviales ;
- ✓ les sources de pollution issues des activités économiques de ces ménages (agriculture, pisciculture, pêche, élevage, industrie et artisanat) ;
- ✓ les propositions de solution pour lutter contre la pollution de la lagune Aghien.

Les données qualitatives relatives à l'identification des matières premières ou intrants utilisées dans les différentes activités (fermes, piscicultures, pêche, agriculture) et les activités à risque en termes de pollution ont été collectées au moyen d'un guide d'entretien semi-directif. Ces entretiens ont été menés de

manière spontanée ou guidée, avec les fermiers, agriculteurs, pisciculteurs et pêcheurs.

En dehors des enquêtes réalisées, d'autres données, essentiellement sous la forme d'images satellites, ont été utilisées. Il s'agit :

- ✓ d'un Modèle Numérique de terrain SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) d'une résolution spatiale de 30 mètres ;
- ✓ de vue satellitaire Google du bassin versant à très haute résolution spatiale.

**2-3. Traitement des données**

Les données des enquêtes ont été traitées à l'aide des logiciels « Sphinx 2 Plus » et « Excel » pour l'encodage des informations, les différents pourcentages et les graphes respectifs. Le traitement cartographique a été réalisé à l'aide du logiciel ArcGis qui a permis de spatialiser les informations géographiques collectées à l'aide d'un GPS. Un Système d'Information Géographique a été réalisé à l'aide de ces cartes spatialisées.

**2-3-1. Spatialisation cartographique des enquêtes**

La spatialisation cartographique des données d'enquête a utilisé la méthode de krigeage [25]. Ces données d'enquête ont d'abord été exprimées sous la forme de tableaux statistiques en pourcentage. Ces classes de pourcentage ont été affectées d'un poids indiquant le degré de participation d'un site d'enquête à une pollution donnée de la lagune (> 20 % = 1 ; 20-40 % = 2 ; 40-60 % = 3 ; 60-80 % = 4 ; 80-100 % = 5). Le **Tableau 1** présente un exemple de ce codage. Ce sont les poids attribués qui ont fait l'objet de spatialisation par krigeage simple.

**Tableau 1 : Codage des données d'enquête pour la réalisation d'un SIG**

Localités	Rejet et gestion des ordures ménagères			
	Proximité de la lagune	Poids	Sociétés de ramassage	Poids
Akoyaté	30,40	2	0	5
Aghien Bingerville	2,60	1	0	5
Akandjé	56,50	3	0	5
Abobo Clouétcha	0	1	59,60	3

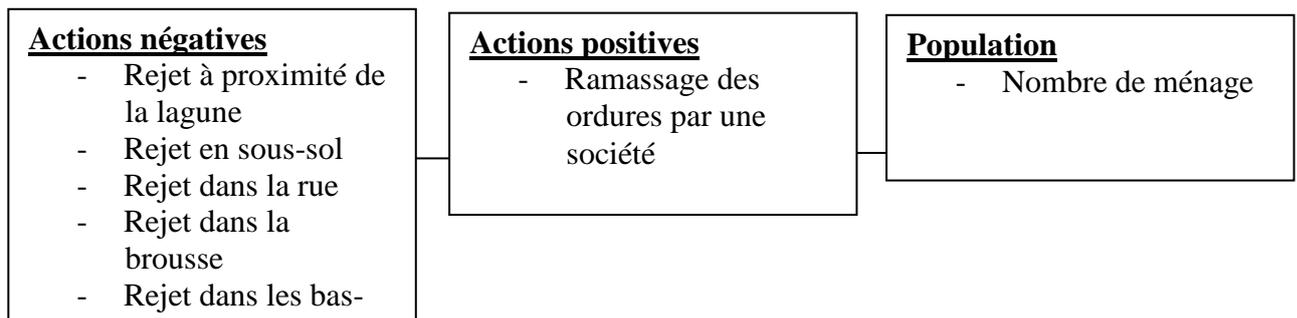
**2-3-2. Réalisation du SIG**

Le SIG adopté est le croisement de trois grandes couches d'information qui sont :

- ✓ les sources de pollution issues des ordures ménagères ;
- ✓ les sources de pollution en rapport avec les excréments humains ;
- ✓ les sources de pollution chimique engendrée par les différentes activités économiques sur le bassin.

Pour la première source de pollution (ordures ménagères), les différents types de rejet des ordures (à proximité de la lagune, en sous-sol, dans la rue, dans la brousse, dans les bas-fonds) sont considérés

comme des actions négatives (action de contamination) tandis que la collecte et le ramassage de ces ordures sont des actions positives. Ainsi, pour les actions négatives, les poids attribués dans le tableau statistique sont croissants avec les pourcentages, alors que ces poids sont décroissants avec le niveau d'importance de ramassage de ces ordures (*Tableau 1*). Un facteur de proportionnalité de la production d'ordures ménagères est le nombre de ménages. Pour l'intégrer dans le SIG, nous avons compté par approximation le nombre de maison à partir de l'image satellite disponible sur Google. Pour faciliter l'opération de comptage, nous avons construit sur l'ensemble de la surface du bassin d'Aghien une grille régulière d'un kilomètre de côté. Le résultat obtenu a aussi été affecté de poids entre 1 et 5. La *Figure 2* résume le SIG sur la production et la gestion des ordures ménagères.



**Figure 2 :** Couches d'information pour la mise en place du SIG sur les sources de pollution de la lagune par les ordures ménagères

Le SIG pour la détermination des sources de pollution de la lagune par les excréments humains s'appuie sur quatre bases de données :

- ✓ les enquêtes relatives à la nature des aménagements des toilettes ;
- ✓ les enquêtes concernant les sources de rejet des eaux vannes ;
- ✓ les enquêtes relatives au devenir des fosses septiques lorsqu'elles sont pleines ;
- ✓ le nombre de ménages.

Enfin, le SIG sur les sources de pollution chimique se base sur les enquêtes par questionnaire, les observations de terrain et la topographie du bassin versant. En effet, ce dernier facteur peut être un élément participant à la diffusion rapide (selon le degré de pente) des eaux contaminées.

### 3. Résultats

Les données collectées et traitées ont permis d'analyser et cartographier les principales sources de pollution de la lagune Aghien, ainsi que la perception des effets de la pollution et les actions entreprises par les riverains.

#### 3-1. Sources de pollution potentielle de la lagune Aghien

##### 3-1-1. Pollution de la lagune Aghien par les ordures ménagères

###### 3-1-1-1. Typologie des ordures ménagères et lieu de rejet

Les observations lors de l'enquête terrain montrent un système de collecte généralement défaillant entraînant un fort rejet de déchets dans la nature. Les ordures ménagères se composent principalement de

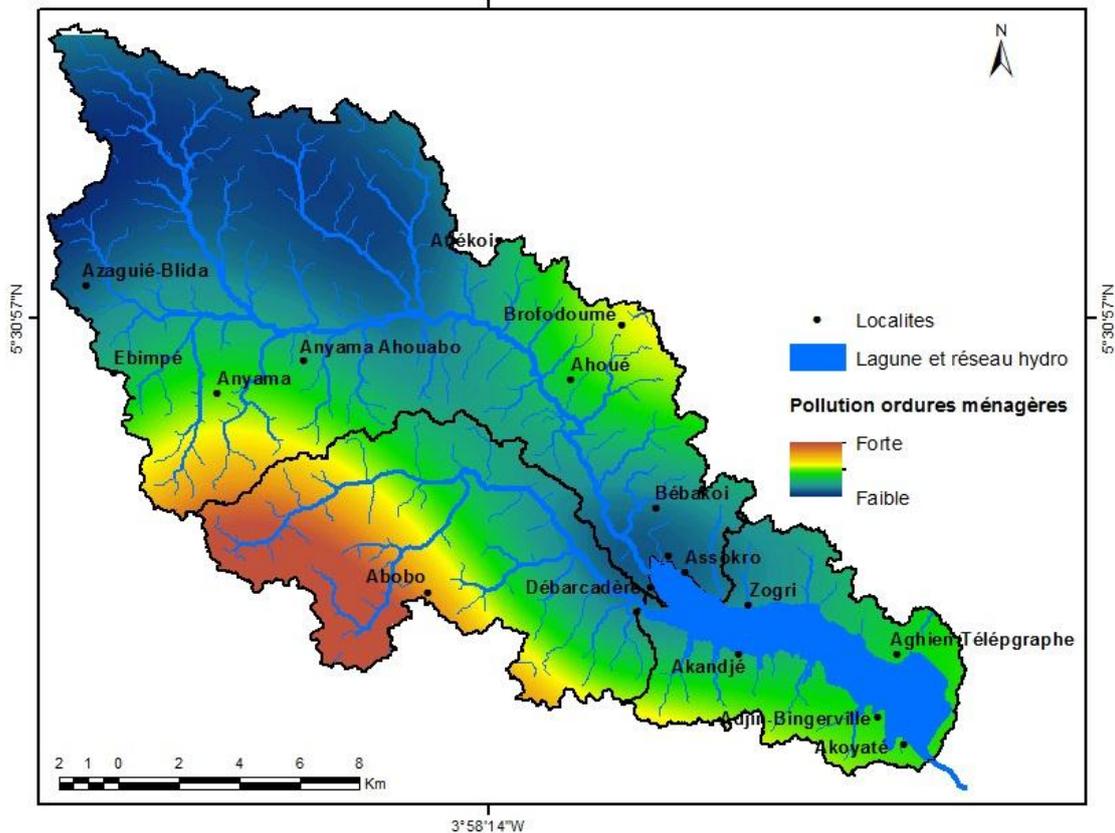
déchets putrescibles 80 % (les déchets alimentaires et les déchets verts), de plastiques 17 % et d'autres types de déchets 3 % (verre, tissus, papier, cendre...). Les données du **Tableau 2** montrent le lieu de rejet des ordures ménagères par localité. Le lieu de déversement des ordures varie d'une localité à une autre selon la topographie de la zone et le caractère urbain ou non de la localité.

**Tableau 2 : Lieu de rejet des ordures ménagères par localité dans le bassin Aghien**

Lieu de rejet des eaux vannes (%)						
Localités	Lagune Aghien	Fosse septique	Rue	Brousse	Cours	Bas fond
Achokoi	0	6	64,20	25,40	4,50	0
Akoyaté	30,40	1,80	30,40	23,20	14,30	0
Adjin Bingerville	24,70	14,60	23,60	14,60	4,50	18
Akandjé	56,60	1,90	26,40	9,40	5,70	0
Aghien Télégraphe	37,40	5,10	38,40	16,20	3	0
Abobo Klouetcha	0	44,50	37,60	0	0	17,90
AboboDjibi	0	18,20	55,10	14,50	8,40	3,70
Ahoué	0	15,30	59,80	12,20	7,40	5,30
Débarcadère	18,40	17,40	54,40	5,70	4,10	0

### 3-1-1-2. Répartition spatiale de la pollution par les ordures ménagères dans le bassin Aghien

Le SIG réalisé à partir des enquêtes de terrain montre la variation de l'importance de la répartition spatiale des ordures ménagères dans le bassin versant Aghien (**Figure 3**). Abobo occupant une grande partie du bassin versant de la Djibi, la représentation cartographique indique que la principale source de pollution par les ordures ménagères provient de cette commune (**Photo 1-A**). Les sources secondaires de pollution de cette nature sont issues des communes d'Anyama, de Brofodoumé et Ahoué. De faibles pollutions sont constatées à l'aval du bassin d'Aghien au niveau des localités rurales. Toutefois, malgré leur faiblesse quantitative relative, elles sont souvent directement en contact avec la lagune (**Photo 1-B**).



**Figure 3 :** Source de pollution de la lagune Aghien par les ordures ménagères



**Photo 1 :** (A) Déchets solides charriés depuis l'amont (Djibi) ; (B) Dépôt sauvage d'ordures au voisinage de la lagune à Akandjé

### 3-1-1-3. Modes de traitement des ordures

La **Figure 4** montre l'utilité du tri dans les différentes localités. Les données de la **Figure 5** indiquent les différents modes de traitement des ordures ménagères dans les différentes localités enquêtées. Ainsi, trois (3) modes ont été identifiés (incinération et compostage et aucun traitement).

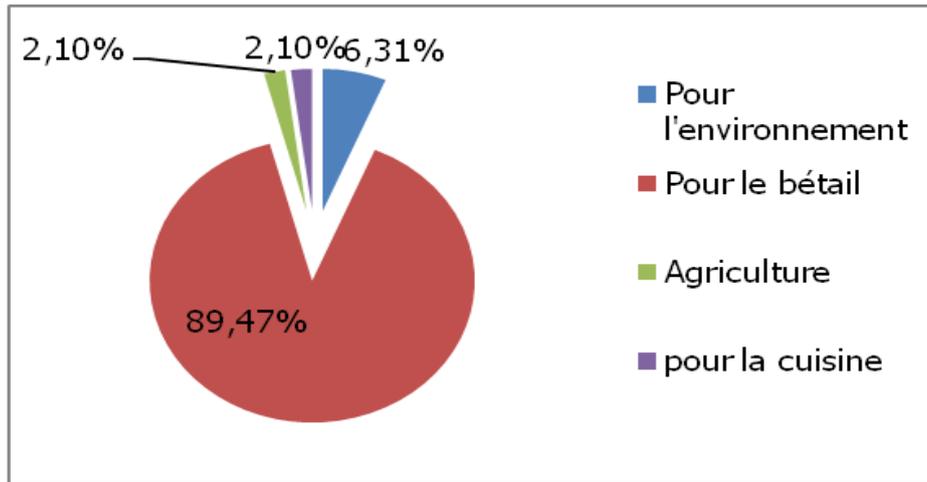


Figure 4 : Utilité du tri des ordures ménagères dans le bassin Aghien

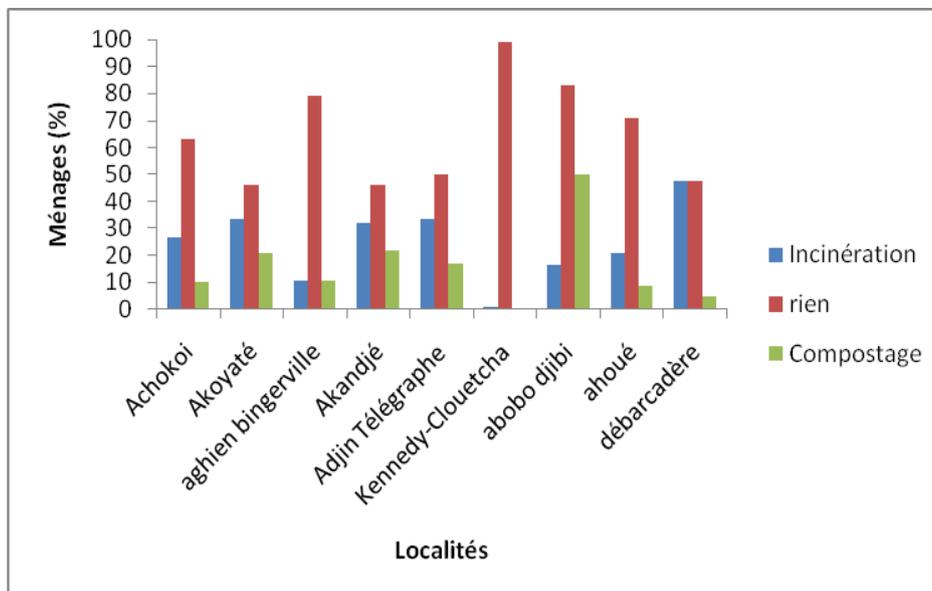


Figure 5 : Mode de gestion des ordures ménagères par localité dans le bassin Aghien

### 3-1-2. Pollution de la lagune Aghien par les excréments humains

#### 3-1-2-1. Mode de débarras des excréments humains

Les données du **Tableau 3** présentent, les types de toilettes (latrines, wc à chasse d'eau, toilettes sèches...) utilisés par la population dans les différentes localités enquêtées. En milieu rurale, en particulier à proximité de la lagune, une proportion importante des ménages ne dispose pas de toilette et utilise à cette fin la brousse ou la lagune. La brousse est ainsi utilisée par un tiers des ménages à Achokoi, Akoyaté et Akandjé. Aussi, 38 % des ménages interrogés font leur besoin directement dans la lagune dans le village d'Akandjé. Les toilettes individuelles aménagées sous la forme de latrine, de toilette sèche et de wc à chasse d'eau sont les plus couramment utilisés en milieu urbain (100 % à Abobo Clouétcha et 89 % à Abobo Djibi) et dans certaines localités rurales comme Débarcadère (76 %).

**Tableau 3 : Mode de débarras des excréments humains dans le bassin Aghien**

Localités	Type de toilette (%)				
	Air libre	Lagune	Toilettes sèches	Latrine	WC à chasse d'eau
<b>Zone Urbaine</b>					
Abobo Clouetcha	00	00	33,90	23,40	42,74
Abobo Djibi	11,30	00	8,50	44,30	35,90
<b>Zone Rurale</b>					
Achokoi	37,5	4,70	10,90	25	21,90
Akoyaté	34,70	11,10	11,10	22,20	20,80
Ahoué	20,90	00	26,60	30,30	22,20
Akandjé	37,70	37,70	1,50	5,80	17,40
Aghien bingerville	20,50	19,30	1,10	29	30,20
Adjin Télégraphe	29	2,20	8,60	37,60	22,60
Debarcadère	24	1,10	61,80	11	2,10

### 3-1-2-2. Répartition des lieux de rejet des eaux vannes par localité

Le **Tableau 4** montre la répartition des lieux de rejet des eaux vannes dans les différentes localités. L'analyse des données montre que le taux de couverture du réseau d'assainissement des eaux usées sur le bassin versant d'Aghien est très faible en zone urbaine, voire inexistant en zone rurale. Des raccordements se font souvent directement sur les ravins naturels (**Photo 2**). Cette technique vise à laisser transporter par les eaux pluviales, les eaux vannes et les déchets ménagers.

**Tableau 4 : Répartition des lieux de rejet des eaux vannes par localité dans le bassin Aghien**

Localités	Lieu de rejet des eaux vannes (%)					
	Lagune Aghien	Fosse septique	Rue	Brousse	Cours	Bas fond
Achokoi	0	6	64,20	25,40	4,50	0
Akoyaté	30,40	1,80	30,40	23,20	14,30	0
Adjin Bingerville	24,70	14,60	23,60	14,60	4,50	18
Akandjé	56,60	1,90	26,40	9,40	5,70	0
Aghien Télégraphe	37,40	5,10	38,40	16,20	3	0
Abobo Klouetcha	0	44,50	37,60	0	0	17,90
Abobo Djibi	0	18,20	55,10	14,50	8,40	3,70
Ahoué	0	15,30	59,80	12,20	7,40	5,30
Débarcadère	18,40	17,40	54,40	5,70	4,10	0



**Photo 2 :** *Ravin naturel (Abobo Clouetcha) exploité comme canal d'évacuation des eaux vannes et des ordures ménagères (en encerclé rouge, un tuyau d'évacuation d'eaux vannes)*

### 3-1-2-3. Mode de gestion des boues de vidange

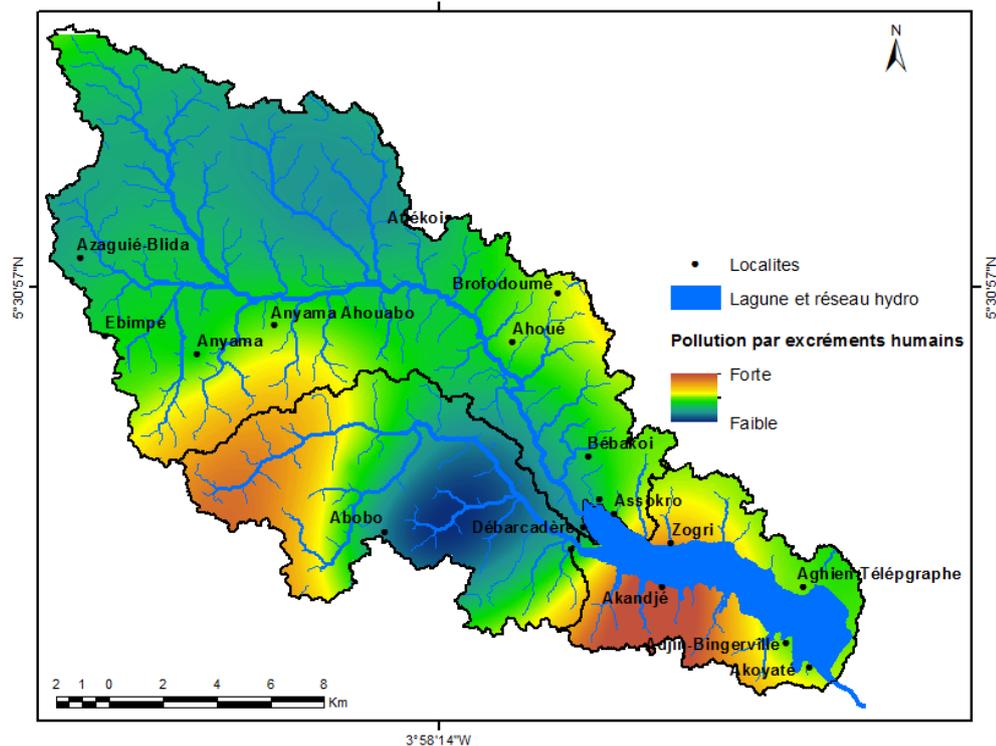
Le **Tableau 5** indique le mode de gestion des boues de vidange selon les localités enquêtées dans le bassin Aghien. Ainsi, les données montrent que lorsque les fosses septiques des ménages sont pleines, le comportement des ménages varie d'une localité à une autre. En zone urbaine, la majorité des ménages de Abobo Clouetcha (55,90 %) ainsi que le village de Abobo Djibi (67 %) font appel à un service de vidange ; même si une part non négligeable des populations enquêtées vide leur fosse septique dans un trou (Abobo Klouetcha, 40,90 % et Abobo Djibi, 27 %). Quant à Achokoi, Akoyaté et Débarcadère la plupart des ménages réalise une nouvelle fosse lorsque leurs fosses septiques sont remplies. Le mode privilégié à Aghien Bingerville, Akandjé et Ahoué est la vidange dans un trou.

**Tableau 5 :** *Devenir des fosses septiques pleines dans le bassin Aghien*

Localités	Mode de vidange (%)				
	Réalisation d'une nouvelle fosse	Trou	Utilisation de produits	Lagune	Camion de vidange
<b>Zone urbaine</b>					
Abobo Clouetcha	2,20	40,90	1,1	0	55,90
Abobo Djibi	6	27	0	0	67
<b>Zone rurale</b>					
Achokoi	62,5	31,3	6,3	0	0
Akoyaté	100	0	0	0	0
Ahoué	35,60	45,20	19,2	0	0
Akandjé	10	80	0	10	0
Adjin	20	80	0	0	0
Bingerville					
Aghien					
Télégraphe	38,10	38,10	14,3	9,5	0
Débarcadère	77,80	12,60	2,40	3	4,2

### 3-1-2-4. Analyse cartographique des sources de pollution liées aux excréments humains

L'analyse cartographique des sources de pollution de la lagune Aghien par les excréments humains fait apparaître deux principaux espaces de pollution (*Figure 6*). Ce sont d'une part les espaces urbains d'Abobo et d'Anyama (Sud-Ouest du bassin), et d'autre part les localités rurales situées à proximité immédiat de la lagune comme Akandjé (Sud-Est du bassin). L'analyse par sous bassin indique que le bassin versant de la Djibi et le bassin aval de la lagune Aghien sont les sources principales de contamination de cette lagune. Le bassin versant de la Bété est une source de pollution par excréments humains de faible à moyenne proportion.



**Figure 6 :** Source de pollution de la lagune Aghien par les excréments humains

### 3-1-3. Pollution par les intrants des productions primaires

#### 3-1-3-1. Activités et intrants dans le bassin versant de la lagune Aghien

Plusieurs activités économiques se déroulent dans le bassin versant de la lagune Aghien. La pêche est une activité traditionnelle pratiquée par l'ensemble des populations riveraines de la lagune Aghien. C'est une pêche traditionnelle qui vise principalement la consommation locale. Elle se fait avec des instruments archaïques. La pisciculture est très peu développée dans la zone du projet. L'élevage est de type traditionnel dans presque tous les villages rencontrés. Il s'agit de l'élevage de la volaille (poulets), le bétail (bœufs, moutons, porcs, chèvres, lapins). Il existe toutefois quelques fermes de volailles destinées à la commercialisation au niveau d'Abidjan. Soulignons la présence de groupes industriels agricoles surtout en aval de la lagune Aghien. Ce sont :

- le Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) dont les pépinières et les champs expérimentaux (1560 ha) sont situés à 7 km de la lagune ;
- la société EXAT et la plantation de campement YACE ;
- la Compagnie de Caoutchouc de Pakidié (CCP) avec des plantations d'hévéa de (370 hectares).

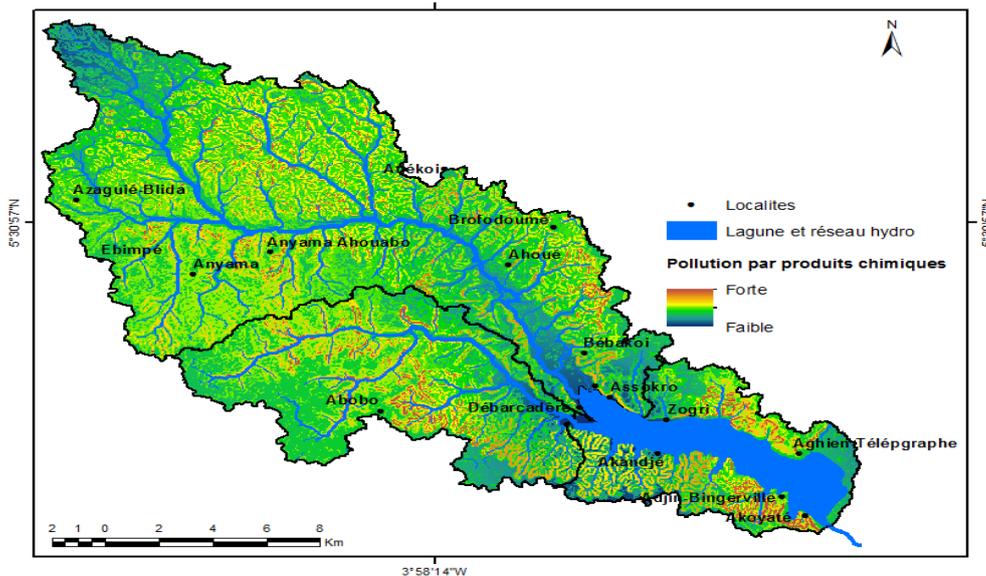
Le **Tableau 5** présente les différentes activités réalisées dans les localités enquêtées ainsi que les intrants utilisés. L'agriculture constitue l'activité économique dominante des villages riverains de la lagune Aghien. Les principales cultures agricoles pratiquées sont les cultures pérennes (hévéa, palmiers à huile), les cultures vivrières (manioc, banane) et les cultures maraîchères (salade, tomate, chou, carotte, aubergine, gombo).

**Tableau 5 : Intrants de quelques secteurs d'activités dans le bassin Aghien**

ACTIVITES	INTRANTS
<b>Agriculture</b>	Pesticides (insecticides, les herbicides, les fongicides, les acaricides, les nématicides, les hélicides, les rodenticides et les termicides) et azote, phosphore).
<b>Maraîchère</b>	NPK, Urée, KCl, bancoplus, K-optimal, roundop, fumier, super gros, adwumawara, décis, engrais rouge, fiente de poulets, kalash, gramoxone, baseline, amidonnage, copeau de bois, callifer, random, manitex golden, fumure organique, supercal, gabbadine, calman 80, Pka, gramassol, agrimifensosc, latexplus, herbextra.
<b>Ferme</b>	Vétacoxs, héparenol, vitamino, maïs concentré, codys, koudouss, produit amine total, HB1, HB20, vigosine, litière.
<b>Pisciculture</b>	son de maïs, noix de coco, graine de palme, manioc, granulet, farine.
<b>Pêche</b>	Nasses, maïs, produits chimiques non identifiés, cannes à pêche, filets à grandes mailles et éperviers.

3-1-3-2. Répartition spatiale des produits chimiques issus des activités dans le bassin Aghien

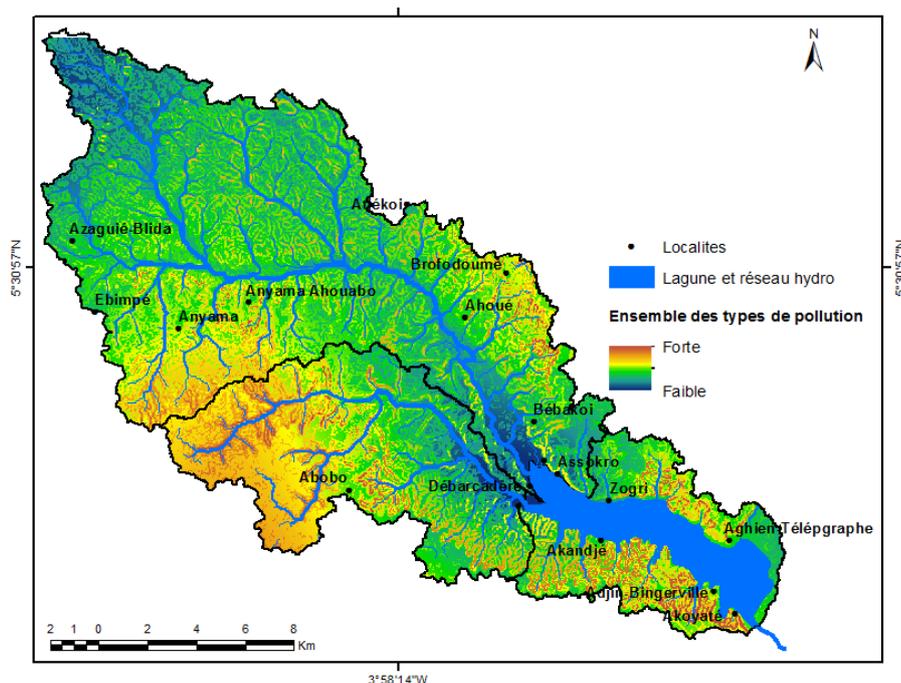
La carte des sources de pollution due aux produits chimiques principalement agricole (**Figure 7**) indique une répartition presque égale pour les trois sous bassins. Les proportions sont faibles à moyennes. Toutefois, ces résultats ont été nuancés par la prise en compte de la topographie où les fortes pentes participent à un transport rapide de ces produits chimiques vers la lagune en aval.



**Figure 7 : Sources de pollution de la lagune Aghien par les produits chimiques (intrants)**

### 3-1-4. Synthèse des sources de pollution dans le bassin versant Aghien

L'addition de l'ensemble des sources de pollution (**Figure 8**) fait ressortir que les principales sources de pollution sont issues de l'espace urbain, en particulier de la commune d'Abobo. Par conséquent, la partie amont du bassin sous bassin versant de la Djibi produit l'essentiel des sources de contamination de la lagune. Une autre source non moins négligeable est liée au comportement non écologique des populations rurales vivant à proximité de la lagune. Il en résulte que le second espace en termes d'importance des sources de pollution reste les villages situés à l'aval du bassin versant.



**Figure 8 :** Représentation spatiale des sources de pollution de toute nature dans le bassin versant d'Aghien

## 3-2. Perception des effets, actions menées et solutions préconisées par les riverains

### 3-2-1. Effets perçus par les ménages

Les résultats des enquêtes ont permis de mettre en évidence deux types d'effets perçus par les riverains de la lagune : les odeurs de putréfaction et les colorations diverses des eaux de la lagune. La **Figure 9** présente le ressenti des populations interrogées par rapport au degré de pollution de la lagune Aghien. Le **Tableau 6** montre les différentes couleurs que présente la lagune Aghien selon les populations interrogées. Ces couleurs sont le vert, le marron, le jaune clair et d'autres couleurs comme le noir, le blanc, le rouge et le bleu.

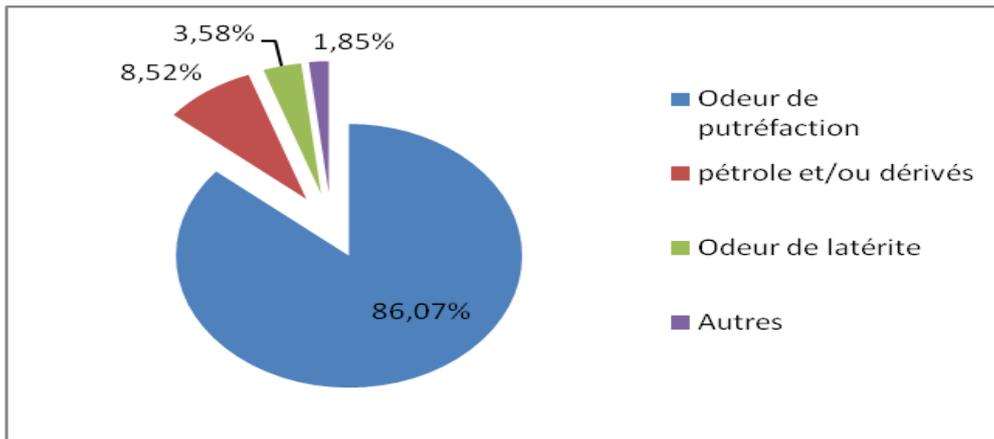


Figure 9 : Répartition des odeurs ressenties dans le voisinage de la lagune Aghien par les ménages

Tableau 6 : Coloration de la lagune Aghien par localité

	Vert	Marron	Jaune	Claire	Autres couleurs
Achokoi	14,30	36,50	15,90	19,10	14,30
Akoyaté	14,30	44,20	32,50	2,60	6,50
Aghien bingerville	41,70	20,90	13,90	11,30	12,20
Akandjé	31,40	41,20	17,70	2,00	7,80
Adjin télégraphe	17,90	30,90	17,10	17,10	17,10
Débarcadère	9,50	21,40	38,30	9,10	21,70

3-2-2. Actions menées au niveau de la lagune par les riverains

Les actions menées au niveau de la lagune par les riverains, sont principalement des actions de salubrité telles que le balayage, le désherbage (93,38 %) avec une faible sensibilisation (6,35 %) et très peu (0,24 %) d'actions de protection (Figure 10).

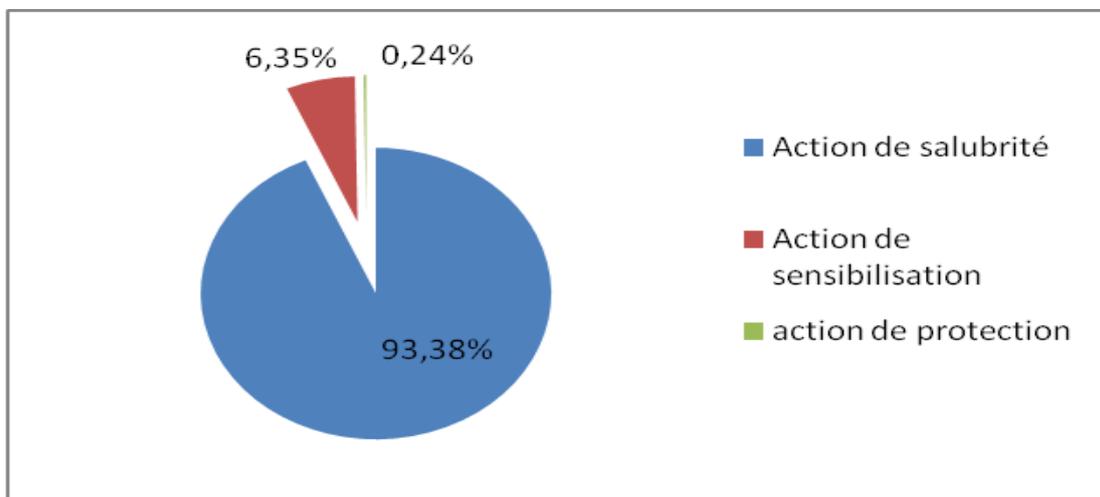
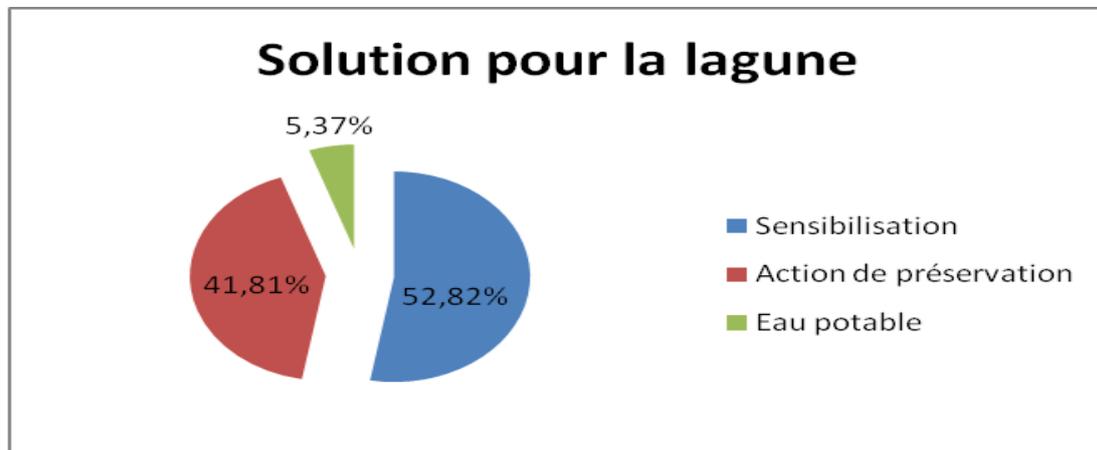


Figure 10 : Actions menées au niveau de la lagune Aghien par les ménages

### 3-2-3. Solutions préconisées par les ménages pour éviter la pollution de la lagune

L'analyse des résultats obtenus montre que les solutions proposées par les ménages se résument autour de trois actions : la sensibilisation (52,82 %), les actions de préservation (41,81 %) et la potabilisation de l'eau de la lagune (5,37 %), (*Figure 11*).



**Figure 11 :** Solutions préconisées par les ménages dans le bassin versant Aghien

## 4. Discussion

L'importante pollution de l'environnement d'Abidjan et sa périphérie par les ordures ménagères est la combinaison de facteurs que sont la forte croissance démographique, un dynamisme accru des activités socio-économiques, des infrastructures d'assainissement inadéquat et de mauvaise qualité, et une mauvaise gestion de l'enlèvement de ces ordures. Le taux de raccordement des ménages au système d'assainissement de la ville d'Abidjan est estimé à 29 % et le taux de collecte des ordures ménagères à 55% [4]. Ce taux de collecte des ordures ménagères est très voisin de celui obtenu lors de nos enquêtes à Abobo Clouetcha (60 %). En outre, l'enlèvement de ces déchets solides ou liquides ne concerne souvent que les centres urbains au détriment de la périphérie [26]. Cette situation se traduit par les faibles taux d'assainissement et de gestion des ordures ménagères constaté dans nos statistiques à Abobo Djibi et les localités rurales. Tout ce dysfonctionnement conduit à une contamination de plus en plus importante des eaux de surface et des eaux souterraines [27]. Selon l'auteur [28], la vaisselle, la lessive, le bain et la baignade qui se font quotidiennement libèrent dans la lagune Aghien des composés chimiques issus des détergents, suscitant une pollution de celle-ci, mais à un moindre degré car la population vivant dans le voisinage immédiat de la lagune Aghien n'a pas une forte densité. Les études chimiques et bactériologiques effectuées par certains chercheurs [29 - 31] sur la lagune Aghien font ressortir des niveaux de contamination supérieurs aux normes acceptées par l'OMS pour une utilisation sans risque comme eau potable. Les analyses révèlent des proportions importantes de coliformes fécaux et de matières organiques dans la lagune. Ces auteurs s'accordent pour affirmer que ces éléments contaminants sont issus des déchets domestiques et agricoles principalement et de processus naturels comme la décomposition des végétaux. La pollution agricole est due surtout à l'utilisation intensive et abusive des engrais (chimiques et organiques) et pesticides [32]. Ces conclusions concordent avec les sources de pollution identifiées dans notre travail. Nos résultats sont également en accord avec l'auteur [33], qui mentionne dans ces travaux que les déchets liquides et solides issus des activités domestiques constituent une grande source de pollution des eaux de surface. Cet auteur mentionne également qu'en Afrique, à peine 3 % des ménages évacuent correctement leurs eaux usées domestiques. Ainsi les eaux usées sont directement déversées dans les rues,

dans les cours et dans les caniveaux ; ce qui provoque la stagnation des flaques d'eau de douches ou d'eau de ménages entre les habitations. Plusieurs études ont ainsi été menées sur la chimie et la bactériologie de la lagune Aghien. Mais peu ou pas d'étude n'a réellement identifié cartographiquement les sources de pollution. Pour les études cartographiques existantes, les analyses se sont portées sur l'étude des risques ou de la vulnérabilité de cette lagune à la pollution [34, 7, 35]. Ces études se sont pour l'essentiel basées sur les paramètres physiques du bassin, en mettant peu d'accent sur le facteur humain qui est primordial ici. La conséquence est que les résultats de ces études présentent souvent quelques contradictions avec les nôtres. Il convient cependant de faire remarquer que l'utilisation de certains facteurs naturels comme la végétation dans notre Système d'Information Géographique peut être d'un apport dans l'identification des sources de pollution chimique. En effet, la décomposition de cette végétation est une source de contamination des eaux par la matière organique.

## 5. Conclusion

Les enquêtes menées auprès des ménages dans le voisinage et en amont de la lagune Aghien ont permis de mettre en place la cartographie des sources de pollution issues des ordures ménagères, les excréments humains, les eaux vannes, les produits chimiques utilisés comme intrants dans certaines activités (agriculture, maraîcher, pêche, pisciculture). Cette étude menée sur la lagune Aghien, nous a permis de montrer que ces activités anthropiques constituent de potentielles sources de pollution. Au regard de ces résultats, les risques résultent de l'absence de systèmes de traitement appropriés des eaux usées et des boues de vidange et de la proximité des zones urbanisées (Abobo Clouetcha) mais également des villages situés en bordure de la lagune. Une étude sur les quantités de matière organique produite dans le bassin demeure une perspective de recherche à exploiter. Vu ce qui précède un périmètre de protection aux alentours de la lagune Aghien s'avère primordiale si cette ressource devrait être utilisée pour la production de l'eau potable à Abidjan, afin de pallier à toute forme de pollution ou de contamination.

## Remerciements

*Cette étude a été financée par le programme AMRUGE-C2D 2015-2018 du Ministère Ivoirien de la Recherche Scientifique et de l'Enseignement Supérieur. Nos vifs remerciements aux chefs et ménages de toutes les localités visitées.*

## Références

- [1] - D. GHAZALI, A. ZAID, *Larhyss Journal*, 12 (2013) 25-36
- [2] - E. O. HOUNSOUNOU, M. D. T. AGASSOUNON, N. C. KELOME, E. W. VISSIN, G. A. MENSAH et E. AGBOSSOU, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10(5) (2016) 2392 - 2412
- [3] - S. HOST, M. TELLE-LAMBERTON, *Les Cahiers de l'IAU îdF*, 170-171 (2014) 36 - 39
- [4] - N. SORO, L. OUATTARA, K. DONGO, E. K. KOUADIO, E. K. AHOUSSE, G. SORO, M-S. OGA, I. SAVANE, J. BIEMI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 4(6) (2010) 2203 - 2219
- [5] - B. A. HASSANE, "Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER)", Thèse de l'Université, Abdou Moumouni de Niamey (Niger), (2010) 198 p.

- [6] - C-A. YAN, W. ZHANG, Z. ZHANG, Y. LIU, C. DENG, N. NIE, in *the Honghe River Watershed, China PLoS ONE*10(3): e0119130 (2015) doi:10.1371/journal.pone.0119130
- [7] - A. KOFFI, K. MOUSSA et K. K. JOSEPH, *European Scientific Journal, ESJ*, 11(14) (2015)
- [8] - J. B. HOUNKPE, N. C. KELOME, R. A. N. LAWANI, A. R. M. A. ADECHINA, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 30, (Juin 2017), 149 - 171 pp.
- [9] - ABOUBAKAR, W. ABDOUL, L. BOUBA, *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 29, (Mars 2017), 209 - 225 pp.
- [10] - S. HÉBERT, S. LÉGARÉ, Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement, Québec, *envirodog* No ENV-2001-0141, rapport N° QE-123 (2000) 24 p. et 3 annexes
- [11] - A. DIABAGATE, G. H. KONAN, et A. KOFFI, *Geo-Eco-Trop* 4(2016) 345-360
- [12] - R. E. KOKOH, E. A. KOUAKOU, K. THIERRY, S. E. KOFFI, D. G. LACINE, L. P. JEAN, K. BAMORY, D. D. NOUFE and S. LUC, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 11 (1) (2017) 515-530
- [13] - M. EL HAJI, S. BOUTALEB, R. LAAMARTI et L. LAAREJ, *Afrique SCIENCE*08(1) (2012) 67 - 78
- [14] - A. M. KOUASSI, D. GUIRAL and M. DOSSO, *Revue Hydrobiologie Tropicale* 23 :3 (1990) 181 - 194
- [15] - R. ARFI, Rapport établi pour la Direction et Contrôle des Grands Travaux, Document CRO Abidjan (1994)
- [16] - R. ARFI, P. DUFOUR and D. MAURER, *Océanologica Acta* 4, (1981) 319 - 329
- [17] - S. G. ZABI, Les peuplements benthiques lagunaires liés à la pollution en zone urbaine d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Proceedings of the International Symposium on Coastal Lagoons, SCOR/IABO/UNESCO, 8-14 September 1981, Bordeaux. *Océanologica Acta* (Special issue), (1982) 441 - 445
- [18] - L. BELGHITI, A. CHAHLAOUI, D. BENGOUNI, R. EL MOUSTAINE, *Larhyss Journal*, 17 (2014) 77- 89 ISSN 1112 - 3680
- [19] - K. A. N'GUESSAN, K.F. KONAN, K.Y. BONY, O. E. EDIA, T. GNAGNE, S. TRAORÉ, P.V. HOUENOU, *Procedia Environmental Sciences*, Vol. 9 (2011) 140 - 147
- [20] - A. ADJAGODO, M. D. T. AGASSOUNON, N. C. KELOME, R. LAWANI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 :3 (2016) 1459 - 1472
- [21] - A. TRAORE, G. SORO, K. E. KOUADIO, S.B. BAMBA, M.S. OGA, N. SORO, J. BIEMI, *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 6 :6 (2012) 7048-7058 11p.
- [22] - J-M. AVENARD, M. EL DIN, G. GIRARD, J. SIRCOULON, P. TOUCHEBEUF, J-L. GUILLAUMET, E. ADJANOHOON, Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Paris : ORSTOM, (50), (1971) 391 p. (Mémoires ORSTOM, 50)
- [23] - INS, Données sur la population ivoirienne, Rapport (2015) 10 p.
- [24] - BRLLI, Étude de la protection du bassin versant de la lagune Aghien, Rapport, (2015) 290 p.
- [25] - Y. GRATTON, *Les articles de l'Institut d'Analyse Géographique*, (2002) 1 - 4 P.
- [26] - A. HENRY, *Belgeo. Revue belge de géographie*, 3(4) (2009) 425 - 438
- [27] - O. YAPO, V. MAMBO, A. SEKA, M. J. A. OHOU, F. KONAN, V. GOUZILE, et P. HOUENOU, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(2) (2010)
- [28] - K. R. EFFEBI, Y. J. N'TAIN, N. D. DABISSI, S. DIALLO, B. Z. A. TRA, F. NGUETTA, K. HELA, B. KAMAGATÉ, D. L. GONÉ, L. P. JEAN, S. LUC, *Journal of Water Resource and Protection*, 9 (2017) 11 - 19
- [29] - A. A. ADINGRA, A. A., & A. M. KOUASSI, *F. Tech & Doc. Vulg.* (2011) 48 - 53
- [30] - A. TRAORE, G. SORO, E. K. KOUADIO, B. S. BAMBA, M-S. OGA, N. SORO et J. BIEMI, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4(6), (2012) 7048 - 7058
- [31] - L. N. AMON, L. K. KONAN, S. COULIBALY, Y. J. Y. ANDJI, P. K. COULIBALY, S. OYETOLA et M. DOSSO, *IOSR Journal of Applied Chemistry* Volume 10, Issue 1 Ver. II, (2017) 01 - 07 PP.
- [32] - A. ADJAGODO A., D. T. M. AGASSOUNON, C. A. N. KELOME et R. LAWANI, *Larhyss Journal*, n° 28 (2016) 7-23 pp.
- [33] - EAA, Eau Hygiène et Assainissement pour l'Afrique. Pollution et éducation sanitaire et environnementale. Stage de recyclage intensif, (2012) 24 p.
- [34] - K. J. P. KOFFI, Y.A. N'GO, K.M. YEO, D. KONE, I. SAVANE, *Larhyss journal* 19 (2014) pp.19-35 ISSN 1112 - 3680
- [35] - A. E. L. EBA, K. J. KOUAME, S. DEH, R. BALLIET, M. TOURE, M., A. K. ANOH, et J. P. R. JOURDA, *European Scientific Journal, ESJ*, 12(36) (2016)