

Évaluation environnementale du champ captant de Songon destiné à l'approvisionnement en eau potable à Abidjan, Côte d'Ivoire

Kassi Alexis KOUAME^{1*}, Kouakou Serge DEH¹, Anowa Evrade Larissa EBA¹, Aminata DIOMANDE¹ et Kan Jean KOUAME²

¹Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM),

Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux (LSSEG), 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët-Boigny, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Centre Universitaire de Recherche et d'Application en Télédétection (CURAT), 22 BP 801 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

(Reçu le 24 Juin 2025 ; Accepté le 10 Novembre 2025)

* Correspondance, courriel : kassialexiskouame@yahoo.com

Résumé

L'objectif de cette étude est d'identifier les potentielles sources de pollution susceptibles de contaminer les eaux du champ captant de Songon. L'image satellitaire Landsat OLI 8 a été utilisée pour la cartographie de l'occupation du sol avec la méthode de maximum de vraisemblance. Le MNA a servi à générer la carte des pentes. L'exploitation des fiches techniques a permis d'avoir les coordonnées géographiques et les coupes géologiques des quinze (15) forages du champ captant. Les analyses *in-situ* ont été effectuées par un multi-paramètre et celles au laboratoire à l'aide d'un chromatographe en phase liquide à haute performance de type SHIMADZU. Les résultats montrent que l'occupation du sol de Songon comprend quatre (4) classes : les sols nus, les bâtis, les cultures industrielles et la mosaïque de cultures vivrières. Le champ captant se situe dans une zone de très faibles pentes (0 à 5%), c'est à dire une zone d'accumulation et d'infiltration. Le sous-sol est très perméable car essentiellement constitué de latérite, sable fin, sable argileux et sable grossier. L'eau souterraine de Songon a un pH acide, compris entre 4,3 et 4,39. Les teneurs en nitrates, phosphates et pesticides varient respectivement de 2,5 à 6,8 mg/L, 0,15 à 0,24 mg/L et 6,5 à 8,5 µg/L. Ces concentrations sont acceptables pour la consommation humaine car inférieures à la norme de l'OMS. Cependant, leur présence témoigne d'une pollution d'origine domestique et agricole.

Mots-clés : *champ captant, occupation du sol, pollution, eau souterraine, Songon, Côte d'Ivoire.*

Abstract

Environmental assessment of Songon catchment area used for drinking water supply in Abidjan, Côte d'Ivoire

The aim of this study is to identify potential pollution sources that could contaminate Songon catchment area waters. Landsat OLI 8 satellite imagery is used to map land use using the maximum likelihood method. The MNA is used to generate the slope map. The technical data sheets provided the geographical coordinates and geological cross-sections of the fifteen (15) boreholes in the catchment area. On-site analyses were carried

out using a multi-parameter device, while laboratory analyses were performed using a SHIMADZU high-performance liquid chromatograph. The land use map highlights four (4) classes: bare soil, built-up areas, industrial crops and a mosaic of food crops. The slope map shows that Songon catchment area is located in an area with very gentle slopes (0 to 5 %), i.e. an area of accumulation and infiltration. Geological cross-sections show that the subsoil in Songon is highly permeable, as it consists mainly of laterite, fine sand, clayey sand, and coarse sand. The groundwater in Songon has an acidic pH of between 4.3 and 4.39. The nitrate, phosphate and pesticide contents vary between 2.5 and 6.8 mg/L, 0.15 and 0.24 mg/L and 6.5 and 8.5 µg/L respectively. These concentrations are acceptable for human consumption as they are below the WHO standard. However, their presence indicates pollution from domestic and agricultural sources.

Keywords : *catchment area, land use, pollution, groundwater, Songon, Côte d'Ivoire.*

1. Introduction

Le rejet continu et permanent d'importantes quantités de déchets liquides et solides dans les milieux naturels favorise la dispersion et la diffusion d'éléments polluants dans les milieux récepteurs. L'accumulation de ces éléments dans les formations superficielles (sols et sédiments) en teneurs élevées entraîne automatiquement, grâce aux phénomènes qui accompagnent le ruissellement et l'infiltration, la contamination des eaux de surface et souterraines [1]. Une gestion inadéquate de ces rejets urbains, industriels et agricoles expose dangereusement les eaux destinées à la consommation humaine à une contamination par des produits toxiques ; ce qui pourrait avoir de très graves conséquences sur la santé de l'homme [2]. En Côte d'Ivoire, la nappe du Continental Terminal utilisée par la Société de Distribution d'eau de Côte d'Ivoire (SODECI) pour l'approvisionnement en eau potable des populations du District d'Abidjan est de plus en plus menacée par les activités anthropiques [3 - 6]. Les eaux usées domestiques et industrielles, de même que l'utilisation excessive des engrains et pesticides sont autant de causes qui ont contribué, au cours de ces dernières décennies, à la détérioration réelle de la qualité des eaux souterraines [7 - 9]. Ces problèmes de pollution sont accentués par l'urbanisation accélérée et l'industrialisation du District d'Abidjan [6]. Pour pallier ces problèmes, de nouveaux forages ont été réalisés dans la sous-préfecture de Songon. Mais en amont de ces forages, une nouvelle zone industrielle est en pleine extension. Cette zone industrielle a pour ambition de devenir la plus grande zone industrielle du District d'Abidjan. Le risque de pollution lié aux activités de cette zone industrielle, à l'intensification des activités agricoles et à l'extension de la ville d'Abidjan pourrait conduire plus tard à la dégradation de la qualité des eaux captées par ces forages. Pour assurer la production d'une eau de bonne qualité sur le long terme, il convient de mettre en place des stratégies de gestion durable de ces eaux souterraines. L'objectif de cette étude est d'identifier les potentielles sources de pollution susceptibles de contaminer les eaux du champ captant de Songon.

2. Méthodologie

2-1. Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est à cheval entre les sous-préfectures d'Anyama et de Songon où sont situés respectivement le champ captant et la nouvelle zone industrielle. Elle se situe entre les latitudes 5°20' et 5°32' Nord et les longitudes 4°6' et 4°16' Ouest. Ce territoire a une superficie d'environ 341 km² (**Figure 1**). Le District d'Abidjan concentre la plus grande population du pays par rapport aux autres districts. Sa population est passée de 2 877 948 habitants en 1998 à 4 395 243 habitants en 2014 avec un taux d'accroissement de

4,6 %/an [10]. Les relevés pluviométriques de la station d'Abidjan-Aéroport révèlent que les pluviométries moyennes mensuelles sont comprises entre 28 et 456 mm sur la période 1976-2017. Les mois de mars et d'avril sont les mois les plus chauds avec une température moyenne mensuelle supérieure à 28,5°C. Les mois de juin à septembre sont les moins chauds avec un maximum de température égal à 26,7°C. Le réseau hydrographique est composé de plusieurs rivières dont les plus importantes sont le Banco, l'Anguedédou, le Gbangbo de direction Nord-Sud et le Niéké de direction NE-SW. Cette zone est délimitée par la lagune Ebrié au Sud [6]. Du point de vue hydrogéologique, la zone d'étude appartient au bassin sédimentaire côtier ivoirien qui regorge les ressources en eaux souterraines les plus importantes du pays. C'est l'aquifère du Continental Terminal qui est capté par les ouvrages de captage de Songon [11].

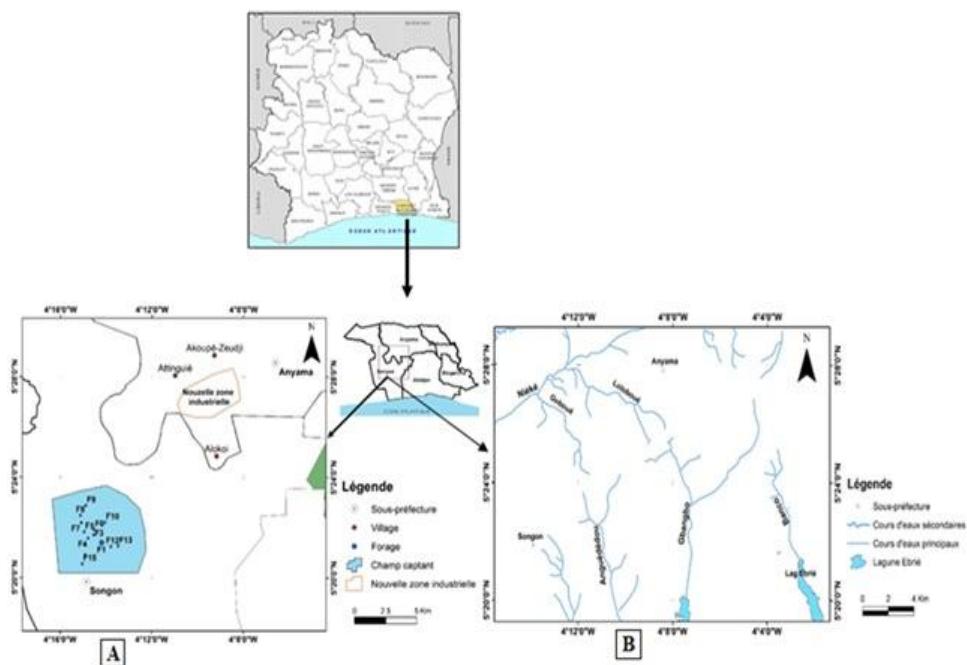


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude A : localisation B : réseau hydrographique

2-2. Données et Méthodes

2-2-1. Données

Les données utilisées pour réaliser cette étude peuvent être regroupées en quatre (4) : il s'agit de l'image satellitaire Landsat OLI 8 (scène : 196/56) acquise le 14/01/2020 dont les caractéristiques sont consignées dans le **Tableau 1**, du Modèle Numérique d'Altitude (MNA) fourni en format SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), téléchargé sur le site internet américain (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) consulté le 20/02/2022 à 11h, des données de terrain (fiches techniques avec les coordonnées géographiques des 15 forages du champ captant) et des données physico-chimiques [bulletins d'analyses effectuées sur 4 échantillons dont l'échantillon A (forage 11), l'échantillon B (forage 6), l'échantillon C (forage 3) et l'échantillon D (forage 2)].

Tableau 1 : Caractéristiques de l'image satellite

Image Landsat OLI 8	Résolution spatiale (m)
B1 aerosol	30
B2 bleu	30
B3 vert	30
B4 rouge	30
B5 PIR	30
B6 MIR1	30
B7 MIR2	30
B8 panchromatique	15
B9 cirrus	30
B10 thermique 1	100
B11 thermique 2	100

2-2-2. Méthodes d'identification des facteurs de pollution

Les opérations de prétraitement de l'image OLI 8 ont consisté à la conversion des comptes numériques calibrés de chaque pixel en radiance et en luminance en utilisant le modèle FLAASH (Fast Lines Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes) [12, 13]. Ces opérations ont permis de corriger les erreurs dues aux effets de l'atmosphère sur l'image [14]. Par la suite, une extraction de la zone d'étude de la scène entière a été réalisée sur la base du contour du champ captant de Songon à l'aide du logiciel ENVI 5.1. Une composition en fausse couleur a été effectuée en affectant les canaux du Moyen InfraRouge (MIR), du Proche InfraRouge (PIR) et du Bleu (B) respectivement aux couleurs Rouge, Vert et Bleu. Ensuite, une amélioration des contrastes a été réalisée pour accroître la netteté des images à l'effet de faciliter la détection des changements [15]. Son principe est de redistribuer plus uniformément les valeurs des pixels présentes dans l'image. L'analyse combinée des bandes multispectrales et des compositions colorées a permis d'identifier et cartographier quatre (4) classes d'occupation du sol par une approche de classification dirigée. Cette approche consiste à définir des parcelles d'entraînement sous forme de polygones de pixels sur lesquels s'appuie l'algorithme du maximum de vraisemblance [16]. L'évaluation de la précision des cartes a été réalisée dans le logiciel ENVI 5.1 par la comparaison de l'image classifiée avec les données de terrain. Pour chaque occupation du sol, au moins 70 points ont été utilisés pour cette évaluation. Cette comparaison est basée sur la matrice de confusion qui indique les commodités et les incommodeurs entre les ensembles de données [17]. De la matrice de confusion sont déduits la précision globale et le coefficient de kappa [18]. Les valeurs de kappa inférieures à 50 %, comprises entre 50 - 75 % et supérieures à 75 %, indiquent respectivement une classification médiocre, acceptable et excellente [19]. L'application du filtre 3 x 3 de Sobel à l'image classifiée a permis d'éliminer les pixels isolés et homogénéiser la classification thématique. Ensuite, la vectorisation de l'image classifiée a été réalisée. Enfin, le fichier est exporté en shapefile pour être utilisable dans le logiciel QGIS 2.12. Le fichier ainsi obtenu a été édité pour générer la carte d'occupation du sol du champ captant de Songon en 2020. L'image SRTM de coordonnées N05W004 a permis d'avoir une idée générale de la géomorphologie du champ captant de Songon. Son traitement à l'aide du logiciel ENVI 5.1 a permis d'établir le modèle numérique d'altitude (MNA) de résolution 90 m, de générer la carte des pentes et de ressortir la carte du réseau hydrographique. Une visite de terrain a été effectuée pour étudier l'environnement des différents ouvrages de captage. Les activités susceptibles de provoquer la contamination des eaux souterraines du champ captant ont été identifiées à partir de la photographie des activités industrielles, des voies de communication et infrastructures (routes, habitations), des activités agricoles (centre d'élevage, épandage de produits phytosanitaires et engrais), des systèmes d'assainissement (ouvrages d'eaux usées, réseaux collectifs unitaires ou séparatifs, rejets d'eaux usées).

2-2-3. Méthodes d'analyse

Les échantillons prélevés sont destinés ensuite à une analyse chimique des éléments majeurs (pH, calcium Ca^{2+} , magnésium Mg^{2+} , sodium Na^+ , potassium K^+ , ammonium NH_4^+ , chlore Cl^- , nitrate NO_3^- , bicarbonate HCO_3^- , sulfate SO_4^{2-} , orthophosphates PO_4^{3-}) en plus des paramètres physiques (conductivité, température, salinité, turbidité, oxygène dissous, potentiel d'oxydo-réduction). La mesure des paramètres physico-chimiques à savoir, le pH, la conductivité électrique, la température, l'oxygène dissous et le potentiel d'oxydo-réduction a été effectuée *in situ* avec un pH-mètre HachH Q11D et un conductimètre Hanna Instruments HI 98360. Les paramètres chimiques ont été dosés à ENVAL Laboratoire pour la SODECI par la méthode spectrophotométrique. Les matières actives des pesticides ont été analysées à ENVAL Laboratoire pour la SODECI par la méthode d'extraction avec cartouche C-18 suivie du dosage par la chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse. Sa limite de détection est de 0,0092 $\mu\text{g/L}$. C'est une méthode très robuste car déjà utilisée dans plusieurs travaux [20 - 22]. Le principe de cette méthode a consisté à prélever 10 ml de l'échantillon d'eau et à conditionner la colonne octadécyle (C-18) en passant 10 ml de méthanol et 10 ml d'eau déminéralisée. Les concentrations de pesticides contenues dans l'échantillon sont calculées en comparant les surfaces des pics des produits de l'échantillon aux 44 surfaces obtenues avec des solutions étalons de concentrations connues.

3. Résultats

3-1. Facteurs de pollution

3-1-1. Occupation du sol

La carte d'occupation du sol met en évidence 4 classes (**Figure 2**): (1) la classe « Bâtis », (2) la classe « Sol nu », (3) la classe « Cultures industrielles et Végétation » et (4) la classe « Mosaïque de cultures ». Les différentes classes d'occupation du sol se traduisent sur le terrain par les différentes images de la **Figure 3**. Les « Bâtis » représentent les habitats modernes, les fermes avicoles et porcines, la zone industrielle et la station de traitement d'eau. Les « Sols nus » représentent les zones défrichées, les terrains décapés pour les futures opérations immobilières et les routes. Les « Cultures industrielles et végétation » représentent les plantations d'hévéa, de palmiers à huile et la forêt dense. La « Mosaïque de cultures vivrières » représente les champs de banane plantain, de manioc et de maïs. Les activités anthropiques exercées dans le champ captant de Songon l'exposent à plusieurs sources de pollution : il s'agit de l'épandage des intrants agricoles (engrais, pesticides), des rejets d'eaux usées domestiques (fosses septiques) et industrielles (usines en amont). La végétation joue un rôle d'interception des gouttes de pluie, grâce aux parties aériennes des plantes. Cette interception est fonction de la densité de la surface foliaire et de la structure du couvert végétal. Au sol, la végétation réduit le ruissellement et augmente l'infiltration de l'eau avec les polluants.

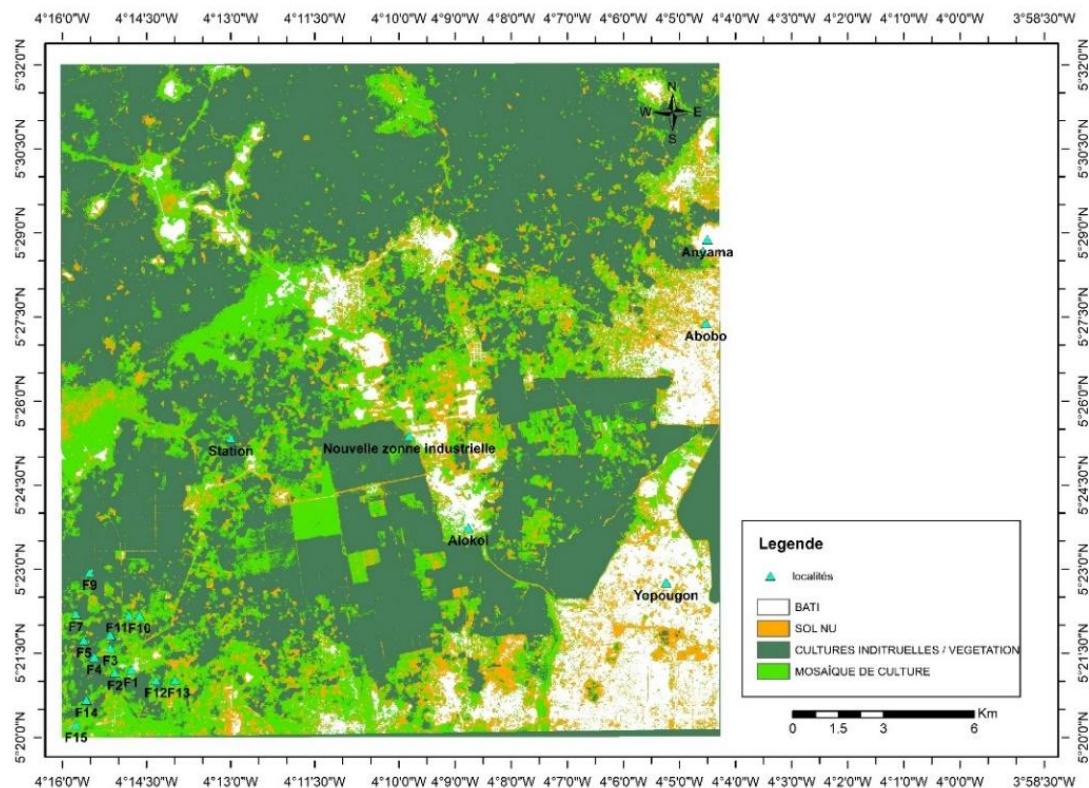


Figure 2 : Carte d'occupation du sol du champ captant de Songon



Figure 3 : Illustration de la réalité terrain des différentes classes d'occupation du sol : A (Bâts), B (Sol nu), C (Cultures industrielles et Végétation), D (Mosaique de cultures)

L'évaluation de la classification de l'image OLI 8 s'est faite à partir de la matrice de confusion. Le **Tableau 2** indique que la précision globale de classification est de 89,14% avec un coefficient de kappa de 0,91 pour l'image Landsat OLI 8. Il affiche en diagonale le pourcentage de pixels bien classés et hors diagonale le pourcentage des pixels mal classés. Une analyse plus fine de ces données montre que la classe 1 (Bâties) présente une forte confusion avec la classe 2 (Sol nu). En effet 11,8 % des pixels « Sol nu » se retrouvent classés dans les bâties, d'où le faible pourcentage de pixels de sol nu bien classés (88,2 %). La classe 4 (Mosaïque de cultures) présente également un faible pourcentage de pixels bien classés (88,6 %) compte tenu de la confusion avec la classe 3 (cultures industrielles et végétation).

Tableau 2 : Matrice de confusion

Classes	Bâties	Sol nu	Cultures industrielles et Végétation	Mosaïque de cultures
Bâties	91,8	11,8	0	0
Sol nu	8,2	88,2	0	0
Cultures industrielles et Végétation	0	0	90,6	11,4
Mosaïque de cultures	0	0	9,4	88,6
Total	100	100	100	100

Précision globale = 89,14%

Coefficient de kappa = 0,91

3-1-2. Nature du sol

L'analyse des coupes lithologiques des différents forages (**Figure 4**) montre que le sous-sol du champ captant de Songon est constitué d'une succession de plusieurs couches perméables, à différentes profondeurs, favorisant l'infiltration des polluants dans la nappe. Il s'agit de la latérite (1,5 à 45 m), du sable fin ocre (45 à 72 m), du sable argileux ocre (88 à 96 m), du sable grossier (96 à 124,5 m), du sable fin (124,5 à 133 m) et du sable grossier (133 à 137 m).

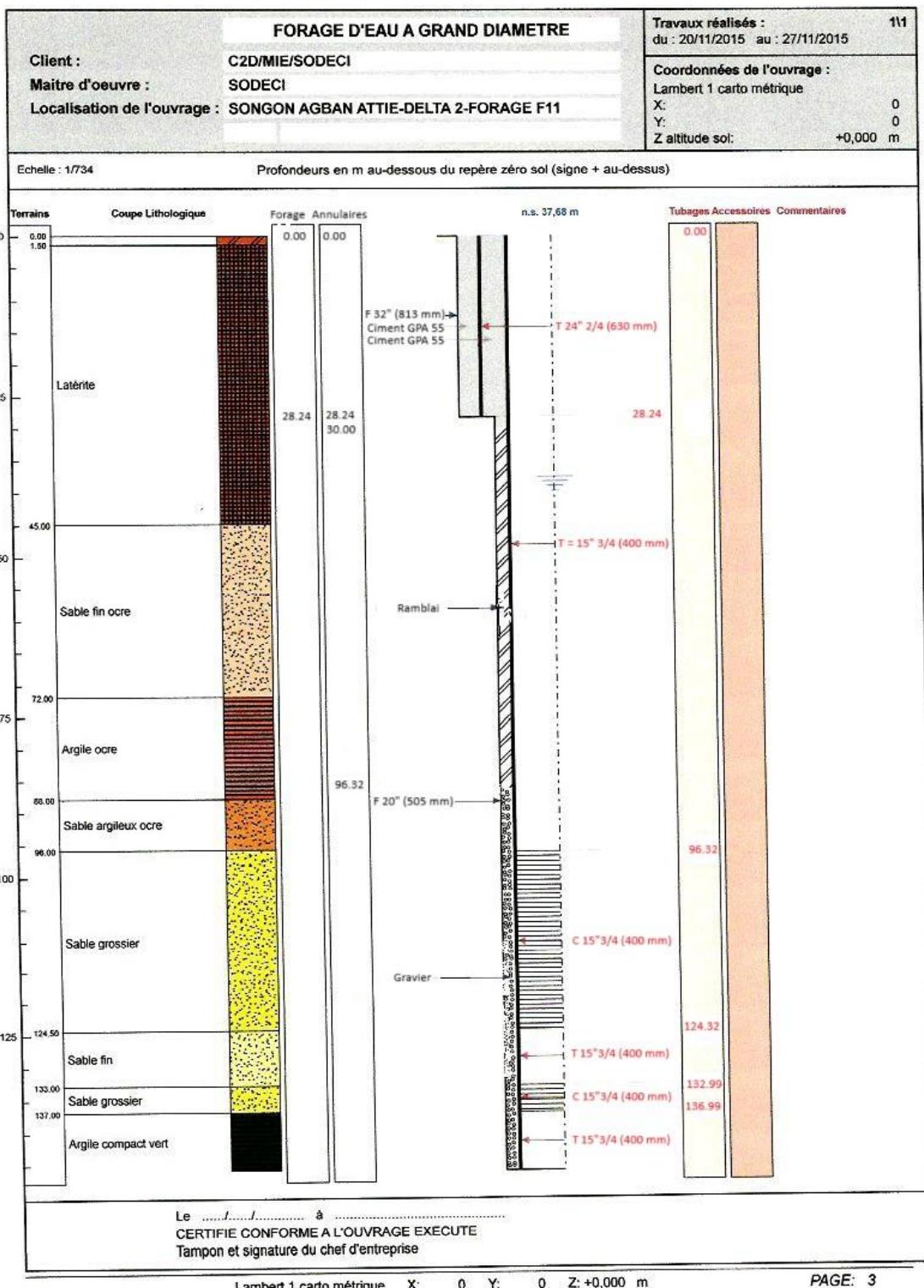


Figure 4 : Coupe lithologique du forage 11

3-1-3. Pente

La carte des pentes (**Figure 5**) montre trois types de pentes : les pentes très faibles (0 à 5%) où se trouve le champ captant ; les pentes faibles (5 à 10 %) où se trouve la nouvelle zone industrielle ; les pentes moyennes (10 à 25 %) où se trouve la station de traitement. Le champ captant se trouve dans une zone à pentes très faibles, une zone plate donc une zone d'accumulation. Il est donc exposé à l'infiltration des polluants.

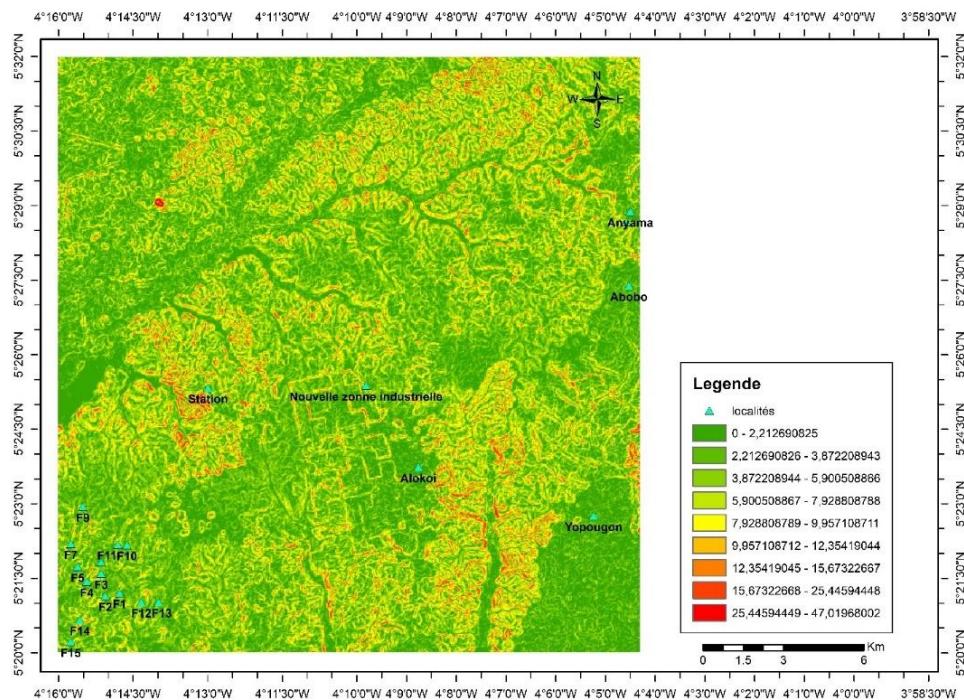


Figure 5 : Carte des pentes du champ captant de Songon

3-1-4. Réseau hydrographique

La carte du réseau hydrographique (**Figure 6**) montre clairement que les eaux provenant de la nouvelle zone industrielle ne s'écoulent pas vers le champ captant. Cependant, le transport des substances étant essentiellement contrôlé par la circulation des eaux, les fertilisants chimiques (engrais) et les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides) utilisés pour l'entretien des plantations situées autour des forages peuvent s'infiltrer et polluer la nappe souterraine surtout que le sol est perméable et la pente très faible.

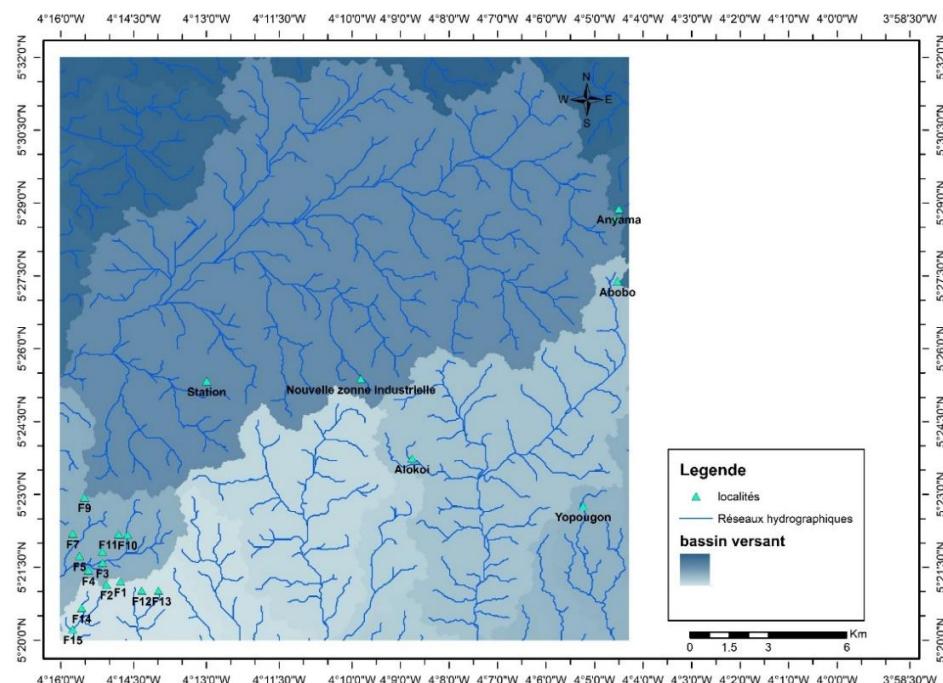


Figure 6 : Carte du réseau hydrographique détaillé du champ captant de Songon

3-2. Impacts des activités anthropiques

3-2-1. Nitrates

Les teneurs en nitrates des eaux du champ captant de Songon (*Figure 7*) varient entre 2,5 et 6,8 mg/L, l'échantillon A (Forage 11) ayant la teneur la plus élevée. Ces teneurs ne dépassent pas encore la norme fixée par l'OMS (≤ 50 mg/L). Toutefois, leur présence témoigne d'une pollution d'origine domestique (fosses septiques).

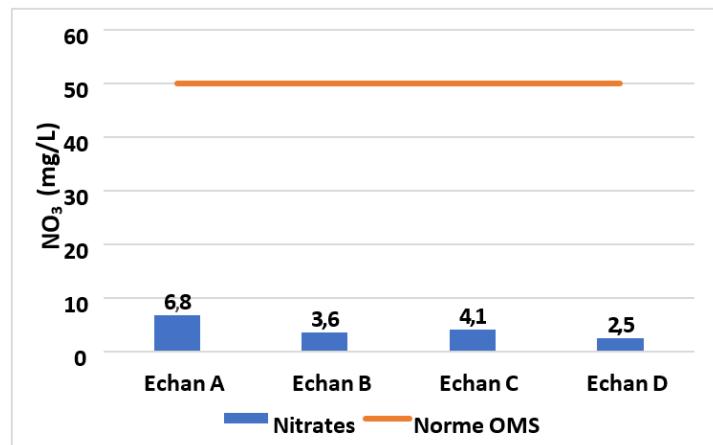


Figure 7 : Teneur en Nitrates des eaux du champ captant de Songon

3-2-2. Phosphates

Les concentrations en phosphates des eaux souterraines de Songon (*Figure 8*) varient entre 0,15 et 0,24 mg/L avec la valeur la plus élevée dans l'échantillon B (Forage 6). La valeur limite fixée par l'OMS étant de 0,5 mg/L, ces concentrations en PO_4^{3-} sont acceptables pour la consommation humaine. Cependant, leur présence témoigne d'une pollution d'origine agricole (engrais).

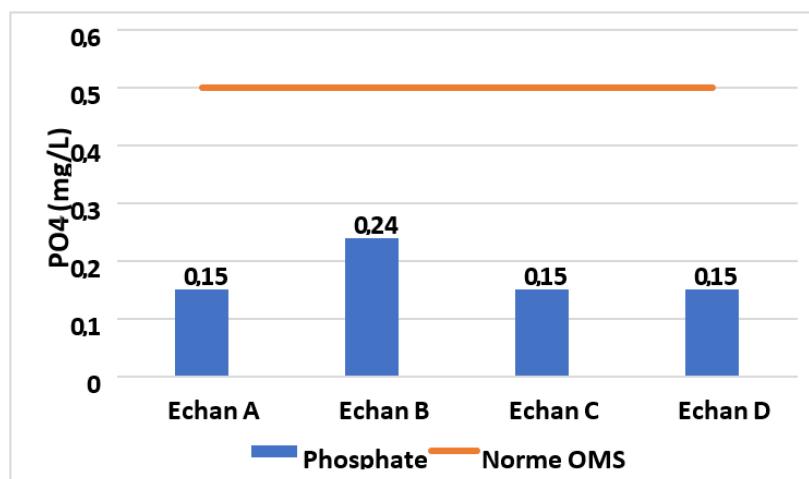


Figure 8 : Teneur en Phosphates des eaux du champ captant de Songon

3-2-3. Pesticides

Le **Tableau 3** indique la présence de pesticides organophosphorés et organochlorés dans les eaux du champ captant de Songon avec des concentrations inférieures à la norme de l'OMS. Leur présence est la confirmation d'une contamination d'origine agricole.

Tableau 3 : Concentrations de pesticides dans les eaux de la nappe de Songon (SODECI)

PARAMETRES	UNITE	DATE D'EXECUTION	REFERENCES	NORME OMS
			ECHANTILLONS / RESULTATS	
			Mélange eaux brutes Songon	
Diazinon			ND	
Chlorpyriphos			<0,01	
Sulfotep			<0,01	
Malathion			<0,01	
Parathion-éthyl			<0,01	
Parathion-méthyl			ND	
Diméthoate			ND	
Vinclozolin	µg/L		ND	
Profenofos			ND	
Fenthion			ND	
Dichlorvos			ND	
Triazophos			ND	
Ethion			ND	
Pirimiphos-méthyl			ND	
Dursban-chorophyl			ND	
Deldrin			<0,01	
Aldrine			<0,01	
Lindane			<0,01	
Heptachlore		13/07/2018	<0,01	0,5 ⁺
Heptachlorépoxyde			<0,01	
α-Endusulfan			<0,01	
β-Endusulfan			<0,01	
Endrine			<0,01	
Méthoxychlor			<0,01	
α-BHC			<0,01	
β-BHC	µg/L		ND	
δ-BHC			ND	
4,4'-DDD			ND	
4,4'-DDE			ND	
4,4'-DDT			ND	
endusulfan sulfate			ND	
endrine aldehyde			ND	
OP-DDD			ND	
OP-DDT			ND	
mirex			ND	
cholopropylate			ND	

ND : Non Déterminé

4. Discussion

4-1. Occupation du sol

La classification supervisée de l'image OLI 8 du champ captant de Songon avec quatre (4) classes à partir de l'algorithme du maximum de vraisemblance couplée aux observations de terrain est excellente. En effet, les valeurs de la précision globale et du coefficient de kappa sont respectivement de 89,14 % et 0,91. Elles sont comprises dans la gamme des classifications excellentes et cela confirme l'importance de la connaissance de la réalité des observations du terrain pour l'amélioration de la qualité des traitements d'images [23]. Ces valeurs sont très proches de celles obtenues avec les images OLI+ de la forêt classée de la Sangoué (91,39 % et 0,89) au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire [24]. Aucune méthode de cartographie de l'occupation du sol par des images satellites ne se suffit si elle n'est appuyée sur la connaissance de la réalité des observations sur le terrain, qui contribue par ailleurs à atténuer le degré de confusion entre pixels proches thématiquement [25].

4-2. Activités anthropiques

L'urbanisation accélérée du District d'Abidjan expose la nappe de Songon aux risques de contamination par les eaux usées domestiques. Cette pollution est due au manque de raccordement des ménages à un réseau collectif d'assainissement [26]. Cette situation est similaire à celle d'Abidjan où les quartiers précaires ne disposent pas de système d'assainissement adéquat (23 % à Adjame, 49 % à Cocody, et 59 % à Yopougon) pour l'évacuation des eaux usées domestiques représentent un danger pour la nappe du Continental Terminal [27 - 29]. L'épandage des produits phytosanitaires (engrais et pesticides) pour la culture d'hévéa et de palmier à huile constitue également une réelle menace pour les eaux souterraines de Songon comme c'est le cas à Soubié pour la culture du cacao [30] et à Katiola pour la culture de l'anacarde [31]. Les activités anthropiques au niveau des zones de contribution des forages de Songon doivent être réglementées comme cela a été le cas à la Djibi et à Niangon Nord II [32], car toute particule (polluant organique, chimique ou bactériologique) parviendra tôt ou tard aux ouvrages de captage. Les eaux usées de la nouvelle zone industrielle n'atteignent pas pour l'heure le champ captant de Songon. Cependant, compte tenu du gradient hydraulique régional, du sens d'écoulement des eaux souterraines et de l'orientation de la zone d'appel des forages déterminés pour le grand Abidjan [6], elles peuvent constituer à la longue une réelle menace de pollution pour la nappe de Songon.

5. Conclusion

Il existe quatre (4) classes d'occupation du sol à Songon : les sols nus, les bâtis, les cultures industrielles et la mosaïque de cultures vivrières. Le relief du champ captant est plat avec des pentes très faibles comprises entre 0 et 5%. Le sous-sol est constitué d'une succession de plusieurs couches perméables, à différentes profondeurs. Il s'agit de la latérite (1,5 à 45 m), du sable fin ocre (45 à 72 m), du sable argileux ocre (88 à 96 m), du sable grossier (96 à 124,5 m), du sable fin (124,5 à 133 m) et du sable grossier (133 à 137 m). L'eau souterraine de Songon a un pH acide, compris entre 4,3 et 4,39. Les teneurs en nitrates, phosphates et pesticides varient respectivement de 2,5 à 6,8 mg/L, 0,15 à 0,24 mg/L et 6,5 à 8,5 µg/L. Ces concentrations sont acceptables pour la consommation humaine car inférieures à la norme de l'OMS. Cependant, leur présence témoigne d'une pollution d'origine domestique (fosses septiques) et agricole (engrais, pesticides). Le réseau hydrographique montre clairement que les eaux usées de la nouvelle zone industrielle ne sont pas drainées vers le champ captant. Cependant, elles peuvent s'infiltrer et constituer à la longue une réelle menace de pollution pour la nappe de Songon. Il serait donc important de prendre des dispositions préventives pour cette nappe en délimitant des périmètres de protection autour des ouvrages de captage.

Remerciements

Nous tenons à remercier la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI), pour la mise à disposition des données de forages utilisées dans cette étude.

Références

- [1] - T. BUSSARD, « Méthodologie de dimensionnement des zones de protection des captages d'eaux souterraines contre les polluants chimiques persistants ». Thèse n°3277 (2005) de l'école Polytechnique Fédérale de Lausanne présentée à la faculté environnement naturel, architectural et construit. Institut des infrastructures, des ressources et de l'environnement section de génie civil, (2005) 162 p.
- [2] - OMS, "Media Centre factsheet No 391 Drinking water", Disponible sur: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>, (2015). Consulté le 06/11/2019
- [3] - N. SORO, L. OUATTARA, K. DONGO, K. E. KOUADIO, K. E. AHOUSSI, G. SORO, M. S. OGA, I. SAVANE et J. BIEMI, « Déchets municipaux dans le District d'Abidjan en Côte d'Ivoire: sources potentielles de pollution des eaux souterraines », *International Journal of Biological Chemical Sciences*, Vol. 4, N°6 (2010) 2203 - 2219
- [4] - K. E. AHOUSSI, M. S. OGA, Y. B. KOFFI, A. M. KOUASSI, N. SORO et J. BIEMI, « Caractérisation hydrogéochimique et microbiologique des ressources en eau du site d'un Centre d'Enfouissement Technique (CET) de la Côte d'Ivoire », *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (5) (2011) 2114 - 2132
- [5] - K. E. AHOUSSI, S. LOKO, Y. B. KOFFI, G. SORO, M-S. OGA et N. SORO, « Evolution spatio- temporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire) », *Int. J. Pure App. Biosci.*, 1 (3) (2013) 45 - 60
- [6] - K. J. KOUAME, J. P. JOURDA, S. K. DEH, E. J. DJEMIN, B. M. SALEY, T. A. ANANI et J. BIEMI, « Apport des méthodes mathématiques dans la délimitation des périmètres de protection autour des ouvrages de captage des eaux souterraines d'Abidjan (Côte d'Ivoire) ». *International Journal of Biological Chemical Sciences*, Vol. 7, N°5 (2013) 1987 - 2006
- [7] - S. K. DEH, « Contributions de l'évaluation de la vulnérabilité spécifique aux nitrates et d'un modèle de transport des organochlorés à la protection des eaux souterraines du district d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) », Thèse unique de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, (2013) 184 p.
- [8] - A. TRAORE, K. E. AHOUSSI, N. AKA et N. SORO, « Niveau de contamination par les pesticides des eaux des lagunes Aghien et Potou (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) ». *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, Vol. 3, N°4 (2015) 312 - 322
- [9] - V. DIABY, A. M. ADON, M. DOSSO, A. F. YAPO, « Problématiques du cadmium en Côte d'Ivoire : Pollution environnementale et risque sanitaire », Hal-01294085, Vol. 2 (2017) 11 p.
- [10] - INS, « Répertoire des localités, District autonome d'Abidjan », (2020) 18 p.
- [11] - B. F. LOROUX, « Contribution à l'étude hydrogéologique du bassin sédimentaire côtier de Côte d'Ivoire », Thèse de doctorat de 3ème cycle ; Université de Bordeaux I, N°1429 (1978) 93 p.
- [12] - Y. GUO and F. ZENG, "Atmospheric correction comparison of SPOT-5 image based on model FLAASH and model QUAC", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B7, XXII ISPRS (2012) Congress, 25 August - 01 September 2012, Melbourne, Australia, (2012)
- [13] - Y. J. N'GUESSAN, « Flore, structure de la végétation et dynamique de l'occupation du sol à l'aide de l'imagerie satellitaire des forêts classées de la Téné, de la Sangoué et de Laouda, au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire », Thèse de Doctorat. Université NANGUI ABROGOUA (Abidjan), (2021) 240 p.

- [14] - J. OSZWALD, « Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000), télédétection et développement d'une approche cartographique », Thèse de Doctorat : Université des Sciences et Technologies de Lille, France, (2005) 304 p.
- [15] - W. G. TABOPDA et J.-M. FOTSING, « Quantification de l'évolution du couvert végétal dans la réserve forestière de Laf-Madjam au nord du Cameroun par télédétection satellitaire », *Sécheresse*, 21 (3) (2010) 169 - 178
- [16] - K. A. KOUAME, A. KOUDOU, K. F. KOUAME, A. M. KOUASSI, S. OULARE et G. C. R. ADON, « Evolution de l'occupation du sol et rythme saisonnier de la végétation du bassin versant du Bandama en Côte d'Ivoire », *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 26 (2015) 173 - 193
- [17] - M. KONE, K. G-C. DOUFFI, S. S. SILUE, F. A. SORO, Y. J. N'GUESSAN, I. KOFFI et L. COULIBALY, « Cartographie de l'occupation du sol et dynamique des anacardiers de la sous-préfecture de Napié, au Nord de la Côte d'Ivoire », *Quest Journals - Journal of Research in Environmental and Earth Sciences*, 2 (6) (2020) 35 - 46
- [18] - Y. J. N'GUESSAN, M. KONE, K. G-C. DOUFFI et E. GNAHORE, « Impact des Intrusions paysannes sur la Physionomie et la dynamique de la végétation de la forêt classée de Laouda au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire », *European Scientific Journal*, 24 (15) (2019) 360 - 383
- [19] - I. K. ABDOU, T. ABASSE, M. MASSAOUDOU, H. RABIOUT, I. SOUMANA et J. BOGAERT, « Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger) », *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13 (2) (2019) 1094 - 1108
- [20] - S. BOUCHONNET et D. LIBONG, « Le couplage chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse », Département de Chimie, Laboratoire des Mécanismes Réactionnels de l'Ecole Polytechnique de l'Université Paris-Saclay, (2014) 24 p.
- [21] - CEAEQ, « Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques : dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse », MA. 400 - HAP 1.1, Révision 4, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, (2016) 21 p.
- [22] - K. R. OROU, « Influence de l'utilisation des intrants agricoles sur la qualité des ressources en eau et impacts sanitaires associés : Cas du département d'Agboville (Sud-Est de la Côte d'Ivoire) », Thèse de doctorat, Université Félix Houphouët Boigny, (2017) 207 p.
- [23] - A. MAMA, I. BAMBA, B. SINSIN, J. BOGAERT et C. DE CANNIÈRE, « Déforestation, savanisation et développement agricole des paysages des savanes-forêts dans la zone soudano-guinéenne du Bénin », *Bois et Forêts des Tropiques*, 322 (2014) 65 - 75
- [24] - Y. J. N'GUESSAN, K. R. KABLAN, N. D. OUATTARA, K. G.-C. DOUFFI, E. GNAHORE et M. KONE, « Anthropisation et dynamique de l'occupation du sol de la forêt classée de la Sangoué au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire », *Afrique Science*, 21 (6) (2022) 80 - 91
- [25] - G. M. FOODY, "Assessing the accuracy of land cover change with imperfect ground reference data", *Remote Sensing of Environment*, 114 (10) (2010) 2271 - 2285
- [26] - BNED, « Impact environnemental et social de la mise en œuvre des périmètres de protection autour des points de captage d'eau souterraine du District d'Abidjan. Champs captants de Niangon Nord, Zone Ouest, Adjame Nord, Zone Nord et Nord Rivière », Rapport final, Direction de l'Hydraulique Humaine, (2008) 109 p.
- [27] - L. O. BLE, G. S. DEGNY et A. DOUAMPO, « Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines du District d'Abidjan », *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 36 (2020) 91 - 103
- [28] - L. O. BLE, G. S. DEGNY, A. DOUAMPO et T. D. SORO, « Qualité physico-chimique des eaux d'adduction publique issues d'une station de traitement d'Abidjan (cas de la station Zone Nord d'Adjame) », *Afrique Science*, 18 (2) (2021) 81 - 93

- [29] - A. E. KOUASSI, A. TRAORE, L. O. BLE and J. BIEMI, "Physico-chemical quality assessment of waters and sediments of the M'bandon bay in the South of Côte d'Ivoire", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 37, N°2 (2022) 292 - 304
- [30] - L. O. BLE, T. D. SORO and M. P. HIEN, "Effect of agricultural inputs on the water-soil couple in cocoa-growing area in the department of Soubré, South-western of Côte d'Ivoire", *Journal of advances in environmental health research*, Vol. 10, Issue 4 (2022) 343 - 350
- [31] - O. COULIBALY, S. K. DEH, A. TRAORE, K. J. KOUAME et K. E. N'GUESSAN, « Cartographie des zones à risques de pollution par les pesticides de la retenue d'eau destinée à l'alimentation en eau potable dans le département de Katiola, Côte d'Ivoire », *Afrique Science*, 22 (1) (2023) 45 - 65
- [32] - A. E. L. EBA, S. K. DEH, G. E. AKE, E. KONAN, R. BALLIET, K. J. KOUAME et J. P. JOURDA, « Ouvrages de captage d'eau et périmètres de protection: cas des nouveaux champs captants de Djibi et de Niangon Nord II à Abidjan (Côte d'Ivoire) », *Int. J. Adv. Res.*, 10 (11) (2022) 561 - 579