International Journal of Innovation and Applied Studies
ISSN 2028-9324 Vol. 46 No. 3 Sep. 2025, pp. 463-469
© 2025 Innovative Space of Scientific Research Journals
http://www.ijias.issr-journals.org/

Distribution des concentrations des hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les sédiments de la baie estuarienne de Koumassi (lagune Ebrié)

[Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in the sediments of the Koumassi estuarine bay (Ebrié lagoon)]

Bi Trazie Jean-Gael Irié[1], Idi Karimou Laouali[2], Waris Kewouyemi Chouti[3], Aoua Sougo Coulibaly[1], and Sylvain Monde[1]

[1]Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Département de Géosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire

[2]Laboratoire de géologie, Département de SVT, Université Abdou Moumouni, Niger

[3]Faculté des Sciences et Techniques, Département de Chimie, Université d'Abomey-Calavi, Benin

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study investigates the distribution and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from the Koumassi Estuarine bay (Ébrié lagoon, Côte d'Ivoire). Ten sediment samples were analyzed to determine the concentrations of 16 priority PAHs. The results show that PAH levels are generally low and remain well below Canadian sediment quality thresholds. Fluoranthene is the dominant compound (22.6%), indicating contamination primarily of pyrolytic origin, linked to the combustion of biomass (charcoal, coconut charcoal) and fossil fuels. Some molar ratios (BaA/Chry, LMW/HMW) also suggest a minor contribution from petroleum sources, likely transported by road runoff. This study provides a useful first approach for the environmental management of dredged sediments in this sensitive urban area.

KEYWORDS: PAH, Koumassi bay, Ebrié lagoon, sediment quality, Côte d'Ivoire.

RESUME: Cette étude porte sur la distribution et l'origine des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments de la baie estuarienne de Koumassi (lagune d'Ébrié, Côte d'Ivoire). Dix échantillons de sédiments ont été analysés pour déterminer les concentrations de 16 HAP prioritaires. Les résultats montrent que les teneurs en HAP sont globalement faibles et restent bien en dessous des seuils canadiens de qualité des sédiments. Le fluoranthène est le composé majoritaire (22,6%), indiquant une contamination principalement d'origine pyrolytique, liée à la combustion de biomasse (charbon de bois, charbon de coco) et de combustibles fossiles. Certains rapports molaires (BaA/Chry, LMW/HMW) suggèrent également une contribution mineure de sources pétrolières, probablement transportées par les eaux de ruissellement routier. Cette étude constitue une première approche utile pour la gestion environnementale des sédiments dragués dans cette zone urbaine sensible.

MOTS-CLEFS: HAP, Baie de Koumassi, Lagune Ebrié, Qualité des sédiments.

1 INTRODUCTION

Située sur la rive sud de la lagune Ebrié, la baie de Koumassi s'étend sur une superficie de 12 km^2 et communique avec la lagune par son extrémité méridionale. Ce plan d'eau est soumis, depuis plusieurs années, à une pression anthropique

croissante, principalement due à l'expansion du quartier Koumassi et au développement de sa zone industrielle, entraînant une réduction progressive de sa superficie [1], [2]. Cette dynamique d'urbanisation et d'industrialisation est susceptible d'accroître la concentration de divers contaminants, parmi lesquels les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) occupent une place prépondérante en raison de leur toxicité avérée pour les organismes aquatiques et l'homme, ainsi que de leur utilisation comme indicateurs de la qualité des hydrosystèmes [3]. Les HAP, molécules fortement hydrophobes, présentent une forte affinité pour les particules en suspension, rendant leur élimination naturelle difficile et favorisant leur accumulation dans les sédiments. La baie de Koumassi, utilisée pour la pêche, la baignade, le dragage du sable et la navigation, constitue également un exutoire majeur pour les eaux usées domestiques et industrielles. Des études antérieures ont révélé des teneurs élevées en hydrocarbures totaux et en HAP dans les sédiments de cette baie [4], [5]. La distribution spécifique des différentes familles de HAP reste méconnue, alors même que ces composés représentent une menace environnementale persistante [6]. Conscients des risques liés à la dégradation de la qualité des sédiments de ce plan d'eau pour les écosystèmes et la santé humaine, la présente étude a été initiée afin de caractériser la distribution des concentrations des HAP dans les sédiments de la baie de Koumassi.

2 MATERIEL ET METHODE

La méthodologie mise en œuvre dans cette étude repose sur un échantillonnage des sédiments effectué à l'aide d'une benne en acier inoxydable en dix points stratégiques de la baie, choisis en fonction de la bathymétrie et des zones d'entrée d'eau (Figure 1). Les échantillons prélevés à l'aide d'une spatule en acier sont stockés dans des flacons en verre ambré conservés à environ 4°C avant leur analyse. Une fois au laboratoire, les sédiments sont séchés par lyophilisation et broyés dans un mortier en agate afin de préserver leur intégrité et éviter toute contamination, conformément aux recommandations de [7]. L'extraction des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) est réalisée à partir de cartouches en cellulose nettoyées avec un mélange dichlorométhane/hexane, après ajout d'étalons de recouvrement. L'extrait est purifié par élimination du soufre à l'aide de poudre de cuivre, concentré à l'évaporateur rotatif, puis analysé par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), selon les protocoles décrits par [8] et [9]. Pour identifier les sources anthropiques des HAP, deux approches ont été utilisées: le calcul des indices aromatiques tels que P/A, Fluo/Pyr, BaA/Chry et LMW/HMW [10], [11], [12], [13], ainsi que l'analyse des rapports caractéristiques comme A/ (A+P), BaA/ (BaA+Chry), IdP/ (IdP+Bper) et Fl/ (Fl+Pyr) [14], [15], [16]. Enfin, l'évaluation de la qualité des sédiments a été effectuée en comparant les concentrations mesurées aux seuils de référence établis par [17], notamment pour les HAP totaux, le chrysène, le fluoranthène et le pyrène, ces critères étant essentiels pour la gestion des sédiments issus du dragage dans un contexte de valorisation ou de risque environnemental.

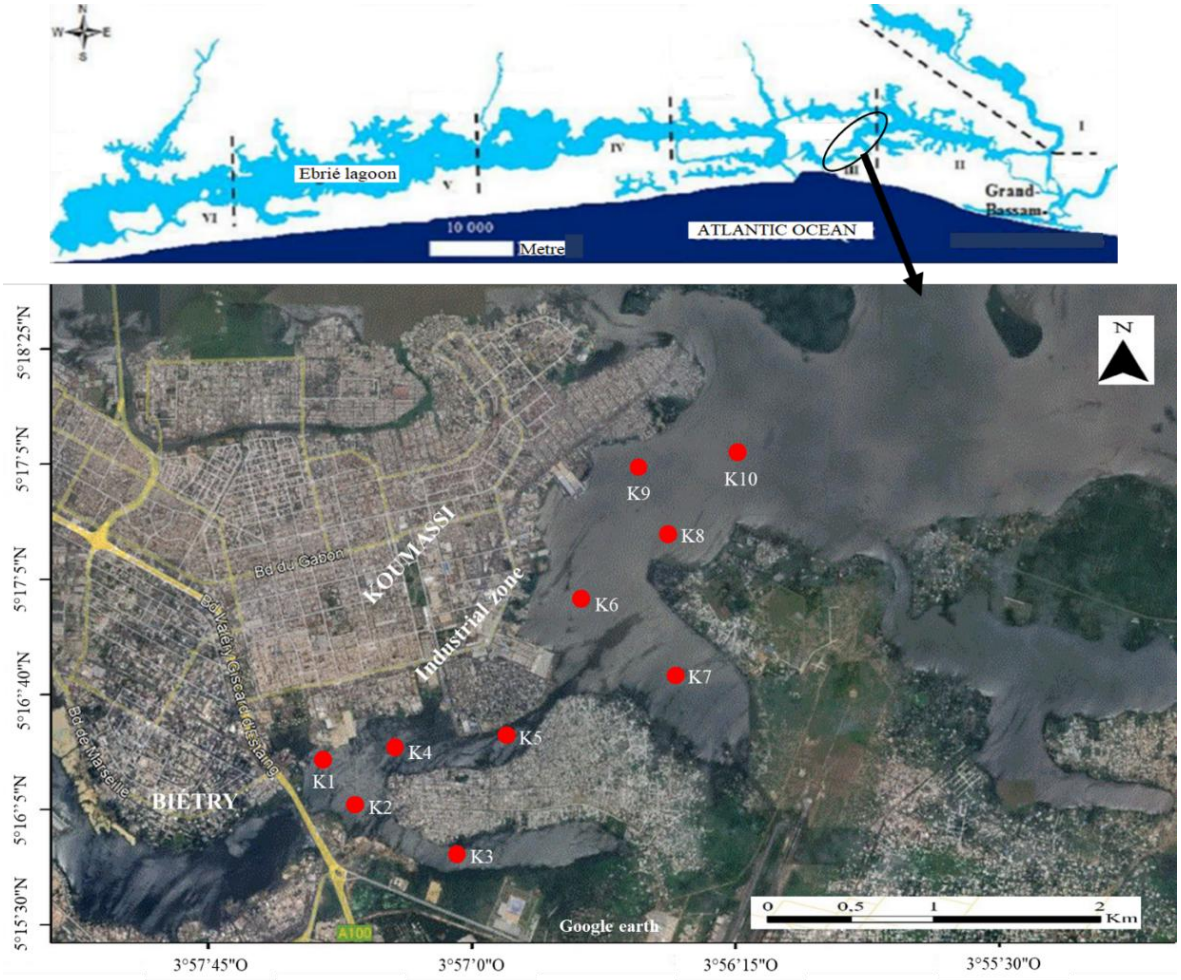


Fig. 1. Points de prélèvement des échantillons de sédiments

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 CONCENTRATION DES HAP DANS LES SEDIMENTS

Les résultats obtenus montrent une distribution hétérogène des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les échantillons de sédiments prélevés dans la baie de Koumassi. Certains composés ne sont détectés que dans un sous-ensemble d'échantillons, ce qui pourrait refléter une contamination spatialement limitée ou une faible intensité des sources émettrices. Le benzo (a) pyrène et le dibenzo (a, h) anthracène, deux HAP réputés pour leur toxicité et leur caractère cancérogène, ont été identifiés dans quatre échantillons seulement. Leurs concentrations moyennes respectives sont de 0,077 ng/kg et 0,072 ng/kg, avec une dominance du benzo (a) pyrène, dont la teneur moyenne maximale confère une proportion relative de 3,9 % parmi les HAP détectés (Figure 2). Ces valeurs restent cependant relativement faibles comparées à celles observées dans d'autres environnements urbains ou industrialisés. Concernant les autres composés analysés, le phénanthrène, l'indeno (1,2,3-cd) pyrène, le benzo (g, h,i) pérylène ainsi que l'anthracène ont été dosés respectivement dans cinq et six stations. Les concentrations moyennes varient entre 0,026 ng/kg (pour l'anthracène) et 0,059 ng/kg pour l'indeno (1,2,3-cd) pyrène, avec des proportions relatives comprises entre 2,1 % (phénanthrène) et 4,8 % (anthracène). Parmi les dix stations où les analyses ont été réalisées pour un ensemble plus large de composés, les concentrations moyennes du naphtalène, de l'acénaphtylène, de l'acénaphtène, du pyrène, du benzo (a) anthracène, du chrysène, du benzo (b) fluoranthène et du benzo (k) fluoranthène varient de 0,004 ng/kg (naphtalène) à 0,074 ng/kg (benzo (b) fluoranthène). Les proportions moyennes relatives du pyrène, du benzo (b) fluoranthène et du naphtalène sont respectivement 17%; 9,4% et 1,1%. L'acénaphtène affiche une proportion moyenne de 4,7%. Le fluorène et le fluoranthène, quantifiés dans 80 % des échantillons (huit stations), présentent des concentrations moyennes respectives de 0,009 ng/kg et 0,035 ng/kg. Toutefois, le fluoranthène se démarque nettement par sa forte proportion moyenne (22,6 %), enregistrée chez les HAP lourds, ce qui en fait le composé dominant dans les sédiments de la baie. Cette abondance accrue suggère un transport principalement assuré par les eaux de ruissellement, conformément

aux observations rapportées par [18], qui ont identifié le fluoranthène comme un HAP majeur (représentant jusqu'à 21 % des HAP totaux) dans les eaux de ruissellement routier. De plus, cette présence massive de fluoranthène est indicative d'une origine pyrolytique, souvent associée aux gaz d'échappement des véhicules motorisés, selon [19]. Les concentrations totales des HAP oscillent entre 0,016 ng/kg et 0,965 ng/kg, avec une valeur moyenne de 0,400 ng/kg. Ces niveaux demeurent bien en dessous des seuils de qualité des sédiments définis par [17] pour les catégories CER (Concentration d'effets rares), CSE (Concentration seuil produisant un effet), CEO (Concentration d'effets occasionnels), CEP (Concentration produisant un effet probable) et CEF (Concentration d'effets fréquents), notamment pour les HAP les plus représentatifs tels que le chrysène, le fluoranthène et le pyrène. Cette faible contamination globale des sédiments peut être attribuée à plusieurs facteurs: un rejet anthropique limité dans la baie et un dragage régulier des fonds marins, pratiqué pour la valorisation des sédiments dans le secteur de la construction. Ces deux mécanismes semblent contribuer efficacement à limiter l'accumulation des polluants organiques dans la matrice sédimentaire de la baie de Koumassi, ce qui rend ces sédiments peu risqués pour leurs utilisateurs potentiels.

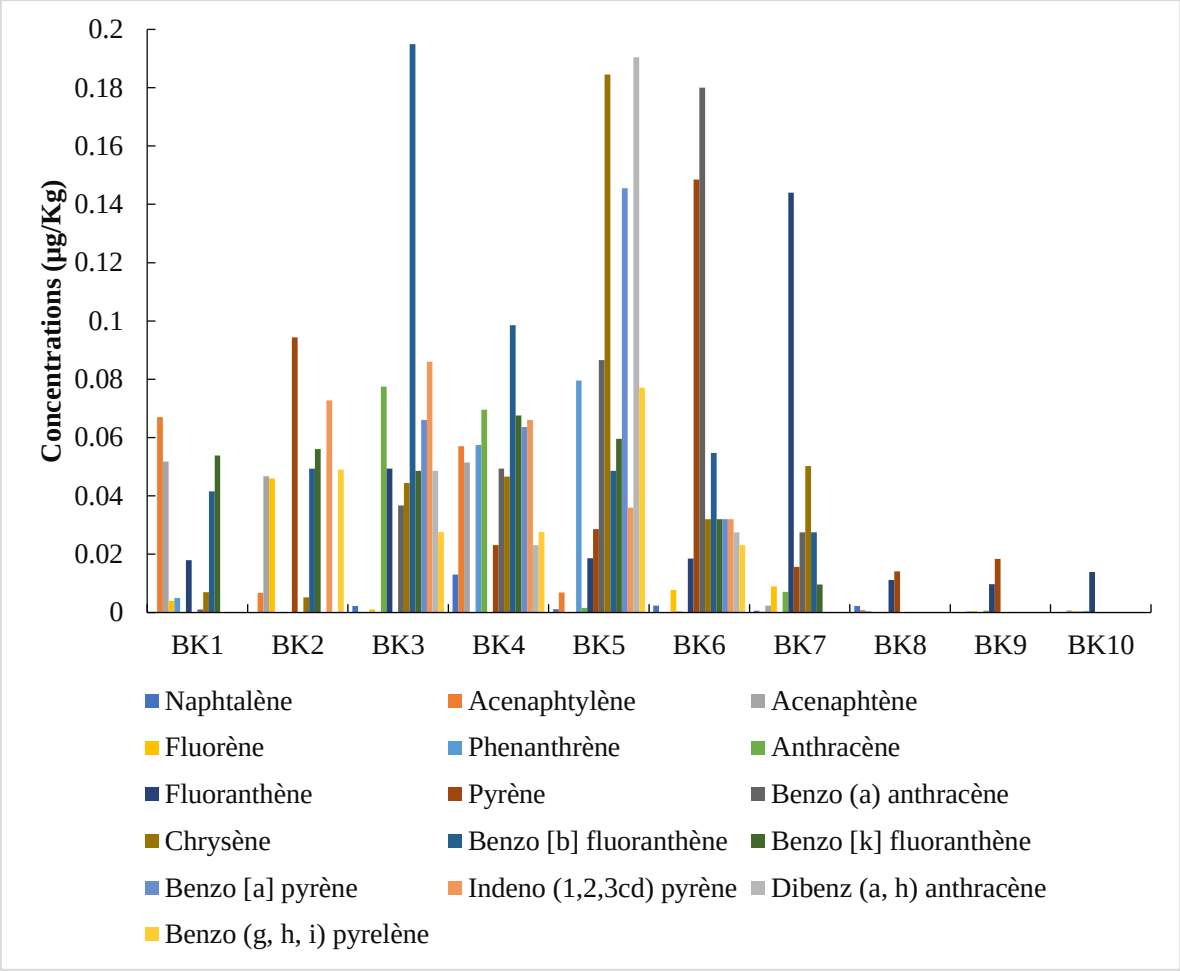
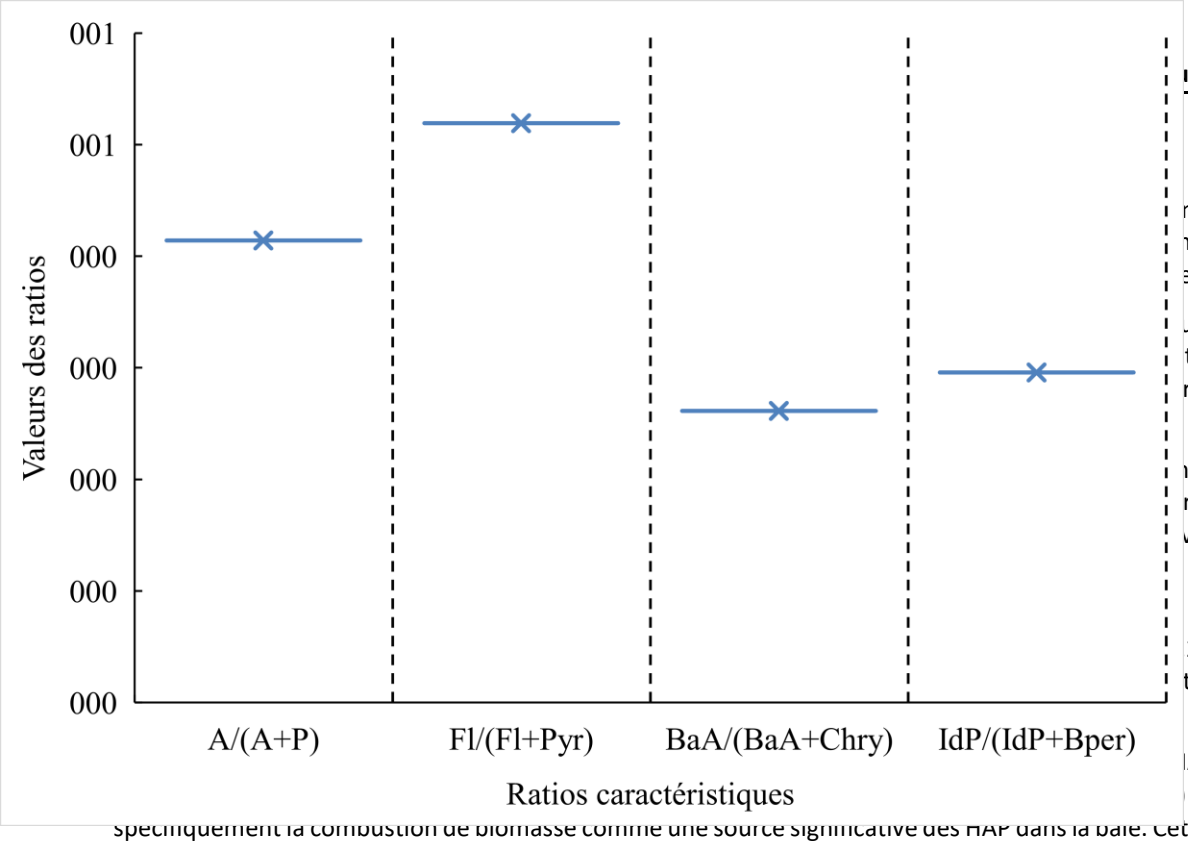


Fig. 2. Concentrations des HAP dans les sédiments

3.2 SOURCES DES HAP DANS LA BAIE DE KOUMASSI

Les rapports calculés à partir des concentrations des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments de la baie de Koumassi ont fournit des indications précieuses sur les sources et les mécanismes de dépôt de ces contaminants. Les valeurs moyennes obtenues sont les suivantes: 5,05 pour le rapport P/A (phénanthrène / anthracène), 1,13 pour Fluo/Pyr (fluoranthène/pyrène), 0,87 pour BaA/Chry (benzo (a) anthracène/chrysène) et 0,26 pour LMW/HMW (somme des HAP légers / somme des HAP lourds).



n apport principalement lié
même, le rapport Fluo/Pyr,
es résultats précédents.

une contribution marginale
t être liée au transport des
rtée dans les études sur les

ıents de la baie, ce qui est
rvations de [13]. En outre,
valeur moyenne de ce ratio

Les valeurs moyennes des
26; 0,30 et 0,52 (Figure 3).
t 0,50, indique que les HAP

IAP, combinant à la fois des
permet d'identifier plus
spécifiquement la combustion de biomasse comme une source significative des HAP dans la baie. Cette hypothèse est soutenue par les pratiques courantes des populations riveraines, qui utilisent fréquemment le charbon de bois et le charbon produit à partir de la coque de noix de coco comme substitut au gaz butane, en raison des contraintes économiques.

En somme, l'ensemble des ratios molaires analysés met en évidence une prédominance des sources pyrolytiques dans l'apport des HAP dans les sédiments de la baie de Koumassi, avec une contribution minoritaire des sources pétrolières. Ces résultats sont cohérents avec les activités anthropiques locales et les voies de transfert telles que le ruissellement urbain et routier.

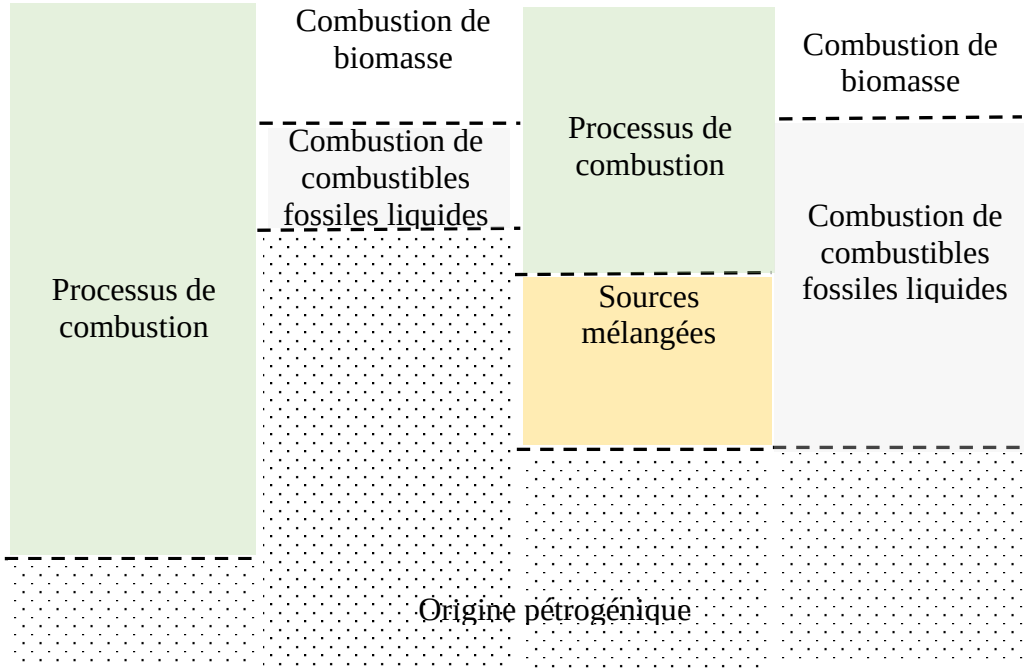


Fig. 3. Sources de HAP dans la baie de Koumassi

4 CONCLUSION

L'étude menée sur la distribution des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sédiments de la baie estuarienne de Koumassi a permis d'évaluer leur présence, leur origine et leur niveau de contamination. Dix échantillons de sédiments ont été prélevés selon un plan d'échantillonnage prenant en compte la bathymétrie et les zones d'entrée d'eau. Les analyses réalisées par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) ont permis d'identifier seize HAP dans les sédiments, avec des concentrations moyennes variant de 0,004 ng/kg pour le naphtalène à 0,077 ng/kg pour le benzo (a) pyrène. Le fluoranthène se distingue comme le HAP majoritaire, représentant 22,6 % de la concentration totale moyenne, ce qui indique une contamination principalement liée aux processus de combustion incomplète. L'analyse des rapports molaires tels que P/A, Fluo/Pyr, BaA/Chry et LMW/HMW, ainsi que les indices caractéristiques A/ (A+P), BaA/ (BaA+Chry), IdP/ (IdP+Bper) et Fl/ (Fl+Pyr), révèle une origine mixte des HAP: pyrolytique (liée à la combustion de biomasse et de combustibles fossiles) et pétrolière (due notamment à des rejets accidentels d'hydrocarbures). En particulier, le rapport Fl/ (Fl+Pyr) supérieur à 0,50 souligne l'importance de la combustion de la biomasse (charbon de bois, charbon de coco) utilisée par les populations riveraines comme source importante de ces contaminants. Les concentrations totales des HAP restent globalement basses, comprises entre 0,016 ng/kg et 0,965 ng/kg, avec une moyenne de 0,400 ng/kg. Ces valeurs sont bien en dessous des seuils de qualité définis par les critères canadiens (CER, CSE, CEO, CEP, CEF) pour les sédiments, indiquant que la pollution par les HAP ne représenterait pas un danger majeur pour l'environnement ou pour les utilisateurs des sédiments dragués pour la construction immobilière. Cette faible accumulation des polluants s'explique probablement par deux facteurs principaux: i) un rejet anthropique limité dans la baie, et ii) un dragage régulier des fonds lagunaires, pratiqué pour valoriser les sédiments, qui contribue à limiter l'accumulation progressive des contaminants.

REFERENCES

[1] K.E. Ahoussi, Y.B. Koffi, S. Loko, A.M. Kouassi, G.Soro, J. Biemi, 2012. Characterization of metallic trace elements (Mn, Ni, Zn, Cd, Cu, Pb, Cr, Co, Hg and As) in superficial waters of Marcory, Abidjan, Ivory Coast: study of the village of Abia Koumassi. *Geo-Eco-Trop*., 36, 159-174.

[2] G.A. Gboudjou, A.F. Adiko, Y.C. Amani, 2022. Perceived impacts of pollution in the Ebrié lagoon and mitigation and adaptation measures for fishermen in the commune of Koumassi (Abidjan, Côte d'Ivoire). *Revue Africaine des Sciences Sociales et de la Santé Publique,* 4 (2), 108-120.

[3] ONEMA, INERIS, 2014. Origines des HAP dans les milieux aquatiques. Bilan des méthodes d'identification des sources applicables au domaine de l'eau et premier choix des profils caractéristiques appropriés. *Rapport Final,* 34 p.

[4] M. Marchand, JL. Martin, 1985. Détermination de la pollution chimique (hydrocarbures, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanographie Tropicale,* 20 (1), 25–39.

[5] K. Affian, M. Robin, M. Maanan, B. Digbehi, E. Djagoua, F. Kouame, 2009. Heavy metal and polycyclic aromatic hydrocarbons in Ebrié lagoon sediments, Côte d'Ivoire. *Environmental Monitoring and Assessment,* 159 (1-4), 531-541. https://doi.org/10.1007/s10661-008-0649-9.

[6] FZ. Ndadani, F. Zkhiri, H. Idali, A. Rachidi, 2016. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in fish products from the south atlantic coast of Morocco*. J. Mar. Chim. Heterocycl*., 15 (1), 152-157.

[7] S. Schiavone, M. Coquery, 2011. Guide d'échantillonnage et de pré-traitement des sédiments en milieu continental pour les analyses physico-chimiques de la DCE. *Rapport de recherche*; IRSTEA, 24 p.

[8] N. Mzoughi, F. Hellal, M. Dachraoui, JP. Villeneuve, C. Cattini, SJ. De Morais, AE. Abed, 2002. Méthodologie de l'extraction des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Application à des sédiments de la lagune de Bizerte (Tunisie). *Comptes Rendus Geoscience, 334* (11), 893-901. https://doi.org/10.1016/S1631-0713 (02) 01806-1.

[9] CEAEQ, 2016. Détermination des hydrocarbures aromatiques polycycliques: Dosage par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (MA. 400-HAP 1.1, Rév. 4). Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 21 p.

[10] H. Budzinski, I. Jones, C. Bellocq, P. Piérard, P. Garrigues, 1997. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary. *Marine Chemistry,* 58 (1-2), 85-97. https://doi.org/10.1016/S0304-4203 (97) 00017-5.

[11] Z. Wang, M. Fingas, DS. Page, 1999. Oil spill identification. *Journal of Chromatography A, 843* (1-2), 369–411. https://doi.org/10.1016/S0021-9673 (99) 00209-3.

[12] EY., Zeng, CL. Vista, 1997. Organic pollutants in the coastal environment of San Diego, California. 1. Source identification and assessment by compositional indices of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Toxicology and Chemistry,* 16 (2), 179-188. https://doi.org/10.1002/etc.5620160207.

[13] G. De Luca, A. Furesi, G. Micera, A. Panzanelli, PC. Pui, MI. Pilo, G. Sanna, 2005. Nature, distribution and origin of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the sediments of Olbia harbor (Northern Sardinia, Italy). *Marine Pollution Bulletin, 50* (10), 1223-1232. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.04.011

[14] MB. Yunker, RW. Macdonald, R. Vingarzan, RH. Mitchell, D. Goyette, S. Sylvestre, 2002. PAHs in the Fraser River basin: A critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition. *Organic Geochemistry,* 33 (4), 489–515. https://doi.org/10.1016/S0146-6380 (02) 00003-4.

[15] DR. Oros, JRM. Ross, 2004. Polycyclic aromatic hydrocarbons in San Francisco Estuary sediments. *Marine Chemistry,* 86 (3-4), 169–184. https://doi.org/10.1016/j.marchem.2003.12.002

[16] XL. Zhang, S. Tao, WX. Liu, Y. Yang, Q. Zuo, SZ. Liu, 2005. Source diagnostics of polycyclic aromatic hydrocarbons based on species ratios: A multimedia approach. *Environmental Science & Technology,* 39 (24), 9109-9117. https://doi.org/10.1021/es050628n.

[17] Environnement Canada, MDDEPQ, 2007. Critères pour l'évaluation de la qualité des sédiments au Québec et cadres d'application: Prévention, dragage et restauration. 30 p.

[18] JN. Brown, BM. Peake, 2006. Sources of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban stormwater runoff. *Science of the Total Environment,* 359 (1-3), 145-155. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.05.027

[19] JC. Colombo, E. Pelletier, C. Brochu, M. Khalili, 1989. Determination of hydrocarbon sources using n-alkane and polyaromatic hydrocarbon distribution indexes. Case study: Rio de la Plata estuary, Argentina. *Environmental Science & Technology, 23,* 888–894. https://doi.org/10.1021/es00173a006.

[20] MT., Bomboi, A. Hernandez, 1991. Hydrocarbon in urban runoff: Their contribution to the wastewaters. *Water Resource,* 25 (5), 557-565. https://doi.org/10.1016/0043-1354 (91) 90136-F.

[21] CA. Menzie, SS. Hoeppner, JJ. Cura, JS. Freshman, EN. Lafrey, 2002. Urban and suburban storm water runoff as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) to Massachusetts estuarine and coastal environments. *Estuaries,* 25 (2), 165–176. https://doi.org/10.1007/BF02702005.