



Concentration en métaux lourds des sédiments d'une lagune côtière tropicale: lagune de Fresco (Côte d'Ivoire)

[Heavy metal concentration in sediments of a tropical coastal lagoon: lagoon of Fresco (Côte d'Ivoire)]

Yacoub ISSOLA^{1,2}, Aka Marcel KOUASSI², B. K. DONGUI³, Antoinette Ama ADINGRA², Jean BIEMI¹

¹Université de Cocody, UFR STRM BP V 34 Abidjan, Côte d'Ivoire ; ²Centre de Recherches Océanologiques BP V18 Abidjan, Côte d'Ivoire ; ³Ecole Normale Supérieure 22 BP 582 Abidjan, Côte d'Ivoire

Correspondance, courriel : issola_yacoub@yahoo.fr

Published at www.biosciences.elewa.org on June 8, 2009

RESUME

Objectifs: L'objectif de cette étude est d'évaluer l'état de la pollution en métaux lourds et leurs répartitions dans les sédiments de la lagune de Fresco.

Méthodologie et résultats: Les sédiments sont prélevés à l'aide de la benne à l'interface eau-sédiment et conservés dans des sachets en plastique. L'analyse granulométrique est réalisée selon la méthode avec la pipette de Robinson. Les métaux sont dosés par la méthode de la spectrométrie d'absorption atomique.

Conclusion et applications: La répartition des sédiments dans la lagune de Fresco est gouvernée par son hydrodynamisme et sa morphologie. Dans le secteur à forts hydrodynamismes (station 4 et 5), on trouve des sédiments grossiers alors que dans les stations 1, 2 et 3 localisées dans la baie les sédiments sont fins. La répartition des métaux lourds dans la lagune de Fresco est en proportionnalité inverse avec la taille des sédiments. Leurs concentrations sont faibles comparées à celles d'autres lagunes et ne semblent pas indiquer une pollution de cet écosystème. Les résultats de l'étude sur les métaux lourds de la lagune de Fresco qui fait partie du système lagunaire Ebrié pourrait servir de référence pour l'étude des lagunes côtières.

Mots-clés: Lagune côtière, métaux lourds, pollution, Fresco, système lagunaire Ebrié

ABSTRACT

Objectives: The objective of this study was to assess the state of heavy metals pollution in sediments and their distribution in the lagoon of Fresco.

Methodology and results: The sediments were collected at the sediment-water interface and stored in plastic bags. The size analysis was performed by the pipette method of Robinson. Heavy metals were determined by atomic absorption spectrometry.

Conclusion and applications: The distribution of sediments in the lagoon of Fresco is governed by its hydrodynamics and morphology. In the area with high hydrodynamics (station 4 and 5), there are coarse sediments while in stations



1, 2 and 3 located in the bay, sediments are fine. The distribution of heavy metals in the lagoon of Fresco is in inverse proportionality with the size of sediments. Their concentrations are low compared to those of other lagoons and do not seem to indicate a pollution of the ecosystem. The results of the study on heavy metals in the lagoon of Fresco, which is part of Ebrié lagoon system, could serve as a reference for coastal lagoon studies.

Key words: Coastal lagoon, heavy metals, pollution, Fresco, Ebrié lagoon system

INTRODUCTION

Les lagunes sont des écosystèmes très riches en biodiversité largement répandues dans les zones côtières du monde. Elles servent d'habitats irremplaçables, de zones de ponte et de nurseries pour de nombreuses espèces animales (Ruiz *et al.*, 2006). Ces écosystèmes sont naturellement vulnérables et leur équilibre écologique peut être rapidement modifié sous l'influence de facteurs naturels ou anthropiques (Amanieu, 1994 ; Guiral, 1996 in Kouassi, 2005).

En Côte d'Ivoire, le système lagunaire s'étend parallèlement au rivage du Golfe de Guinée, entre 2°50' et 5°25' de longitude Ouest sur près de 300 km avec une superficie totale de 1 200 km². Ce système lagunaire est constitué de trois lagunes distinctes : la lagune de Grand-Lahou, la lagune Aby et la lagune Ebrié, reliées entre elles par des canaux artificiels (Varlet, 1978). Les nombreuses études réalisées sur ces lagunes se sont intéressées à l'hydrochimie, la sédimentologie et à la pollution sur la lagune Ebrié (Dufour *et al.*, 1985 ; Tastet *et al.*, 1994 ; Aka,

1991), à la bathymétrie, à l'hydrologie et à la physico-chimie sur la lagune Aby (Métongo, 1985 ; Chantraine, 1980 et 1984), à l'hydroclimat, l'hydrochimie et la bactériologie sur la lagune de Grand Lahou (Etilé, 2004 ; Kouassi, 2005 ; Konan, 2008).

Malheureusement, les petits écosystèmes côtiers tels que la lagune de Fresco semblent être oubliés par nombres de scientifiques. Les études antérieures sur cette lagune portent essentiellement sur la biodiversité de la zone humide qu'elle constitue (Egnankou, 1985 ; Nicole *et al.*, 1987 ; Sankaré *et al.*, 1999 ; Egnankou *et al.*, 2004).

A l'instar des autres lagunes de Côte d'Ivoire, la lagune de Fresco a besoin d'être scientifiquement connue afin d'éviter des catastrophes écologiques et contribuer à une protection efficace et durable. La présente étude porte sur la répartition des sédiments et leurs teneurs en métaux lourds dans la lagune de Fresco.

MATERIELS ET METHODES

Présentation de la zone d'étude : La lagune de Fresco (Figure 1), objet de la présente étude, est située entre les longitudes 5°32' et 5°38' Ouest et les latitudes 5°40' et 5°70' Nord. Elle a un plan d'eau lagunaire qui s'étire, d'Est en Ouest, sur une longueur d'environ 6 km, une largeur comprise entre 2 et 4 km avec une profondeur moyenne de 4 m et une superficie de 17 km² (Sankaré *et al.*, 1999 ; Egnankou *et al.*, 2004).

Echantillonnages : Douze (12) campagnes d'échantillonnages de sédiments à l'aide de la benne à l'interface eau-sédiment du milieu lagunaire ont été réalisées en cinq (5) stations (1, 2, 3, 4 et 5) (Tableau 1) réparties sur le plan d'eau de la lagune de Fresco. Ces sédiments sont conditionnés dans des sachets en plastique à basse température avant leur analyse au laboratoire.



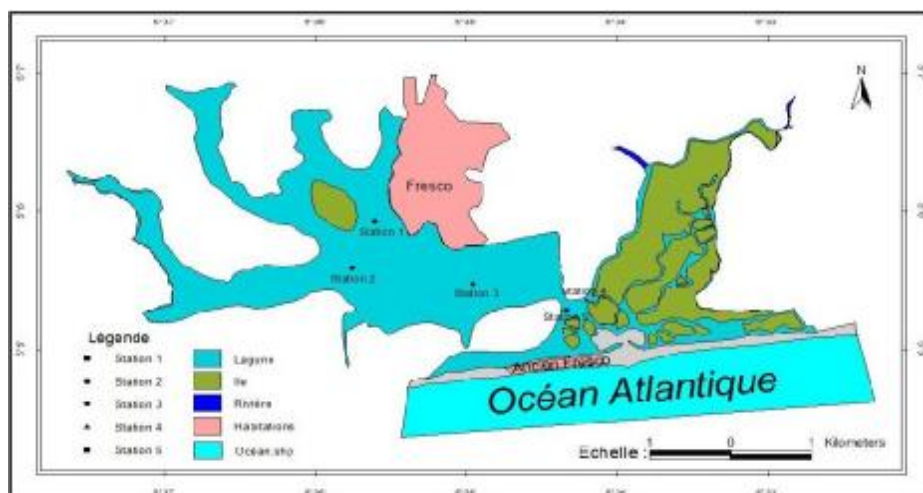


Figure 1: Carte de localisation des stations d'échantillonnage sur la lagune de Fresco

Tableau 1 : Localisation géographique des stations échantillonnées dans la zone estuarienne de la lagune Fresco.

Station	Latitude	Longitude
Station 1	5°35'36" O	5°5'55" N
Station 2	5°34'57" O	5°5'28" N
Station 3	5°35'45" O	5°5'35" N
Station 4	5°34'11" O	5°5'21" N
Station 5	5°34'19" O	5°5'16" N

Granulométrie et teneur en métaux lourds des sédiments

Etude granulométrique des sédiments : L'analyse granulométrique est réalisée selon la méthode avec la pipette de Robinson. La terre est disposée au pyrophosphate de sodium par agitation après destruction des matières organiques par l'eau oxygénée (Aubert *et al.*, 1954).

Teneur en métaux lourds des sédiments : L'extraction à la température de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, sous agitation bien définie, des formes solubles de cuivre, manganèse, zinc, fer, plomb, cadmium, chrome, nickel etc. est réalisée dans une solution mixte, ajustée à pH 7, d'acétate d'ammonium $1,0 \text{ mol.l}^{-1}$ en présence d'EDTA ($0,01 \text{ mol.l}^{-1}$) et dans un rapport prise d'essai sur solution égale à 1/10 (M/V). Les formes solubles de cuivre, manganèse, zinc, fer, plomb, cadmium, chrome, nickel etc. de la solution d'extraction sont ensuite

dosées par spectrométrie d'absorption atomique (US, EPA 1986).

Données pluviométriques et hydrologiques : Les données pluviométriques de la ville de Fresco ont été acquises auprès de la SODEXAM (Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéroportuaire et Météorologique). Les caractéristiques hydrologiques (débits) de la rivière Niouniourou ont été obtenues auprès de la Direction de l'Eau du Ministère des Infrastructures Economiques de la Côte d'Ivoire.

Traitement des données : La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) et l'Analyse en Composante Principale (ACP) ont été utilisées pour étudier la corrélation entre la répartition des sédiments et leur concentration en métaux lourds.

RESULTATS

La granulométrie des sédiments: Le tableau 2 présente par station les pourcentages cumulés des granulats de la lagune de Fresco et leur teneur en matière organique. Les stations 1, 2 et 3 sont

caractérisées par une prédominance de particules fines (limon grossier, limon fin et limon) avec des pourcentages cumulés de 64,54%, 87,47%, et 82,88% respectivement contre 54,82% et 15,72% aux stations

4 et 5. Les stations 4 et 5 par contre sont marquées par une prédominance de particules grossières (sable fin et sable grossier) avec respectivement 43,85% et 82,38%

contre 31,67%, 8,43% et 12,91% pour les stations 1, 2 et 3.

Tableau 2: Pourcentages cumulés des granulats et des pourcentages de matière organique par station.

Station	Granulométrie en pourcentage cumulé					
	Argile	Limon fin + limon	Limon grossier + limon fin + limon	Sable fin + limon grossier + Limon fin + limon	Sable grossier + sable fin + Limon grossier + Limon fin + limon	Matière organique (%)
Station 1	30,25	60	64,54	80,06	96,21	3,79
Station 2	30,8	76,6	87,47	92,05	95,9	4,1
Station 3	41,75	74,25	82,88	95,02	95,79	4,21
Station 4	24,75	36	54,82	88,36	98,67	1,33
Station 5	7,35	11,2	15,72	70,87	98,1	1,9

Teneur en métaux lourds des sédiments

Les valeurs minimales, maximales, la moyenne et le coefficient de dispersion par station des concentrations en métaux lourds des sédiments de la lagune de Fresco sont présentées dans le *tableau 3*.

Le fer : Les concentrations moyennes annuelles du fer sont comprises entre 99 et 192,17 ppm avec les plus fortes concentrations aux stations 1 et 2 et la plus faible à la station 5. Les coefficients de dispersion compris entre 22 et 49% traduisent des variations annuelles peu importantes de la concentration en fer. Les variations les plus fortes sont observées aux stations 3 et 5.

Le manganèse : Les concentrations moyennes annuelles en manganèse des sédiments de surface de la lagune de Fresco varient de 8,13 à 25,33 ppm. Les concentrations moyennes minimales de 1 et 2 ppm sont respectivement observées aux stations 4 et 5. Les coefficients de dispersion qui vont de 14 à 123% montrent que les plus fortes variations annuelles des concentrations de manganèse sont observées aux stations 4 et 5.

Le zinc : Les concentrations moyennes de zinc dans les sédiments de surface de la lagune de Fresco vont

de 4,63 à 10,00 ppm. Les concentrations les plus faibles sont rencontrées aux stations 3 et 4 alors que les plus fortes sont mesurées aux stations 1 et 2. Les variations les plus importants au cours de l'année sont observées aux stations 4 et 5 avec des coefficients de dispersion respectifs de 57 et 55%.

Le cuivre : Les concentrations moyennes annuelles du cuivre dans les sédiments de surface de la lagune de Fresco vont de 2,25 à 4,33 ppm avec la plus forte concentration observée aux stations 1 et 2. Les coefficients de dispersion varient de 21 à 56 %. Les variations de concentrations les plus significatives sont observées à la station 1.

Le plomb : Les concentrations moyennes annuelles du plomb dans les sédiments de surface de la lagune de Fresco vont de 2,43 à 6,50 ppm. Les concentrations les plus faibles sont enregistrées aux stations 4 et 5 alors que les plus fortes sont rencontrées aux stations 1 et 2. Avec un coefficient de dispersion de 95%, la station 5 est marquée par les plus importantes variations annuelles de la concentration de plomb.



Tableau 3 : Minimum (Min), Maximum (Max), Moyenne (Moy) et Coefficient de Dispersion (CD) des concentrations en métaux lourds des sédiments de surface de la lagune de Fresco par station

	Station 1				Station 2			
	Min	Moy	Max	CD %	Min	Moy	Max	CD %
Fe (ppm)	102,00	172,83	258,00	38,01	124,00	192,17	240,00	22,45
Mn (ppm)	12,00	25,33	39,00	36,92	17,00	20,83	24,00	14,37
Zn (ppm)	7,00	10,00	14,00	22,80	8,00	9,50	12,00	14,51
Cu (ppm)	3,00	4,33	9,00	55,90	2,00	3,00	4,00	29,81
Pb (ppm)	5,00	6,50	8,00	16,14	5,00	6,00	7,00	14,91
Cd (ppm)	1,00	1,33	2,00	38,73	1,00	1,17	2,00	34,99
	Station 3				Station 4			
	Min	Moy	Max	CD %	Min	Moy	Max	CD %
Fe (ppm)	28,00	150,88	247,00	47,15	93,00	151,38	244,00	33,46
Mn (ppm)	10,00	13,25	19,00	24,79	1,00	8,13	30,00	122,80
Zn (ppm)	2,00	4,63	7,00	36,43	3,00	7,13	16,00	56,86
Cu (ppm)	2,00	2,25	3,00	20,57	2,00	2,75	5,00	37,64
Pb (ppm)	2,00	3,75	6,00	34,18	1,00	2,50	4,00	37,03
Cd (ppm)	-	0,88	1,00	40,41	-	0,50	1,00	106,90
	Station 5							
	Min	Moy	Max	CD %				
Fe (ppm)	51,00	99,00	184,00	49,36				
Mn (ppm)	2,00	8,14	18,00	88,40				
Zn (ppm)	2,00	6,86	11,00	55,49				
Cu (ppm)	2,00	2,71	4,00	35,04				
Pb (ppm)	-	2,43	7,00	94,67				
Cd (ppm)	-	0,86	2,00	80,51				



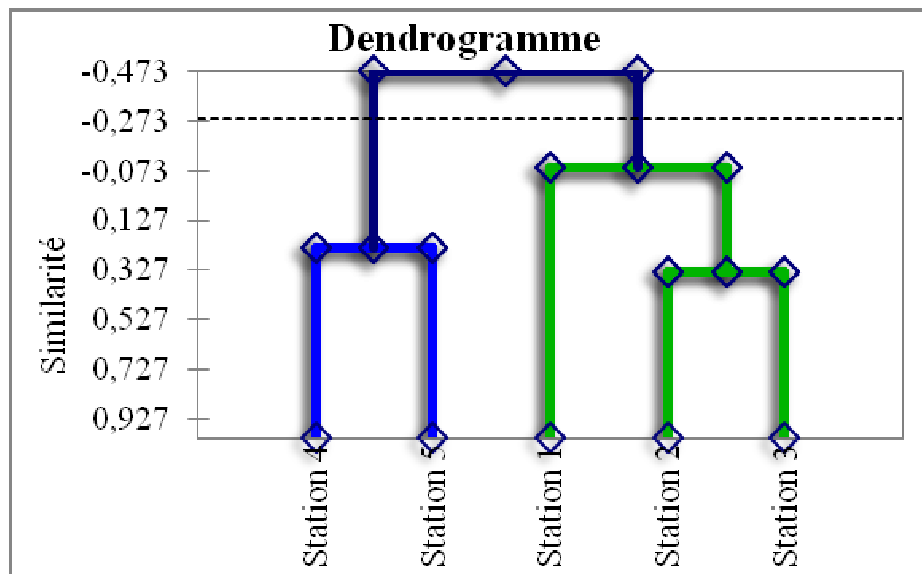


Figure 2 : Dendrogramme de la répartition des stations en fonction de la granulométrie et des concentrations en métaux lourds des sédiments de surface de la lagune de Fresco.

Le cadmium: Les concentrations moyennes annuelles du cadmium dans les sédiments de surface des eaux de la lagune de Fresco vont de 0,50 à 1,33 ppm. Les concentrations les plus faibles sont rencontrées aux stations 3, 4 et 5 alors que les plus fortes sont enregistrées aux stations 1 et 2. Avec des coefficients de dispersion respectifs de 107% et 81%, les stations 4 et 5 présentent les plus fortes variations de concentrations de cadmium durant l'année.

L'analyse des données suivant la méthode de la classification ascendante hiérarchique (selon le coefficient de corrélation de Pearson avec le type de proximité similarité) a permis de procéder au regroupement de stations à granulométrie et concentrations en métaux lourds similaires. Il en résulte

DISCUSSIONS

Les sédiments collectés dans les zones proches du grau de Fresco (stations 4 et 5) sont grossiers alors que ceux des stations situées loin de l'embouchure (Stations 1, 2 et 3) sont fins. La répartition des sédiments dans la lagune de Fresco est gouvernée par des apports continentaux (des vents, des eaux de ruissellements et des rivières Bolo et Niouniourou) et océaniques. En effet, en période d'étiage des rivières Bolo et Niouniourou, l'eau de mer, riche en particules

que les stations de la lagune de Fresco peuvent être regroupées comme indiqué à la figure 2.

Une Analyse en Composante Principale (ACP) réalisée à partir des données obtenues permet d'établir une corrélation entre la taille des granulats, leur association avec les métaux lourds et leur répartition aux différentes stations. On distingue ainsi (Figure 3 a et b) : une corrélation positive sur l'axe F1 entre les éléments fins et les métaux lourds. On note également que ces sédiments fins sont localisées avec les métaux lourds adsorbés dans les stations 1, 2 et 3; une corrélation négative sur l'axe F1 entre les éléments grossiers (limon grossier, sable fin et grossier) et les métaux lourds. Ces éléments grossiers sont également localisés aux stations 4 et 5.

sableuses, envahie tout le plan d'eau lagunaire en commençant par les stations 4 et 5 avant d'atteindre les autres stations plus éloignées. La proportion de sables déposés aux stations 4 et 5 est donc plus importante que celle des stations 1, 2 et 3. Pendant la grande saison de crue des rivières Bolo et Niouniourou, il se produit un "effet de chasse" de l'eau océanique des stations 4 et 5 par les eaux continentales.

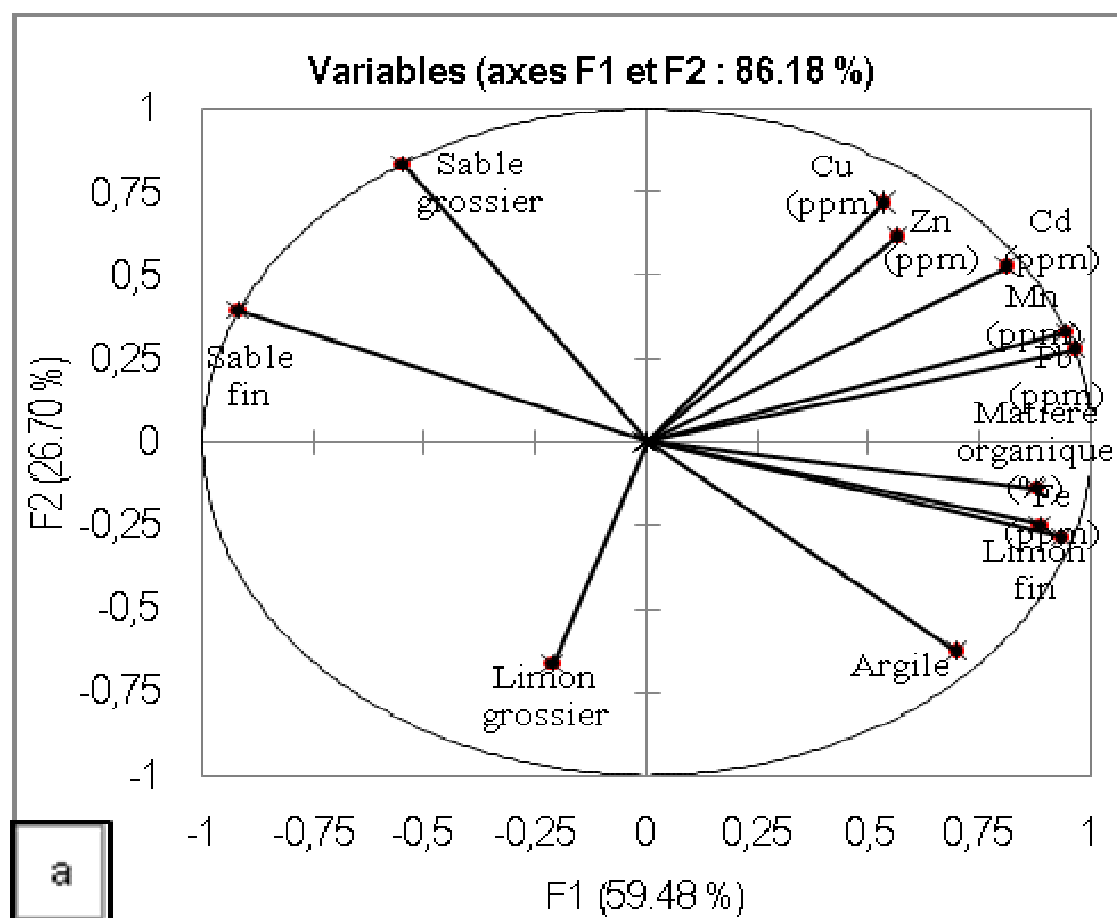


Figure 3a: Projection des concentrations en métaux lourds des sédiments de surface de la lagune de Fresco sur les axes F1 et F2.

Ces différents mouvements ne permettent pas un temps de séjour suffisant pour une sédimentation des particules fines aux stations 4 et 5. De plus, au cas où elles y parviennent, elles sont charriées par les courants continentaux et marins vers l'océan. Durant la petite saison de pluies qui coïncide avec la période de crue de moindre importance des rivières côtières, la pression des eaux continentales ne parvient pas à repousser les eaux océaniques. Les apports continentaux riches en particules fines et en matières organiques colonisent alors les stations 1, 2 et 3 de la lagune et toute la zone estuarienne. Il s'en suit un dépôt de particules fines et de matières organiques dans cette zone qui est une baie marquée par un faible hydrodynamisme.

Cette répartition des sédiments dans la lagune de Fresco semble être identique à celle observée au Maroc sur la lagune de Khnifiss et les baies de Tanger

et de Cadix où la dynamique sédimentaire est contrôlée par les courants engendrés par la houle, les vagues, les marées eau-vive/eau-morte, la morphologie de la lagune et de la côte ainsi que la position de l'embouchure des principales sources d'apports (Lakhdar *et al.*, 2004 ; Achab *et al.*, 2005).

Les métaux lourds ont une répartition hétérogène par station fonction de la granulométrie des sédiments (Friedman (0,05 ; 0,01), Figure 3 a et b). De façon générale, les plus fortes concentrations de métaux lourds sont enregistrées aux stations 1, 2 et 3. Cette hétérogénéité de leur répartition tire son origine dans la distribution des sédiments. En effet, les métaux lourds ont une affinité pour certains éléments constitutifs des sédiments fins tels les argiles et les matières organiques. Il s'en suit que les secteurs de la lagune qui en concentrent sont de facto les plus riches en métaux lourds.

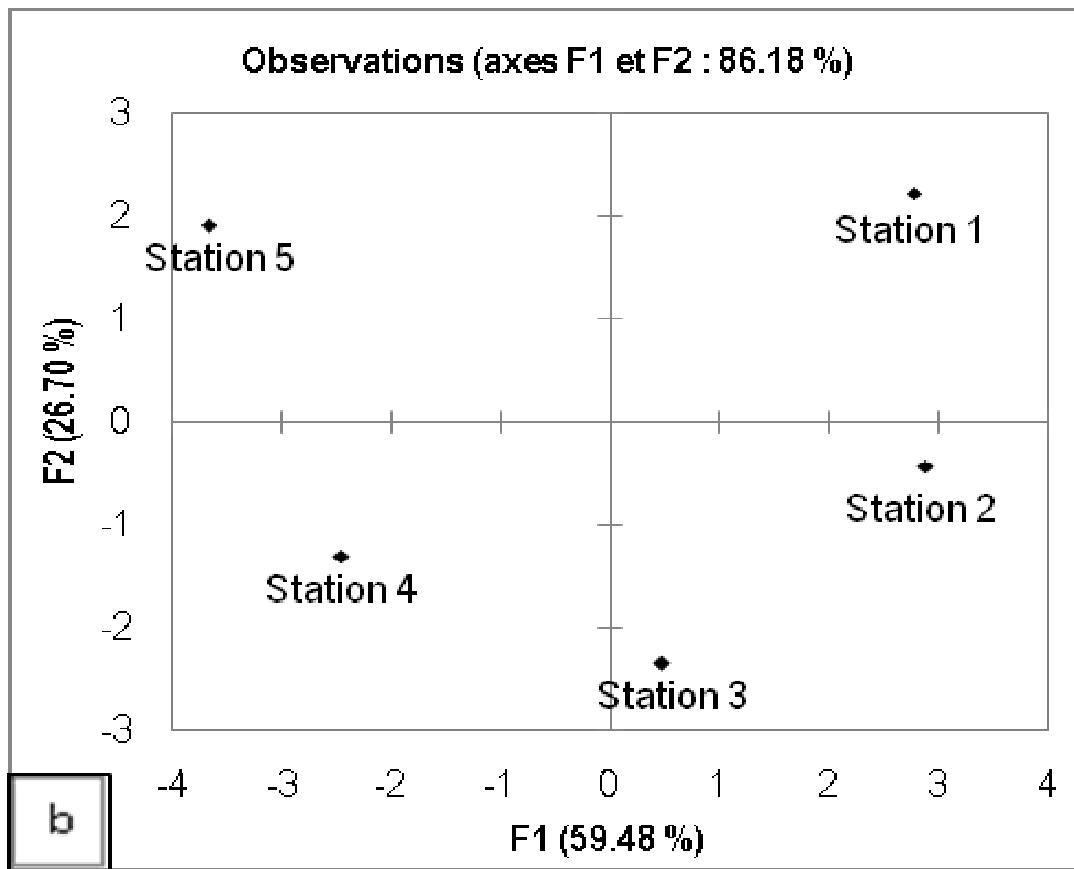


Figure 3b: Projection des stations d'échantillonnage de la lagune de Fresco sur les axes F1 et F2.

Ce résultat est identique à celui observé au Brésil sur les sédiments dans l'estuaire Ribeira Do Iguape où les métaux lourds ont une affinité pour les particules fines. C'est pour ces raisons que Cunha *et al.* (2007) ont affirmé que les facteurs chimiques, mécaniques, biologiques, anthropiques ou naturels qui favorisent leur accumulation dans un domaine lagunaire contrôlent les teneurs en métaux lourds de cette zone.

Les stations 4 et 5 sont caractérisées par les plus fortes amplitudes de variation des concentrations des métaux lourds. Cette situation s'explique par l'origine des sédiments. En effet, les sédiments rencontrés aux stations 4 et 5 sont majoritairement d'origine marine alors que ceux rencontrés aux stations 1, 2 et 3 sont en grande partie d'origine continentale.

Les concentrations en métaux lourds obtenus au niveau des sédiments de surface de la lagune de Fresco sont largement inférieures à celles mesurées dans les sédiments des lagunes Ebrié en 1985, Knysna en 1982, Lagos en 1991 respectivement en Côte

d'Ivoire, en Afrique du Sud et au Nigéria d'une part, et d'autre part à celles des lagunes de Oualidia au Maroc, Ariana en Tunisie, Thau en France, Venise en Italie et ailleurs dans le monde (Bloundi, 2005, Millet 1984). Elles sont également inférieures à celles de la lagune de référence non polluée rapportée par Marchand et Martin (1985) et l'étude du groupe d'experts des aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin en 1985 et 1988 (GESAMP, 1985 et 1988 in Davide et Heiner, 1994).

La lagune de Fresco abrite sur ses rives la ville de Fresco, une petite agglomération rurale de seulement 83 462 habitants (INS, RGPH 1998) et un tissu industriel inexistant. Les rejets domestiques de la ville de Fresco, qui ne dispose certes pas d'un réseau d'assainissement public, sont négligeables comparés à ceux de la ville d'Abidjan qui abrite une population estimée à plus de 2 877 948 habitants (INS, RGPH 1998) et un tissu industriel très diversifié. Ceci expliquerait la faible pollution des eaux de la lagune de

Fresco liée aux rejets domestiques. En plus, le bassin versant de la lagune de Fresco n'abrite pas d'activités minières susceptibles d'être des sources de production de métaux lourds. L'activité dominante qu'on y rencontre est surtout l'agriculture avec de grandes plantations industrielles d'hévéas, de palmiers à huile, de café, de cacao etc. En outre, la taille et la profondeur de la lagune de Fresco ne permettent pas un trafic maritime important. Seuls quelques pirogues munies de hors – bords naviguent sur le plan d'eau lagunaire de Fresco ; Le grand nombre des pirogues utilisées par les riverains utilisant des moyens humains de locomotion.

Tous ces facteurs mettent pour l'instant la lagune de Fresco à l'abri des sources importantes de pollution en métaux lourds. Cependant, la menace pourrait venir, outre des apports océaniques, du lessivage des pesticides des sols, au regard des activités agricoles menées au sein du bassin versant de la lagune de Fresco. En effet, Green-Ruiz *et al.* (2003) ont observé dans le système lagunaire costal Altata-Ensenada del Pabellon (Sud Est Golf de Californie) qu'il y a une relation directe entre l'enrichissement des sédiments en Cr, Cu, Mn et Pb et les concentrations des effluents drainées des zones d'agricultures intensives.

REFERENCES

- Achab M, Bouchta EM, Abdelkrim EA, Jose MGM, 2005. Répartition des faciès sédimentaires récents en milieu marin côtier : exemple des baies de Tanger (NW-Maroc) et de Cadix (SW-Espagne). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre n° 27: 00-00.
- Aka K, 1991. La sédimentation quaternaire sur la marge de Côte d'Ivoire: Essai de modélisation. Thèse de Doctorat, n° 146, Université de Cocody: 233p.
- Aubert G, Ollat C, Pinta M, 1954. Méthodes d'analyses utilisées actuellement aux laboratoires des sols de l'IDERT. 2ème Conférence Interafricaine des Sols. Léopoldville, 9-14 Août, Document n° 101: 1267-1276.
- Bloundi MK, 2005. Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental): Impacts des facteurs anthropiques. Thèse de Doctorat, Université Mohamed V- Agdal, Faculté des Sciences de Rabat, Rabat: 238p.
- Chantraine JM, 1980. La lagune Aby (Côte d'Ivoire) : Morphologie, Hydrologie, Paramètres physico-chimiques. Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan Vol. XI, n° 2: 39-77.
- Cunha DGF, Helena FC, Maria DCC, Adriana CPM, Roseli FB, 2007. Comparison between some trace and heavy metals concentration in sediments of a river and a natural wetland system in Ribeira do Igape basin, Sao Polo State, Brazil. Engenharia Ambiental - Espirito Santo do Pinhal, v. 4: 032-053.
- Davide C. and Heiner N, 1994. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain, Documents techniques du CPCA - CPCA/T25, 136p.
- Dufour P. and Lionel L, 1985. Le régime nutritif de la lagune tropicale Ebrié (Côte d'Ivoire). Océanogr. trop. 20 (1) : 41-69.
- Egnankou WM, 1985. Etude des mangroves de Côte d'Ivoire: Aspect écologique et recherches sur les possibilités de leur aménagement. Thèse de Doctorat de 3è Cycle, Université Paul - Sabatier Toulouse III, N° 3196: 176p.

CONCLUSION

Les sédiments de la lagune de Fresco proviennent essentiellement des apports continentaux (des vents, des eaux de ruissellements et des rivières Bolo et Niouniourou) et océaniques. On distingue les sédiments grossiers dans les stations à forts hydrodynamismes (station 4 et 5) et les sédiments fins dans la baie (station 1, 2 et 3). Les stations situées dans les zones à faibles hydrodynamismes sont caractérisées par des particules fines qui sont relativement plus riches en métaux lourds que les sédiments des stations proches de la passe.

Les concentrations en métaux lourds de la lagune de Fresco sont largement inférieures à celles mesurées dans la lagune Ebrié et dans d'autres lagunes en Afrique. Ces concentrations ne semblent pas indiquer une pollution de cet écosystème. Ces résultats confirment le caractère rural de la lagune de Fresco. Il en résulte que les différents paramètres chimiques mesurés tant dans les eaux que dans les sédiments de la lagune de Fresco pourraient servir de référence pour caractériser une lagune côtière tropicale non polluée.



- Egnankou WM, Sankaré Y, CONARAMS-CI, 2004. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR), Fresco (Côte d'Ivoire).
- Green-Ruiz C. and Paez-Osuna F, 2003, Heavy metal distribution in surface sediments from a subtropical coastal lagoon system associated with an agricultural basin. *Bull. Environ. Contam. 71*: 52-59.
- Konan KS, Kouassi AM, Adingra AA, Dongui BK, Gnakri D, 2008. Variations saisonnières des paramètres abiotiques des eaux d'une lagune tropicale : la lagune de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific research 21 N° 3*.
- Kouassi AM, 2005. Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales de Côte d'Ivoire (Ebrié, Grand Lahou). Thèse de Doctorat, Université de Cocody: 147p.
- Lakhdar IJ, Orbi A., Zidane F, Hilmi K, sarf F, Massik Z, Makoui A, 2004. Organisation et fonctionnement d'un écosystème côtier du Maroc : la lagune de Khnifiss. *Rev. des Sci. de l'Eau 17/4*: 447-462.
- Marchand M. and Jean-Louis M, 1985. Détermination de la pollution chimique (hydrocarbure, organochlorés, métaux) dans la lagune d'Abidjan (Côte d'Ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanogr. trop.*, 20 (1): 25-39.
- Métongo SB, 1985. Hydroclimate of a lagoon with strong continental influence: the Aby lagoon (Ivory Coast). *Doc. Sci. Cent. Rech. Oceanogr. Abidjan*, 16: 45-64.
- Millet B, 1984. Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : Le lac Togo, Thèse de Doctorat, Paris : Edition de l'ORSTOM: 230p.
- Etile NR, 2004. Etude de l'environnement hydroclimatique d'une lagune tropicale (lagune de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire). DEA, 48p.
- Nicole M, Egnankou WM, Schmidt M, 1987. Les zones humides côtières de Côte d'Ivoire : 73p.
- Ruiz F, Abad M, Galan E, Gonzalez I, Aguila I, Olias M, Gomez Ariza JL, Cantano M, 2006. The present environmental scenarion of El Melah Lagoon (NE Tunisia and its evolution to a future sabkha. *Journal of African Earth Sciences 44*: 289-302.
- Sankaré Y, Avit J-BLF, Egnankou WM, Saenger P, 1999. Etude floristique des mangroves des milieux margino-littoraux de Côte d'Ivoire. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.*, 67: 335-360.
- Tastet JP. and Guiral D, 1994. In Durand JR, Dufour P, Guiral D., Zabi SGF *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome 2: les milieux lagunaires. Edition de l'ORSTOM, Paris: 35-58.*
- US, Environmental Protection Agency, 1986. *Test Methods for Evaluating Solid Waste, SW - 846.*
- Varlet F, 1978. Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), *Travaux et documentations de l'O.R. S.T.O.M.*, n° 83: 231p.

