

Caractéristiques physico-chimiques d'une lagune côtière tropicale : lagune de Fresco (Côte d'Ivoire)

Yacoub ISSOLA^{1,2*}, Aka Marcel Kouassi², B. K. Dongui³ et BIEMI Jean¹

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

Résumé

Les variations saisonnières des paramètres physico-chimiques et hydrologiques de la lagune de Fresco ont été mesurées durant deux cycles annuels sur cinq stations. Il en résulte que la température, le pH, l'oxygène dissous et les sels nutritifs sont homogènement répartie sur le plan d'eau lagunaire. La distribution de la salinité et des MES y est hétérogène et permet de délimitée deux zones :

- une zone océanique qui se comporte comme une baie avec des eaux peu renouvelées et un faible hydrodynamisme. Elle représente plus des 2/3 de la superficie de la lagune de Fresco ;

- une zone continentale où l'influence des apports des rivières côtières Bolo et Niouniourou est très marqué.

Les conclusions de cette étude permettent de classer la lagune de Fresco dans le système lagunaire Ebrié.

Mots-clés : *Hydrologie, physico-chimie, sels nutritifs, variations saisonnières, lagune côtière, Fresco, système lagunaire Ebrié*

Abstract

Hydrochemical characteristics of a tropical coastal lagoon: lagoon of Fresco (Côte d'Ivoire)

Seasonal variations of physico-chemical and hydrological parameters of Fresco lagoon were measured during two annual cycles on five stations. It follows that the temperature, pH, dissolved oxygen and nutrients are homogeneously distributed on the lagoon waters. The distribution of salinity and suspended matters is heterogeneous and allows delimited two zones:

- An ocean area that behaves as a bay with low renewed shallow waters and hydrodynamics. It represents about 2/3 of the size of the lagoon of Fresco;
- An area where the continental influence of coastal rivers Bolo and Niouniourou is very marked. The findings of this study allow classifying the lagoon of Fresco in the Ebrié lagoon system.

Keywords : *Hydrology, physico-chemical, nutrients, seasonal variations, coastal lagoon, Fresco, Ebrié lagoon system*

1. Introduction

Les lagunes sont des écosystèmes situés entre le continent et la mer. L'hydrodynamisme et l'hydrochimie résultant de la confrontation de masses d'eau d'origine et de composition chimique différentes constituent un élément essentiel de l'écologie de la lagune, intervenant directement sur la composition spécifique, la structure et la répartition spatio-temporelle des communautés mais aussi sur la dynamique des diverses populations (migration, rythme de reproduction, croissance). Avec leurs mangroves, les lagunes constituent des habitats irremplaçables pour de nombreuses espèces de poissons, de crustacées, de mollusques et d'oiseaux migrateurs [1]. La plupart des lagunes, constituent ainsi, des importantes zones de pêches, très riches en biodiversités et en de complexes chaînes alimentaires, qui servent de nurserie pour de nombreux zoo et phytoplancton [2].

La connaissance du fonctionnement de ces écosystèmes productifs mais fragiles peut contribuer à diminuer les contraintes imposées à leurs ressources vivantes menacées [3]. En effet, de par leurs caractéristiques géomorphologiques naturelles, les lagunes sont des étendues d'eau souvent confinées, mal renouvelées et par conséquent naturellement vulnérables et dont l'équilibre peut être rapidement modifié sous l'influence de facteurs naturels ou anthropiques [1].

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 [4]. Dans la littérature, le terme "système lagunaire Ebrié" fait référence aux trois lagunes que sont la lagune Aby, la lagune Ebrié et la lagune Grand-Lahou [1, 5, 6].

La lagune de Fresco, située entre les longitudes 5°32' et 5°38' Ouest et les latitudes 5°40' et 5°70' Nord 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 4m. Elle couvre une superficie variant de 17 km² pendant la saison sèche à 29 km² à la pointe de la saison de pluies et de la fermeture de la passe [4, 7]. Cette lagune semble oubliée par nombres de scientifiques et les décideurs politiques. Elle n'est pas incluse dans le système lagunaire Ebrié et n'a pas fait l'objet de publication ou étude approfondie de son hydrologie, de son hydrochimie, de son régime hydrodynamique etc. Les études réalisées sur cette lagune portent essentiellement sur la biodiversité de la zone humide qu'elle constitue [4, 8, 9]. Est-ce à cause de sa petitesse ou d'une caractéristique qui lui est particulière? Pourtant, elle semble présenter les mêmes caractéristiques que les autres lagunes de Côte d'Ivoire. L'écosystème de Fresco, à l'instar des autres lagunes ouest africains, a besoin d'être scientifiquement connue.

C'est ainsi que des études hydroclimatique, hydrochimique et hydrologique etc. ont été menées afin de permettre une gestion rationnelle, prévenir et éviter des catastrophes écologiques ; en somme, contribuer à une protection efficace et durable de cet écosystème indispensable au déroulement des cycles biologiques de nombreuses espèces végétales et animales.

2. Matériel et méthodes

2-1. Campagnes de mesures et échantillonnages

Vingt-trois (23) campagnes de mesure et d'échantillonnage ont été réalisées en cinq (5) stations (1, 2, 3, 4 et 5) (**Tableau 1 et Figure 1**) réparties sur le plan d'eau de la lagune de Fresco avec une périodicité mensuelle, généralement dans la deuxième quinzaine du mois en cours.

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

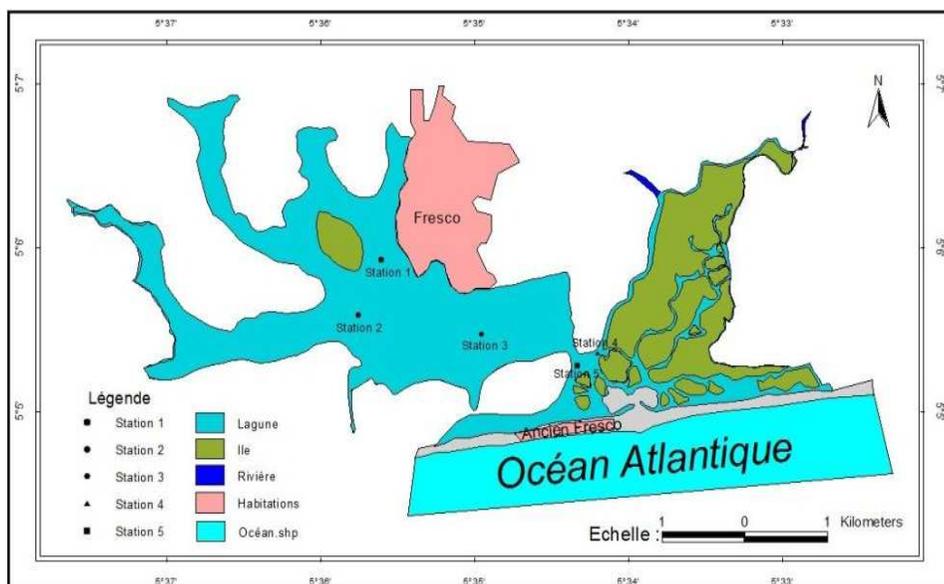


Figure 1 : Carte de localisation des stations d'échantillonnage sur la lagune de Fresco

2-2. Analyses physico-chimiques

Au niveau de chacune des stations et à chaque campagne, des paramètres physiques (température, salinité, conductivité et turbidité) ont été mesurés in situ à l'aide du conductivimètre 315i/SET. Les lectures du pH et de l'oxygène dissous ont respectivement été réalisées avec le pH-mètre HI98/150 de marque HANNA et de l'Oxymètre YSI, Modèle 57. La mesure de la transparence a été réalisée par disparition puis réapparition de la surface blanche du disque de Secchi.

Les échantillons d'eau destinés à l'analyse des paramètres chimiques sont prélevés à 20 cm sous la surface et conservés dans des glacières à basse température (4°C) à l'obscurité, puis analysés dans un délai inférieur à deux heures. Toutes les mesures et les prélèvements à effectuer à une station sont entièrement réalisés avant de passer à la station suivante.

Les analyses des paramètres chimiques sont réalisées en suivant les procédures décrites par Strickland et Parsons [10].

2-3. Données pluviométriques et hydrologiques

Les données pluviométriques de la ville de Fresco ont été acquises auprès de la SODEXAM. 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.

3. Résultats

3-1. Les paramètres physiques

3-1-1. La température

La température moyenne annuelle des eaux de surface de la lagune de Fresco de 28,47 °C varie de 27,90 °C à 28,96 °C. Les températures les plus basses sont observées aux stations 4 et 5 avec des moyennes annuelles de 27,90 °C et 27,95 °C (**Figure 2**).

Les coefficients de dispersion ($7\% \leq CD \leq 9\%$) des températures des eaux de surface de la lagune de Fresco sont assez faibles. La température des eaux de surface de la lagune de Fresco est homogènement répartie (Friedman (0,05 ; 0,09)).

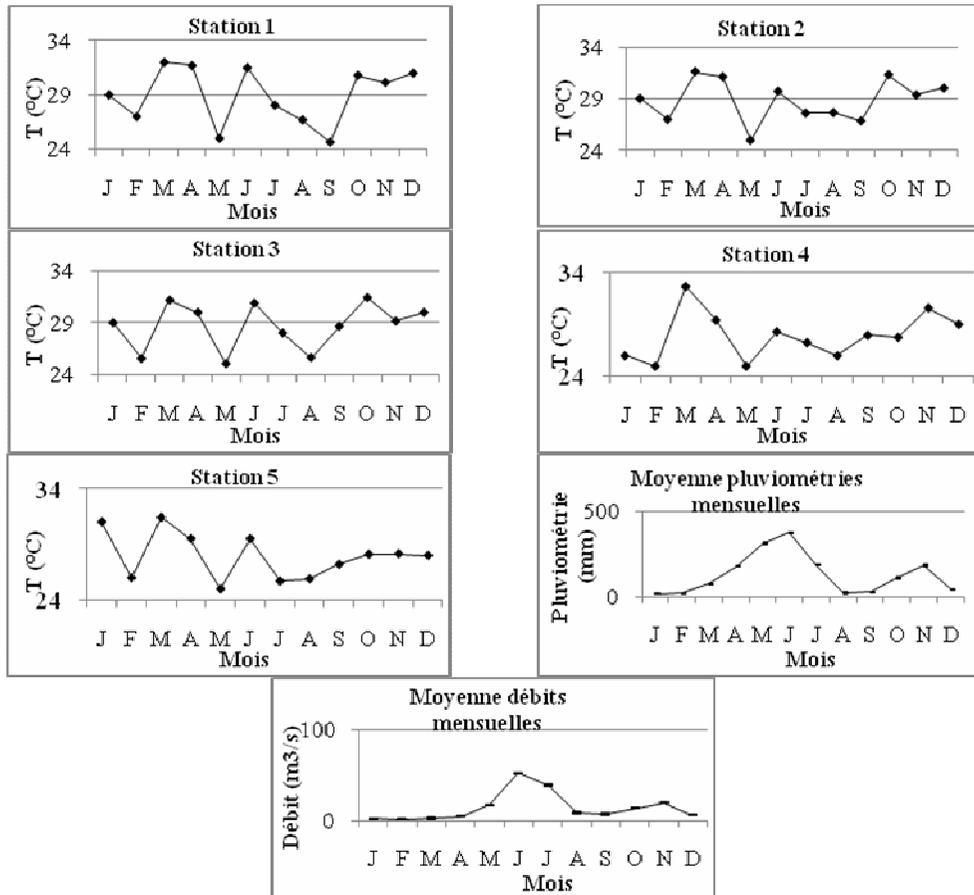


Figure 2 : Variation moyenne mensuelle de la température des eaux de surface de la lagune de Fresco

3-1-2. La salinité

La salinité moyenne annuelle des eaux de surface de la lagune de Fresco est de l'ordre de 15,69 mg/l avec des valeurs moyennes minimale et maximale respectivement de 12,48 mg/l et 18,05 mg/l. Les salinités

les plus basses sont observées aux stations 4 et 5 avec des moyennes annuelles de 12,48 mg/l et 14,09 mg/l.

Les amplitudes de variations moyennes annuelles de la salinité ($19\% \leq CD \leq 54\%$) sont assez élevées. L'application du test de comparaison multiple en tenant compte du résultat du test de Friedman (0,05 ; 0,0004) permet de regrouper les cinq stations en deux groupes (**Tableau 2**) :

- groupe 1 constituée des stations 1, 2 et 3 ;
- groupe 2 composée des stations 4 et 5

Tableau 2 : *Minimum, maximum, moyenne, écart-type (s) et coefficient de dispersion (CD) des moyenne annuelles de la salinité (mg/L) des groupes 1 et 2 de stations de la lagune de Fresco*

	Groupe 1	Groupe 2
Minimum	8,47	2,33
Maximum	20,83	20,00
Moyenne	17,30	12,90
Ecart-type (s)	3,47	6,17
CD %	20%	48%

L'évolution de la salinité se présente comme suit (**Figure 3**) :

- groupe 1 : la salinité est plus marquée pendant les saisons sèches et la grande saison de pluies. Elle y est plus faible pendant la petite saison de pluies.
- groupe 2 : la salinité est élevée pendant la saison sèche et la petite saison de pluies. Les valeurs les plus faibles sont observées durant la grande saison de pluies

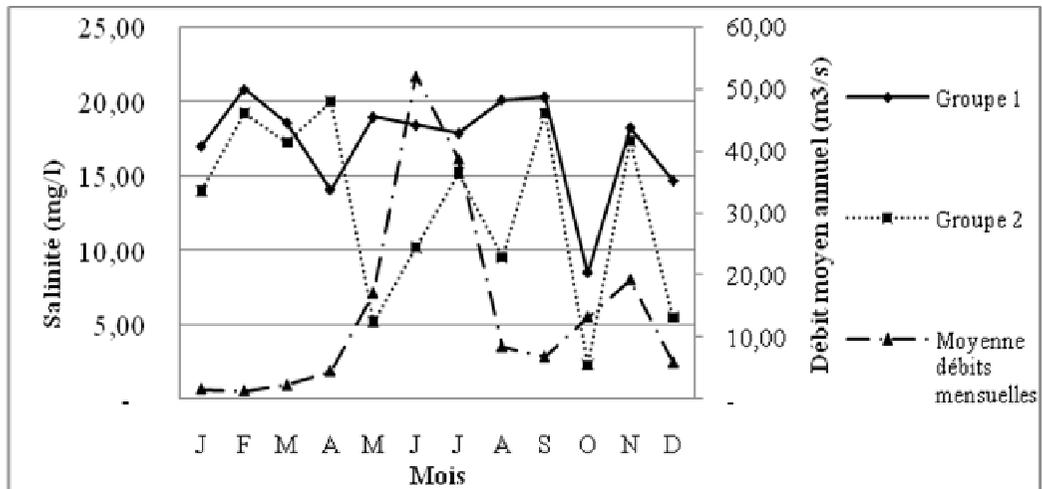


Figure 3 : Moyennes mensuelles de la salinité des eaux de surface de la lagune de Fresco et du débit moyen mensuel du Niouniourou

3-1-3. Le pH

Le pH moyen annuel des eaux de surface de la lagune de Fresco est de 7,52 avec des moyennes minimales et maximales respectivement de 7,42 et 7,60. La variation du coefficient de dispersion ($9\% \leq CD \leq 14\%$) du pH des eaux de surface de la lagune de Fresco est assez faible. La répartition du pH sur le plan d'eau de la lagune de Fresco est homogène (Friedman (0,05 ; 0,47)). Les valeurs les plus basses pour les cinq stations sont obtenues au mois de juillet pendant la grande saison de pluies. Cependant, la station 1 enregistre les plus fortes amplitudes de variation durant le cycle annuel. De façon générale, les cinq stations étudiées présentent des courbes de variations de pH moyen mensuel de même forme mais d'amplitudes différentes (**Figure 4**).

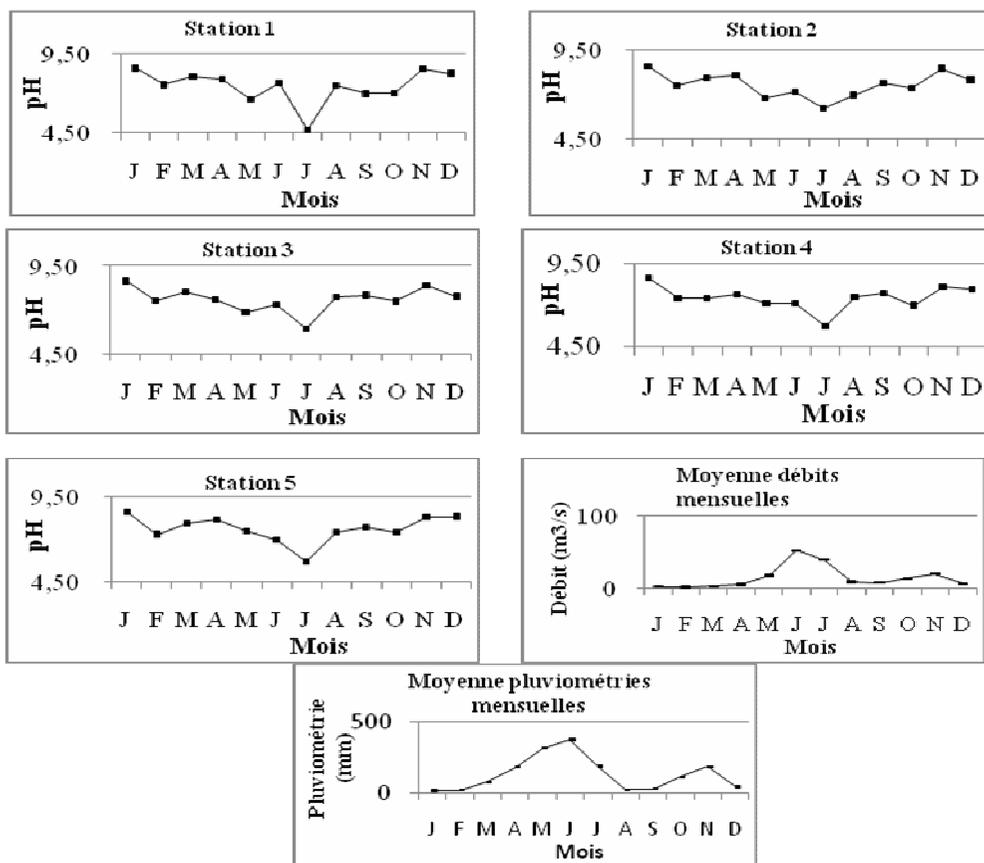


Figure 4 : Variation moyenne mensuelle du pH des eaux de surface de la lagune de Fresco

3-1-4. L'oxygène dissous

La concentration moyenne annuelle de l'oxygène dissous des eaux de surface de la lagune de Fresco de 5,16 mg/l varie de 4,66 mg/l à 5,50 mg/l. La répartition de la concentration en oxygène dissous est homogène (Friedman (0,05 ; 0,72)). On note cependant que les concentrations les plus faibles sont obtenues (**Figure 5**) :

- à la station 1 pendant la grande sèche ;
- à la station 4 pendant la grande saison de pluies, et
- aux cinq stations durant la petite saison de pluies.

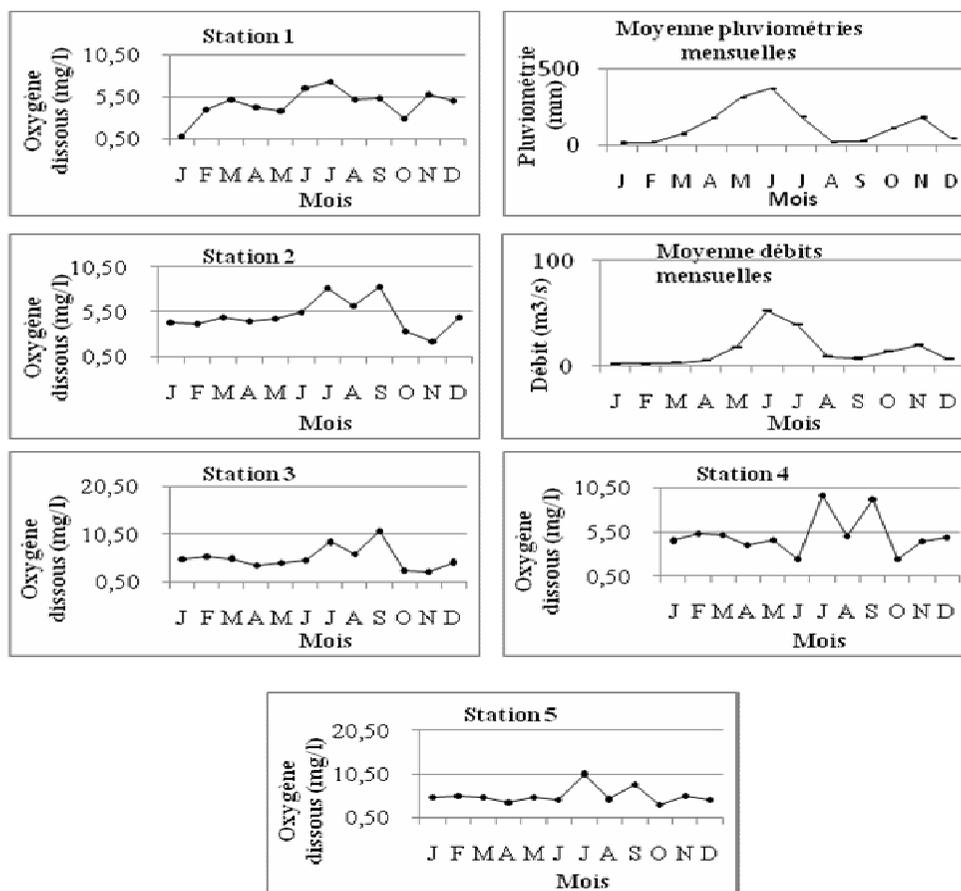


Figure 5 : Variation moyenne mensuelle de l'oxygène dissous des eaux de surface de la lagune de Fresco

3-1-5. Matières En Suspension (MES)

La concentration moyenne annuelle des matières en suspension des eaux de surface de la lagune de Fresco est de 34,48 mg/l avec des valeurs moyennes minimale et maximale respectivement de 25,06 mg/l et 47,69 mg/l.

Les amplitudes de variation ($33\% \leq CD \leq 65\%$) des moyennes en MES sont assez élevées. La distribution des MES sur l'ensemble du plan d'eau de la lagune de Fresco est hétérogène (Friedman (0,05 ; 0,02)). L'application du test

de comparaison multiple permet de procéder au regroupement des cinq stations en deux groupes :

- groupe 1 constituée des stations 1, 2 ;
- groupe 2 composée des stations 3, 4 et 5.

Tableau 3 : *Minimum, maximum, moyenne, écart-type (s) et coefficient de dispersion (CD) des moyenne mensuelles des MES des groupes 1 et 2 des stations de la lagune de Fresco*

Mois	Groupe 1	Groupe 2
Minimum	24,08	8,63
Maximum	64,40	44,51
Moyenne	43,71	28,33
Ecart-type (s)	15,79	11,13
CD%	36%	39%

La concentration moyenne en MES des eaux de surface du groupe 1 est supérieure à celle du groupe 2 à l'exception des mois d'avril et mai pendant la grande saison de pluies. Les plus fortes concentrations en MES sont enregistrées (**Figure 6**) pour le :

- groupe 1, de janvier à mars pendant la grande saison sèche et au début de la grande saison de pluies. De même, de fortes concentrations sont relevées à partir du mois de juillet, période de décrue des rivières Bolo et Niouniourou alors que la petite saison de pluies enregistre une forte baisse au mois de Octobre ;
- groupe 2, pendant les grandes et petites saisons de pluies. On note cependant une baisse de concentration à partir du mois de mars juste avant la crue des rivières Bolo et Niouniourou.

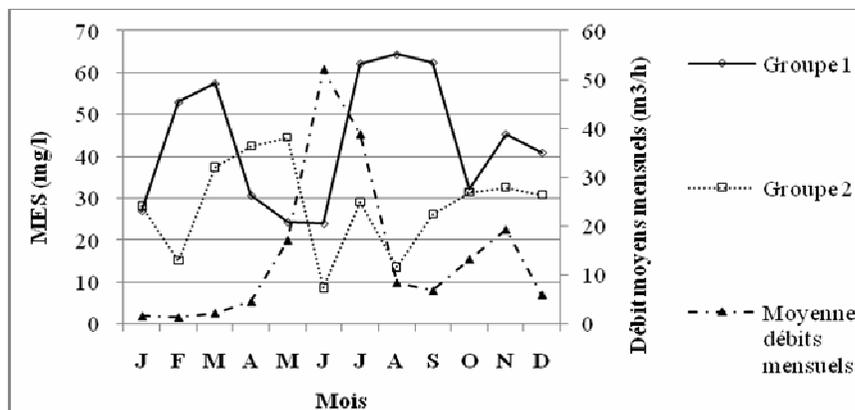


Figure 6 : Evolution des concentrations moyennes mensuelles des MES des eaux de surface de la lagune de Fresco en fonction des apports d'eaux du Niouniourou

3-2. Les composés azotés

3-2-1. Azote ammoniacal NH_4^+

La concentration moyenne annuelle de l'azote ammoniacal des eaux de surface de la lagune de Fresco de 0,06 mg/l varie de 0,04 mg/l à 0,12 mg/l. Cependant, le coefficient de dispersion moyen annuel compris entre 89% et 141% est élevé. La distribution de l'azote ammoniacal est homogène (Friedman (0,05 ; 0,31)) dans les eaux de surface de la lagune de Fresco. Sur les courbes de variation mensuelle des cinq stations (**Figure 7**), trois pics peuvent être observés :

- au mois de Mai au début de la crue des rivières Bolo et Niouniourou ;
- au mois de Juillet durant la grande saison de pluies et la petite saison sèche ;
- de septembre à octobre pendant la petite saison de pluies.

3-2-2. Azote nitreux NO_2^-

La concentration moyenne annuelle de l'azote nitreux dans les eaux de surface de la lagune de Fresco est de 0,31 μ moles/l avec des valeurs

moyennes minimale et maximale respectivement de 0,22 $\mu\text{moles/l}$ et 0,39 $\mu\text{moles/l}$. On note cependant une forte dispersion des concentrations comprises entre 53 % et 89 %.

Les concentrations en azote nitreux dans les eaux de surface de la lagune de Fresco sont homogènement réparties (Friedman (0,05 ; 0,04)). Quatre points remarquables peuvent être observés sur les courbes de variation de la teneur en azote nitreux des cinq stations (**Figure 8**) :

- un pic au mois de Mars en début de grande saison de pluies ;
- un minimum au mois de Mai en début de crue des rivières Bolo et Niouniourou ;
- un pic au mois de Juin qui correspond à la fois à la grande saison de pluies et à la crue des rivières Bolo et Niouniourou ;
- un pic au mois de Novembre qui correspond à la fois à la petite crue des rivières Bolo et Niouniourou et à la petite saison de pluies.

3-2-3. Azote nitrique NO_3^-

La concentration moyenne annuelle de l'azote nitrique des eaux de surface de la lagune de Fresco est de 21,31 mg/l avec une valeur moyenne minimale de 6,12 mg/l et une moyenne maximale de 36,40 mg/l.

3-2-4. Le phosphore PO_4^{2-}

La moyenne annuelle des concentrations du phosphore dans les eaux de surface de la lagune de Fresco est de 0,85 $\mu\text{moles/l}$ avec une valeur moyenne minimale et maximale respectivement de 0,70 $\mu\text{moles/l}$ et de 0,94 $\mu\text{moles/l}$.

Le coefficient de dispersion oscille entre 67% et 114%. Le test de Friedman (0,05 ; 0,65) indique une homogénéité de la répartition des concentrations en phosphore.

Les courbes de variations de la teneur en phosphore des cinq stations étudiées sont présentées à la **Figure 9**. Quatre points caractéristiques peuvent être observés :

- un pic au mois de Mars en début de grande saison de pluies ;
- un minimum au mois de Mai en début de crue des rivières Bolo et Niouniourou aux stations 4 et 5 contre un pic aux stations 1, 2 et 3 ;
- un pic au mois de Juin qui correspond à la fois à la grande saison de pluies et à la crue des rivières Bolo et Niouniourou ;
- un pic au mois de Novembre qui correspond à la fois à la petite crue des rivières Bolo et Niouniourou et à la petite saison de pluies.

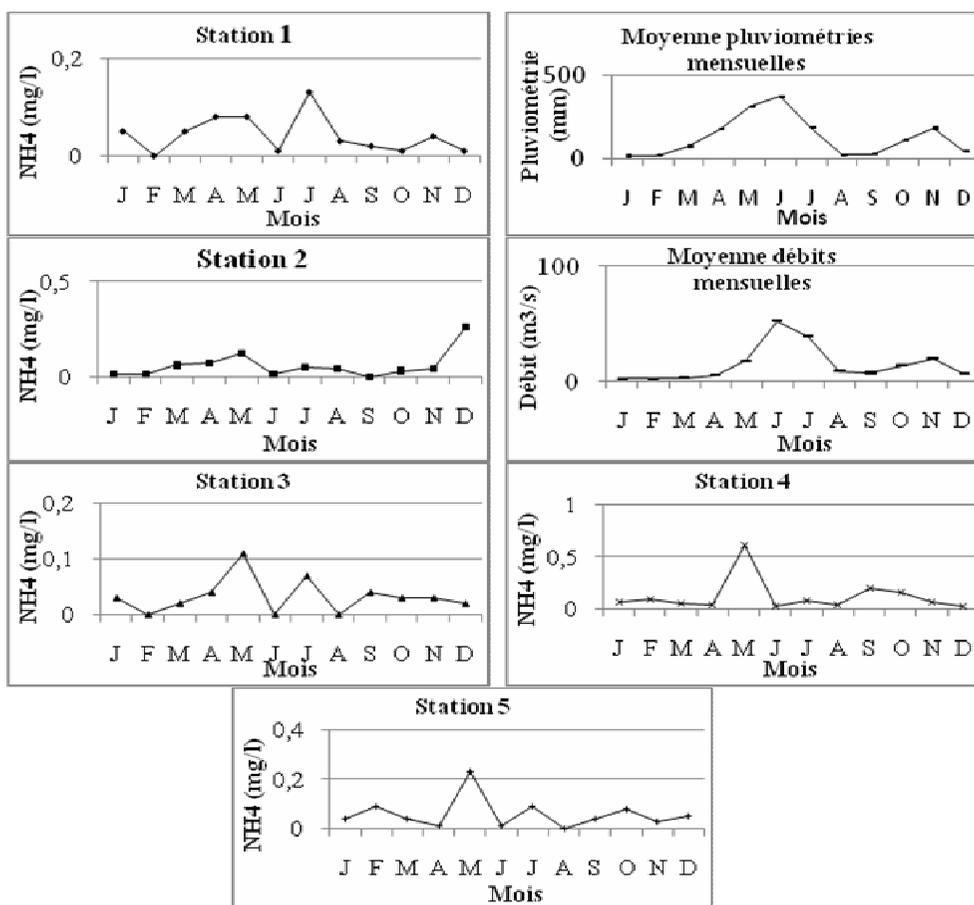


Figure 7 : Variation moyenne mensuelle des concentrations de l'azote ammoniacal des eaux de surface de la lagune de Fresco

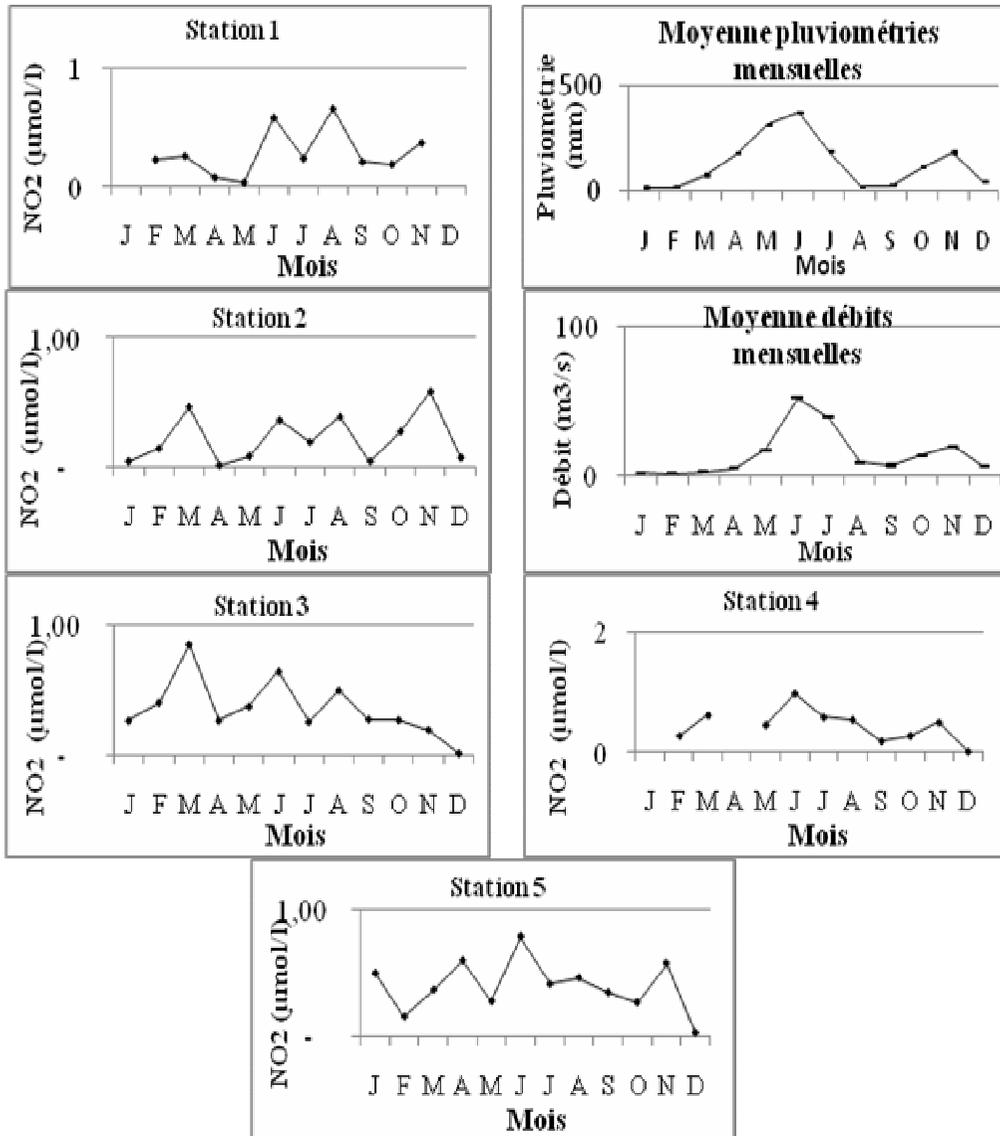


Figure 8 : Variation moyenne mensuelle des concentrations de l'azote nitreux des eaux de surface de la lagune de Fresco

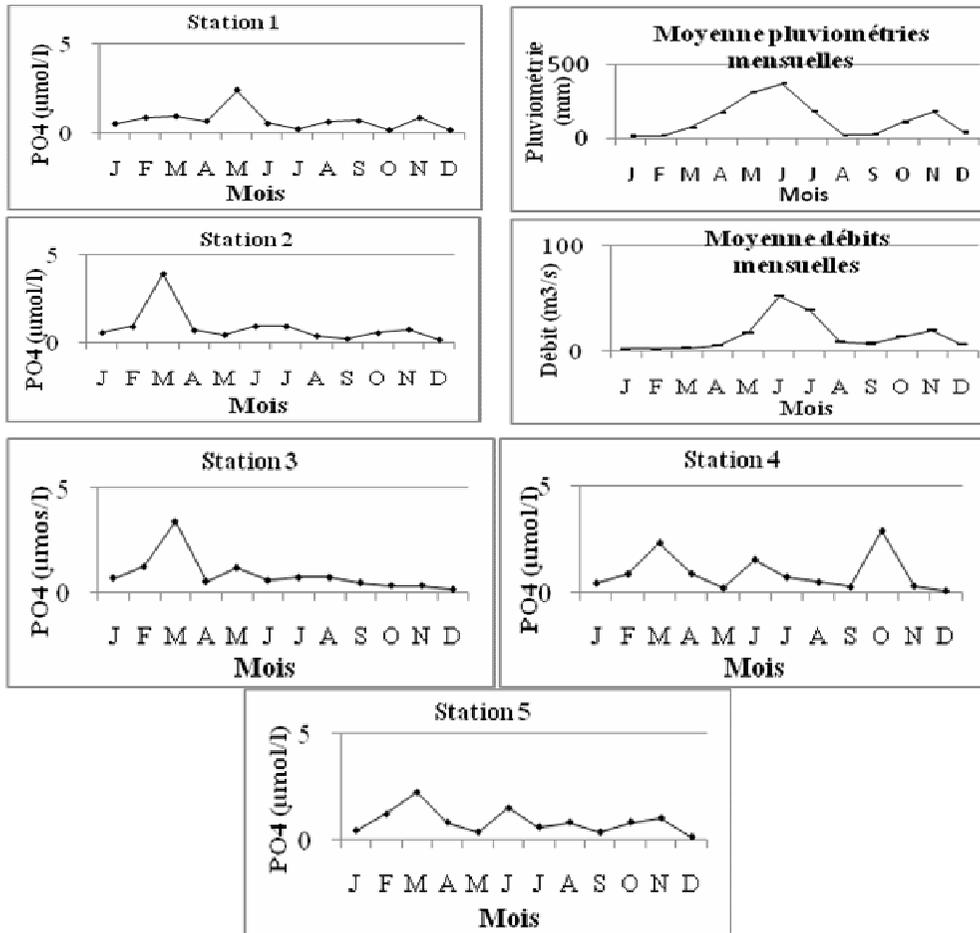


Figure 9: Variation moyenne mensuelle des concentrations du phosphore des eaux de surface de la lagune de Fresco

4. Discussion

4-1. Les paramètres physiques

Les variations moyennes annuelles de la température des eaux de la lagune de Fresco ne sont pas assez importantes (moyenne annuelle = 28,47 °C ; CD < 9%, Friedman (0,05 ; 0,09)). Cette stabilité thermique a été observée ailleurs en zone tropicale [1, 3, 11].

Les eaux des stations 4 et 5 sont relativement plus froides que celles des stations 1, 2 et 3. En effet, les eaux en provenance de l'océan, généralement plus froides colonisent d'abord les stations 4 et 5 avant de diffuser vers les stations 1, 2 et 3 créant ainsi un gradient horizontal de variation de la température des stations 4 et 5 vers les stations 1, 2 et 3. Cette observation coïncide avec celle observée par Varlet [12], Pagès et al. [13] et Dufour [14] qui expliquent que les variations spatiales de la température des eaux ont pour origines les milieux frontières. En effet, la profondeur moyenne de la lagune, de l'ordre de 0,5 à 4 m, le brassage des eaux dû aux vents, aux activités de pêche, de navigation sur le plan d'eau lagunaire et les actions des marées d'une part, le balancement saisonnier des crues et des étiages mais également les ruissellements et de précipitation directe sur le plan d'eau d'autre part, créent un fort hydrodynamisme qui favorise le mélange entre les couches d'eaux de surface et sous-jacentes créant ainsi une homogénéisation de la température sur toute la colonne des eaux lagunaires. De plus, les rayons solaires ont la capacité de traverser cette faible épaisseur d'eau pour la réchauffer de façon homogène [1, 11, 15, 16].

Contrairement à la température, la répartition de la salinité ($19\% \leq CD \leq 54\%$; Friedman (0,05 ; 0,0004) des eaux de surface de la lagune de Fresco est hétérogène avec des fluctuations liées aux saisons. La salinité moyenne annuelle y est plus basse que celle de la lagune Nokoué au Bénin (18,50 mg/l) [4] et voisines de celles relevées par Kouassi [1] autour de la ville d'Abidjan (15 mg/l) et dans la lagune de Grand Lahou en saison de crue (13,5 mg/l).

Les eaux de l'écosystème de Fresco délimitent deux entités écologiques dépendant des milieux frontières :

- La zone 1 représentée par les stations du groupe 1 (Stations 1, 2 et 3) est beaucoup marquée par l'influence océanique ;
- La zone 2 avec les stations du groupe 2 que sont les stations 4 et 5 est plus proche de la passe (Station 5) et de l'exutoire des rivières côtières Bolo et Niouniourou (Station 4).

Pendant la période d'étiage des rivières côtières Bolo et Niouniourou, les eaux océaniques colonisent entièrement l'écosystème lagunaire. On assiste alors à une forte salinité des eaux des zones 1 et 2 comme décrit par Chagas et al. [17] dans la lagune d'Açu au Brésil. Cependant, compte tenu de la faible profondeur de la lagune de Fresco, il n'est pas observé de gradient vertical de salinité comme signalé par Dufour et Slepoukha [18] et Varlet [12] en lagune Ebrié.

Pendant la période de crue des rivières côtières Bolo et Niouniourou, on devrait s'attendre à une dessalure totale de la lagune. Cependant, ce fort débit est systématiquement drainé vers l'Océan Atlantique qui exerce une force de succion très importante. On assiste alors à une capture des apports continentaux des rivières côtières, Bolo et Niouniourou directement par l'Océan Atlantique : c'est l'effet embouchure. C'est la raison pour laquelle la zone 1 connaît une influence minimale des apports continentaux (**Figure 3**). Les eaux de la zone 1 vont donc se comporter comme celles d'une baie à faibles taux de renouvellements et hydrodynamismes.

La zone 1 de la lagune représente plus des 2/3 de la superficie de la lagune. Ceux qui disent que la lagune de Fresco est un lac s'y sont donc limités.

En revanche en fonction de la dynamique de la passe, les apports continentaux peuvent coloniser toute la lagune avant de se jeter dans l'Océan Atlantique. Dans ces conditions, la lagune se comporte comme tous les écosystèmes lagunaires tropicaux avec dessalure en saison de crue des rivières et fleuves et une forte salinité pendant les périodes d'étiage.

Cependant, une fermeture complète de la passe transformerait la lagune de Fresco en un lac d'eau douce. Dans ces conditions, les mangroves qui ont besoin d'un écosystème saumâtre pour se développer pourraient mourir. C'est ce qui expliquerait les mortalités naturelles de mangroves constatées par Nicole et al. [9]. C'est donc à juste titre que les populations riveraines procèdent à la réouverture de la passe chaque fois qu'elle est colmatée par la dérive littorale et le processus de sédimentation pour permettre les échanges avec la mer, échanges vitaux

pour le maintien des équilibres écologiques. Dans les conditions actuelles où la passe est entretenue par les populations riveraines, tout le long de l'année, la salinité des eaux de surface de la lagune de Fresco est élevée car les influences des apports d'eau douce par les rivières côtières, les ruissellements diffus et les précipitations directes sur le plan d'eau lagunaire sont inférieures aux apports océaniques.

Contrairement aux lagunes de Grand Lahou [1, 11] et Ebrié [1, 14], l'écosystème de Fresco ne subit pas l'influence des apports continentaux des grands fleuves soudano-guinéen de Côte d'Ivoire (Comoé, Bandama, Sassandra et Cavally).

Le pH moyen annuel de 7,52 des eaux de surface de la lagune de Fresco montre que ces eaux sont basiques sur une grande période de l'année. Ces valeurs sont du même ordre que celles observées dans les eaux de surface des lagunes de Iquipari (7,9), Imboassica (8,2) et Açú (7,8) dans des lagunes du nord de Rio de Janeiro au Brésil respectivement en 1984, 1997 et 2000 [17].

Les plus faibles valeurs de pH observées pendant le mois de juillet en grande saison de pluies traduisent les effets directs des eaux acides de pluies et continentales à travers les crues des rivières côtières Bolo et Niouniourou. La petite saison de pluies, marquée par une faible pluviométrie et une deuxième crue moyen prononcée des rivières Bolo et Niouniourou, n'est pas assez forte pour entraîner une baisse significative du pH des eaux lagunaires qui reste ainsi basique durant cette période.

En effet, comme l'a montré Kouassi [1] les variations spatiales et temporelles de la salinité, dépendant de l'importance relative des apports continentaux et océaniques, conditionnent également la variation saisonnière du pH des eaux. Ainsi, aux périodes de salinité élevée, correspondent des eaux plutôt basiques et aux séquences de fortes influences continentales des eaux faiblement acides. Ceci montre que l'influence océanique sur la lagune de Fresco est prépondérante à l'influence continentale pendant la majeure partie de l'année.

La concentration des eaux en oxygène dissous est le résultat de multiples phénomènes qui peuvent être classés en deux grandes rubriques [19] :

- échanges aux frontières que sont l'atmosphère, le continent, les rivières côtières et l'homme d'une part, et
- les phénomènes de consommation et production in situ par les organismes benthiques, de décomposition de la matière organique et de la présence en suspension d'éléments consommateurs d'oxygène d'autre part. Les détritiques peuvent provenir soit des organismes du milieu après leur mort, soit d'apports externes : rivières, égouts, berges, sédiments etc.

La faiblesse relative de la saturation en oxygène dissous de janvier à juin pourrait s'expliquer par les apports des eaux des rivières Bolo et Niouniourou, qui sont nettement sous-saturés en oxygène [19]. En effet, leur grande turbidité ainsi que d'autres facteurs tels que : pH bas, forte épaisseur de la couche de mélange, ne permettent pas à la photosynthèse de compenser les pertes dues à l'oxydation des matières organiques détritiques qu'elles charrient. Ainsi, les apports en oxygène dissous météoritique liés à la grande saison de pluies sont à la base de la remontée des concentrations à partir du mois de juillet (**Figure 5**) [19]. Les baisses de concentrations en oxygène dissous constatées durant la période de juillet à septembre sont liées à l'upwelling côtier. D'après les travaux de Dufour et al. [19], les eaux de mer profondes à faible teneur en oxygène remontent à la surface et peuvent, selon la force de l'upwelling pénétrer en lagune. Il s'en suit donc une intrusion des eaux océaniques pauvre en oxygène dissous.

En somme, sur la lagune de Fresco, les facteurs qui enrichissent le milieu en oxygène dissous l'emportent sur ceux qui les réduisent. C'est ce qui justifie que la concentration en oxygène dissous des eaux de surface de la lagune de Fresco soit élevée toute l'année.

Les concentrations moyennes annuelles en MES des eaux de surface de la lagune de Fresco sont plus élevées que celles observées dans les lagunes Nokoué au Bénin et Ebrié en Côte d'Ivoire avec des concentrations respectives de 18,50 mg/l et 7,00 mg/l selon Villanueva, 2004.

Les fortes concentrations observées au niveau de la lagune de Fresco pourraient s'expliquer comme suit pour chacun des deux groupes :

- Groupe 1 : Les stations 1 et 2 sont situées dans une baie qui est peu sous l'influence des apports continentaux des rivières Bolo et Niouniourou. Les fortes concentrations en MES observées pendant la grande saison sèche et le début de la saison de pluies pourraient être attribuées à une forte production primaire de phytoplancton et de zooplancton ou à la remise en suspension des sédiments par le brassage des vents ou encore les différentes activités anthropiques menées sur le plan d'eau lagunaire (pêche, baignade, navigation etc.) [19].
- Groupe 2 : Les fortes concentrations en MES observées pendant les grandes et petites saisons de pluies sont liées aux apports terrigènes des rivières Bolo et Niouniourou des MES minérales avec des eaux troubles alors que les fortes concentrations observées durant les grandes et petites saisons sèches pourraient être attribuées à la forte production primaire de la lagune. Ce fonctionnement est semblable à celui décrit sur la lagune de Grand Lahou par Konan et al. [11].

4-2. Les paramètres chimiques

Vu que les eaux continentales des crues des rivières côtières sont très riches en sels nutritifs et que leur influence sur la zone 1 de la lagune est limitée, on devrait s'attendre à ce que ce soit la zone 2 de la lagune qui concentre le maximum de composés azotés pendant la grande saison de pluies qui correspond également à la saison des crues.

D'une manière générale, les teneurs en NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ observées au niveau des cinq stations sont homogènement réparties. On en déduit que l'accroissement des concentrations sur le plan d'eau lagunaire de Fresco pendant les grandes et petites saisons de pluies est lié principalement aux apports des eaux de pluies [20].

Les faibles teneurs en nitrite sont dues au fait que les valeurs du pH et de l'oxygène dissous des eaux étudiées favorisent la réaction de nitrification dont l'optimum est atteint pour des valeurs de pH comprises entre 7 et 8 et des teneurs en oxygène dissous oscillant entre 5 et 10 mg/l [21].

Les nitrates sont les formes les plus stables de l'azote inorganique dissous. Leurs concentrations dans les eaux de ruissellement du bassin versant de la lagune de Fresco sont largement plus élevées que celles des nitrites. Les fortes teneurs enregistrées dans les eaux étudiées, seraient liées au drainage des terrains agricoles du bassin versant et à la remise en suspension du nitrate des sédiments [21]. En effet, la pollution par les nitrates est un problème complexe. Outre d'être des nutriments pour les plantes, les nitrates sont également consommés par les microorganismes (bactéries et champignons) présents dans la terre. Ils participent ainsi à la synthèse des matières organiques du sol qui stockent en leur sein l'azote contenu dans les nitrates qui n'ont pas été consommés dans l'année par les plantes, et ce jusqu'à leur mort. Leur décomposition par les bactéries libère alors l'azote qu'elles contiennent sous la forme de nitrates. Mais cette libération peut se produire à tout moment de l'année, notamment lorsque les plantes sont au repos et s'alimentent peu. Dans ce cas, ne pouvant être consommés par ces dernières, les nitrates libérés sont lessivés par les eaux de ruissellement et d'infiltration.

Les nitrates emportés par les eaux d'infiltration au cours d'une année ne proviennent donc que pour une faible part des engrais apportés cette même année. L'essentiel provient de la production de nitrates par la matière organique morte des sols, c'est-à-dire des nitrates épandus les années précédentes et stockés. A ceci s'ajoute parfois la lenteur de la progression de l'eau d'infiltration dans les sols. Chaque épandage contribue donc peu chaque année à la contamination des eaux, mais il y contribue durant de nombreuses années. D'année en année, ces contributions " retardées " s'additionnent les unes aux autres et les quantités de nitrates lessivés atteignant les nappes augmentent. C'est ainsi que la pollution actuelle des nappes souterraines provient de 20 à 30 années d'épandage d'engrais. Même si l'on arrêta aujourd'hui de

fertiliser les sols, il faudrait attendre plusieurs décennies avant de retrouver une situation normale.

Le phosphore et ses dérivés sont indispensables aux animaux comme aux plantes. Il est l'un des éléments nécessaire à la formation du squelette. Les poissons couvrent leurs besoins en phosphore par la nourriture, les plantes se contentent de celui qui est présent dans l'eau.

La concentration du phosphore dans les eaux de surface de la lagune de Fresco qui varie de 0,07 à 0,09 mg/l est comprise dans les limites des concentrations normales situées entre 0,005 et 0,1 mg/l. Elle est également inférieure à la norme européenne de toxicité fixée à 6,1 mg/l.

Des concentrations élevées en phosphates ne sont pas toxiques. Cependant en bassin on ne devrait pas dépasser 0,5 mg/l avant d'éviter la prolifération des algues.

5. Conclusion

La position singulière des lagunes littorales explique leur histoire et leur attrait. Espace de transition entre le continent et l'océan, elles ne sont ni la terre, ni la mer. L'équilibre entre la photosynthèse et la respiration des organismes planctoniques, dépendant des conditions d'insolation, de la salinité, de la turbidité des eaux, ainsi que les processus de minéralisation de la matière organique en profondeur, contrôlent l'oxygénation des eaux et induisent de très fortes variations journalières et spatiales des paramètres physiques des eaux de la lagune.

L'étude des paramètres physiques sur un cycle annuel permet de déterminer deux zones écologiques dans la lagune de Fresco :

- La zone 1 représentée par les stations du groupe 1 (Stations 1, 2 et 3) est beaucoup marquée par l'influence océanique ;
- La zone 2, avec les stations du groupe 2 que sont les stations 4 et 5 qui sont plus proches de la passe (Station 5) et de l'exutoire des rivières côtières Bolo et Niouniourou (Station 4) subit tantôt la prédominance de l'influence

continentale tantôt la prédominance de l'influence océanique.

Les concentrations des sels nutritifs présents dans la lagune de Fresco sont dans les limites autorisées pour dire dans l'état actuel qu'elle n'est pas polluée. Cependant, les concentrations observées au niveau du phosphate la prédisposent à une eutrophisation si les apports en sels nutritifs ne sont contrôlés. Ceci est d'autant plus important que vu la petite taille et sa faible profondeur de la lagune, l'impact d'une importante eutrophisation pourrait à terme entraîner sa disparition.

L'étude des caractéristiques hydroclimatique, hydrochimique et hydrologique permet d'affirmer que l'écosystème de Fresco a un comportement identique à celui de toutes les autres lagunes de Côte d'Ivoire mais qu'elle tire sa spécificité de sa petite taille. De plus vue qu'elle est naturellement rattachée à la lagune de Grand Lahou par le canal Doglon, c'est donc rendre justice de l'inclure dans le système lagunaire Ebrié.

Références

- [1] - Kouassi, Aka Marcel. «Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales de Côte d'Ivoire (Ebrié, Grand Lahou).» Thèse de Doctorat, Université de Cocody,. Abidjan, (2005) 147 p
- [2] - Ruiz, F., et al. «The present environmental scenario of El Melah Lagoon (NE Tunisia) and its evolution to a future sabkha.» *Journal of African Earth Sciences* 44 , (2006): 289-302.
- [3] - Villanueva, Maria Concepcion S. Biodiversité et relations trophiques dans quelques milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest : adaptations aux pressions environnementales, Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse, (2004)246 p.
- [4] - Tastet, J. P., et D. Guiral. «In Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome 2 : les milieux lagunaires,

- Durand J. R., Dufour P., Guiral D. et Zabi S. G. F. Edition de l'ORSTOM, Paris(1994), 35-58.» ,
- [5] - R. DERACHE, "Toxicologie et sécurité des aliments", Ed. Technique et documentation Lavoisier (1989)
- [6] - N'Doua, Etilé Raphael. «Etude de l'environnement hydroclimatique d'une lagune tropicale (lagune de Grand-Lahou, Côte d'Ivoire).» DEA, (2004)48p.
- [7] - Egnankou, Wadja Mathieu, Yacouba Sankaré, et CONARAMS-CI. «Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR), Fresco (Côte d'Ivoire).» (2004)
- [8] - Egnakou, Wadja M. «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, (1985) 76 p.
- [9] - Nicole, Michel, Wadja Mathieu Egnankou, et Monique Schmidt. «Les zones humides côtières de Côte d'Ivoire.» (1987).
- [10] - Strickland, J., et T. Parsons. «A practical handbook for seawater analysis.» *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 167,. (1972) 310 p
- [11] - Konan Kouakou Séraphin, Aka Marcel Kouassi, Amma Antoinette Adingra, B. K. Dongui, et Dago Gnakri. «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, n° ISSN 1450-216X (2008).
- [12] - Varlet, François. «Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)» *Travaux et documentations de l'O.R. S.T.O.M.* n° 83, (1978)231 p.
- [13] - Pagès, J., L. Lemasson, et Ph Dufour. «Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire.» *Doc. Sci. CRO Abidjan*, 9, (1979) 43- 50.
- [14] - Dufour, J. R., et D. Guiral. «Hydrologie et hydroclimat.» In *Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire, Tome II : Les milieux lagunaires*,. Paris: Edition de l'ORSTOM, (1994) 59-90
- [15] - Durand, Jean-René, et Jean-Marie Chantraine. «L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes.» *Rev. Hydrobiol. trop.* 15 (2), (1982:) 85-113

- [16] - Millet, Bertrand. «Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : Le lac Togo, Thèse de Doctorat, 230 p.» Paris: Edition de l'ORSTOM, (1984)
- [17] - Chagas, G. G., et M. S. Suziki. «Seasonal hydrochemical variation in a tropical coastal lagoon (Açu Lagoon, Brasil).» *Braz. J. Biol.*, 65(4), (2005) 597-607
- [18] - Dufour, Ph., et M. Slepoukha. «l'Oxygène dissous en lagune Ebrié : influences de l'hydroclimat et des pollutions.» *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanograph. Abidjan*, 6, (1975)75-118
- [19] - Dufour, Philippe. «Les frontières naturelles et humaines du système lagunaire Ebrié. Incidences sur l'hydroclimat.» *Hydrobiologia*, 94, (1982) 105-120
- [20] - Lemasson, Lionel, Jean Pagès, et Jean-louis Cremoux. «Echange d'éléments nutritifs dissous entre l'eau et le sédiment dans une lagune saumâtre.» *Oceanogr. trop.* 17 (1), (1982) 45-58
- [21] - Hammami, Jamila, M. Brahim, et M. Gueddari. «Essai d'évaluation de la qualité des eaux de ruissellement du bassin versant de la lagune de Bizerte.» *Bull. Inst. Natn. Ccien. Mer de Salammbô*, Vol. 32, (2005) 69-77