

Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé et ses chenaux au Sud-Ouest du Bénin

Christian Comlan VIAHO^{1,3*}, Simon AHOUANSOU MONTCHO², Thierry M. AGBLONON HOUELOME¹,
Delphine ADANDEDJAN¹, Hypolite AGADJIHOUEDE² et Philippe A. LALEYE¹

¹Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Hydrobiologie et
d'Aquaculture, 01 BP 526 Cotonou, Bénin

²Université Nationale d'Agriculture, Ecole d'Aquaculture de la Vallée, Adjohoun, Laboratoire de Recherche en
Aquaculture, en Biologie et Ecologie Aquatique, Bénin

³Agence pour le Développement Intégré de la Zone Economique du Lac Ahémé et ses Chenaux (ADELAC),
BP 01 Segbohoue, Kpomasse, Bénin

* Correspondance, courriel : viahochristian@gmail.com

Résumé

Situés au Sud-Ouest du Bénin, le lac Ahémé et ses chenaux constituent un ensemble de plans d'eau, composé par le chenal Ahô, le canal de Tihimey, la lagune côtière de Grand-Popo et la lagune côtière de Ouidah. La présente étude vise à évaluer la qualité physico-chimique de l'eau de ces écosystèmes aquatiques soumis aux fortes pressions anthropiques. Ainsi, les mesures des paramètres physico-chimiques ont été réalisées d'octobre 2016 à septembre 2017 sur 19 stations d'échantillonnage. Elles ont été effectuées *in situ* avec des multimètres de marque HANNA de 7h à 11h. Les variations des paramètres ont été testées avec le test de Kruskal-Wallis et la typologie des stations a été déterminée avec l'Analyse en Composante Principale. Les variations spatio-temporelles des paramètres ont été représentées à l'aide des boîtes à moustaches. Les résultats ont montré que la température, la transparence, le pH, l'oxygène dissous, le taux de concentration en oxygène, la profondeur et la salinité sont des paramètres qui varient dans l'espace et dans le temps, suivant le plan d'eau. Les eaux sont caractérisées par de fortes valeurs des paramètres de minéralisation et de faibles teneurs en oxygène dissous. L'ordination des stations en fonction des variables environnementales a affiché un gradient de salinité et de minéralisation lié aux pressions anthropiques. La connaissance de ces conditions permet d'apprécier l'équilibre écologique de ces plans d'eau.

Mots-clés : *variations, salinité, pression, minéralisation.*

Abstract

Physico-chemical characterization of Ahémé Lake and its channels in South-West Benin

Located in the southwest of Benin, Lake Ahémé and its channels constitute a set of bodies of water, made up of the Ahô channel, the Tihimey channel, the coastal lagoon of Grand-Popo and the coastal lagoon of Ouidah. The present study aims to assess the physico-chemical quality of the water in these aquatic ecosystems subjected to strong anthropogenic pressures. Thus, measurements of the physico-chemical parameters were carried out from October 2016 to September 2017 on 19 sampling stations. They were carried out *in situ* with HANNA brand

multimeters from 7 a.m. to 11 a.m. Parameter variations were tested with the Kruskal-Wallis test and the typology of stations was determined with Principal Component Analysis. The spatio-temporal variations of the parameters were represented using boxplots. The results showed that temperature, transparency, pH, dissolved oxygen, rate of oxygen concentration, depth and salinity are parameters that vary in space and time, depending on the plane of water. The waters are characterized by high values of mineralization parameters and low dissolved oxygen contents. The ordination of the stations according to environmental variables showed a gradient of salinity and mineralization linked to anthropogenic pressures. Knowledge of these conditions makes it possible to assess the ecological balance of these bodies of water for sustainable management.

Keywords : *variations, salinity, pressure, mineralization.*

1. Introduction

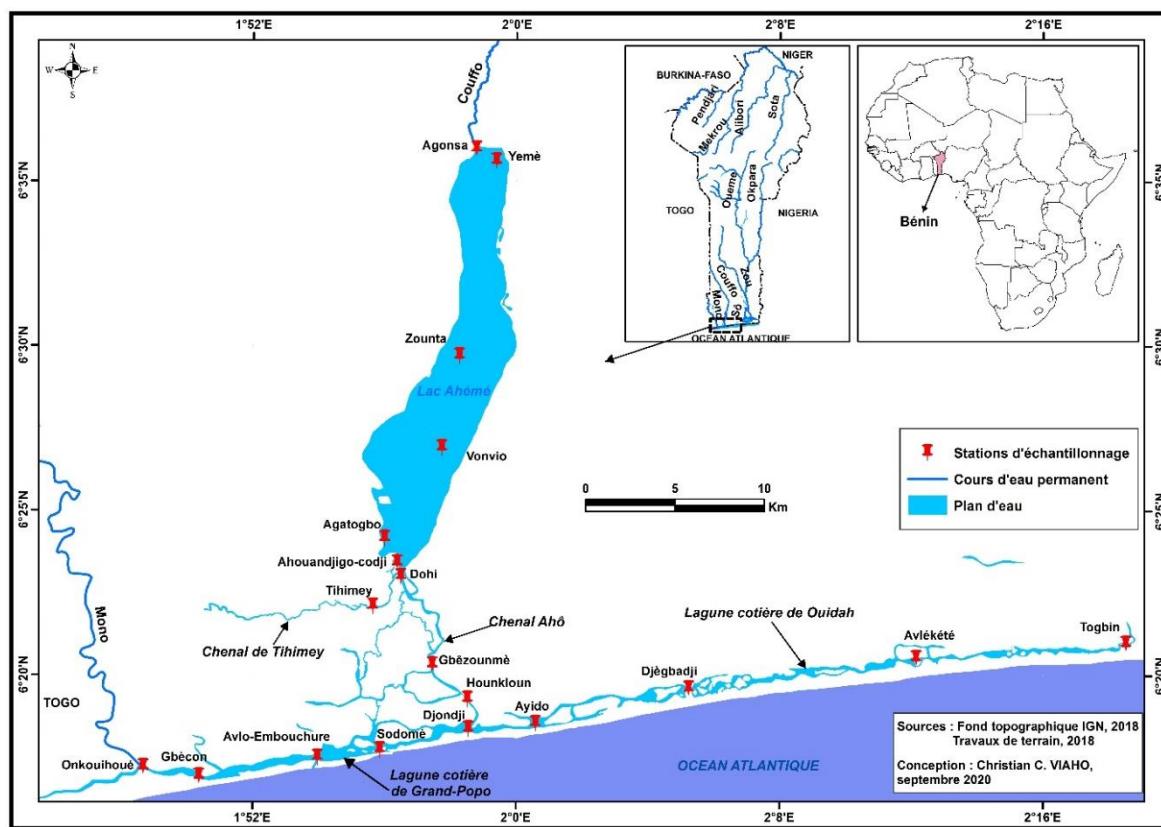
Les lagunes africaines sont des plans d'eau sous l'influence de pressions anthropiques considérables [1]. Reliées entre elles par la circulation de l'eau, ces lagunes sont aussi de véritables exutoires, de sources de pollutions chroniques et ponctuelles (matières organiques, rejets d'eaux usées, fertilisants agricoles, pesticides, herbicides, etc.) [2]. Voies de communication par excellence, l'homme a su les modeler pour l'amélioration de ses économies. Toutes ces sources potentielles de pollution dégradent la qualité physico-chimique de l'eau et menacent de plus en plus l'équilibre biologique de ces milieux [1]. Les lagunes et lacs du Bénin n'échappent pas à cette situation de pression anthropique. Le complexe "Lac Ahémé et ses chenaux" est une cuvette dans laquelle sont déchargées d'importantes quantités d'organismes charriés par les fleuves Couffo en amont et Mono en aval, d'une part, et provenant des actions anthropiques d'autre part. En effet, situés au Sud-Ouest du Bénin, le lac Ahémé et ses chenaux constituent un écosystème aquatique qui joue un rôle important dans l'économie de la région. La population riveraine y exerce toutes sortes de pressions pour tirer sa pitance. Mais cette pression humaine sur les écosystèmes aquatiques, autrefois identifiée est négligée [2]. En réalité, dans la zone du lac Ahémé et ses chenaux, les exigences de développement socio-économique ont engendré des activités aux menaces récursives pour les écosystèmes aquatiques [3]. L'édification du barrage hydroélectrique de Nangbéto, les rejets de déchets industriels et domestiques, le lessivage des terres cultivées et la surexploitation des ressources, fragilisent davantage ces milieux déjà confinés et caractérisés par un faible renouvellement de leurs eaux et au comblement [2].

Cette situation crée des perturbations sur le fonctionnement normal de ces écosystèmes et la faune qu'ils abritent [4, 5]. Mais au regard de l'importance socio-économique du lac Ahémé et ses chenaux, le Gouvernement du Bénin a décidé de leur réhabilitation à travers la mise en œuvre du *Programme Intercommunal de Réhabilitation du lac Ahémé et ses chenaux et de mise en place d'une zone de développement économique (PIRA)*. L'objectif principal du Programme est de réhabiliter le complexe à travers des opérations de dragage sectoriel et partiel, dans un processus structurant qui s'inscrit dans la durée, et d'y réaliser autour, une zone de développement économique et touristique par l'intercommunalité, afin d'améliorer les conditions de vie des populations concernées et pour la relance de la production halieutique. Pour faciliter la mise en œuvre dudit programme, il s'avère nécessaire de procéder à la caractérisation de la qualité physico-chimique des plans d'eau concernés. L'étude de la qualité physico-chimique des écosystèmes aquatiques permet de caractériser les éléments minéraux qui dégradent la qualité de ces systèmes et menacent la vie aquatique [6]. En effet, les différentes espèces à la base de la production de ressources et de services écologiques d'un écosystème aquatique sont sous le contrôle des variables environnementales [6]. Mais quelle est l'état des lieux de la qualité physicochimique du lac Ahémé et ses chenaux avant le dragage ? La réponse à cette question nous amène à conduire la présente étude sur la caractérisation physico-chimique de ces plans d'eaux. Elle permettra d'avoir une meilleure connaissance du milieu et de disposer d'une base de données avant les opérations de dragage. Ces données pourront être vérifiées après le dragage.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La **Figure 1** présente la situation géographique de la zone d'étude. Elle est située au Sud-Ouest du Bénin, en Afrique de l'Ouest. Elle regroupe le lac Ahémé, le chenal Ahô, la lagune côtière de Grand-Popo, la lagune côtière de Ouidah et le canal de Tihimey. Cet ensemble forme avec le fleuve Couffo, le site RAMSAR 1017, d'importance internationale [7]. Le lac Ahémé reçoit les eaux du fleuve Couffo et se jette dans le chenal Ahô et le canal de Tihimey. Le chenal Ahô se jette dans les lagunes côtières de Grand-Popo et de Ouidah au niveau du "carrefour des eaux" du village Djondji [7]. La lagune côtière de Grand-Popo, reçoit les eaux du fleuve Mono et se jette dans la mer par l'embouchure "LA BOUCHE DU ROY", du village d'Avlo-Plage. La lagune côtière de Ouidah, quant à elle, prend sa source de la lagune de Grand-Popo et du chenal Ahô, puis fini sa course au niveau du village Togbin, arrondissement de Godomey, Commune d'Abomey-Calavi. La présence de l'embouchure fait de la zone d'étude un milieu estuarien lagunaire riche en biodiversité où se font les échanges entre la mer et les eaux continentales. L'activité principale des populations riveraines de la zone d'étude est la pêche. On y rencontre également la pisciculture, l'aviculture, l'élevage des petits ruminants, la production des cultures vivrières et le maraîchage [8]. Le milieu d'étude appartient à la zone subéquatoriale (Sud Bénin) où la pluviométrie varie de 800 mm à 1200 mm par an. Il est caractérisé par l'alternance de deux saisons pluvieuses (Avril-Juillet et Octobre-Novembre) et de deux saisons sèches (Décembre-Mars et Août-Septembre).



2-2. Présentation des stations d'échantillonnage

Au total, dix-neuf (19) stations d'observation ont été retenues suivant le sens d'écoulement des eaux et la longueur des plans d'eau (**Figure 1**). Elles sont réparties par plan d'eau comme suit :

- Lac Ahémé : Agatogbo, Ahouandjigo-Codji, Agonsa, Vonvio, Yémè et Zounta (06 stations).
- Canal de Tihimey : Dohi et Tihimey (02 stations).
- Chenal Ahô : Djondji, Gbèzounmè et Hounclou (03 stations).
- Lagune de Grand-Popo : Avlo-Embouchure, Gbêcon, Onkouihoué et Sodomè (04 stations).
- Lagune de Ouidah : Avlékété, Ayido, Djègbadjì et Togbin (04 stations).

2-3. Mesure des paramètres physico-chimiques

Les échantillons d'eau ont été prélevés en surface entre 07 heures et 11 heures du matin aux différentes stations retenues, pour éviter la modification des paramètres par l'intensification de la photosynthèse. La mesure de la température, de l'oxygène dissous et du taux de saturation en oxygène dissous a été faite à l'aide d'un multimètre à sonde de type WTW oxygène 95, précision 0,01. Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type microprocesseur de modèle WTW pH-mètre 95, précision 0,01. La conductivité a été mesurée à l'aide d'un conductimètre HACH de modèle 44600, précision 0,0001. La salinité a été mesurée à l'aide d'un salinomètre à sonde de type HANNA de précision 0,01 g/L. La transparence a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi et la profondeur a été mesurée à l'aide d'un fil gradué à tous les 5 cm et lesté. Tous ces paramètres ont été effectuées *in situ*.

2-4. Traitement des données

Les données recueillies ont été traitées avec un micro-ordinateur PC au moyen du logiciel Statistica. Des valeurs moyennes mensuelles ont été calculées par paramètre et par station et exprimées sous forme de boîtes à moustaches. Ensuite, des comparaisons de moyennes ont été faites par station et par mois. Le test de Kruskall-Wallis a été utilisé pour une comparaison globale et celui de Mann-Whitney pour la comparaison deux à deux au cas où une différence est mise en évidence avec le premier test.

3. Résultats

3-1. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques du lac Ahémé

La **Figure 2** illustre les variations spatiales des paramètres physico-chimiques du lac Ahémé. La température a varié de 25,6 °C (Vonvio) à 33,4 °C (Agonsa). Ce paramètre physique n'a pas varié significativement d'une station à une autre ($p > 0,05$). Quant à la profondeur, elle a varié de 0,4 m à 3,45 m. La valeur maximale a été obtenue à Agonsa. La valeur minimale a été mesurée aux stations de Agatogbo, et Vonvio. La variation de la profondeur d'une station à une autre a été très significative ($p < 0,01$). Le pH a fluctué entre 5,61 et 9,7. Le lac présente une eau acide à la station de Vonvio et basique à la station de Agatogbo. La variation spatiale du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$). La transparence a fluctué entre 20 cm et 115 cm. La valeur maximale a été obtenue à la station de Yémè et la minimale aux stations de Agatogbo, et Ahouandjigo-codji. D'une station à une autre, la transparence a connu une variation significative ($p < 0,05$). La conductivité a varié de 0,117 μ S/cm à 47500 μ S/cm. La valeur minimale a été observée à la station de Agonsa. La valeur maximale a été, par contre, mesurée au niveau de la station de Agatogbo. La variation spatiale de la conductivité sur le lac Ahémé est très significative. L'évolution spatiale de la salinité sur le lac Ahémé a révélé une valeur faible (0,01 g/L) au niveau des stations de Agonsa et Yémè. La valeur la plus forte de la salinité (19,4 g/L) a été enregistrée au niveau de la station de Ahouandjigo-Codji. La variation spatiale de ce paramètre physique a été significative ($p < 0,01$). La concentration en oxygène dissous suit une tendance où elle varie de 0 mg/L (Yémè) à 9,4 mg/L (Zounta). La variation spatiale de la concentration en oxygène dissous a été significative ($p < 0,01$).

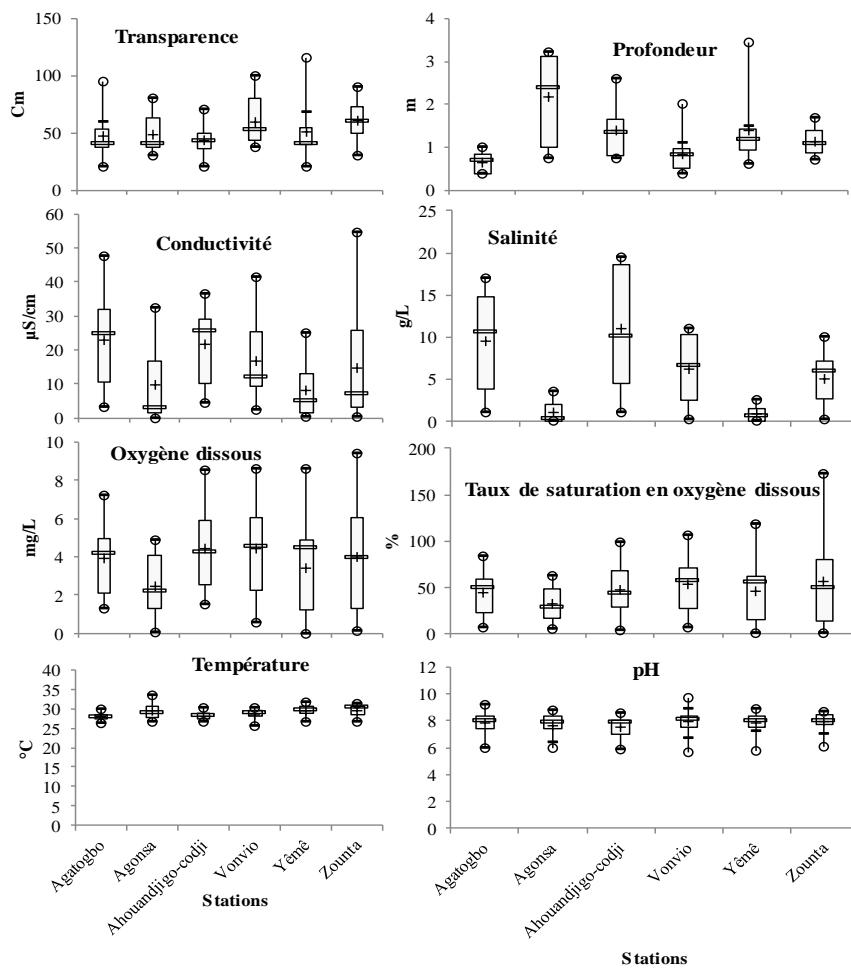


Figure 2 : Variations spatiales des paramètres physico-chimiques au lac Ahémé

3-2. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du lac Ahémé

La **Figure 3** traduit les variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du lac Ahémé. Le lac Ahémé a enregistré une gamme de températures où la valeur la plus faible 26,4 °C a été mesurée en décembre et la valeur la plus forte (33,4 °C) en juillet. La variation mensuelle de la température n'a pas été significative ($p > 0,05$). Les profondeurs les plus faibles (0,4 m) sur le lac Ahémé ont été enregistrées pendant les mois de décembre, janvier et février. La profondeur maximale (3,45 m) a été observée en novembre. La variation de la profondeur n'a pas été significative ($p > 0,05$) d'un mois à l'autre. La transparence de l'eau la plus faible (20 cm) a été observée en juin et la plus forte (115 cm) en avril. D'un mois à l'autre, la variation de la transparence de l'eau a été significative ($p < 0,01$). Le pH le plus élevé au cours de l'étude (9,17) a été mesuré en mai. La valeur la plus faible du pH sur le lac Ahémé (5,61) a été notée en septembre. La variation mensuelle du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$). La conductivité de l'eau a varié de 0,39 µS/cm à 47500 µS/cm. La valeur maximale est observée en décembre et la minimale en novembre. La variation mensuelle de ce paramètre a été très significative ($p < 0,001$). La salinité a varié de 0 g/L (septembre) à 19 g/L (mars). D'un mois à l'autre, la variation de la salinité a été très significative ($p < 0,001$). La valeur la plus faible de la concentration en oxygène dissous (0 mg/L) a été obtenue en septembre. La valeur la plus forte (9,4 mg/L) a été enregistrée en juin. La variation mensuelle de la concentration en oxygène dissous a montré une fluctuation très significative ($p < 0,001$).

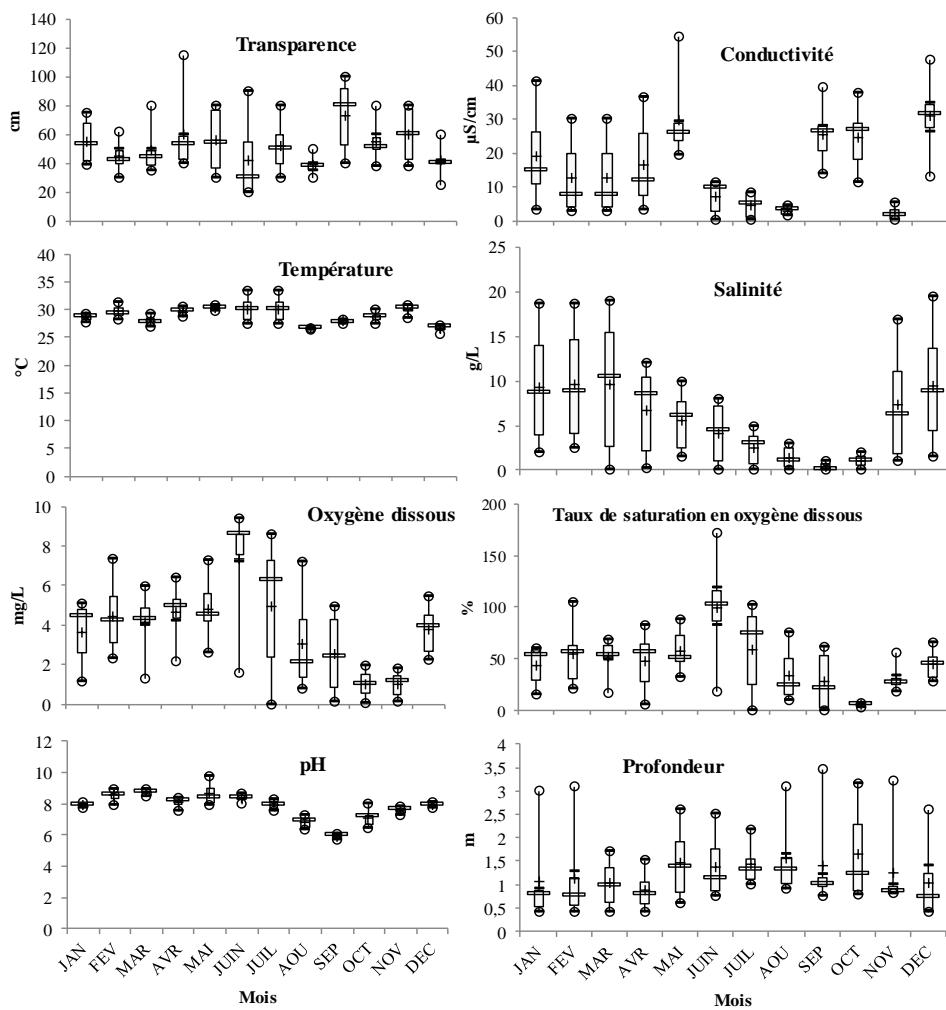


Figure 3 : Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du lac Ahémé

3-3. Typologie abiotique des stations du lac Ahémé sur la base des variables physico-chimiques

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales réalisées à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques ont montré que les deux premiers axes expliquent 90,45 % de la variabilité totale des données. La projection des stations d'échantillonnage dans le plan factoriel a montré quatre groupes de stations. Le premier groupe est constitué par la station de Vonvio, le deuxième regroupe les stations de Yémè et Zounta, le troisième groupe est formé par les stations de Agatogbo et de Ahounadjigo-codjo ; enfin, la station de Agonsa forme le quatrième groupe (*Figure 4*). La projection des variables environnementales a donné un cercle de corrélation (*Figure 5*) qui a montré que :

- l'axe F1 est fortement et positivement corrélé aux valeurs élevées de la transparence, de la température et du pH. Il est négativement associé à la teneur en oxygène dissous et au taux de saturation en oxygène ;
- l'axe F2 est fortement et positivement corrélé aux valeurs élevées de la salinité et de la conductivité. Il est négativement corrélé à la profondeur.

L'analyse combinée de la carte factorielle (*Figure 4*) et du cercle de corrélation (*Figure 5*) montre que le groupe constitué par la station de Vonvio est caractérisé par une forte teneur en oxygène dissous et un fort

taux de saturation en oxygène. Par ailleurs, les stations de Zounta et de Yémè sont caractérisées par une forte valeur de température, de la transparence et du pH de l'eau. Par contre, les stations de Agatogbo et Ahounadjigo-codjo renferment les stations les plus salées et ayant une conductivité élevée. Enfin, la station de Agonsa est la plus profonde du lac Ahémé.

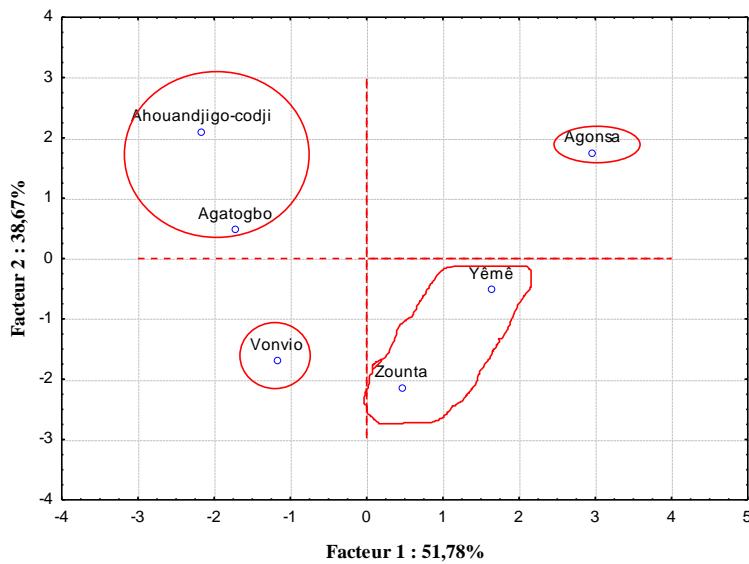


Figure 4 : Typologie abiotique des stations du lac Ahémé sur la base des variables physico-chimiques

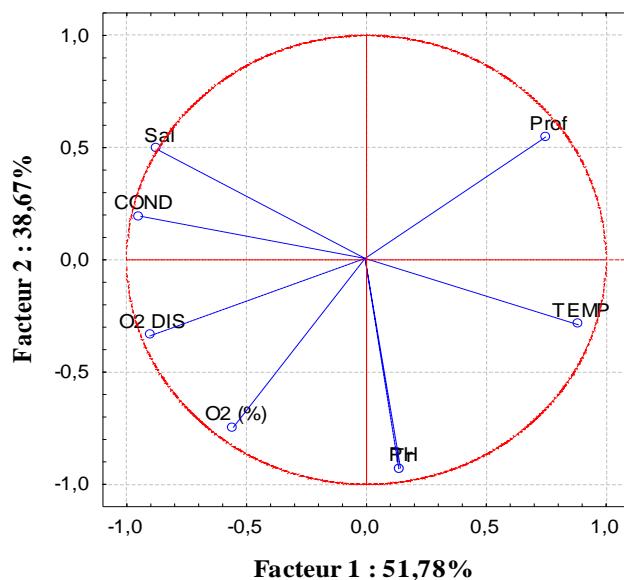


Figure 5 : Cercle de corrélation sur le plan factoriel F1 x F2 des variables environnementales du lac Ahémé

3-4. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques du chenal Ahô

La **Figure 6** illustre les variations spatiales des paramètres physico-chimiques sur le Chenal Ahô. La température de l'eau a oscillé entre 26,8 °C et 33,8 °C. La température la plus forte a été enregistrée à la station de Djondji et la plus faible à la station de Hounclou. D'une station à une autre, la température n'a pas connu une différence significative ($p > 0,05$). La profondeur de l'eau, sur le chenal, a varié de 0,6 m à 3,8 m. Elle a été maximale à la station de Gbezounmè et très faible à la station de Hounclou. La variation spatiale

de la profondeur n'a pas connu une variation significative ($p > 0,05$). Quant à la transparence de l'eau, elle a oscillé entre 18 cm et 130 cm. Elle a été très faible à la station de Gbèzounmè et élevée à Hounclou. Sa variation a été significative ($p < 0,05$) d'une station à une autre. Le pH de l'eau a varié de 6,35 à 8,92. Les valeurs minimale et maximale ont été respectivement mesurées au niveau des stations de Hounclou et de Gbèzounmè au cours de l'étude. La variation de ce paramètre n'a pas été significative ($p > 0,05$). La salinité a varié de 0 g/L à 24 g/L. Elle est nulle à la station de Gbèzounmè tandis que la plus forte salinité a été obtenue à la station de Djondji. La variation de la salinité d'une station à une autre a été significative ($p < 0,01$). La conductivité a varié de 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 42800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans le chenal. La minimale a été obtenue à la station de Gbèzounmè et la maximale est mesurée au niveau des stations de Djondji et Hounclou. Elle a varié significativement d'une station une autre ($p < 0,05$). La concentration en oxygène dissous a varié de 0 mg/L à 9,15 mg/L sur le chenal Ahô. Les valeurs nulle et maximale de la concentration en oxygène dissous ont été mesurées respectivement au niveau des stations de Djondji et Gbèzounmè. La variation de l'oxygène dissous n'a pas été significative ($p > 0,05$).

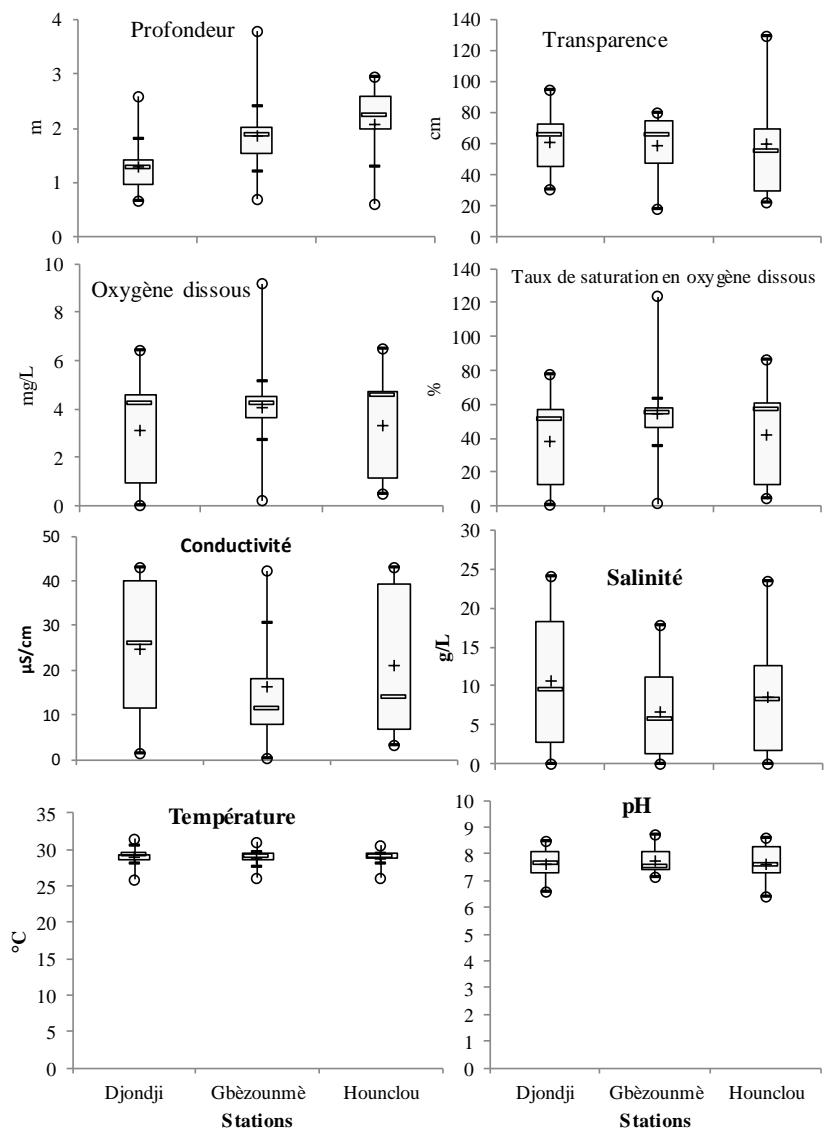


Figure 6 : Variations spatiales des paramètres physico-chimiques dans le Chenal Ahô

3.5. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du chenal Ahô

La **Figure 7** présente les variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du chenal Ahô. La température de l'eau a oscillé entre 26,8 °C et 33,8 °C. Ces valeurs sont respectivement mesurées aux mois d'août et de juin. D'un mois à l'autre, la température n'a pas connu une variation significative ($p > 0,05$). La profondeur de l'eau, dans le chenal, a varié de 0,6 m à 2,95 m pendant la période d'étude. La profondeur maximale a été observée au mois de septembre et la minimale au mois de décembre. La profondeur n'a pas connu une variation significative ($p > 0,05$) suivant les mois. Quant à la transparence de l'eau, la valeur la plus faible (18 cm) a été observée en août et la plus forte (130 cm) en juin. Sa variation mensuelle n'a pas été significative ($p > 0,05$). Le pH de l'eau a varié de 6,35 à 8,92. Les valeurs minimale et maximale ont été respectivement observées aux mois de septembre et de juin. La variation de ce paramètre n'a pas été significative ($p > 0,05$). Pour la salinité, les valeurs nulles (0 g/L) ont été enregistrées pendant les mois d'août et de septembre. La valeur maximale (24 g/L) a été notée au mois de janvier. La variation de la salinité d'un mois à l'autre a été significative ($p < 0,01$). La conductivité a varié de 30,12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (août et septembre) à 39300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (janvier). La conductivité a varié très significativement d'un mois à l'autre ($p < 0,001$). Concernant l'oxygène dissous, les valeurs nulles (0 mg/L) ont été trouvées au cours du mois de septembre. La plus forte valeur (9,15 mg/L) a été obtenue au mois de mai. La variation mensuelle de l'oxygène dissous n'a pas été significative ($p > 0,05$).

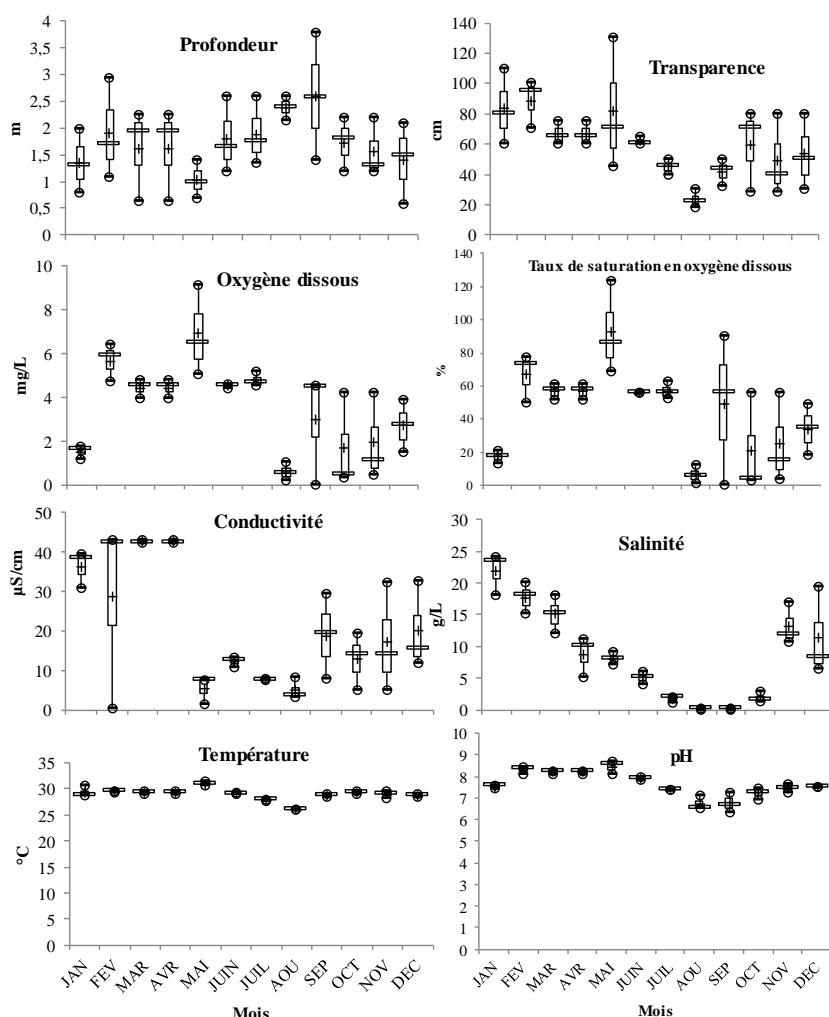


Figure 7 : Variation temporelle des paramètres physico-chimiques du Chenal Ahô

3-6. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques du canal de Tihimey

La **Figure 8** présente la variation spatiale des paramètres physico-chimiques sur le canal de Tihimey. Ce canal qui n'a abrité que deux stations d'échantillonnages, a enregistré la température la plus forte à la station de Tihimey ($28,4^{\circ}\text{C}$) et la plus faible ($28,3^{\circ}\text{C}$) à Dohi. La profondeur a varié de 0,6 m (Dohi) à 2,1 m (Tihimey) et la transparence a fluctué de 18 cm (Dohi) à 70 cm (Tihimey). Le pH a oscillé entre 6,41 (Dohi) et 9,24 (Tihimey) et la conductivité de 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tihimey) à 37500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tihimey). Quant au taux de saturation en oxygène, la plus faible valeur (4,3 %) et la plus forte (96 %) ont été obtenues respectivement à Tihimey et à Dohi. Par ailleurs, l'oxygène dissous a varié de 0,88 mg/L à Tihimey, à 7,84 mg/L à la station de Dohi. La salinité a varié 0,02 g/L à 2,32 g/L. Ces deux valeurs extrêmes de la salinité ont été mesurées à Tihimey.

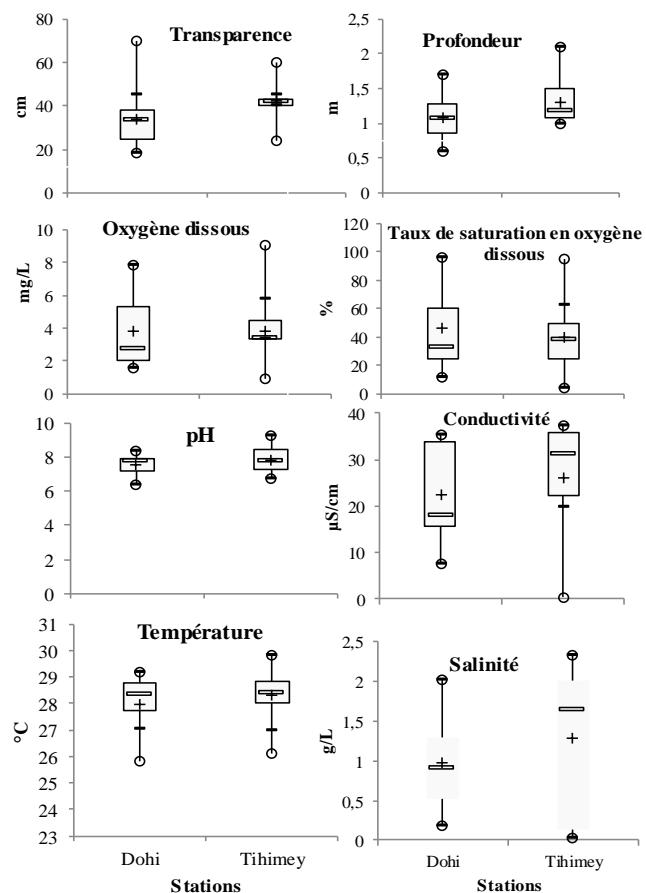


Figure 8 : Variations spatiales des paramètres physico-chimiques du canal de Tihimey

3-7. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du canal de Tihimey

La **Figure 9** présente la variation mensuelle des paramètres physico-chimiques dans le canal de Tihimey. Ce canal qui n'a abrité que deux stations d'échantillonnages, a enregistré la température la plus forte en février ($29,8^{\circ}\text{C}$) et la plus faible ($25,8^{\circ}\text{C}$) en août et septembre. La profondeur a varié de 0,6 m en décembre et en janvier à 2,1 m en juin et la transparence a fluctué de 18 cm en novembre, décembre et janvier, à 70 cm en juillet. Le pH de l'eau a oscillé entre 6,41 en août et septembre à 9,24 en mai. La conductivité a varié de 34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en février, à 37500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en avril. Quant au taux de saturation en oxygène, la plus faible valeur (4,3 %) et la plus forte (96 %) ont été obtenues respectivement en juin et juillet. Par ailleurs, l'oxygène dissous a varié de 0,88 mg/L en juin, à 7,84 mg/L en juillet. La salinité a varié de 0,02 g/L en juillet à 2,32 g/L en février.

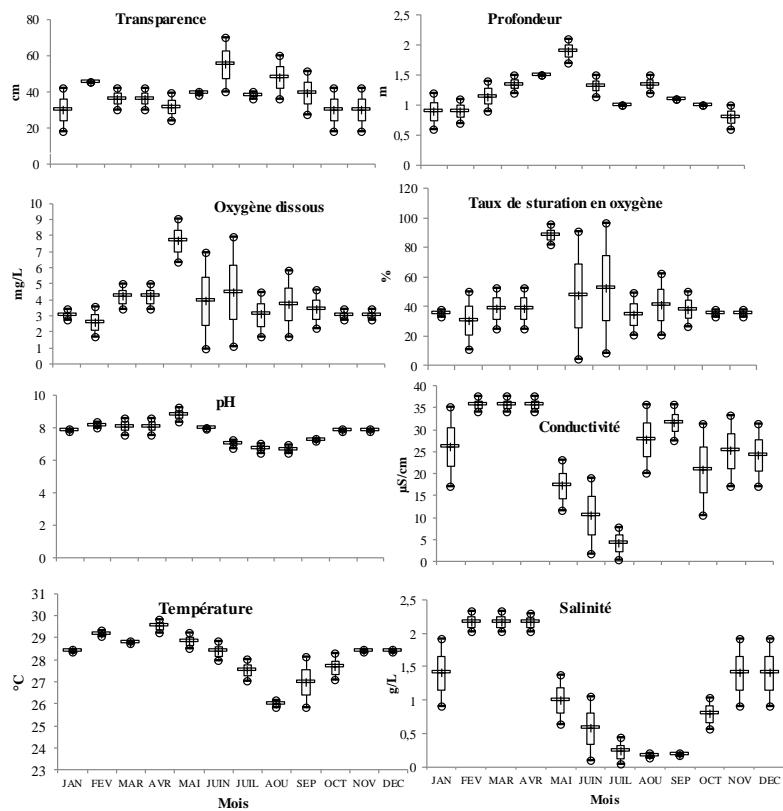


Figure 9 : Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques du canal de Tihimey

3-8. Typologie abiotique des stations du canal de Tihimey et du chenal Ahô sur la base des variables physico-chimiques

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales réalisées à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques ont montré que les deux premiers axes expliquent 81,98 % de la variabilité totale des données. La projection des stations d'échantillonnage dans le plan factoriel a montré trois groupes de stations. Le premier groupe est constitué par la station de Gbêzounmè, le deuxième regroupe les stations de Dohi et Tihimey et le dernier groupe est formé par les stations de Hounclou et de Djondji (*Figure 10*). La projection des variables environnementales a donné un cercle de corrélations (*Figure 11*) qui a montré que :

- l'axe F1 est fortement et positivement corrélé aux valeurs élevées de la profondeur, de la transparence et du taux de saturation en oxygène dissous. Il est négativement associé à la teneur en oxygène dissous et au pH ;
- l'axe F2 est fortement et positivement corrélé à une valeur élevée de la conductivité et négativement associé à la salinité,

L'analyse combinée de la carte factorielle (*Figure 10*) et du cercle de corrélation (*Figure 11*) montre que le groupe constitué par la station de Gbêzounmè est caractérisé par une profondeur et une transparence élevée, ainsi qu'un fort taux de saturation en oxygène. Les stations de Dohi et Tihimey forment un groupe à une forte conductivité. Enfin, le couple Djondji-Hounclou forme un groupe de stations à salinité élevée et à une forte température. Par contre, l'oxygène dissous et le pH sont faibles dans ces stations du chenal Ahô.

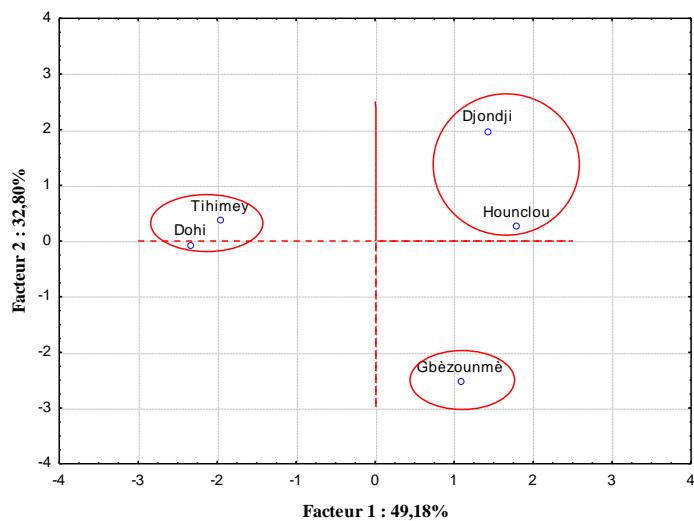


Figure 10 : Typologie abiotique des stations du canal de Tihimey et du chenal Ahô sur la base des variables physico-chimiques

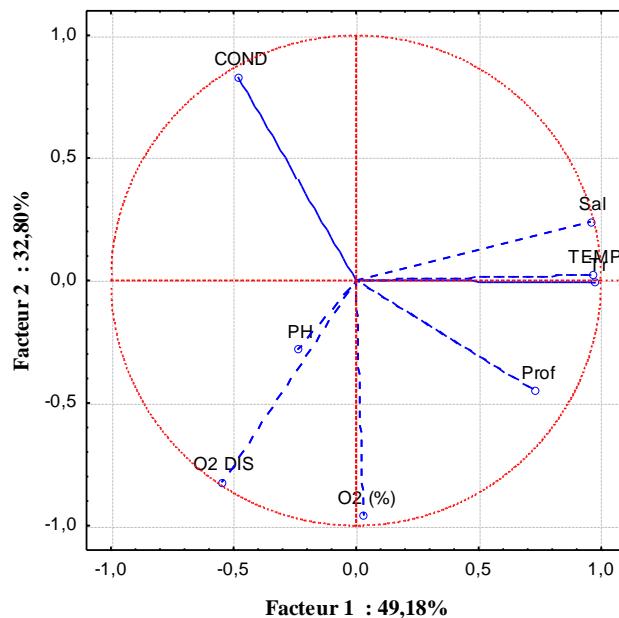


Figure 11 : Cercle de corrélation sur le plan factoriel F1 x F2 des variables environnementales du canal de Tihimey et du chenal Ahô

3-9. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de la lagune de Grand-Popo

La **Figure 12** illustre les variations spatiales des paramètres physico-chimiques de la lagune Grand-Popo. La température de l'eau a varié de 24,34 °C à 32,2 °C. La température de l'eau la plus forte et la plus faible sont mesurées à la station de Gbècon. La température n'a pas connu une variation spatiale significative ($p > 0,05$). La profondeur, sur la lagune Grand-Popo, a varié de 1,2 m à 4,6 m. Les profondeurs maximale et minimale sont respectivement notées à Avlo-embouchre et à Onkouihoué. La variation de la profondeur d'une station à une autre a été significative ($p < 0,01$). Le pH de l'eau a varié de 6,41 à 9,3. Le pH minimal est mesuré à la station de Sodomè et le maximal à la station de Onkouihoué. La variation spatiale du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$). La transparence a fluctué de 15 cm à 160 cm. Sur ce plan d'eau, la faible transparence

est mesurée à la station de Avlo-embouchure, de Gbècon et Onkouihoué et la plus forte à Avlo-embouchure. La variation de la transparence n'a pas été significative ($p > 0,05$). La salinité suit un profil de variation de 0 g/L (Onkouihoué) à 28,3 g/L (Sodomè). La fluctuation spatiale de la salinité a été significative ($p < 0,01$). La conductivité a varié de 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Avlo-embouchure) à 83400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Onkouihoué). La variation spatiale de la conductivité a été significative ($p < 0,01$). La concentration en oxygène dissous fluctue entre 0,31 mg/L et 10,63 mg/L. La valeur minimale et la valeur maximale ont été mesurées à la même station de Onkouihoué ($p < 0,01$).

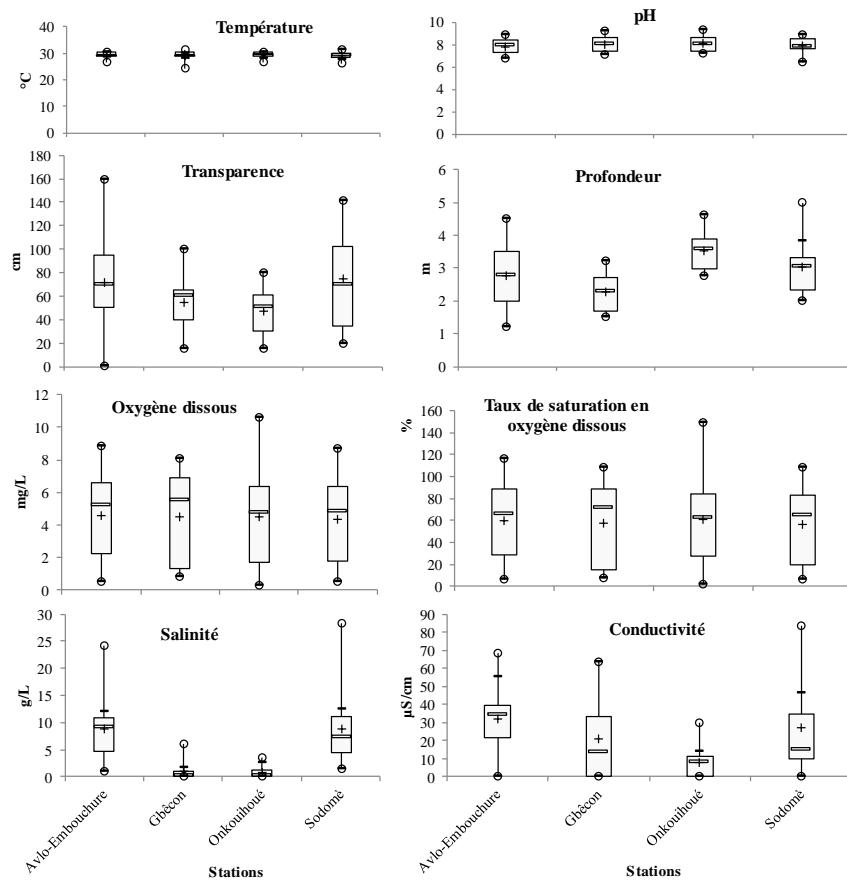


Figure 12 : Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de la lagune de Grand-Popo

3-10. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Grand-Popo

La **Figure 13** traduit les variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Grand-Popo. La lagune de Grand-Popo a enregistré une gamme de températures où la valeur la plus faible 24,4 °C a été mesurée en octobre et la valeur la plus forte (31,4 °C) en mai. La variation mensuelle de la température n'a pas été significative ($p > 0,05$). La profondeur la plus faible (1,6 m) sur la lagune de Grand-Popo a été enregistrée durant le mois de décembre au cours de l'étude. La profondeur maximale (5 m) a été observée en avril. La variation de la profondeur a été significative ($p < 0,01$). La transparence la plus faible (10 cm) a été notée en octobre. La transparence la plus forte (160 cm) a été enregistrée en janvier. D'un mois à l'autre, la variation de la transparence a été très significative ($p < 0,001$). Le pH de l'eau le plus élevé pendant la période d'étude (9,3) et le plus faible (6,42) ont été mesurés respectivement en mai et en août. La variation du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$) d'un mois à l'autre au cours de l'étude. La conductivité a varié de 0,067 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 83,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur maximale est observée en novembre et la minimale en juin. La variation mensuelle de ce paramètre a été très significative ($p < 0,001$). La salinité a varié de 0 g/L (août)

à 28,3 g/L (janvier). Durant la période d'étude, la variation de la salinité a été très significative ($p < 0,001$), d'un mois à l'autre. La valeur la plus faible de la teneur en oxygène dissous (0,31 mg/L) a été obtenue en août. La valeur la plus forte (10,63 mg/L) a été enregistrée en mai. La variation mensuelle de la concentration en oxygène dissous a montré une fluctuation significative ($p < 0,01$).

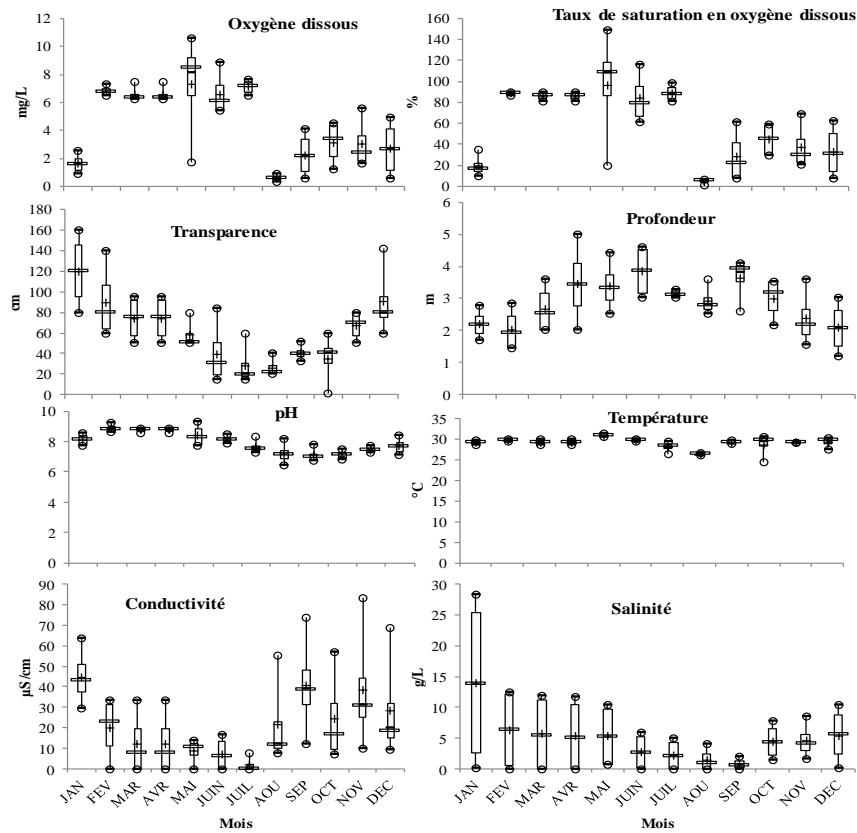


Figure 13 : Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Grand-Popo

3-11. Typologie abiotique des stations de la lagune de Grand-Popo sur la base des variables physico-chimiques

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales réalisées à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques de la lagune côtière de Grand-Popo ont montré que les deux premiers axes expliquent 81,98 % de la variabilité totale des données. La projection des stations d'échantillonnage dans le plan factoriel a montré quatre groupes de stations. Les quatre groupes sont ainsi constitués respectivement des stations de Avlo-embouchure, Onkouihoué, Gbècon, et Sodomè (Figure 14). La projection des variables environnementales a donné un cercle de corrélation (Figure 14) qui a montré que :

- l'axe F1 est fortement et positivement corrélé à la salinité, la conductivité et la transparence. Il est négativement associé à teneur en oxygène dissous, au taux de saturation en oxygène et au pH. Il est négativement corrélé à la transparence, à la conductivité et à la salinité ;
- l'axe F2 est fortement et positivement corrélé au pH. Il est négativement corrélé à la concentration en oxygène dissous, au taux de saturation en oxygène, à la température et à la profondeur.

L'analyse combinée de la carte factorielle (Figure 14) et du cercle de corrélation (Figure 15) présente la station de Gbècon comme caractérisée fondamentalement par un pH élevé. La station de Onkouihoué se

distingue par une forte teneur en oxygène dissous et taux élevé de saturation en oxygène, à la profondeur et à la température. Les stations de Avlo-embouchure et de Sodome sont caractérisées par une forte salinité et de conductivité.

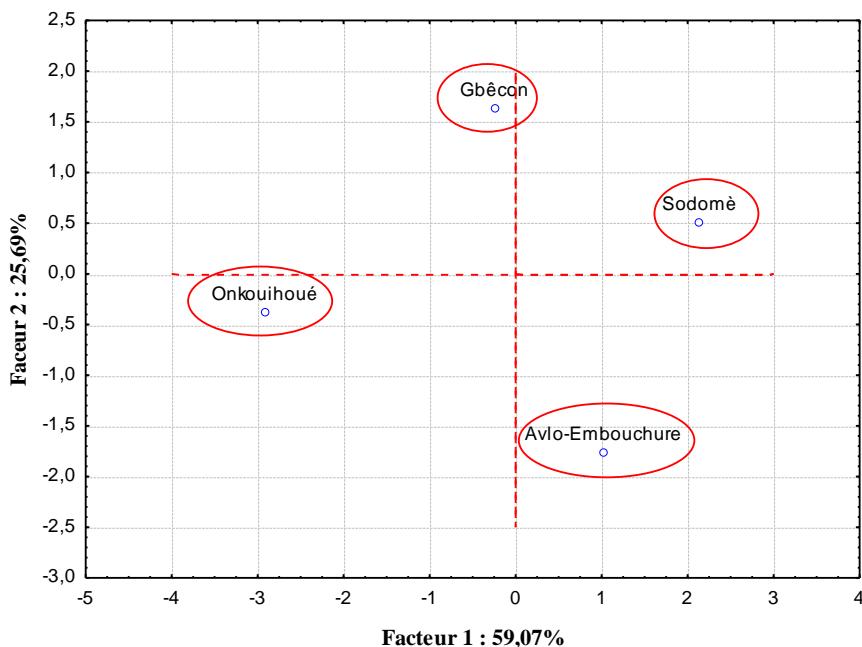


Figure 14 : Typologie abiotique des stations de la lagune de Grand-Popo sur la base des variables physico-chimiques

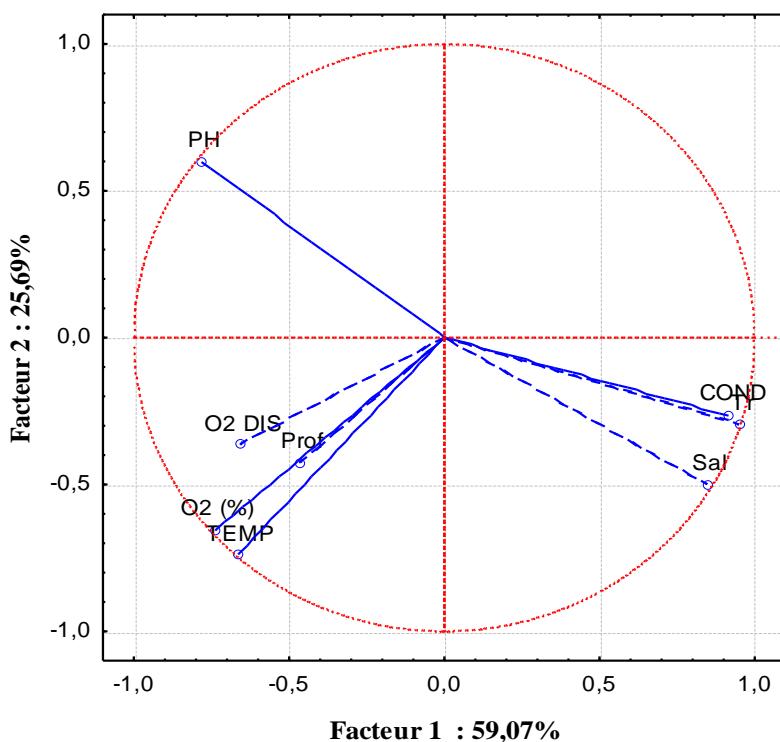


Figure 15 : Cercle de corrélation sur le plan factoriel F1 x F2 des variables environnementales de la lagune de Grand-Popo

3-12. Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah

La **Figure 16** illustre les variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah. La température de l'eau a varié de 25,8 °C à 31,7 °C. La température la plus forte est mesurée à la station de Avlékété et la plus faible à la station Ayido. D'une station à une autre, la variation de la température n'a pas été significative ($p > 0,05$). La profondeur, sur la lagune de Ouidah, a varié de 0,6 m à 2,2 m. Les profondeurs maximale et minimale sont respectivement enregistrées à Djègbadji et à Avlékété, durant la période d'étude. La variation spatiale de la profondeur a été significative ($p < 0,5$). Le pH de l'eau a varié de 6,12 à 9,12. Le pH minimal est mesuré à la station de Ayido et le maximal à la station de Djègbadji. La variation spatiale du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$). La transparence a fluctué de 10 cm à 130 cm. Sur ce plan d'eau, la faible transparence a été mesurée au niveau des stations de Djègbadji et de Avlékété. La plus forte a été notée à Djègbadji. La variation de la transparence n'a pas été significative ($p > 0,05$). La salinité suit un profil de variation de 0 g/L (Togbin) à 18,3 g/L (Djègbadji). La fluctuation spatiale de la salinité a été significative ($p < 0,5$). La conductivité a varié de 0,19 µS/cm (Togbin) à 48550 µS/cm (Djègbadji). La variation spatiale de la conductivité a été significative ($p < 0,5$). La concentration en oxygène dissous fluctue entre 0,37 mg/L et 7,39 mg/L sur la lagune de Ouidah. Sur ce plan d'eau, la plus faible valeur est observée à Ayido et la plus forte à Avlékété et Togbin. La fluctuation spatiale de la concentration en oxygène dissous n'a pas été significative ($p < 0,01$).

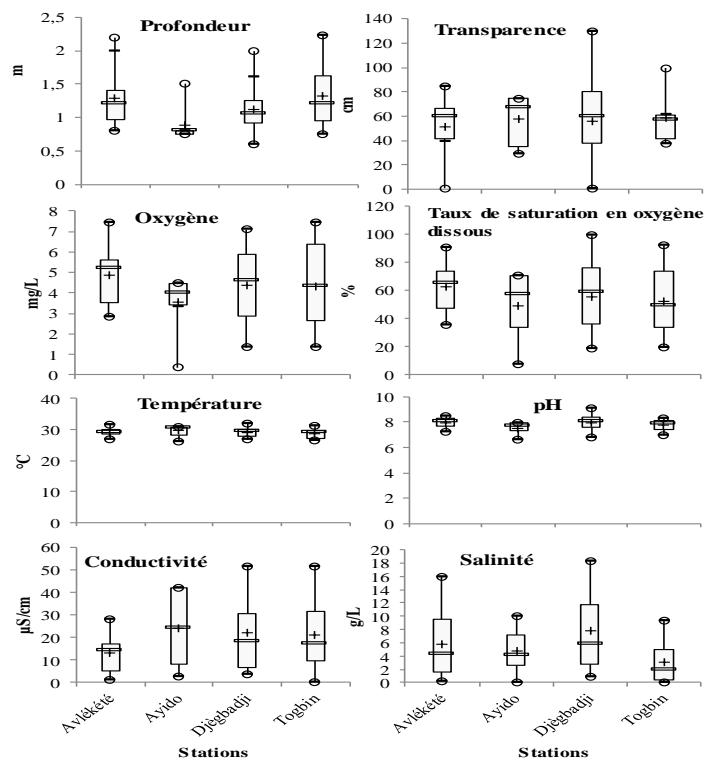


Figure 16 : Variations spatiales des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah

3-13. Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah

La **Figure 17** présente les variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah. La lagune de Ouidah a enregistré une gamme de températures où la valeur la plus faible 25,8 °C a été mesurée en août et la valeur la plus forte (31,7 °C) en février. La variation mensuelle de la température n'a pas été significative ($p > 0,05$). Les profondeurs les plus faibles (0,6 m) sur la lagune de Ouidah ont été

enregistrées durant les mois de mars et avril pendant la période d'étude. La profondeur maximale (2,22 m) a été observée en juin. La variation de la profondeur n'a pas été significative ($p > 0,05$). La transparence la plus faible (10 cm) a été notée en août et septembre. La transparence la plus forte (130 cm) a été enregistrée en juin. D'un mois à l'autre, la variation de la transparence n'a pas été significative ($p > 0,05$). Le pH de l'eau le plus élevé au cours de l'étude (9,12) et le plus faible (6,12) ont été mesurés en octobre. La variation du pH n'a pas été significative ($p > 0,05$). La conductivité a varié de 0,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 48,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La valeur maximale est observée en janvier et la minimale en juin. La variation mensuelle de ce paramètre a été très significative ($p < 0,001$). La salinité a varié de 0 g/L (juin) à 18,3 g/L (janvier). D'un mois à l'autre, la variation de la salinité a été significative ($p < 0,01$). La valeur la plus faible de la concentration en oxygène dissous (0,37 mg/L) a été obtenue en août. La valeur la plus forte (7,39 mg/L) a été enregistrée en décembre. La variation mensuelle de la concentration en oxygène dissous a montré une fluctuation très significative ($p < 0,01$).

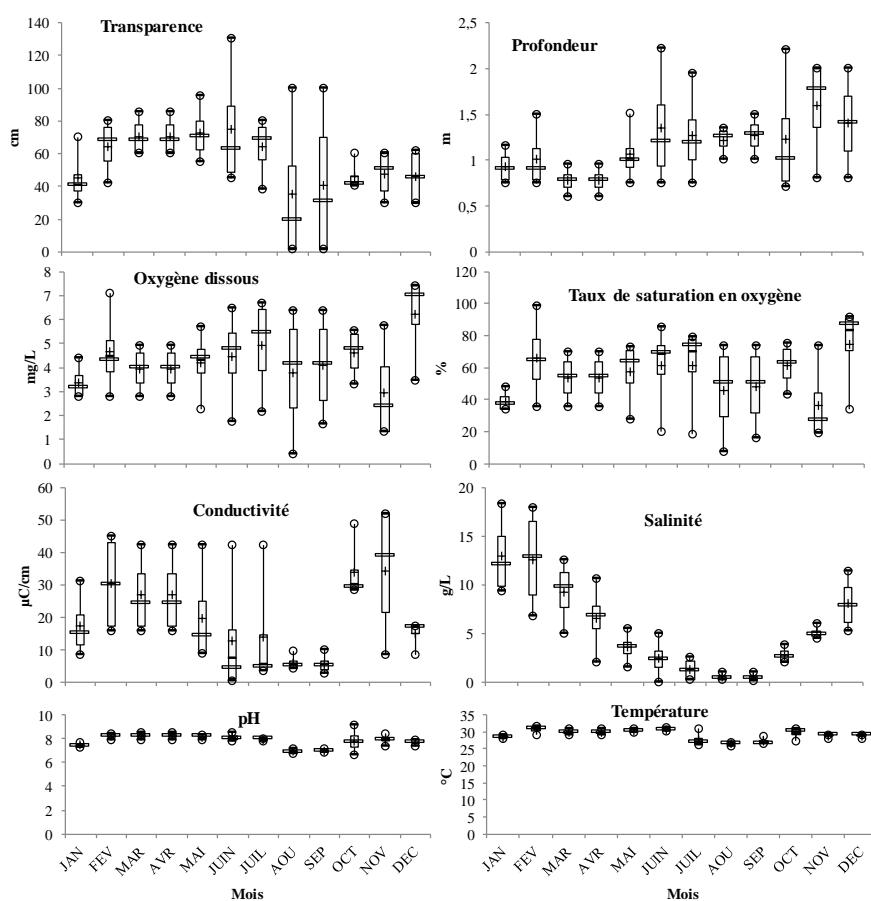


Figure 17 : Variations mensuelles des paramètres physico-chimiques de la lagune de Ouidah

3-14. Typologie abiotique des stations de la lagune de Ouidah sur la base des variables physico-chimique

Les résultats de l'Analyse en Composantes Principales réalisées à partir des valeurs des paramètres physico-chimiques de la lagune côtière de Ouidah ont montré que les deux premiers axes expliquent 92 % de la variabilité totale des données. La projection des stations d'échantillonnage dans le plan factoriel a montré trois groupes de stations. Le premier groupe est formé par la station de Togbin. Les stations de Avlékété et Djègbadji forment le deuxième groupe. Le dernier groupe est constitué de la station de Ayido (**Figure 18**).

La projection des variables environnementales a donné un cercle de corrélation (**Figure 19**) qui a montré que :

- l'axe F1 est fortement et positivement corrélé à la conductivité et la transparence. Il est négativement associé à teneur en oxygène dissous et à la profondeur.
- l'axe F2 est fortement et positivement corrélé au pH, au taux de saturation en oxygène et à la salinité. Il est négativement corrélé à température.

L'analyse combinée de la carte factorielle (**Figure 18**) et du cercle de corrélation (**Figure 19**) présente la station de Togbin comme caractérisée fondamentalement par la transparence et la conductivité ; par contre elle présente de très faibles valeurs en profondeur et en oxygène dissous. Les stations de Avlékété et de Djègbadji sont caractérisées par des valeurs élevées de salinité, de pH et de teneur en oxygène. La station de Ayido se démarque des autres stations par une température élevée et une faible profondeur.

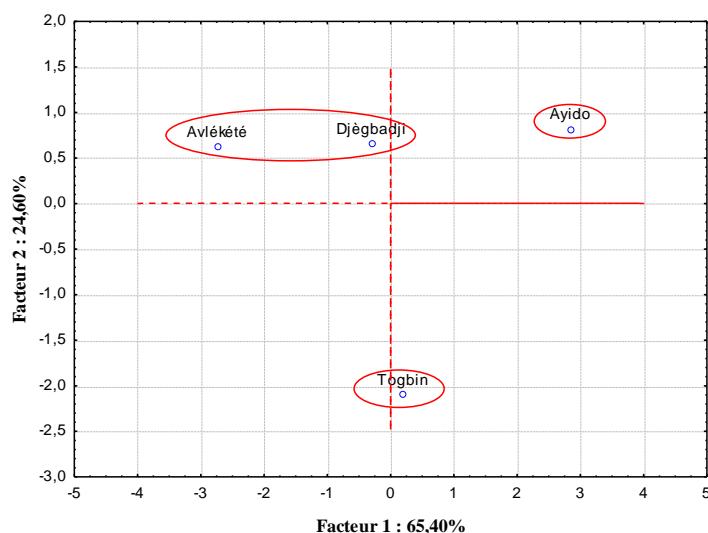


Figure 18 : Typologie abiotique des stations de la lagune de Ouidah sur la base des variables physico-chimiques

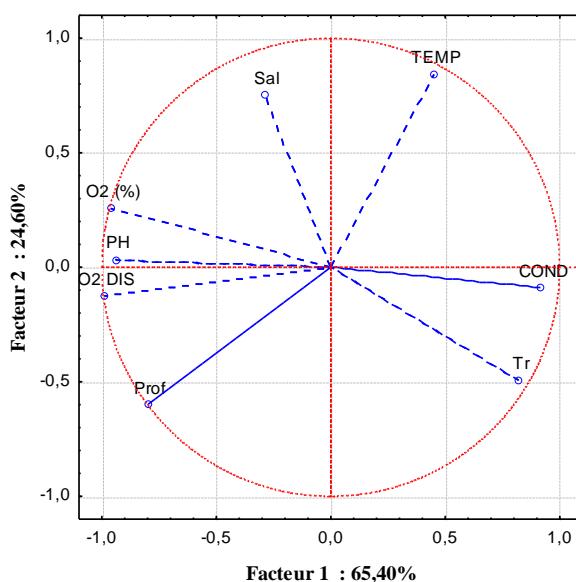


Figure 19 : Cercle de corrélation sur le plan factoriel F1 x F2 des variables environnementales de la lagune de Ouidah

4. Discussion

L'étude sur la caractérisation physico-chimique du lac Ahémé et ses chenaux au Sud-Ouest Bénin, permet de constater que les paramètres considérés varient dans l'espace et dans le temps, suivant le plan d'eau. L'analyse des paramètres physico-chimiques du complexe lac Ahémé et ses chenaux montre une fluctuation de la température qui s'accorde, à celle trouvée par [10] au niveau des eaux du lac Ahémé. Cette variation de la température est similaire à celle enregistrée par [11] dans le lac de barrage de Taabo, par [12] dans le lac d'Ayamé 1 et par [13] dans le lac d'Ayamé 2. La fluctuation de la température de l'eau du lac Ahémé pourrait se justifier par le fait que la station de Agonsa située au Nord-Ouest, reçoit les eaux du fleuve Couffo, qui sont généralement plus chaudes. Aussi, l'élévation de la température des eaux du lac observée pourrait s'expliquer par la couverture de la canopée presqu'inexistante au niveau de ce plan d'eau [13]. La transparence a été faible au niveau de la plupart des stations échantillonnées. Ce résultat dénote d'une situation de chargement de l'eau de matières en suspension qui diminuent considérablement la transparence de l'eau. Par ailleurs, les différences de la transparence de l'eau observée entre les stations du lac Ahémé se justifient, car la station de Agonsa est située en amont et présente des eaux plus transparentes que l'Est (Agatogbo) [10]. Au niveau du chenal Ahô, la transparence a été particulièrement faible à la station de Gbezounmè et pendant toute l'année.

La forte turbidité des eaux du lac Ahémé et du chenal Ahô enregistrée, pourrait être liée au rejet des eaux usées et des ordures domestiques dans le lac Ahémé et le chenal Ahô et à l'utilisation d'engrais dans l'agriculture installée sur son bassin versant. La décomposition d'une grande quantité de branchages utilisés pour l'aménagement des acadja laissés en place sur les pêcheries et l'envahissement du lac par des débris de végétaux provenant du fleuve Couffo semblent expliquer davantage les faibles transparencies de l'eau [10]. Au niveau du lac, la profondeur a varié de 0,4 m (Agatogbo, Zounta,) à 3 m (Agonsa). La plupart des stations du lac ont présenté des profondeurs très faibles surtout pendant la saison sèche. Les tendances de la présente étude, sont baissières par rapport aux études antérieures dans le lac Ahémé et dans le chenal Ahô ; ce qui justifie que les plans d'eau se comblent [8]. Dans le lac Ahémé et le chenal Ahô, la conductivité de l'eau a été globalement très élevée pendant la période d'étude. Un résultat qui traduit une eau très minéralisée (conductivité supérieure à 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et très chargée en matières dissoutes [6]. Ces résultats sont similaires à ceux de [10] qui signalaient une conductivité très élevée des eaux du lac Ahémé avec une valeur de 11700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station de Guézin. Cet état des eaux est provoqué, non seulement, par la pénétration de l'eau de l'Océan dans le lac Ahémé par le chenal Ahô, mais aussi et surtout par une intervention anthropique dans le milieu naturel [14]. La température de la lagune de Ouidah a varié de 25,8°C à 31,7°C.

Elle se trouve dans la gamme de température que présentent les milieux tropicaux. En effet, dans les milieux tropicaux en particulier dans le sud du Bénin, la température de l'eau supportable par la plupart des espèces est comprise entre 23°C et 31 °C [13, 15]. Ces variations de température permettent l'abondance et la prolifération des espèces eurythermes. Les valeurs de la profondeur de la lagune de Ouidah et de ses chenaux obtenues (0,16 m à 2,6 m) s'accordent à la fourchette trouvée par [16] dont la forte profondeur maximale mesurée a été de 2,8 m. Les valeurs sont ainsi similaires à celles issues des travaux de ces auteurs dans les stations de Avlékété et Togbin, mais différentes de celles trouvées dans la station de Djègbadji. Les faibles valeurs de la transparence (10 cm et 130 cm) et les fortes valeurs de la conductivité enregistrées, traduisent une eau très minéralisée et trop chargée en matière dissoutes [17]. Cette situation exprime un état d'accumulation de la matière organique et des nutriments dans les plans d'eau. Il ressort de l'analyse des valeurs d'oxygène dissous de la lagune de Ouidah que l'eau de la station de Togbin est la moins oxygénée que celles de toutes les stations (0,37 mg/L) tandis que celle de la station de Djègbadji (8,74 mg/L) est relativement plus oxygénée. Ces résultats sont différents de ceux trouvés par [17] qui présentaient la station de Djègbadji se caractérisant par une faible teneur en oxygène. Ces auteurs indiquent notamment que

l'analyse de l'eau au niveau de Djègbadji a révélé qu'il n'y a pratiquement pas d'oxygène dissous dans cette station qui serait peu favorable à la vie aquatique. On pourrait penser qu'il y a progressivement une amélioration du milieu écologique. Les travaux de replantation de la mangrove dans le cadre de la mise en œuvre du programme PAZH sont peut-être en train de faire leur effet. La température moyenne de l'eau à la lagune de Grand-Popo a varié de 24,34°C à 32,2° à la lagune Côtière à la station de Gbècon. Dans l'ensemble, les températures enregistrées au cours de cette étude sont plus élevées que celles présentées par [17]. La profondeur de l'eau enregistrée sur la lagune a fluctué de 0,4 m à 3,55 m. Les profondeurs maximale et minimale sont respectivement notées à Avlo-embouchure et à Onkouihoué. La variation significative de la profondeur est surtout liée aux saisons qui influent sur l'augmentation de niveau de l'eau sur cette lagune [2]. Pour les plans d'eau analysés, le pH se situe dans l'ensemble entre 6,4 et 9,7. Ces valeurs enregistrées dans les stations, montrent que la variation n'est pas trop importante et qu'elle est bien contenue dans l'intervalle de 6 à 8 toléré par de nombreuses espèces de poissons [15]. Selon ces auteurs, il est très important que le pH soit constant et ne connaît que de légères fluctuations. Dans l'ensemble, les résultats du pH de la présente étude ne sont pas conformes à ceux de [17] qui ont obtenu des valeurs de pH variant de 7,2 à 7,53 pour les stations de la lagune côtière.

Concernant la salinité, la présente étude montre que l'ensemble formé par l'embouchure de Grand-Popo et le chenal Ahô présentent en général les valeurs maximums de salinité. Cela s'expliquerait par le fait que ce chenal est en communication avec la mer par le biais de l'embouchure. Au niveau du lac Ahémé, la salinité est presque nulle de juin à décembre, et une évolution substantielle a été observée à partir de janvier. Cette situation est due aux pluies de la petite saison, et de la forte quantité d'eau déversée dans ce lac par le fleuve Couffo, qui s'engorge par l'eau provenant des précipitations au Nord-Bénin. Par ailleurs, les barrages à nasses et les acadjas installés dans le chenal Ahô, constituent des barrières qui entravent la bonne circulation de l'eau ; ce qui fait que les zones au centre et en amont du lac Ahémé ne reçoivent l'eau salée que vers la fin de la saison sèche ou à l'étiage. La lagune de Grand-Popo, bien qu'abritant l'embouchure de la Bouche du Roy, présente des valeurs moyennes mensuelles faibles de salinité par rapport à la lagune de Ouidah. Cette situation pourrait s'expliquer par le fait que les stations d'Avlo, Gbècon, et Onkouihoué, sont situées à l'Ouest de l'embouchure et reçoivent rarement l'eau salée, à cause de la grande quantité d'eau douce provenant du fleuve Mono. Quant à la lagune de Ouidah, elle présente des valeurs moyennes mensuelles élevées de salinité à cause de sa position (Est) par rapport à l'embouchure, et l'existence des zones très salées de promotion des activités salicoles entre Djègbadji et Togbin, où l'eau présente une salinité élevée.

5. Conclusion

La présente étude a permis de constater que les paramètres considérés varient dans l'espace, le temps et suivant les plans d'eau. Les résultats obtenus montrent que les plans d'eau sont soumis aux pressions d'origine anthropique. Les paramètres de minéralisation présentent des valeurs très élevées et témoignent d'un risque élevé d'eutrophisation. L'analyse spatio-temporelle des paramètres montre une évolution de la pollution liée aux habitations implantées sur les plans d'eau. Elle indique aussi l'influence des activités agricoles sur les bassins et présente des stations perturbées. La connaissance de ces conditions abiotiques permet d'apprécier l'équilibre écologique de ces plans d'eau.

Références

- [1] - R. M. WARWICK, "Evidence for the effect of metal contamination on the intertidal Macrobenthic assemblages of the Fall estuary. Marine Pollution", *Bulletin*, (42) (2001) 145 - 148
- [2] - D. ADANDEDJAN 2012, "Diversité et déterminisme des peuplements de macrovertébrés benthiques de deux lagunes du sud-Bénin : la lagune de Porto-Novo et la lagune côtière" Doctorat unique en Sciences Agronomiques de l'Université d'Abomey-Calavi, (2012) 239 p.
- [3] - H. L. ZINSOU, A. H. ATTINGLI, P. GNOHOSSOU P, D. ADANDEDJAN et P. LALEYE, "Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l'Oueme au Benin" *Journal of Applied Biosciences*, 97 (2016) 9163 - 9173
- [4] - C. LEVEQUE et D. PAUGY, "Peuplement des cours d'eau et des biotopes associés. In: Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme", IRD (Eds), Paris, (1999) 283 - 294
- [5] - A. C. DEDJIHO, D. MAMA, L. TOMETIN, I. NOUGBODE, W. CHOUTI, C. D. SOHOUNHLOUE et M. BOUKARI, "Evaluation de la qualité physico-chimique de certains tributaires d'eaux usées du Lac Ahémé, Benin", *Journal Of Applied Bioscience*, (70) (2013) 5608 - 5616
- [6] - T. M. AGBLONON HOUELOME, D. ADANDEDJAN, A. CHIKOU, II. TOKO, C. BONOU, I. YOUSSEAO et P. LALEYE, "Caractérisation de la qualité physico-chimique des eaux de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin". *Afrique SCIENCE*, (13) (4) (2017) 35 - 49
- [7] - D. ADANDEDJAN, T. M. AGBLONON HOUELOME, S. AHOUANSOU MONTCHO, S. HOUNKPE et P. LALEYE, "Antropogenic impacts on water quality and macroinvertebrates distribution of Toho Lake, South West Benin" *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, (13) (6) (2018) 152 - 165
- [8] - C. C. VIAHO, "Inventaire de la faune ichtyologique du lac Ahémé et ses chenaux et quelques aspects bioécologiques des espèces dominantes". Mémoire de Master, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, (2014) 94 p.
- [9] - E. AMOUSSOU, "Lacs et lagunes anciens du Sud-Ouest Bénin, état des lieux" IUCN Bénin Rapport d'étude, (2014) 122 - 201
- [10] - F. DIMON, F. DOVONOU, W. CHOUTI, D. MAMA, N. ADJAHOSOU, A. ALASSANE et M. BOUKARI, "Caractérisation physico-chimique du lac Ahémé (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution des sédiments par le plomb, le zinc et l'arsenic". *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, (037) (2014) 36 - 42
- [11] - N. G. ALIKO, K. S. Da COSTA, K. F. KONAN, A. OUATTARA et G. GOURENE, "Fish diversity along the longitudinal gradient in a man-made lake of West Africa, Taabo hydroelectric reservoir, Ivory Coast". *Ribarstvo*, (68) (2) (2010) 47 - 60
- [12] - K. S. KONAN, K. L. KOUASSI, K. F. KONAN, K. L. KOUAME, K. AKA et D. GNAKRI, "Evaluation des charges solides et caractérisation hydrochimique des eaux du lac du de barrage hydroélectrique d'Ayamé 1 (Côte d'Ivoire)". *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, Section Sciences de la Terre, (35) (2013) 17 - 25
- [13] - E. Y. ADOU, G. K. BLAHOUA, M. Z. GOGBE et V. N'DOUBA "Caractérisation Physico-Chimique des eaux d'un lac Situé Entre deux Barrages Hydroélectriques : Lac d'Ayamé 2 (Côte d'Ivoire)". *European Journal of Scientific Research*, (04) (2018) 451 - 461
- [14] - F. DOVONOU, M. AINA, M. BOUKARI et A. ALASSANE, "Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoué au Sud Benin", *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, (5) (4) (2011) 1590 - 1602
- [15] - W. CHOUTI, D. MAMA, A. ALASSANE, O. CHANGOTADE, F. ALAPINI, M. BOUKARI, T. AMINOU et A. AFOUDA, "Caractérisation physicochimique de la lagune de Porto Novo (Sud Bénin) et mise en relief de la pollution par le mercure, le cuivre et le zinc". *Journal of Applied Biosciences*, (43) (2011) 2882 - 2890
- [16] - D. ADANDEDJAN, P. LALEYE et G. GOURENE, "Macroinvertebrates communities of a coastal lagoon in southern Benin, West Africa". *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, (6) (3) (2012) 1233 - 1252
- [17] - W. CHOUTI, N. E. CHITOU, N. KELOME, B. B. H. KPAKO, D. H. VLAVONOU et M. TOSSOU, "Caractérisation Physico-Chimique et étude de la toxicité de la lagune côtière, de Togbin à Grand-Popo (Sud-Ouest Bénin)" *European Scientific Journal*, (13) (27) (2017) 131 - 151