



## Spatialisation des paramètres physico-chimiques dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé (sud-Bénin).

Arthur H. ATTINGLI<sup>1</sup>, Léonce H. ZINSOU<sup>1</sup>, Expédit W. VISSIN<sup>2</sup>, Philippe A. LALEYE<sup>1</sup>

(1) Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture(LHA). Université d'Abomey-Calavi (UAC)-Faculté des Sciences Agronomiques(FSA)

(2) Laboratoire Pierre PAGNEY. Climat, Eau, Écosystème et Développement (LACEEDE)

Auteur correspondant : [hermasattingli@yahoo.fr](mailto:hermasattingli@yahoo.fr) , phone : (229) 96 13 46 73

Original submitted in on 23<sup>rd</sup> February 2016. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> September 2016  
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v105i1.15>

### RESUME

**Objectif :** La Basse Vallée de l'Ouémé est située au Sud Est du Bénin. Elle comporte de vastes plaines d'inondation dont les caractéristiques écologiques favorisent une importante colonisation par les poissons. L'objectif de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de la répartition spatiale des paramètres physico-chimiques dans ses différentes pêcheries

**Méthodologie et résultats :** Les données relatives aux caractéristiques physico-chimiques ont été collectées mensuellement de mai 2014 à avril 2015 dans 16 pêcheries intégrées à la basse vallée de l'Ouémé. Ces principaux paramètres tels que la Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), l'oxygène dissous ( $\text{mg}/\text{l}$ ), le pH, la température ( $^{\circ}\text{C}$ ), le taux de saturation (%) et le TDS (Taux des Solides Dissouts) en  $\text{mg}/\text{l}$  ont été mesurés par divers appareils appropriés. La méthode de Krigeage ordinaire est appliquée pour estimer les valeurs des observations à des points inconnus. La modélisation des variogrammes pour les 16 stations donne trois types de modèle : Un modèle sphérique avec effet de pépité de 0,0006 et un palier de 0.009 pour la conductivité. Un modèle linéaire pour la température et le pH avec effet de pépité. Et des modèles périodiques avec une composante en cosinus pour le TDS, la conductivité et l'oxygène dissous. Ces modèles confirment la grande variabilité spatiale et temporelle des paramètres physico-chimiques suivant le régime hydrologique de la Basse Vallée de l'Ouémé. Certaines variations sont proches des seuils de tolérance admis pour la survie de la plupart des espèces de poissons d'eau douce.

**Conclusion et application :** Les principaux résultats montrent que les différentes concentrations obtenues sont très proches des seuils de tolérance physico-chimiques de certaines espèces de poissons vivant dans le milieu. Cependant, ces résultats renseignent quelque peu sur les menaces potentielles pour la survie des espèces aquatiques dans ce milieu. Cette étude vise à contribuer à la prise de décision au profit de l'aménagement de la Basse Vallée de l'Ouémé.

**Mots-clés :** spatialisation- paramètres physico-chimiques Basse Vallée de l'Ouémé, Krigeage.

## Physicochemical parameters spatialization in the fisheries of the Lower Ouémé Valley

### ABSTRACT

*Objectives:* The Lower Valley of Oueme is located in South East of Benin Republic. It has large flood plains whose ecological characteristics favor a substantial colonization by fishes. The objective of this study is to contribute to a better knowledge of the spatial distribution of physicochemical parameters in the different fisheries of the Lower Valley of Ouémé.

*Methodology and results:* The data were collected on the physicochemical characteristics of 16 fisheries integrated in the lower valley of Ouémé at monthly scale from May 2014 to April 2015. These key parameters such as conductivity ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), dissolved oxygen ( $\text{mg}/\text{l}$ ), pH, temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), saturation (%) and TDS (Total Dissolved Solids) were measured by suitable equipments. Ordinary Kriging method was applied to estimate the observation values at non-measured points. The modeling of the variograms for the 16 fisheries gives three types of model: aspherical model with 0.0006 as nugget effect and 0009 as bearing for the conductivity, a linear model for temperature and pH with nugget effect, and periodic patterns with a cosine component for the TDS, conductivity and dissolved oxygen. These models confirm the high spatial and temporal variability of physicochemical parameters according to the hydrological pattern of the Lower Valley of Ouémé.

*Conclusion and application:* The main results show that the concentration values obtained are very close to the thresholds of tolerance of some fish species of the Lower Valley of Ouémé. However, these results provide information on potential threats on the fishes of the valley. This study aims to contribute to decision making for the management of the Lower Valley of the Ouémé.

**Keywords:** Spatialization- physicochemical parameters- Lower Valley of the Ouémé- kriging,

### INTRODUCTION

Les données physico-chimiques représentent la qualité de l'eau, son évolution et sa compatibilité avec les usages. Elles expliquent la répartition des espèces et de ce fait sont un indicateur de fonctionnement de l'écosystème (Nisbet et Verneaux, 1970). Les poissons sont poïkilothermes et chaque espèce est adaptée à une zone thermique possédant un optimum vital et des limites en dehors desquelles la température a des effets néfastes pouvant entraîner la mort (Azaza, 2007). Leur survie dans un écosystème dépend aussi du pH indissociable des paramètres tels que l'oxygène dissous et les autres facteurs de minéralisation de l'eau. De ce fait, la qualité des paramètres physico-chimique est un déterminant assez important pour la caractérisation des plans d'eau. Les études réalisées en milieu aquatique apportent des éléments de compréhension à la vulnérabilité des espèces aquatiques vis-à-vis de la contamination chimique. Ainsi, les approches récemment développées en

génomique permettent, dans certains cas, de comprendre comment certaines populations peuvent se maintenir dans des écosystèmes contaminés de façon chronique par des substances chimiques (Yao, 2006). A l'opposé, de par leurs traits biologiques et écologiques, certaines espèces seront plus vulnérables que d'autres à l'exposition aux polluants et aux activités humaines (Lévêque et Paugy, 2006). Des approches de spatialisations permettent même de prédire le risque d'extinction d'une population en fonction de la concentration en polluant à laquelle elle est exposée. L'évaluation de la vulnérabilité des paramètres physico-chimiques pour les milieux aquatiques fait de plus en plus souvent référence à la notion de vulnérabilité, notion qui reste cependant difficile à appréhender du point de vue réglementaire. La présente étude axée sur la "répartition géographique des paramètres physico-chimiques dans la Basse Vallée de l'Ouémé" se veut de répondre à cette interpellation.

### METHODOLOGIE

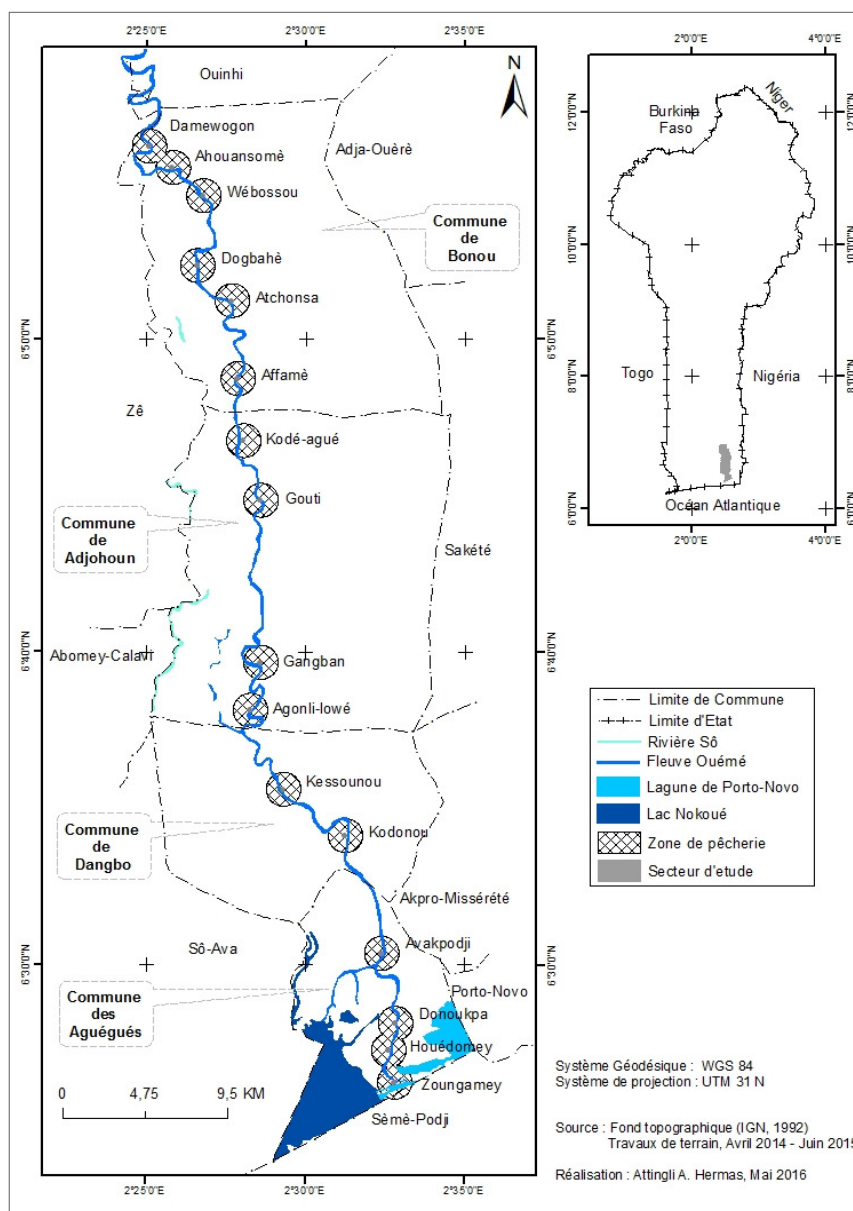
**Milieu d'étude :** Le fleuve Ouémé avec 510 Km de long forme le plus grand bassin fluvial ( $50000 \text{ km}^2$ ) du Bénin. Il dispose dans son ensemble d'une diversité ichtyologique

élevée : 122 espèces (Lalèyè, 2007). L'Ouémé traverse plusieurs zones agroécologiques et est subdivisé en deux : l'Ouémé supérieur (climat soudanien) et l'Ouémé

**Attingli et al. J. Appl. Biosci. 2016 Spatialisation des paramètres physico-chimiques dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé (sud-Bénin).**

inférieur (climat subtropical) La Basse Vallée de l'Ouémé (Figure 1) correspond sur 50 km environ à la partie aval de l'Ouémé inférieur. Elle s'étale entre 6°24' - 6°52' N, et 2°24' - 2°38' E. Sa superficie avoisine les 9000 Km<sup>2</sup> (Barbe et al., 1993). Son régime hydrologique est tributaire du climat soudanien (Nord-Bénin). Ainsi, on note une période de basses eaux qui dure en général sept mois (Novembre à juin) et une période de crue de juillet à octobre (Lalèyè, 1995) Elle comporte de vastes plaines d'inondation dont les caractéristiques écologiques favorisent une importante colonisation par les poissons.

Ainsi, elle correspond à la zone agroécologique VIII ou zone de pêche (Lalèyè et al., 2007 ; Inrab, 1995). Les formations pédologiques dominantes sont les formations sédimentaires du bas-Bénin. Elle, abrite en moyenne une population de 478.045 habitants (INSAE, 2012) concentrée dans 4 principales communes que sont Bonou, Adjohoun, Dangbo et Aguégoués. Les principaux groupes ethniques représentés sont les Wémé (49%) et les Goun (21%) (Gbaguidi, 2009) dont la pêche et l'agriculture sont les principales occupations.



**Figure 1 : Localisation des zones de pêche prospectées dans la Basse Vallée de l'Ouémé**

**Mesure des paramètres physico-chimiques :** Dans le cadre de cette étude, 16 pêcheries ont été prospectées. Les stations de mesure choisies sont réparties, le long de la Basse Vallée de l'Ouémé : en amont (moyen delta) de Bonou à Adjohoun 10 stations et en aval (bas delta) de la limite de Adjohoun jusqu'aux Aguégus est installées 6 stations. Ce choix est guidé par un souci de couvrir tout le secteur d'étude, d'une part, et d'autre part d'avoir de précision dans les données. L'accessibilité des stations en toute saison, a été le critère additionnel considéré. Des mesures mensuelles des variables physico-chimiques ont été réalisées entre mai 2014 et avril 2015 couvrant ainsi un cycle hydrologique complet de la basse vallée de l'Ouémé. Une période d'étiage (novembre à juin) et une période de crue (juillet à octobre). Un GPS, navigateur Garmin GPS 72 a été utilisé pour la localisation des points d'échantillonnage. Les paramètres physico-chimiques mesurés entre 6 H et 10H30 sont : le taux d'oxygène dissous (mg/l), de saturation(%), la température (°C) et le pH à l'aide d'un pH/oxy/thermomètre à lecture directe de modèle

OAKTON muni de deux sondes. La Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et le taux de solides dissouts (TDS) mg/l ont été obtenus par lecture directe au moyen d'un conductimètre de modèle PIONNEER 10 muni d'une sonde.

**Analyse et traitement des données :** Pour définir la structure des variables, les traitements statistiques permettant la description de la distribution des données, la moyenne et leur dispersion (coefficient de variation) ont été effectués à l'aide du module Excel de Microsoft Office 2010. La structure spatiale des paramètres, a été définie au moyen de la géostatistique. Les variables analysées sont considérées comme des variables régionalisées, c'est-à-dire qu'elles présentent simultanément un aspect aléatoire et un aspect structuré (Gascuel-Odeux *et al.*, 1995). Pour ce faire, la structure spatiale a été caractérisée en construisant les semi-variogrammes expérimentaux qui sont ensuite modélisés. Les cartes d'isovaleurs interpolées sont obtenues par un krigeage ordinaire (Walter, 1990 ; Boivin, 1991). Le variogramme expérimental est calculé à travers la formule (Abramowitz et Stegun, 1972) :

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{(i,j) \in \{h\}} (Z_i - Z_j)^2, \text{ avec}$$

$\gamma(h) \equiv$  variogramme expérimental pour les couples de distance  $h$

$N \equiv$  nombre de couples d'observations séparées par la distance  $h$

$\{h\} \equiv$  ensemble des couples de points de distance  $h$

$Z_i$  et  $Z_j \equiv$  valeurs des observations respectivement aux stations  $i$  et  $j$

Le critère d'optimisation du modèle de variogramme le plus approprié est un critère numérique de calage. C'est l'une des transformations de la fonction critère proposée

par Nash et Sutcliffe (1970) et désignée sous l'appellation « Nash ». Le Nash se définit par la formule ci-après :

$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum (y_b(h) - y_m(h))^2}{\sum (y_b(h) - \bar{y}_b)^2}. \text{ Avec :}$$

$y_b(h) \equiv$  variogramme expérimental pour les couples de distance  $h$

$y_m(h) \equiv$  variogramme modélisé pour les couples de distance  $h$

$\bar{y}_b \equiv$  moyenne des variogrammes expérimentaux

L'ajustement est optimal lorsque le Nash est maximal. La méthode de krigeage ordinaire est utilisée pour estimer les valeurs des observations à des points inconnus. C'est un estimateur sans biais très utilisé en hydrométrie. Cette

méthode tient compte de l'influence (poids) des valeurs des points avoisinant l'endroit inconnu. Une valeur quelconque  $Z$  de paramètre en un endroit  $x$  est estimée par la formule suivante :

$$Z_x = \sum \lambda_0 Z_i$$

$Z_x \equiv$  valeur estimée

$\lambda_0 \equiv$  poids d'influence d'une valeur connue

$Z_i \equiv$  valeur d'un point connu

Les  $\lambda_i$  sont déterminés à travers la résolution du système de Krigeage qui est le suivant :

$$\begin{cases} K_0 \lambda_0 = k_0 \\ \sigma_{k_0}^2 = \sigma_x^2 - \lambda_0' k_0 \\ \sum_{i=0}^n \lambda_0 = 1 \end{cases}$$

$K_0 \equiv$  matrice des covariances de tous les couples de points

$k_0 \equiv$  matrice des covariances de tous les couples de points contenant  $Z_x$

$\sigma_{k_0}^2 \equiv$  variance d'estimation du krigeage ordinaire

$\lambda_0' \equiv$  transposée de la matrice  $\lambda_0$

Le traitement géostatistique est réalisé moyennant le logiciel Surfer 8.0. Ce logiciel offre deux fonctions à l'utilisateur : un module de variographie et un deuxième

module de cartographie par krigeage d'une variable donnée.

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

**Modèles de variogramme :** Trois types de modèles ont été rencontrés suivant les variogrammes expérimentaux pour tous les paramètres étudiés (Figure 2). Le variogramme expérimental moyen du taux de saturation en oxygène suit une allure sphérique aux faibles distances (distances proches de 0) et admet un effet de pépité de 0,0006 et un palier de 0.009. La présence de pépité indique que les observations les plus proches d'une station à estimer ont un poids moins important que les autres (Chabanne et Plante 1969). L'allure sphérique indique que le processus de répartition du taux de saturation en oxygène dans la Basse Vallée de l'Ouémé est régulier. La température et le pH présentent un modèle linéaire avec effet de pépité. Une pépité de 0,002 pour la température et 0,0009 pour le pH. S'agissant des autres paramètres tels que la Conductivité, le TDS et l'oxygène dissous, des modèles périodiques avec une composante en cosinus sont obtenus avec un effet de pépité de 30 pour la conductivité ; 0,0094 pour l'oxygène dissous, tandis que le variogramme moyen du TDS n'admet pas de pépité (Figure 2). Les différents modèles de variogramme obtenus démontrent la grande variabilité spatiale des principaux paramètres physico-chimiques dans la Basse Vallée de l'Ouémé.

**Caractéristiques physico-chimiques :** La variation thermique est un indicateur qui détermine la distribution des niches écologiques dans le milieu aquatique. La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tels que : la saturation des gaz dissous et la mesure du pH. (Aminot et Kérouel, 2004) Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude ont montré que les valeurs de température de l'eau dans les différentes pêcheries ne connaissent pas une variation significative d'une période hydrologique à une autre. La tendance est quasiment la même tant en période des hautes eaux qu'en période de basses eaux (23° à 28 °C). La variation des eaux de surface dépend essentiellement des phénomènes climatiques (Bachari, 2009). Les stations les moins sensibles à la variation thermique entre périodes sont celles situées dans la partie aval du secteur d'étude (Zoungamey, Donoukpa, Avakpodji et Houédomey). Les températures des eaux mesurées au cours de la période d'échantillonnage sont légèrement faibles par rapport à celles de l'air (30°C en moyenne dans la zone) mais elles suivent la même tendance (Figure 3).

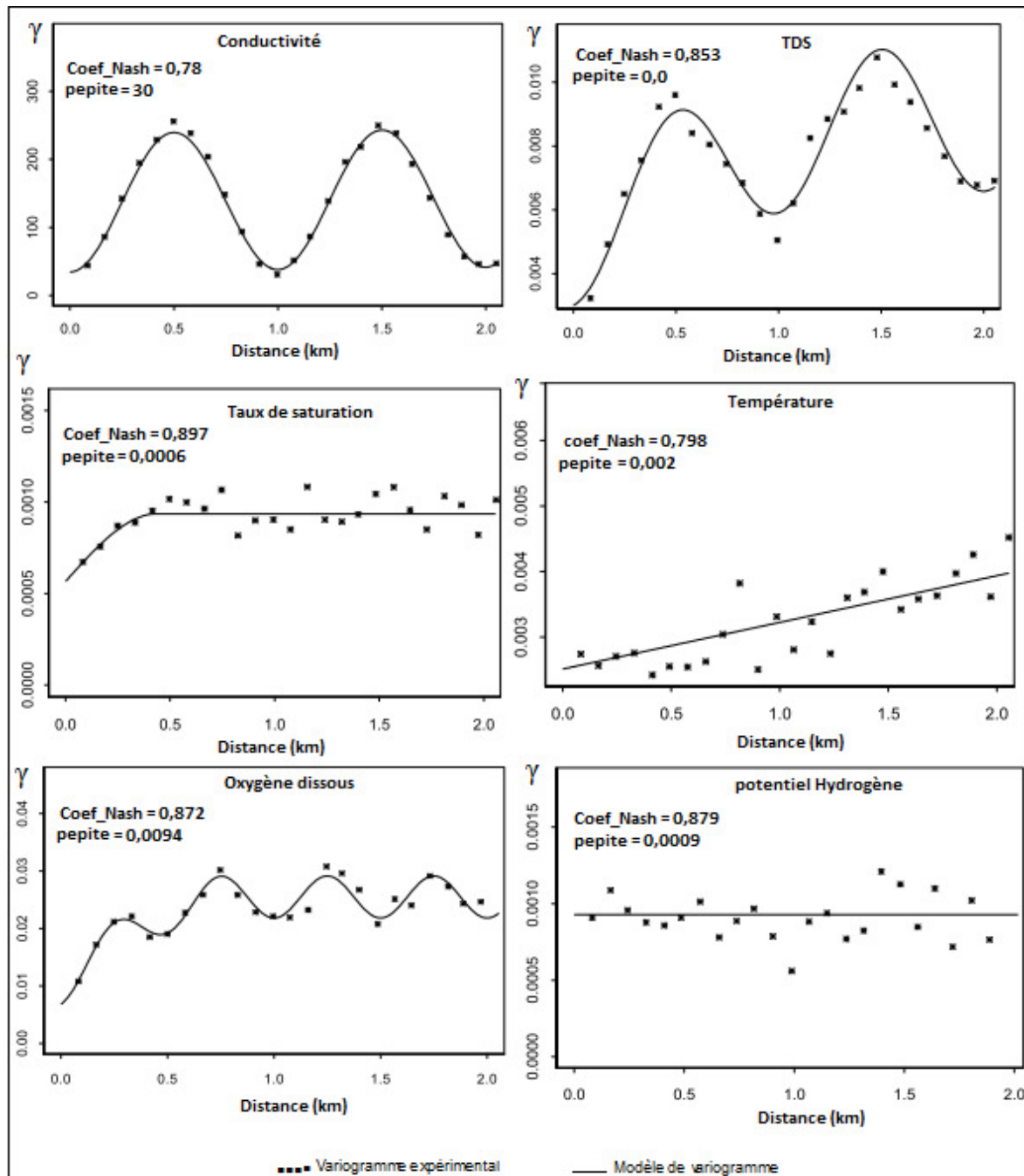


Figure 2 : Modèles de variogramme obtenus avec 6 paramètres physico-chimiques dans la Basse Vallée de l'Ouémé.

Les fortes valeurs sont obtenues en période de décrue (novembre-mai) et les faibles valeurs en période de crue (juin-octobre). Ces légères fluctuations (23° à 28 °C) de la température de l'eau seraient dues probablement à l'influence des facteurs météorologiques et hydrodynamiques que subissent les eaux superficielles. Cette fluctuation des températures joue un rôle important dans l'activité de reproduction des poissons (Bénech et

Ouattara, 1990). Pour Chikou (2006), les basses températures participent au ralentissement de la croissance chez les espèces en induisant des marques de croissance sur les pièces osseuses. Les faibles valeurs de température enregistrées dans le secteur d'étude se situent bien dans la gamme des températures qui garantissent une bonne croissance des espèces. Dans l'ensemble les valeurs sont de niveau saisonnier.

(Roche Internationale, 1990). Mais on note que globalement, les seuils de tolérance, en ce qui concerne la température indiqués dans bien d'autres résultats de recherche pour la même espèce connaissent une variabilité. Le même constat a été fait par Fernandes et Ratin (1986) puis Beitinger *et al.* (2000). Azaza et Kraiem (2007) précisaient à cet effet, que cela est lié à la grande ambiguïté des définitions et des indices utilisés par les auteurs lors de l'étude de la thermo tolérance. Les valeurs du pH sont légèrement alcalines à légèrement basique avec des valeurs variant entre 5 et 8 (Figure 4). pendant la période des hautes eaux (cru) et 4 à 7 pendant les périodes de basses eaux (décrue) La légère alcalinité des eaux peut être due au fait que ce complexe est situé sur un substrat contenant carbonate et bicarbonate qui permettent de tamponner les eaux (Serghini *et al.* 2010). Le léger abaissement des valeurs de pH pourrait être expliqué par les teneurs élevées de matière organique (Derwich *et al* 2010). En effet, dans cette vallée, la pêche y est fortement pratiquée de façon artisanale avec des équipements de pêche multiples et présentant de nombreuses variantes répondant chacune à des normes précises d'utilisation (biotope exploité, espèces cibles, saison hydrologique) (Lalèyè *et al.*, 2004). Or, pour la plupart des espèces aquatiques, la zone optimale de pH pour la reproduction, se situe entre 6 et 7,2. Au-delà de pH 9, il y a mortalité pour de nombreuses espèces (Zongo, 1993). Au regard de ce constat, Les valeurs les plus faibles pH < 5 ne sont pas conformes aux normes des eaux piscicoles (pH compris entre 6 et 9). L'évolution du potentiel hydrogène dans le secteur d'étude indique que certaines pêcheries sont déjà menacées. Surtout les stations situées au centre comme Agonlin-lowé et Gangban pendant la décrue et Kessounou et Kodonou pendant la crue (Figure 4). S'agissant de la conductivité, les résultats obtenus montrent que pendant la période de décrue longue de 8 mois (novembre à juin). Le gradient de concentration de la conductivité d'une manière générale, présentent une variation notable avec une moyenne de 109.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Le pic est obtenu en janvier où on observe jusqu'à 144.25  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au Nord du secteur d'étude à l'exutoire de Bonou. En effet, l'eau qui arrive dans la basse vallée charrie des particules solides qui, du fait d'un temps de séjour plus ou moins long dans la basse vallée, se décomposent en particules plus ou moins fines et/ou se minéralisent, d'où l'augmentation de la conductivité observée de l'amont

vers l'aval. Pendant la crue La conductivité varie dans les mêmes tendances sauf que le gradient de concentration est inversé. En effet, les plus grandes concentrations sont obtenues dans les stations plus au Sud dans les communes des Aguégues Nos résultats corroborent ceux de Chikou (2006) qui obtient des valeurs variant entre 47,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 129,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$  à la station d'Agonlin-Lowé et de Guenda (1996) qui avait signalé une conductivité de 101  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour le Mouhoun au Burkina Faso. A cet effet, Bénech et Ouattara (1990) relèvent qu'en Afrique tropicale dans les bassins versants non pollués, la conductivité électrique spécifique varie de 35 à 1200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pour des fleuves. De la même manière, les variations du TDS (Figure 5) suivent la même tendance que celles de la conductivité. Les résultats obtenus indiquaient un gradient de concentration tribulaire du régime hydrologique de la basse vallée. Les fortes valeurs sont observées au cours de la période de décrue (70mg/l à 43mg/l) orienté nord-sud au début des crues en juin. Ces valeurs observées au mois de janvier s'expliquent par l'intensité du maraîchage dans la zone et éventuellement par l'effet d'érosion qui draine les particules solides comme le fer, le manganèse, le sulfate, le bromure et l'arsenic dans l'eau. Le fort TDS peut empêcher la pénétration de la lumière et l'oxygénation du milieu. Selon Amoros et Petts (1993), la qualité des eaux fluviales varie suivant les fleuves et selon la position du secteur sur la dimension longitudinale puisque, pour un fleuve donné, les eaux sont généralement de plus en plus chargées vers l'aval. La valeur du taux d'oxygène varie de 4 mg/l à 7 mg/l (Figure 5) aussi bien pendant la crue que pendant la décrue. Les valeurs faibles (< 5 mg/l) sont globalement obtenues pendant la décrue. Leur présence pourrait être expliquée par les fortes teneurs des matières en suspension en surface et des déchets des matières organiques solides et liquides rejetés essentiellement par des populations lors du transport des produits pétroliers et suites à d'autres actions anthropiques. Ces valeurs sont faibles par rapport aux normes de qualité des eaux piscicoles ( $\geq 6$  mg/l). Les pêcheries ou les valeurs de l'oxygène sont globalement en dessous de 5mg/l sur 8 mois environ sont déjà menaçantes pour la survie de certaines espèces de poissons (Figure 5). Ces résultats sont conformes à ceux de Chikou (2006). Néanmoins, ces eaux sont saturées à plus de 80 % avec une grande variation spatio-temporelle toute l'année (Figure 3).

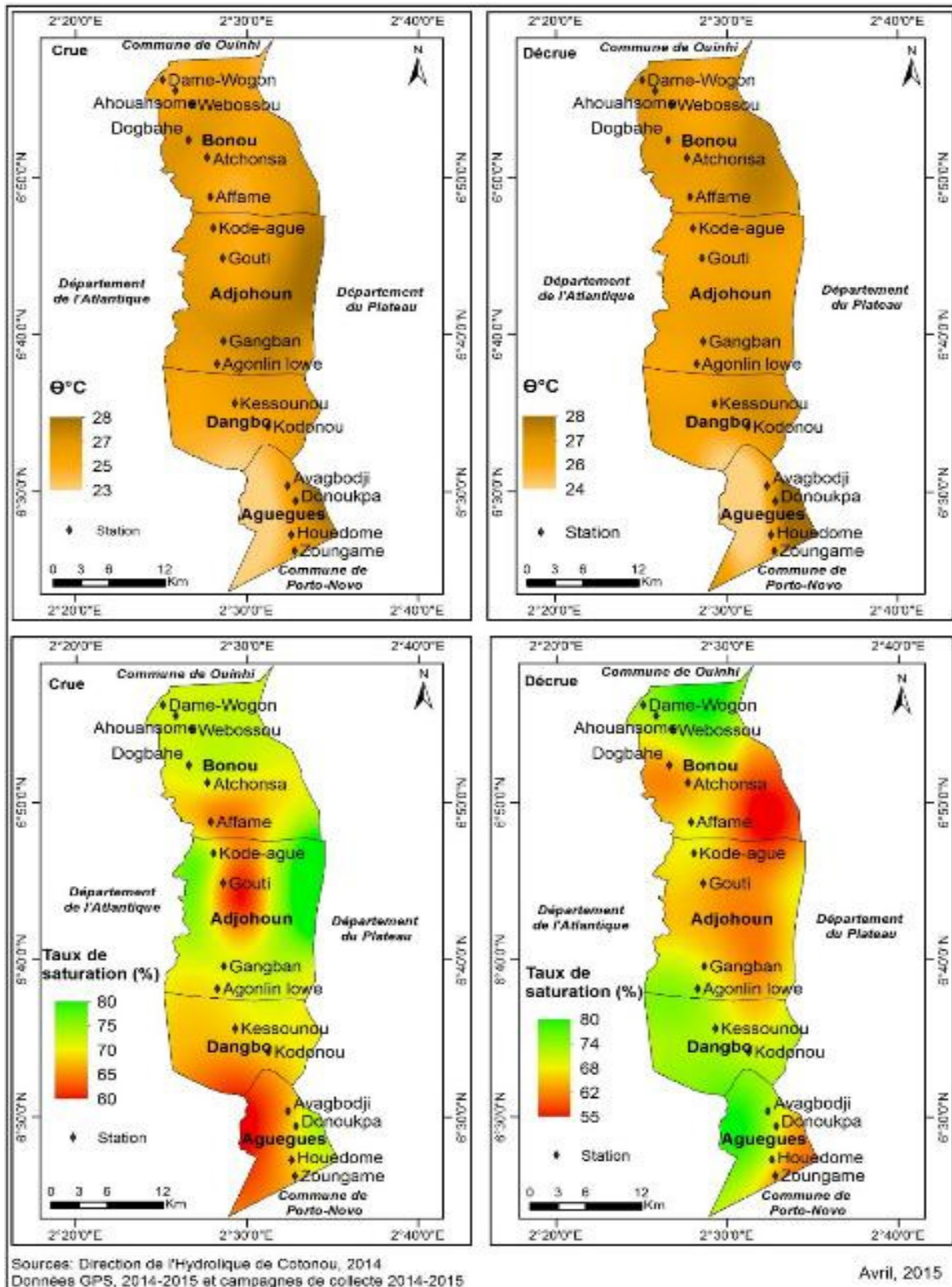


Figure 3 : Répartition de la température et du taux de saturation par périodes (crue et décrue) dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé



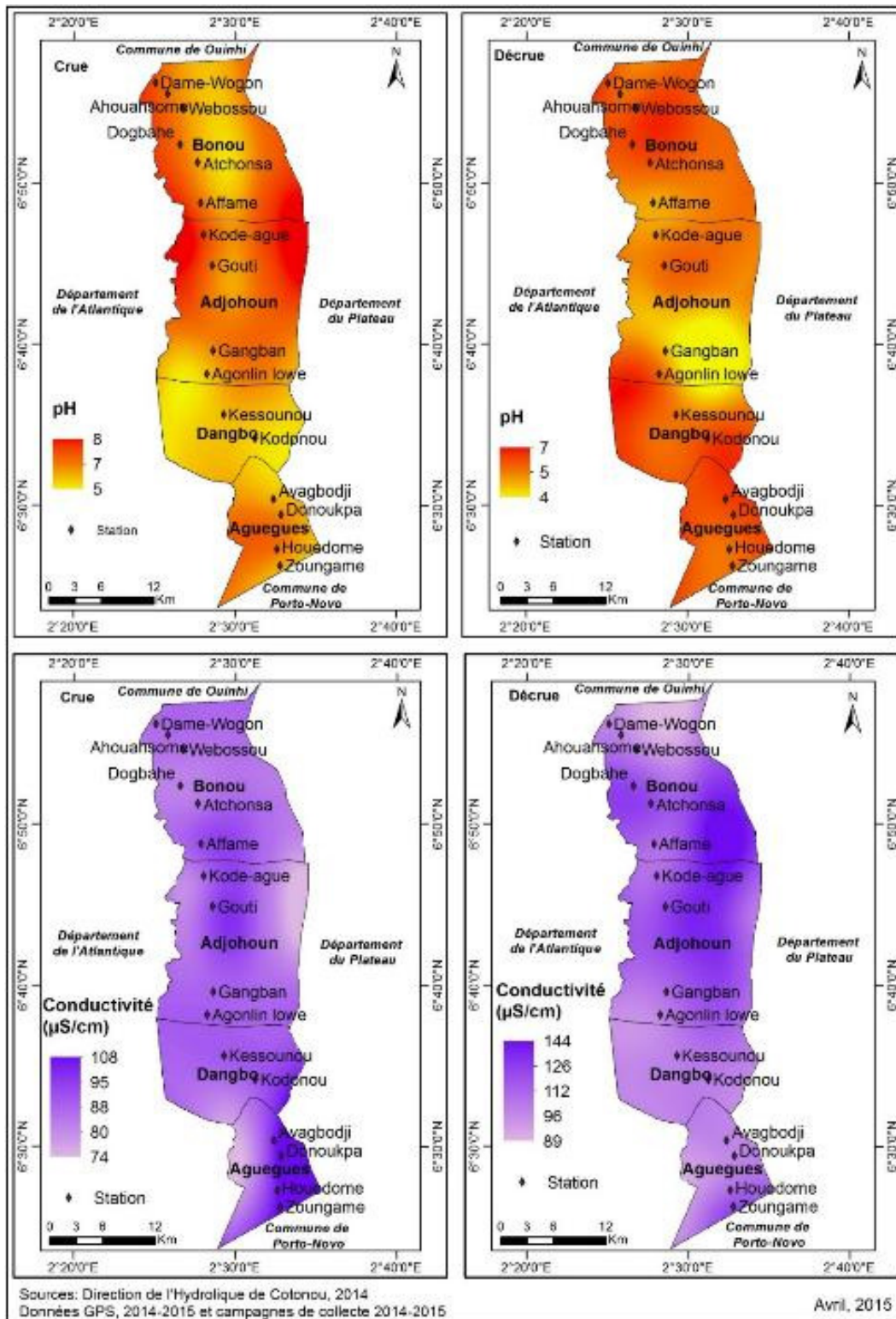


Figure 4 : Répartition du pH et de la conductivité par périodes (crue et décrue) dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé

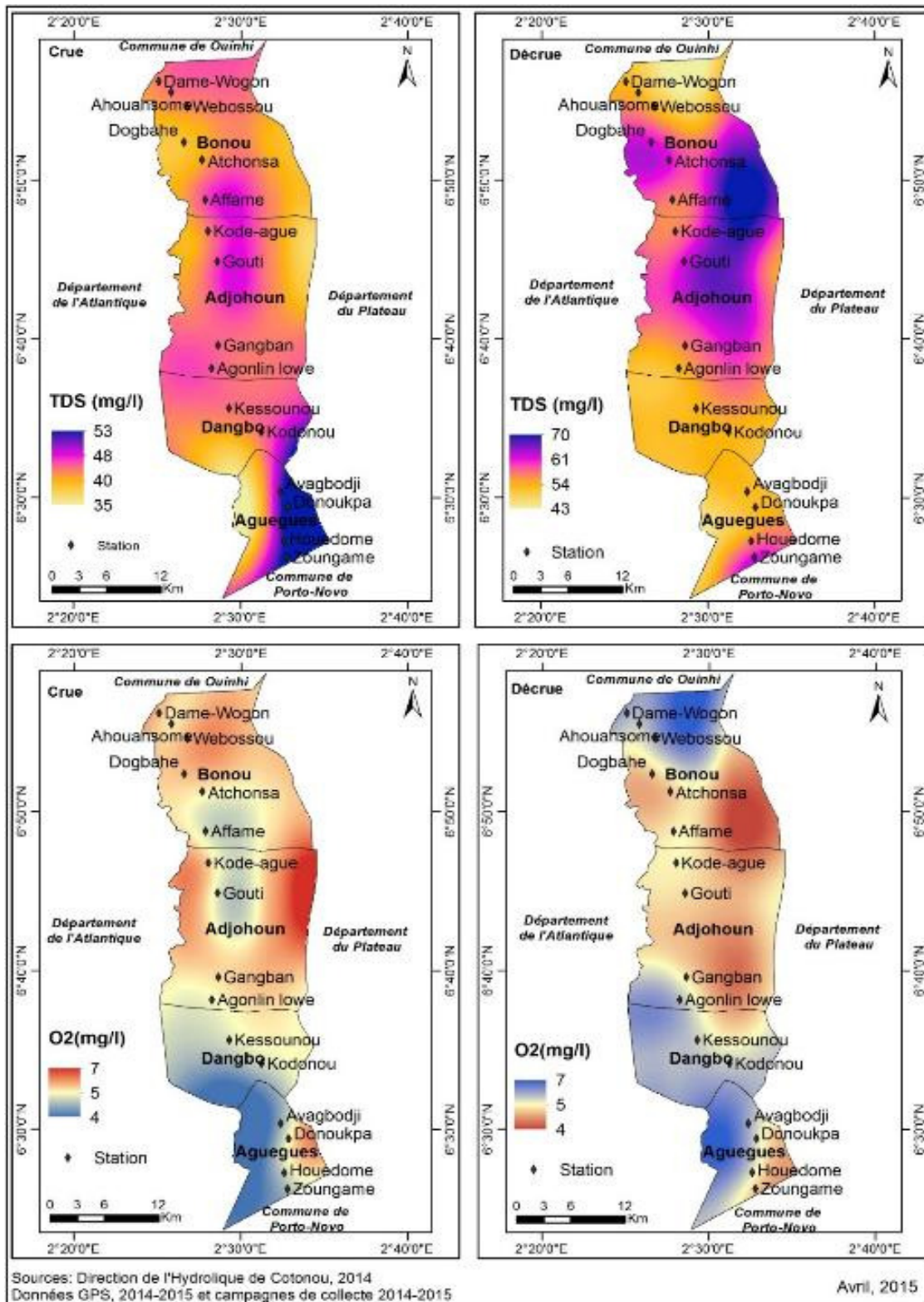


Figure 5 : Répartition du TDS et de l'Oxygène dissous par périodes (crue et décrue) dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé

**Attingli et al. J. Appl. Biosci. 2016 Spatialisation des paramètres physico-chimiques dans les pêcheries de la Basse Vallée de l'Ouémé (sud-Bénin).**

Globalement, pendant la période de décrue (8 mois), on observe une concentration des facteurs de minéralisation plus en amont. Pendant la crue (4 mois), ces concentrations sont diluées avec plus ou moins de

succès par endroit. La plupart des valeurs obtenues sont quelques peu critiques vis à vis des seuils de tolérance pour la plupart des espèces de poissons, (Tableau1)

**Tableau 1 :** Quelques valeurs de paramètres physico-chimiques (Adapté de Arrignon 1976)

PARAMETRES						
Conductivité ( $\mu$ S/cm)	TDS (mg/L)	pH	Oxygène dissous (mg/L)	Saturation (%)	Température de l'eau (°C)	OBSERVATIONS
20-500	0-5	$6 \leq \text{pH} \leq 9$	$\geq 6$	$\geq 70$	<25	Normal
500-600	50-100	$\text{pH} < 6 ; \text{pH} > 9,2$	5 à 6	50-70	25-27	Douteux
600 et +	100 et +	$\text{pH} < 5,5 ; \text{pH} > 9,5$	<5	<50	27 et +	Dangereux

Les règles de protection de l'environnement peuvent être élaborées à partir de la composition biophysique et physicochimique de ces lieux. Dans le même temps, l'évolution du climat peut être suivie à partir des

températures et des précipitations en ces lieux stratégiques. Ainsi, le lien entre ce dernier (climat) et la distribution des paramètres physico-chimiques mesurés peut être facilement établi et interprété.

**CONCLUSION**

La recherche effectuée est une contribution à une meilleure connaissance de la répartition géographique des paramètres physico-chimiques des pêcheries dans la Basse Vallée de l'Ouémé. Cette étude révèle une variabilité spatiale et temporelle des 6 paramètres physico-chimiques étudiés. Même si ces variations ne sont pas trop écartées des seuils de tolérances établies

pour la vie piscicoles, les proportions de variation de certains comme la conductivité, la température de l'eau et le pH notamment est une menace pour la survie des espèces de la Basse Vallée de l'Ouémé. Cette étude s'est appuyée sur l'outil SIG pour appréhender les zones de concentration de ces paramètres physico-chimiques.

**REMERCIEMENT**

Les auteurs remercient le Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO) du Programme Cadre

d'Appui à la diversification agricole (ProCAD) pour avoir financé ces travaux.

**REFRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Abramowitz M. and Stegun I, 1972. Handbook of Mathematical Functions. Dover Publications, New York, 26p.  
 Aminot et Kérouel, 2004. Hydrologie des systèmes marins : paramètres et analyses. Edition : Ifremer, France, 336p  
 Amoros C. et Petts GE, 1993. Hydrosystèmes fluviaux. Collection d'écologie, N° 24, Masson, Paris, ISBN 2-225-84246-9, 297p.  
 Arrignon J, 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, 3<sup>em</sup>e édition, Ecol, Fo, Appl.54-55.  
 Azaza MS et Kraiem MM, 2007 : Étude de la tolérance à la température et à la salinité chez le Tilapiadu Nil *Oréochromis niloticus* (L.) élevé dans les eaux géothermales du sud Tunisien. Bull. Natn.

Scien. Tech. Mer de Salammbô, Tunisie Vol. 34, 2007  
 Bachari Houma F. 2009. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de bathymétrie à partir de l'image satellitaire. Thèse de doctorat Université du Vall De Marne Paris XII France Département de Géographie. 257p.  
 Beitinger TL, Bennett WA, McCauley RW, 2000. Temperature tolerance of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. Environ. Biol. Fish. 58 :237-275  
 Bénech V et Ouattara S, 1990. Rôle des variations de conductivité de l'eau et d'autres facteurs externes dans la croissance ovarienne d'un poisson tropical, *Brycinus leuciscus* (Characidae). Aquat. Livres. 3 : 153-162.

- Chahanne J et Plante R, 1969 : Les populations benthiques (endofaune, crevettes Penaeides, (poissons) d'une baie de la côte nord-ouest de Madagascar : écologie, biologie et pêche. In Cahier O.R.S.T.O.M., série Océanographie, VII, n°1, pp.41-71.
- Chikou A, 2006 : Étude de la démographie et de l'exploitation halieutique de six espèces de poisson-chat (Teleostei, Siluriformes) dans le delta de l'Ouémé au Bénin. Thèse de Doctorat. Université de Liège. Belgique. 457p
- Fernandes MM et Ratin FT, 1986. Lethal temperatures of *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae). Rev. Bras. Biol., 46(3):589-595.
- Gascuel-Oudou C, Cros-Cayot S, Clement M, Curmi P, Garnier F, Heddadj D et Seux R, 1995. Ruisselement et les transferts de surface. Colloque CORPEP. "Qualité des eaux et produits phytosanitaires" : du Diagnostic à l'action. Rennes, le 27 Nov 1995 (texte intégral, comité de lecture)
- Gbaguidi A, 2009. Enquête-cadre sur la pêche continentale et l'Aquaculture PADPPA/CBRST Bénin  
82p
- Guenda W, 1996. Étude faunistique, écologique et de la distribution des insectes d'un réseau hydrographique de l'Ouest africain : le Mouhoun (Burkina Faso) ; rapport avec *Simulium damnosum* Theobald, vecteur de l'onchocercose. Thèse d'État, Université de droit, d'économie et des sciences d'Aix Marseille III, pp. 13-50.
- Inrab, 1995. Fiches techniques sur les sols et les essences forestières. INRAB Cotonou, Bénin, édition 1995. 68p
- Lacroix G, 1991. Lacs et rivières, milieux vivants, Écoguides Bordas, Paris.
- Lalèyè PA, 1995. Écologie comparée de deux espèces de *Chrisichthys*, poissons siluriformes (Claroteidae) du complexe lagunaire lac Nokoué-lagune de Porto-Novo au Bénin. Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Liège (Belgique), 152 pp
- Lalèyè AP, Chikou A, Philippart JC, Teugels G et Vandewalle P, 2004. Étude de la diversité ichtyologique du bassin du fleuve Ouémé au Bénin (Afrique de l'Ouest) *Cybiu* 2004, 28(4) : 329-339.
- Le Barbé L, Alé G, Millet B, Texier H, Borel Y, Gualde R, 1993. Les ressources en eau superficielles de la République du Bénin. Editions de l'ORSTOM, Collection Monographies hydrologiques n°11, Paris, France, pp.379-406.
- Lévêque C et Paugy D, 2006. Impacts des activités humaines. In : Les poissons des eaux continentales africaines : diversité, écologie, utilisation par l'homme. (C. Lévêque & D. Paugy (eds)). Editions de l'IRD, Paris : pp 395-413.
- Nash JE et Sutcliffe JV, 1970. River flow forecasting through conceptual models. Part I-a discussion of principales. Journal of hydrology, n°10, pp 282-290.
- Nisbet M et Verneaux J, 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. *Ann. Limnol.*, 6(2) :161-190.
- Roche Internationale, 2000. Rapport d'étude du projet d'aménagement des plans d'eau du sud-Bénin. Volume UU. Le diagnostic approfondi. Tome I : Le cadre et le contexte de l'étude. 315p. + annexes.
- Serghini A, Fekhaoui M, Abdellah El Abidi A, El Bliidi S et Rachid Ben Akkame R, 2010 : Caractérisation hydrochimique d'un site Ramsar : le complexe zones humides de Mohammedia (Maroc). Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, section Sciences de la vie, 2010, n°32(2), 133-145
- Yao SS, 2006. Étude de la diversité biologique et de l'écologie alimentaire de l'ichtyofaune d'un hydrosystème ouest africain : cas du bassin de la Comoé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire. 194 pp.
- Zongo F, 1993. Contribution à l'étude du phytoplancton d'eau douce du Burkina Faso- Cas du barrage n° 3 Ouagadougou. Thèse 3ème cycle, Univ. de Ouagadougou., 170p.