Afrique SCIENCE *16(1) (2020) 106 - 119*
ISSN 1813-548X, http://www.afriquescience.net

Variabilité hydroclimatique et ressources piscicoles dans le bassin du moyen Logone au Sud du Tchad

Magloire DADOUM DJEKO[1*], Michel NAITORMBAIDE[2], Frédéric REOUNODJI[3] et Man-na DJANGRANG[4]

[1] Département de Géographie, Université Abdou Moumouni, Niger
[2] Institut Tchadien de Recherche Agronomique pour le Développement, Tchad
[3] Département de Géographie, Université de NDjaména, Tchad
[4] Département de Géographie, Université de Moundou, Tchad

* Correspondance, courriel : *dadoumdjeko@yahoo.com*

Résumé

Le phénomène de la variabilité hydroclimatique constitue de nos jours une sérieuse entrave au développement des écosystèmes halieutiques au Tchad. Les caractéristiques sont la baisse continue du niveau des eaux de surface, la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies et l'augmentation des températures. L'objectif de cette étude est d'établir une relation entre l'évolution du niveau du fleuve Logone en fonction de la variabilité climatique et la raréfaction des espèces piscicoles dans le bassin supérieur du Logone. La méthodologie est basée sur l'analyse des données pluviométriques et hydrométriques de 1946-2001 des trois stations hydroclimatologiques de Baïbokoum, de Moundou et de Laï. Un échantillon de 15 pêcheurs et personnes ressources ont été enquêté par site. Les résultats ont montré que la décennie 1981-1990 a connu une baisse pluviométrique drastique et que l'année 1985 a connu une sévérité jamais égalée. Les répercussions sur le plan hydrologique se sont traduites par de faibles débits qui ont influencées directement sur les ressources piscicoles du bassin du moyen Logone. Ainsi, plusieurs espèces de poisson se sont raréfiées tandis que d'autres ont diminué de forme.

Mots-clés : *variabilité hydroclimatique, poissons, bassin du moyen Logone, Tchad.*

Abstract

Hydroclimatic variability and fish resources in the middle logon basin south of Chad

The phenomenon of hydroclimatic variability is nowadays a serious obstacle to the development of fisheries ecosystems in Chad. The characteristics are the continuous decrease of the level of the surface waters, the bad distribution spatio-temporal of the rains and the increase of the temperatures. The objective of this study is to establish a relationship between the evolution of the Logone River level as a function of climatic variability and the depletion of fish species in the upper Logone basin. The methodology is based on the analysis of rainfall and hydrometric data from 1946-2001 of the three hydroclimatological stations of Baïbokoum, Moundou and Laï. A sample of 15 fishermen and resource persons were surveyed per site. The results showed that the 1981-1990 decade witnessed a drastic rainfall decline and that the year 1985 saw a

severity never equaled. Hydrological impacts have resulted in low flows that have directly influenced fish resources in the Middle Logone Basin. Thus, several species of fish have become rarefied while others have declined in shape.

Keywords : *hydroclimatic variability, fishes, Middle Logone Basin, Chad.*

1. Introduction

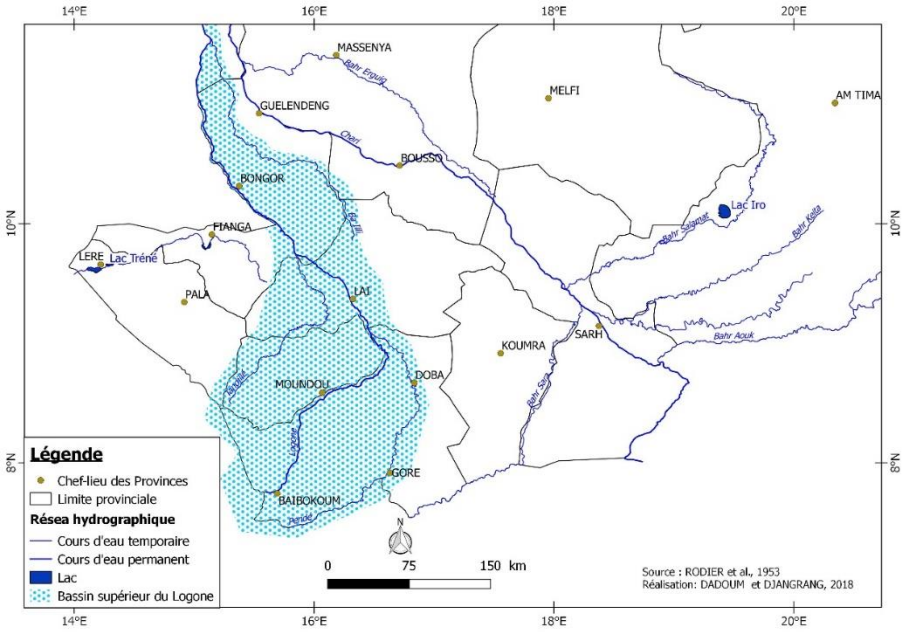
Le phénomène de la variabilité hydroclimatique constitue de nos jours une sérieuse entrave au développement des écosystèmes halieutiques. Les risques liés à cette variabilité augmentent d'année en année et deviennent inquiétants. Ce qui accroit considérablement la vulnérabilité des écosystèmes en général et accélèrent le déclin des ressources piscicoles en particulier. Dans le bassin du moyen Logone, la baisse continue et la mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies ainsi que l'augmentation des températures ont entrainé au cours du temps, la diminution du niveau des eaux de surface, l'une des principales causes de la raréfaction des espèces de poisson dans ce cours d'eau. [9] indiquent que les eaux de surface (de 0 à 700 m de profondeur) se sont réchauffées en moyenne de 0,7 °C par siècle à l'échelle mondiale entre 1900 et 2016 Les espèces d'eau douce sont particulièrement sensibles aux changements de température et la température de l'eau devrait augmenter dans la plupart des systèmes d'eau douce, suite à l'augmentation de la température de l'air. Cela est lié à la nature relativement peu profonde des eaux douces de surface et à leur sensibilité aux changements de température atmosphérique. Il est fort probable que la hausse des températures de l'eau entraînera des changements dans la répartition des espèces d'eau douce et exacerbera les problèmes existants de qualité de l'eau, en particulier dans les systèmes à forte charge anthropique en éléments nutritifs [7]. Ces facteurs hydroclimatiques influent directement ou indirectement sur l'ensemble de la biodiversité halieutique du fleuve Logone. Dans ce contexte d'inquiétude, il est important de s'interroger sur les paramètres climatiques qui influent sur la perte de ces ressources dans ledit bassin. Existent-ils des pratiques endogènes qui permettront d'inverser la tendance? C'est pour répondre à ces préoccupations que la présente étude est menée. Elle vise à contribuer à la connaissance des effets de la variabilité hydroclimatique sur les ressources piscicoles dans le bassin moyen du Logone.

2. Méthodologie

2-1. Matériel

2-1-1. Site d'étude

L'étude est menée dans les stations hydrométriques de: Baïbokoum (07°45'N; 15°40'E; 440 m), Moundou (08°03' N; 16°05' E; 410 m) et Laï (09°23'N; 16°17'E; 360 m). Le choix de ces trois sites est basé sur leur situation géographique dans le bassin moyen du Logone. Le fleuve Logone est long de 1000 km. Il prend sa source dans les monts de l'Adamaoua au Cameroun, à 1 200 m d'altitude. L'affaiblissement des pluies selon le gradient nord-sud, se répercute sur le régime hydrologique du bassin du Logone. Ainsi, le relief a orienté le cours de ces fleuves du sud au nord de la cuvette tchadienne. Le courant d'eau progresse d'une zone méridionale montagneuse où le drainage est bien organisé, vers le centre d'une dépression endoréique. Le fleuve Logone est l'un des grands pourvoyeurs du Lac Tchad.



Carte 1 : *Bassin moyen du Logone*

En amont, à la station de Baïbokoum (relief accidenté), le fleuve Logone reçoit les cours d'eau suivants "Mbéré", "Ngou", "Lim" et "Wina" et à la station de Laï en aval (plaine inondable), il accueille la Tandjilé et la Pendé. Quant à la station de Moundou, les lacs "Tabba" et "Wey" renforcent le Logone en hautes eaux. Tous ces cours d'eau étaient poissonneux pendant les périodes de hautes pluviosités (1946-1960). Ce bassin se situe de part et d'autre des territoires du Tchad et du Cameroun avec quelques points culminants dont les Monts de Lam (1163 m) du coté Tchadien et le plateau de l'Adamaoua du côté du Cameroun. Les trois sites d'étude jouissent d'un climat de type subtropical avec deux saisons (humide de avril à octobre et Isec (novembre à mars). Le cumul pluviométrique moyen annuel varie globalement entre 1000 à 1200 mm. La température moyenne est de 27,2°C, avec une minimale de 20,4°C. L'amplitude thermique moyenne est de 6,5°C. Dans le cadre de cette étude, ce sont les températures minima et maxima qui seront utilisées. Les sols de type ferrugineux, ferralitiques et hydromorphes. La végétation est caractérisée par une savane arborée dominée par les combrétacées et les herbacées.

2-2. Méthodes

Un échantillon de 45 personnes, soit 15 par site, a été retenu pour identifier, répertorier et analyser les différentes pratiques endogènes d'adaptation à la variabilité climatique. Deux principaux critères ont permis de sélectionner ces derniers : i) être pêcheur résidant dans le site depuis sa naissance; ii) être âgé d'au-moins 50 ans. Les logiciels Excel et Hydrolab ont été utilisés pour le traitement et l'analyse des données. L'analyse est basée sur l'interprétation des effets des données hydroclimatologiques mensuelles de 1946-2015 : la pluviométrie, la température minimale et le débit du fleuve Logone.

2-2-1. Indice centrée-réduite

A partir de l'écart type, ont été calculées les anomalies centrées réduites pluviométriques interannuelles, en standardisant les données. Les anomalies sur chaque station se calculent selon la manière ***Formule 1*** **:**

$$X_i' = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma\,(X)}, \quad (1)$$

Avec : X_i' = anomalie centrée réduite pour l'année i ;X_i = la valeur de la variable ; $\bar{X}$ = la moyenne de la série ; $\sigma(X)$ = l'écart-type de la série

2-2-2. Loi de Gauss ou loi normale

Après plusieurs essais avec diverses lois statistiques, il a été constaté que les séries pluviométriques annuelles dans les régions soudanienne et guinéenne s'ajustent mieux à la loi racine-normale. Cette loi de distribution très apparentée à la loi normale ou loi de Gauss a pour expression :

$$\boldsymbol{F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\mu} e^{\frac{-u^2}{2}}} \quad (2)$$

u variable réduite de Gauss est égale à :

$$\boldsymbol{u = \frac{\sqrt{x} - \overline{\sqrt{x}}}{\sigma\sqrt{x}}} \quad (3)$$

Avec :

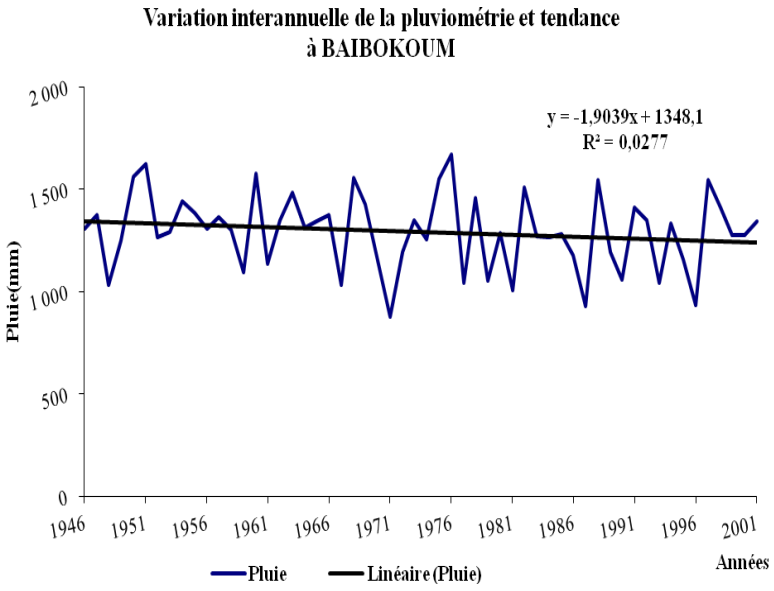
$\overline{\sqrt{x}}$ *= la moyenne des racines carrées de la série ;* $\sigma.\sqrt{x}$ *= écart type des racines carrées de la série.*

3. Résultats

Les résultats obtenus des analyses des données hydroclimatologiques sont présentés dans les ***Figures 1 à 7,*** ci-après.

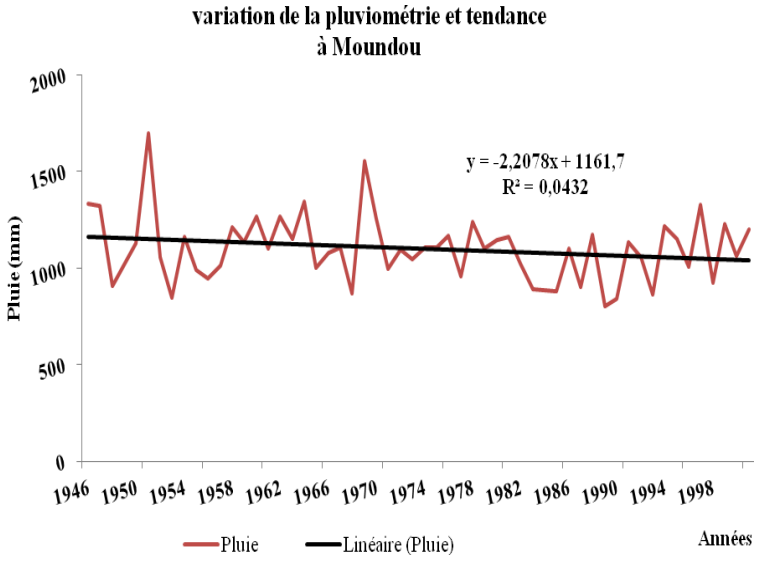
3-1. Évolution des paramètres climatiques

L'analyse des données climatiques révèle une baisse continue de la pluviométrie ***(Figure1 - 3)*** et une augmentation d'une forte amplitude (0,04) des températures maxima 1946 à 2015. Cette amplitude rapportée aux écarts types calculés sur la période d'étude fait ressortir les valeurs d'une augmentation moyenne de 0,5°C.



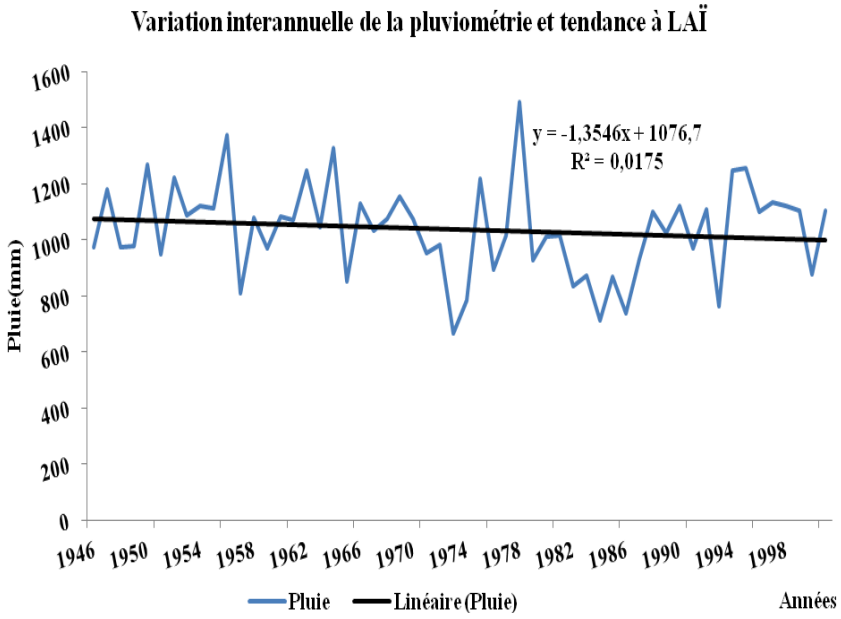
Source : ANAM, 2017

Figure 1 : *Tendance de la pluie à la station de Baïbokoum*



Source : ANAM, 2017

Figure 2 : *Tendance de la pluie à la station de Moundou*



Source : ANAM, 2017

Figure 3 : *Tendance de la pluie à la station de Laï*

Pour toutes ces trois stations pluviométriques, la tendance est globalement en baisse avec une pente qui va de 1,35 (station de Laï) à 2,2 (station de Moundou). Pourtant, la station de Moundou se situe entre celle de Laï et Baïbokoum

3-2. Effets de la variabilité climatique sur le fleuve Logone et les ressources piscicoles

Les affluents du fleuve Logone sont fortement dégradés à cause des pressions anthropiques et climatiques qui s'exercent sur son régime hydrologique et ses ressources en eau de surface. Si les impacts des activités humaines sont de moindre importance, ceux liés au climat sont les plus importants dans le temps et dans l'espace entre 1960 et 2000 dans tout le bassin. Ce qui se traduit en termes d'impacts directs et réels par des modifications du régime hydrologique du Logone. En conséquence, il en découle la diminution des fréquences des inondations dans les plaines de Baïbokoum en amont, d'une part, de la morphologie du lit et de ses tributaires entrainant la réduction des habitats aquatiques de Laï, en aval, d'autre part. De nos jours, même en période de hautes eaux, les bras du fleuve Logone ne reçoivent pas assez d'eau pour favoriser les conditions de développement des ressources halieutiques. L'étude de la variation saisonnière des précipitations à l'échelle quotidienne montre que l'impact hydrologique de la variabilité climatique dans le bassin est fortement dépendant de leur distribution spatio-temporelle.

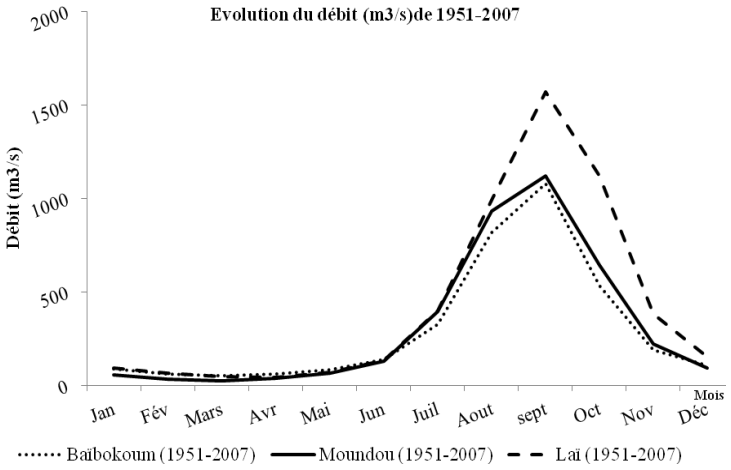


Figure 4 : *Évolution mensuelle du débit à Baïbokoum, Moundou et Laï*

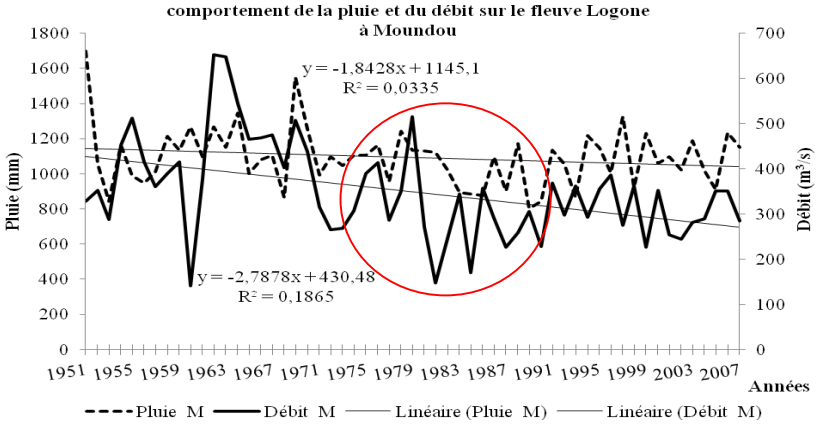


Figure 5 : *Comportement interannuel du débit en fonction de la pluie à Moundou*

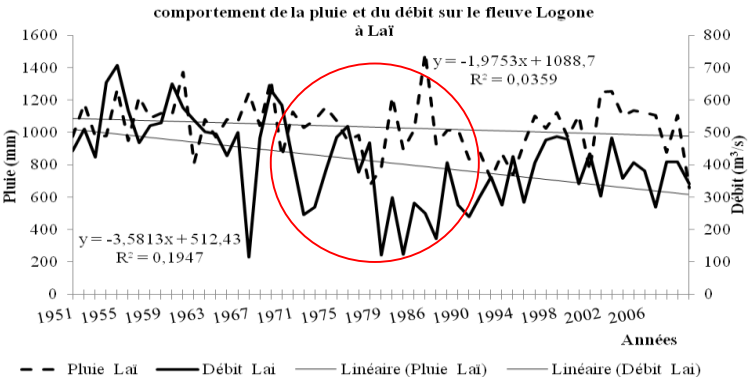


Figure 6 : *Comportement interannuel du débit en fonction de la pluie à Laï*

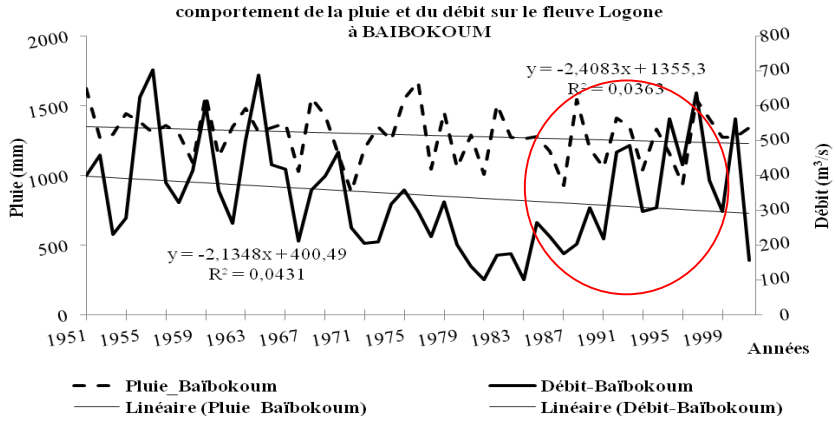


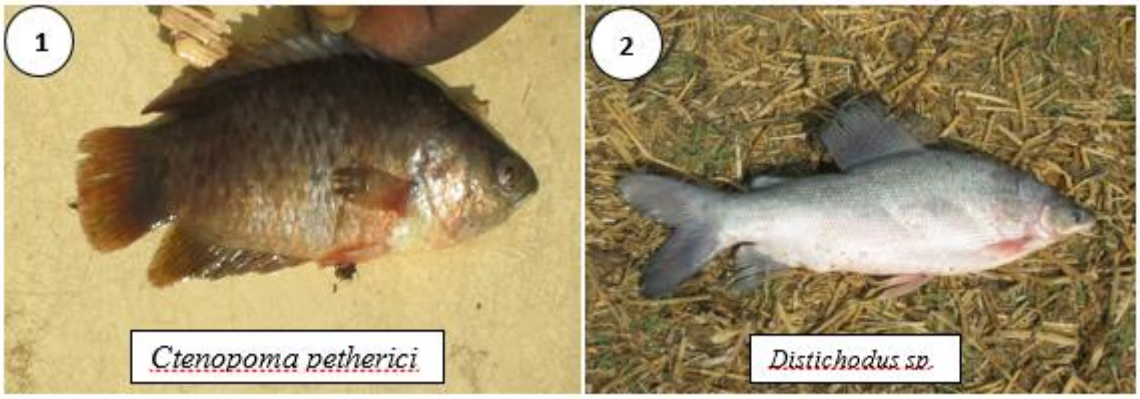
Figure 7 : *Comportement interannuel de la pluie et du débit à Baïbokoum*

Les ***Figures 4, 5, 6 et 7*** ci-dessus montrent les impacts de la variabilité pluviométrique sur les ressources en eau de surface au cours de ces dix dernières années dans le bassin. D'une part, la variation du débit ***(Figure 4)*** dans les trois stations hydrologiques constitue la réponse à la quantité de pluie tombée dans le bassin versant et d'autre part, les ***Figures 5, 6 et 7*** attestent le comportement proportionnel de la pluie et le débit dans ces stations. En plus, la figure 7 montre que les années 1960 et 1990 sont considérées comme celles de bonne pluviosité dans les trois sites en dehors de quelques anomalies constatées à Moundou (1960) et à Laï (1968). Les années de pluie déficitaire (1984/1985) et celles normales à excédentaires (1960/1961 et 1999/2000) attestent les différentes variations du niveau d'eau en amont (station Baïbokoum) et en aval (station de Laï). Cent pour cent des pêcheurs enquêtés confirment que ces variations ont eu des répercussions sur les poissons. Ces éléments climatiques montrent qu'il existe une certaine corrélation entre la pluie et les écoulements des eaux de surface et donc pourrait entrainer une diminution de quantité de poissons capturés par la population riveraine. Le régime hydrologique du Logone et ses affluents ont subi d'énormes impacts dus aux variations du climat et aux activités anthropiques dans tout le bassin. La corrélation entre la variabilité climatique et la fluctuation du fleuve est établie sur la détermination des périodes sèches à partir du calcul d'indice standardisé suivant la loi racine normale. Même si les causes de la perte des ressources piscicoles sont encore peu connues, sur la base de ces quelques éléments, on peut conclure l'état descriptif des effets du climat. La variabilité spatio-temporelle hydrologique a créée au niveau du bassin du Logone, de nombreux problèmes dont la disparition de quelques espèces de poissons. Les résultats de l'étude montrent que tous les pêcheurs enquêtés confirment la diminution du niveau d'eau du Logone. Selon ces derniers, la diminution du niveau d'eau du Logone est liée également à l'effondrement des berges ayant rempli le lit majeur du fleuve et autres déchets solides. Dans les années 40, les berges étaient régulières et structurées de telle sorte que le lit mineur contenait toujours de l'eau jusqu'au début de la nouvelle crue, et ce, d'une année à une autre. Pendant ces périodes, les pêcheurs capturaient sur une longue période de l'année quasiment toutes les espèces de poissons d'eau douce et opéraient des choix parmi celles-ci. Mais, de nos jours, certaines espèces de poissons comme *Citarinus citharus, Parachanna obscura et Chrystichthus auratus* ont presque disparues ***(Planche 1)*** dans le bassin moyen du Logone.

Source : Vivien, 2012

Planche 1 : *Espèces abondantes dans les années 40-50, mais actuellement rares*

Généralement, lorsque la pluviosité est bonne, la période pendant laquelle *Citarinus citharus, Parachanna obscura et Chrystichthus auratus* sont majoritairement capturés se situait entre les mois d'août et octobre, De nos jours, ces espèces sont quasiment absentes sur les marchés. *Parachanna obscura* par exemple étant une espèce très prisée des consommateurs, elle est de plus en plus rare sur les marchés. Même si elle est disponible, elle se vend chère. Les espèces comme *Parachanna obscura*, *Ctenopoma petherici et Distichodus sp* sont entre autre celles en voie de raréfaction.



Source : Vivien, 2012

Planche 2 : *Espèces en voie de disparition dans le fleuve Logone*

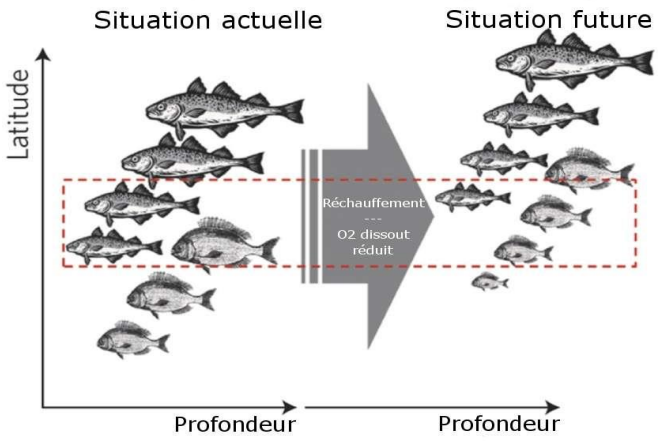
Les eaux de surface sont généralement les mares et les fleuves régis souvent par des règles traditionnelles quant à leur gestion. C'est pourquoi, l'hypothèse de la surpêche est à exclure. *Ctenopoma petherici et Distichodus sp.* sont des espèces phytophages. Malgré l'augmentation de la température et de la diminution du niveau d'eau dans les mares, elles se sont adaptées, mais restent vulnérables. C'est ainsi que les survivants sont souvent de petite taille. Actuellement, les espèces dominantes dans les mares sont: *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Clarias anguillaris* (silure) et *Alestes baremoze* ***(Planche 3)***

Source : Vivien, 2012

Planche 3 : *Espèces dominantes dans les mares*

3-3. Les stratégies endogènes de préservation et de restauration des espèces piscicoles vulnérables

L'état des lieux des connaissances et savoirs traditionnels dans le bassin révèle plusieurs pratiques et connaissances susceptibles d'assurer dans une certaine mesure le maintien des ressources piscicoles. Dans 65 % des cas, il se pratique la délimitation des zones d'interdiction des pratiques de pêche. Les restrictions alimentaires et l'utilisation des moyens rudimentaires basés sur des règles traditionnelles (nasse, harpes) se pratiquent respectivement dans 15 et 20 % des cas. Enfin, tous les pêcheurs enquêtés s'accordent sur la mise en défense des cours d'eau.



Source : adapté de Cheung et al. 2012

Changements attendus pour les poissons vivant au sein d'une région définie (encadré en tirés rouge) dans le futur, en fonction de la latitude et de la profondeur. À la suite de la réduction de la concentration en oxygène dissout dans l'eau causée par le réchauffement climatique, les poissons pourraient devenir plus petits et migrer vers les pôles.

4. Discussion

La discussion tiens compte tour à tour de l'évolution des paramètres climatiques, des effets de la variabilité climatique sur le fleuve Logone et les ressources piscicoles et les stratégies endogènes de préservation et de restauration des espèces piscicoles vulnérables.

4-1. Évolution des paramètres climatiques

Les analyses ont montré la variabilité des paramètres climatiques au cours du temps et de l'espace dans le bassin moyen du Logone. Plusieurs auteurs [2, 7, 8, 10,] ont déjà montré l'ampleur de la variabilité des précipitations et des températures dans leurs études respectives. Nos résultats corroborent également ceux obtenus à travers les études de [13, 15, 17]. En zone soudanienne du Tchad, l'intensité et la durée des fortes températures ont de lourdes répercussions sur la disponibilité et la gestion des ressources en eau de surface en milieu tropical, notamment par le biais de l'évaporation confirme PANA-Tchad (2009).

4-2 Effets de la variabilité climatique sur le fleuve Logone et les ressources piscicoles

Nadji (2014) a déjà montré l'ampleur de la variabilité des précipitations et de la gravité des conséquences sur les fleuves et autres cours d'eau. Selon Quentin (2012) la longueur maximale des poissons tendrait à diminuer lorsque la température de l'eau augmente. L'augmentation de la température de l'eau et la migration vers le nord de nouvelles espèces peuvent certainement nuire aux écosystèmes locaux (Reist, 2014). En moyenne, le réchauffement climatique aurait réduit de 4 % les prises de poissons et de coquillages de nombreuses espèces dans des pêches durables (Marie-Celine, 2018). Selon Quentin (2012), d'ici 2050, les poissons pourraient perdre près d'un quart de leur poids actuel et rapetisser. De même, [4, 5, 11, 14, 16] affirment que cet événement se distingue des précédents par trois caractéristiques: sa durée, son intensité et son extension. Ainsi, une caractérisation fine du signal saisonnier des précipitations est donc un préalable indispensable à la quantification de la réponse hydrologique à la variabilité du climat. Ce qui créé une dégradation très avancée sur les différentes composantes de l'environnement biophysique du Logone. Ces résultats corroborent ceux des nombreux travaux de recherche sur l'existence d'une modification climatique évidente dans tous les grands bassins fluviaux ou lacustre des régions sahélo-soudaniennes voire équatoriale de l'Afrique. Ce qui traduit, l'impact de la variabilité pluviométrique sur les ressources en eau de surface du fait de sa répercussion au niveau des débits au pas mensuel, annuel, interannuel et décennal (PANA-Tchad, 2009). En effet, l'hydrologie du fleuve Logone a un régime tropical caractérisé par une période d'étiage marquée par la saison sèche (mars à mai) et une période de crue pour les mois de hautes eaux de juillet à septembre [3] et Nadji, 2014. Ces auteurs ont montré la variation du niveau d'eau du fleuve Logone au cours du temps. Toutes les personnes enquêtées affirment que la quantité de poissons pêchés dans le bassin du Logone est tributaire des conditions climatiques de la région. Compte tenu du manque de données fiables et surtout du fait que les captures sont pour une grande part liées à l'inondation des plaines, laquelle inondation dépend de la pluviométrie, il est très difficile de faire une projection d'année en année [4]. En effet, le fleuve Logone qui était autrefois très poissonneux est de nos jours appauvri. La production halieutique a diminué de 60 % et les prises annuelles moyennes de poisson sont passées de 80 000 tonnes en 1960 à 50 000 tonnes en 2000 (LE TALLEC, 2010). La paupérisation du fleuve affecte le secteur de la pêche, activité cruciale pour les populations riveraines. La productivité biologique des eaux a diminué et la composition des prises s'est modifiée : selon certains experts, 150 espèces de poissons ont disparu du Lac-Tchad (Lacroix, 2010).

4-3. Les stratégies endogènes de préservation et de restauration des espèces piscicoles vulnérables

Les investigations menées auprès de la population enquêtée confirment les informations selon [1] qui révèle l'appréhension de celle-ci de la dégradation climatique qui s'opère dans le Logone. Les communautés riveraines du moyen Logone perçoivent la baisse de la productivité halieutique et décrivent le lien existant entre l'environnement biophysique et les aspects socio-culturels. Il à noter que les communautés locales ont

toujours adopté des stratégies et mesures afin de s'adapter aux conséquences des modifications des ressources en eau liées à celles du climat. Il s'agit entre autres :

- La délimitation d'une partie du fleuve avec interdiction de pratique d'activités

Il s'agit d'une pratique entourée de mythe. Toute personne qui ne la respecte pas s'expose à des corrections tout aussi mystiques. Cette pratique est assez répandue et s'entretien jusqu'à maintenant.

- La pêche sélective avec des moyens rudimentaires

Lorsque la pêche est réalisée de manière collective avec des moyens rudimentaires et traditionnels, elle permet d'éviter de détruire de nombreuses variétés d'espèces de poissons. Dans ce cas, la pêche ne se limite qu'aux espèces portées à la consommation. Avant d'aller à la pêche, les professionnels s'accordent sur les types d'espèces et parfois l'âge approximatif des sujets à pêcher. Une telle sélection ne peut être que bénéfique dans le sens de la protection des espèces de poissons. D'autres préfèrent utiliser les hameçons que des filets à petites mailles.

- La mise en défens des cours d'eau

En vue d'éviter une pression intense sur certaines espèces de poissons et ressources halieutiques, l'autorité locale appelé communément "ngar bà" ou "ngar mann" qui signifie littéralement : chef de l'eau qui assure la réglementation de la pêche délimite les zones de pêche et programme les activités afférentes selon les périodes bien déterminées.

- Les règles traditionnelles en matière de pêche

Dans le domaine de la pêche, les règles traditionnelles défendent de couper les herbes aquatiques qui servent de zones de frayères. Elles interdisent l'utilisation de l'écorce de savonnier pour la pêche au même titre que le droit positif consacré l'interdiction d'employer les produits chimiques pour pêcher. De plus, certaines zones sont déclarées interdites à la pêche par l'autorité traditionnelle qui limite parfois la période de pêche à quelques mois dans l'année.

5. Conclusion

Le déficit pluviométrique associé à l'irrégularité des pluies ainsi que l'augmentation de la température ont pour corollaire la variabilité des paramètres hydroclimatiques dans le bassin moyen du Logone. L'étude a permis de cerner les conséquences de celles-ci sur les ressources piscicoles au cours de la période de 1946-2015. Les dernières décennies ont vu la recrudescence de phénomènes hydrométéorologiques extrêmes. Mais, malgré ces quantités d'eau enregistrées, le lit majeur du Logone n'a jamais été rempli comme il y avait de cela 30 ans plus tôt. Ce qui n'a pas permis aux poissons de se reproduire normalement en plus de la surpêche durant toutes les saisons au vu d'une démographie galopante. Les résultats de cette étude montrent que la variabilité hydroclimatique sur le fleuve Logone a eu de fortes répercussions sur les ressources piscicoles du bassin. Les espèces actuelles sont les plus adaptées à la variabilité climatique et peuvent être sujette aux projets de piscicultures dans la zone d'étude. Malgré le caractère conservateur de certains dépositaires, il est à remarquer que le sens de collaboration entre la plupart d'entre eux avec leur mode oral de transfert de ces connaissances reste tabou. Pourtant, d'une génération à une autre, les savoirs traditionnels peuvent constituer un atout majeur pour la préservation de ces ressources piscicoles à l'égard des effets de la variabilité climatique actuelle. C'est pourquoi, la mise en place d'actions urgentes et intégrées à court terme constitue une nécessité qui doit se traduire par des réponses plus adaptatives que préventives à travers les connaissances et pratiques traditionnelles.

Références

[1] - Y. BETINBAYE, Répertoire des pratiques et connaissances traditionnelles pour la biodiversité. N'Djaména, Tchad. (2011) pp 15 - 16

[2] - DADOUM et al., Impact de la variabilité climatique sur les cultures pluviales dans le canton Bénoye en zone soudanienne du Tchad. Vol.3(1), ISSN 2304-1056 (Jan 2017)

[3] - DADOUM *et* al., Réponses paysannes à la variabilité climatique au sud du Tchad. *Afrique SCIENCE* 13(1) (2017) 337 - 348

[4] - FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome (2014)

[5] - FÉLIX P. LEIVA, PIERO CALOSI and WILCO C. E. P. VERBERK, Scaling of thermal tolerance with body mass and genome size in ectotherms: a comparison between water- and air-breathers, *Philosophical Transactions of the Royal Society B : Biological Sciences*, 10.1098/rstb.2019.0035, 374, 1778, (20190035) (2019)

[6] - GIEC, Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I. II. III. au quatrième rapport du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Genève, Suisse (2007) 103 pages

[7] - GIEC, Changements climatiques 2014: Incidences, adaptation et vulnérabilité Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (Partie A: ISBN 9781107641655 (édition brochée) (2014)

[8] - GOUATAINE et al., Dynamique de la pluie et production agricole au sud-ouest du Tchad. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.,* 28 (2016) 412 - 421

[9] - HUANG et al. (2015)

[10] - I. LONA, Rapport d'étude climatique de la commune de Dessa. (2016) 28 p.

[11] - MELINDA A. COLEMAN, PETER BUTCHERINE, BRENDAN P. KELAHER, MATT K. B. ROADHURST, DUANE T. MARCH, EUAN J. PROVOST, JAMIE DAVID and KIRSTEN BENKENDORFF, Climate change does not affect the seafood quality of a commonly targeted fish, *Global Change Biology*, 25, 2 (2018) 699 - 707

[12] - G. MERINO, M. BARANGE and C. MULLON, Climate Variability and Change Scenarios for a Marine Commodity : Modelling Small Pelagic Fish, Fisheries and Fishmeal in a Globalized Market. *Journal of Marine Systems* 81 (2010) 196 - 205

[13] - G. MERINO, M. BARANGE, J. L. BLANCHARD, J. HARLE, R. HOLMES, I. ALIEN, E. H. ALLISON, M. C. BADJECK, N. K. DULVY, S. HOLT, C. JENNINS, MULLON and L. D. Rodwell, Can Marine Fisheries and Aquaculture Meet Fish Demand from a Growing Human Population in a Changing Climate? Global Environmental Change 22 (2012) 795 - 806

[14] - MOLLY E. SCOTT, MICHELLE R. HEUPEL, COLIN A. SIMPFENDORFER, JORDAN K. MATLEY and MORGAN S. PRATCHETT, Latitudinal and seasonal variation in space use by a large, predatory reef fish, Plectropomus leopardus, *Functional Ecology*, 33, 4 (2019) 670 - 680

[15] - A. G. J. TACON, M. METIAN and S. S. DE SILVA, Climate Change, Food Security and Aquaculture: Policy Implications for Ensuring the Continued Green Growth & Sustainable Development of A Much Needed Food Sector. In Proceeding of the Workshop on Advancing the Aquaculture Agenda : Policies to Ensure a Sustainable Aquaculture Sector. French Ministry for Food, Agriculture and Fisheries and OECD. (2010)

[16] - TAMMI L. RICHARDSON, Mechanisms and Pathways of Small-Phytoplankton Export from the Surface Ocean, *Annual Review of Marine Science*, 10.1146/annurev-marine-121916-063627, 11, 1 (2019) 57 - 74

[17] - M. TROELL et al., Does Aquaculture Add Resilience to the Global Food System? Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (37) (2014) 13257 - 13263

[18] - YAMBA et al., Influence des fluctuations pluviométriques sur la saison agricole dans la zone géographique de Mayahi et Aguié au Niger. Rev. CAMES - Série A, 12 (2) (2011) 170 - 175

Webographie

[1] - http://www.onema.fr/node/3996, consulté le 05.06.2019
[2] - https://fr.climate-data.org/, consulté le 05.06.2019
[3] - http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/fr/TCD/BODY.HTM, consulté le 10.08.2019
[4] - https://www.la-croix.com/Ethique/Sciences-Ethique/Sciences/L-avenir-incertain-des-pecheurs-du-lac-Tchad-_NG_-2010-11-08-558499. Consulté le 14.09.2019