

## Chauffage d'eau d'étangs à base de charbons de bois et son impact sur la variation de température: un cas d'étude en période froide à Lubumbashi (R.D. Congo)

### [ Heating water of ponds based on charcoal and its impact on temperature change: A case study in cold periods in Lubumbashi (DR Congo) ]

Lwamba Balimwacha Jules<sup>1</sup>, Katim Mwin A Mpa<sup>1</sup>, Kiwaya Alunga Trésor<sup>1</sup>, Ipungu Lushimba Raymond<sup>2</sup>, and Nyongombe Utshudienyema Nathan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Université de Lubumbashi, Faculté des Sciences Agronomiques, Département de Zootechnie, Unité de Recherche en Aquaculture «U.R.A. », Lubumbashi, BP 1825, RD Congo

<sup>2</sup>Université de Lubumbashi, Faculté de Médecine vétérinaire, Département de Zootechnie, Unité de Recherche en Aquaculture «U.R.A. », Lubumbashi, BP 1825, RD Congo

<sup>3</sup>Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** The purpose of this study is to raise the temperature of the pond water during cold in Lubumbashi, using different amounts of charcoal. Three ponds of 1.5 ares were used, and twenty barrels placed in two ponds due to ten per pond. The distance between the barrels was 2 m. The first pond was not heated, the second and the third was heated using respectively 15 and 30 kg of charcoal per day. Temperatures were taken at different times and the data obtained were subjected to analysis of variance using SPSS 16.0 software. The results obtained showed that the addition of 15 kg of charcoal increases the temperature of a unit, respectively 19.2 ° C, 20.1 ° C and 21.4 ° C in ponds that have not received charcoals, with 15 kg and 30 kg of charcoals ( $p < 0.001$ ). Taking into account the heating hours, the results of the analysis of variance showed that the heating period does not affect the water temperature of ponds, regardless of the amount of charcoals given ( $p = 0.743$ ). The addition of 30 kg of charcoal maintains the temperature of water above baseline threshold, whatever the time of input. This study shows the importance of bringing charcoals to increase the water temperature of ponds in cold periods in Lubumbashi. Subsequent studies, however, will assess the effects of this increase in temperature on the production of fry grow *Oreochromis niloticus* growth in cold period.

**KEYWORDS:** Charcoals, temperature, fish farming, *Oreochromis niloticus*, cold period, Lubumbashi.

**RESUME:** L'objet de cette étude est d'élever la température de l'eau d'étang en période froide à Lubumbashi, en utilisant différentes quantités de braises. Trois étangs de 1,5 ares chacun ont été utilisés et vingt futs placés dans deux étangs en raison de dix par étang. La distance entre les fûts était de 2 m. le premier étang était non chauffé, le second et le troisième était chauffés en utilisant respectivement 15 et 30 kg de braise de bois par jour. Les températures ont été prélevées à différentes heures et les données obtenues ont été soumises à une analyse de la variance, à l'aide du logiciel SPSS 16.0. Les résultats obtenus ont montré que l'ajout de 15 kg de braise accroît la température d'une unité, respectivement 19,2 ° C, 20,1°C et 21,4°C dans les étangs n'ayant pas reçu la braise, avec 15 kg de braise et avec 30 kg de braise ( $p < 0,001$ ). En tenant compte des heures de chauffage, les résultats de l'analyse de variance montrent que la période de chauffage n'influence pas la température d'eau d'étangs, quelle que soit la quantité de braise apportée ( $p = 0,743$ ). L'apport de 30 kg de braise maintient la température de l'eau au-dessus de seuil de référence, quelle que soit l'heure d'apport. Cette étude montre l'intérêt d'apporter la braise pour accroître la température d'eau d'étangs en période froide à Lubumbashi. Des études

ultérieures devront cependant évaluer les effets de cette augmentation de température sur la production des alevins et le grossissement des juvéniles de *Oreochromis niloticus* en période froide à Lubumbashi.

**MOTS-CLEFS:** Braise, température, pisciculture, *Oreochromis niloticus*, Période froide, Lubumbashi.

## 1 INTRODUCTION

Le chauffage d'eau de rivière à des fins piscicoles a été l'une des principales applications des eaux chaudes rejetées par les centrales électriques thermiques (classique ou nucléaire) [1]. En effet, le fonctionnement de toute centrale électrique thermique (classique ou nucléaire) entraîne le rejet dans l'atmosphère de grandes quantités de chaleur à faible niveau de température faisant passer ainsi la température de l'eau de 15 à 30/40°C pour les centrales en circuit ouvert (rivière ou mer) et de 25 à 40°C pour les centrales en circuit fermé (équipées d'une tour de refroidissement). Les activités de pisciculture en eaux tièdes ont été ainsi rendues possibles dans plusieurs pays d'Europe grâce aux grandes quantités de chaleur « gratuite » rejetée par les centrales [2].

Ainsi, les espèces des poissons telles que l'*Oreochromis niloticus* et la carpe Koï sont élevées en Belgique d'une manière ininterrompue dans les eaux tièdes issue des centrales nucléaires en régions tempérées, même en plein hiver, dans les pays tels que l'Allemagne, la France, l'Italie et la Belgique [2]. Dans les régions subtropicales africaines (cours inférieur du Nil et l'Afrique du Sud) où l'utilisation des eaux chaudes industrielles pour des fins piscicoles n'est pas signalée, un arrêt de croissance est en général observé pendant la période froide (3). La reprise de croissance intervient lorsque la température augmente [3]. Les références [3, 4, 5] relèvent jusqu'à six mois d'arrêt de croissance en saison sèche dans le Delta Central du Niger entre décembre et juillet. Un arrêt de croissance de cinq mois chez l'*Alestes baremoze* entre octobre et mars dans le lac Tchad [6, 7]. Dans le Sud-est africain, la plupart des travaux font état d'une reprise de croissance pendant le printemps austral [8]. Cette dépendance au climat freine le développement de la pisciculture dans ces pays.

Le potentiel d'aquaculture en RDC est considérable notamment autour des grandes villes, où l'on peut pratiquer plus aisément des techniques aquacoles intensives, orientées vers le marché. L'aquaculture a commencé en RDC dès les années 1940 [9]. Lors de l'indépendance, il y avait déjà 45 centres d'alevinage d'une capacité de production totale de 10 000 tonnes par an. On n'a pas d'informations récentes de l'état de l'aquaculture en RDC [9]. Dans les régions subtropicales africaines l'utilisation des rejets des eaux tièdes en pisciculture n'est pas signalée. Le coût trop élevé de celles-ci (3 milliards d'euros pour une centrale de 1000 Méga watt) serait une des raisons de la non prolifération de ces centrales en Afrique. De plus, les centrales thermiques seraient à l'origine des graves perturbations des écosystèmes aquatiques suite à la pollution thermique des rivières [10 ; 11]. En fonctionnement normal, les installations nucléaires procèdent à des rejets réguliers dans l'environnement de nature chimique et radioactive [12]. Avec les graves accidents arrivés à la centrale nucléaire de Tchernobyl en Russie, et tout récemment à Fukushima au Japon, les centrales nucléaires ne rassurent pas [13].

Cependant, à Lubumbashi, en République Démocratique du Congo, une interruption de production des *O. niloticus* est observée pendant la saison froide, constituant en même temps un facteur limitant à l'intensification de la pisciculture [14]. L'objet de cette étude est de faire monter la température de l'eau en étang pendant la saison froide à Lubumbashi. Dans le présent travail, nous testons l'hypothèse selon laquelle l'apport exogène de la chaleur avec la braise de bois dans les étangs permettrait une augmentation de la température de l'eau.

## 2 MATERIEL ET METHODES

Le site d'étude est l'Unité de Recherche en Aquaculture « U.R.A. » de l'Université de Lubumbashi, à Lubumbashi en RD Congo (S11°40'08" et E27°28'31"). Pour cette expérimentation, 3 étangs de 1,5 are chacun ont été utilisés (Photo 1). Le premier étang n'a pas été chauffé, mais le second et le troisième l'ont été en utilisant 10 futs par étang. Ces futs, de 200 litres de capacité (Photo 1), contenaient un total de 15 kg de braises par jour pour le deuxième étang et 30 kg de braises par jour pour le troisième. Les données de températures ont été prélevées à l'aide d'un thermomètre digital et Trois thermomètres maxi minima.



**Photo 1: Etang avec fûts pour le chauffage de l'eau (à gauche) et étang sans système de chauffage (à droite).**

Dans chaque étang, les dix fûts étaient placés le long de digues à raison de cinq de chaque côté (à 50 cm du bord). La distance entre les fûts étaient de 2 m. Dans deux des trois étangs, nous avons placé respectivement : 15 et 30 kg de braise de bois par jour, en raison de 1,5 kg par fut pour le premier étang et 3 kg par fut pour le deuxième étang. Le troisième étang étant le témoin, n'était pas chauffé.

L'allumage de la braise dans tous les fûts s'est fait à la même heure, soit à 18 heures. La température était prélevée toutes les heures à 15 cm de profondeur et toujours au même endroit dans chaque étang à l'aide d'un thermomètre digital. Quant aux thermomètres maximinima, ils ont été placés en permanence dans chacun de trois étangs en étant accrochés à un bâton à 15 cm de profondeur. Cette expérience a été menée pendant 10 jours, soit du 06 au 16 juillet 2011. Le paramètre observé dans cette étude est la Température moyenne, obtenue à partir de la formule suivante (Equation 1) :

$$\bar{T}^{\circ} = \frac{\sum \text{Températures journalières}}{\text{Nombre d'observations}}$$

$\bar{T}^{\circ}$  = Température moyenne

Les données collectées étaient compilées, ensuite traitées à l'aide du logiciel SPSS 16.0. La comparaison des moyennes s'est faite par le test T de student (deux catégories).

### 3 RÉSULTATS

L'utilisation de 15 kg de braise augmente la température d'environ 1°C. En effet, la température est de 19,2°C dans l'étang non chauffé contre 20,1°C dans l'étang chauffé avec 15 kg de braise. En outre, le passage de 15 kg à 30 kg par jour augmentait la température d'un degré, soit de 20,1 à 21,4 °C. Il ressort des analyses de la variance qu'il existe de différence significative entre les températures moyennes des étangs ( $p < 0,001$ ) (Figure 1).

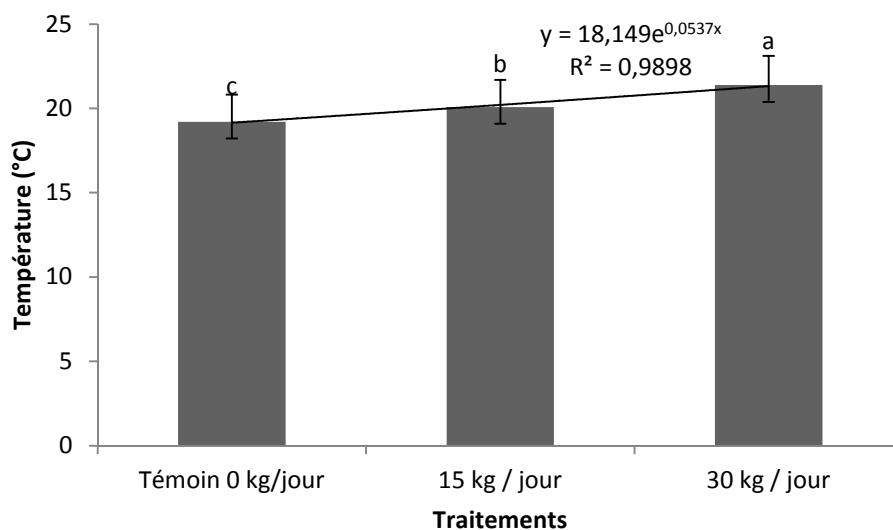


Figure 1. Effets de quantités croissantes de braises sur la température des étangs.

Par ailleurs, il n'existait pas d'effet d'interaction entre les heures et la quantité de braises utilisées ( $p=0,743$ ). L'utilisation de 30kg de braise maintient la température de l'eau au dessus de seuil de référence quelque soit l'heure. Les courbes de variations de température pour les trois traitements sont reprises sur la Figure 2.

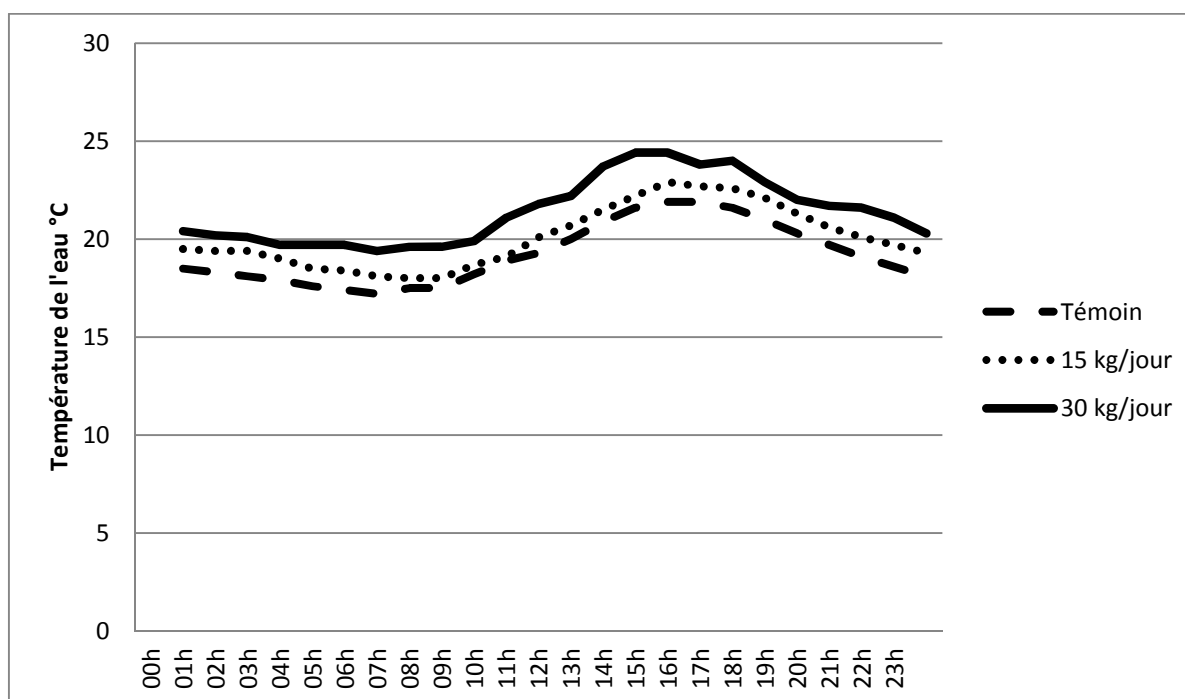


Figure 3. Variation moyenne de température de l'eau dans les étangs en fonction des heures et des quantités de braises.

#### 4 DISCUSSION

Les résultats obtenus à l'issue de nos travaux tels que présentés les figures 1-2, il a été constaté que l'utilisation de la braise augmente significativement la température de l'eau dans les étangs considérés ( $p<0,001$ ). Il se dégage une fluctuation de la température. La température moyenne journalière des étangs pendant la période d'étude était de  $19,4 \pm 2^\circ\text{C}$ . Cette

valeur est en dessous de la fourchette de température proposée par les références [1, 15-16] pour une production optimale d'*Oreochromis niloticus*.

Les études des références [17-23] ont montré que de nombreux facteurs peuvent intervenir de façon significative sur la production des *Tilapia nilotica*, mais de tous, la température est le facteur le plus important. La référence [24] affirme qu'aux températures inférieures à 17°C, les *Oreochromis niloticus* diminuent leurs activités et cessent de se nourrir ; alors qu'à 15°C ou en dessous, ces poissons sont affaiblis ou même stressés et deviennent sensibles aux maladies. La référence [25], dans une étude de l'effet de la température sur l'*Oreochromis niloticus*, n'a pas obtenus des résultats satisfaisants à basse température. En effet, les géniteurs d'*Oreochromis niloticus* n'ont pas donné des œufs quand la température de l'eau descend en dessous de 19°C, et ce en dépit du niveau de degré de protéine contenu dans l'aliment distribué et même de la photopériode [26]. Lorsque la température de l'eau est passée de 19 à 21°C, le taux de ponte est aussi passé à 10 % pour les essais effectués en obscurité tandis que sous la photopériode naturelle le taux de ponte est arrivé à 34.9% [26]. En outre, les écarts de températures observés dans nos travaux sont de  $\pm 3^\circ\text{C}$  en dessous de 22°C qui est le seuil minimum de référence, il a été constaté une grande différence significative ( $p < 0,001$ ). A cet effet, la référence [26] affirme que la période la plus productive coïncide avec l'augmentation de la température de 22 à 27°C où le taux de ponte va de 40 et 73% pour toutes les femelles soumises respectivement à des conditions d'obscurité et de photopériode naturelle. Ainsi, la moyenne obtenue au cours de nos travaux est largement en dessous des recommandations émises par les auteurs pour une production optimale des espèces telles que l'*Oreochromis niloticus* [1, 15-16, 27].

L'augmentation d'environ 1°C suite à l'ajout de 15 kg de braises est attribuable au pouvoir calorifique des braises. En effet, les études montrent que le pouvoir calorifique de braises (ou charbons de bois) est environ le double de celui du bois [28]. Il n'est donc pas étonnant que l'apport de 15 kg de braise soit à mesure d'augmenter un volume de 150 m<sup>3</sup> d'eau de 1°C. La capacité de fûts à contenir et diffuser la chaleur n'est pas à négliger à ce niveau. En effet, l'utilisation des charbons de bois non couverts ou sur les braseros est accompagnée d'un gaspillage que l'utilisation de fûts a permis de réduire dans notre contexte. En plus, des tous les combustibles tirés de la biomasse, les charbons de bois fournissent 28 MJ/kg, juste derrière le combustible issu des huiles végétales (39 MJ/kg) [28].

## 5 CONCLUSION

Ce travail a permis de constater une augmentation significative de la température de l'eau par rapport à celle enregistrée dans le témoin. En effet, l'utilisation de 15kg par jour de braise augmentait significativement la température de l'eau dans l'étang soit de 19,2°C à 20,1 °C et le passage de 15kg à 30kg par jour, augmentait la température d'un degré, soit de 20,1°C à 21,4°C ( $p < 0,001$ ).

Il ressort de cette étude que l'utilisation de 30kg de braise maintient la température de l'eau au dessus de seuil de référence quelque soit l'heure, il n'existait pas d'effet d'interaction entre les heures et la quantité de braises utilisées ( $p = 0,743$ ).

Ces résultats confirment notre hypothèse et démontrent clairement qu'il y a une différence significative de température de l'eau entre le système chauffé et non chauffé d'une part et d'autre part qu'il y a l'influence des quantités croissantes des combustibles dans l'augmentation de la température de l'eau dans les étangs. Il ressort qu'il est possible de valoriser ce système de chauffage en vue d'une production d'alevins et le grossissement des juvéniles de *O niloticus* en période froide à Lubumbashi.

Néanmoins, nous estimons qu'une étude intégrant les paramètres physico économiques devrait être entreprise pour appréhender la distribution de la température de l'eau dans les régions à saisons froides rigoureuses ainsi que la rentabilité du système.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Professeur Gustave Beya Siku et son Excellence Moïse Katumbi Chapwe pour leur contribution significative à cette étude.

## REFERENCES

- [1] P., Kestemont, J-C., Micha, U. Falter, Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. Project reports. ADCP/REP/89/46, 189. <http://www.fao.org> – Archives de documents de la FAO, (mars 2013)
- [2] Communautés européennes, Valorisation des rejets thermiques des centrales électriques dans la Communauté européenne Tome I : Synthèse - Tome II : Études de cas Projet de démonstration Potentiel-Énergie. -Commission EUR 1166 0- Série: Énergie ISBN 92-825-9058- 5 N° de catalogue : CD-NA-1 1 660-FR-C. Luxembourg: Office des publications officielles des Communautés européennes. 148p, 1998
- [3] M.N. Bruton, B.R. Allanson, Growth of *Tilapia mossambica* (Pisces : Cichlidae) in Lake Sibaya, *South Africa. J. Fish. Biol.*, vol 6, pp 701-715., 1974
- [4] J. Daget, Mémoire sur la biologie des poissons du Niger moyen. 1. Biologie et croissance des espèces du genre *Alestes*. *Bull. Inst. fr. Afr. noire (A)*, vol 14, n°1, pp 191-225, 1952.
- [5] J.,Daget, Mémoire sur la biologie des poissons du Niger moyen : recherches sur *Tilapia zillii* (Gerv.). *Bull. Inst. fr. Afr. noire (A)*, vol 18, n°1, pp 165-233, 1956.
- [6] J.R. Durand, Biologie et dynamique des populations d'*Alestes baremoze* (pisces, characidae) du bassin Tchadien. Trav. Doc. Orstom, Paris 98, 322p, 1978.
- [7] A.J. Hopson, A study of the Nile Perch *Lates niloticus* L. (Pisces, *Centropomidae*) in Lake Tchad. *Overseas Res. Publ.*, no 19, 1972.
- [8] E.K. Balon, A.G. Coche, Lake Kariba: A man-made tropical ecosystem in Central Africa, *Monographiae Biologicae* 24, Dr. W. Junk Publ., The Hague, 766 p, 1974.
- [9] J-P.,Chausse, T. Kembola, R. Ngonde, L'agriculture : pierre angulaire de l'économie de la RDC", dans Johannes Herderschee, Daniel Mukoko Samba et Moïse Tshimenga Tshibangu (éditeurs), Résilience d'un Géant Africain : Accélérer la Croissance et Promouvoir l'Emploi en République Démocratique du Congo, Volume II : Etudes sectorielles, MÉDIASPAUL, Kinshasa, 97p, 2012.
- [10] R.C. Ewing, W.J. Weber & F.W. Clinard Jr, Radiations effects in nuclear waste forms for high level radioactive waste. *Progress in nuclear energy*, vol 29, n°1, pp 63-127, 1995.
- [11] J.C. Helton, Uncertainty and sensitivity analysis techniques for use in performance assessment for radioactive waste disposal. *Reliability Engineering & System Safety*, vol 42, n°2-3, pp 327-367, 1993.
- [12] P. Barbey, Impact des installations nucléaires sur l'environnement, 1999. *l'ACROnique du nucléaire n°44, mars 1999.* <http://www.acro.eu.org/controle.html>, (juillet 2014).
- [13] Ph. Jamet, La sûreté nucléaire devra être mondiale. *La Recherche* n° 396, avril 2006.
- [14] Lwamba B.J., Katim M.A-M., Kiwaya A.T., Ipungu L.R., Nyongombe U.N., Température de l'eau des étangs pendant la période froide à Lubumbashi (R.D. Congo) : variations et implications sur la croissance et la reproduction des poissons. Soumis dans la revue *Journal of Animal and Plant and Science*.
- [15] M. Leblanc, F. Malaisse, Lubumbashi, un écosystème urbain tropical. Centre international de sémiologie, Université nationale du Zaïre, 160 p, 1978.
- [16] D. Mires, A Study of the Problems of the Mass Production of Hybrid *Tilapia Fry*. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (Eds) *The biology and culture of tilapias*, ICLARM Conference Proceedings 7, 432p. Int. Center for Living Aquatic Res. Management, Manila, Philippines: 317-329, 1982.
- [17] J.M. Kapetsky, Evaluation stratégique des possibilités de pisciculture en étang à température élevée sur le continent africain. Document technique du CPCA. No. 27. Rome, FAO. 77p, 1996.
- [18] P.A.W. Silvera, Factors affecting fry production in *Sarotherodon niloticus* (L.), M.Sc. thesis, Auburn University, Auburn, Alabama, 1, 1978.
- [19] A.G. Coche, Cage culture of tilapias. In: *Biology and culture of tilapias*. Pullin R.S.V. and Lowe- McConnell R.H. (éds.). ICLARM, Philippines, 205-246, 1982.
- [20] R.D. Guerrero, A.M. Garcia, Studies on the fry production of *Sarotherodon niloticus* in a lake-based hatchery, 388-393. In: Fishelson, L. et Yaron, S. Eds, *The First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Nazareth, Israel May 8-13, 1983, Tel Aviv University, 624p, 1983.
- [21] D.G. Hughes, L.L. Behrends, Mass production of *Tilapia nilotica* seed in suspended net enclosure, 394-401. In: Fishelson, L. et Yaron, S. Eds, *The First International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Nazareth, Israel May 8-13, 1983, Tel Aviv University, 624p, 1983.
- [22] P. Parrel, I. Ali, J. Lazard, Le développement de l'aquaculture au Niger: Un exemple d'élevage de *Tilapia* en zone sahélienne. *Bois et Forêts des Tropiques*, vol 212, pp 71-94, 1986.

- [23] L.L. Lovshin, H.H. Ibrahim, Effects of broodstock exchange on *Tilapia nilotica* egg and fry production in net enclosures, 231-236. In: R.S.V. Pullin et al: The Second International Symposium on tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceedings 15, 623p, 1987.
- [24] M.S. Azaza, M. Legendre, M.M. Kraiem, E. Bara, Size-dependent effects of daily thermal fluctuations on the growth and size heterogeneity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Journal of Fish Biology*, vol 76, pp 669-683, 2010.
- [25] I. Paperna, Parasites, infections et maladies du poisson en Afrique. CPCA, Doc. Tech., (7) : 202 p, 1982.
- [26] G.O. El-Naggar, M.A. El Nady, M.G. Kamar, A.I. Al-Kobabay, Effect of photoperiod, dietary protein and temperature on reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fitzsimmons, K. and Filho, Jomar Carvalho: American Tilapia Association and ICLARM*, 352-358, 2000.
- [27] M. Huet, J.A. Timmermans, Textbook of fish culture: breeding and cultivation of fish. Farnham, Surrey, Fishing News Book Ltd., England, UK. 436 p, 1972.
- [28] G. Rossier J.A. & W. Micuta, le charbon de bois est-il un combustible satisfaisant? Institut pour le développement des énergies renouvelables, France, 2011.