

Madiumba Bamba Arnold Jonas, Dituba, N.G., Luwesi, N.C., Kintu, M.D., Kibungu, H.B., Birikomo, M.J., Kimwela, S.H., Lukuke, A.Y., Ntumba, J. and Raphael M. Tshimanga.
Analyse du potentiel énergétique des hydroliennes pour l'amélioration de la desserte en eau potable dans la ville de Kenge, RDC : Cas de la Rivière Bakali
International Journal Water Sciences and Environment Technologies

Vol. (x), Issue. 3, December 2025, pp. 54-60

e-ISSN: 1737-9350 p-ISSN: 1737-6688, | Open Access Journal |

www.ijsste.org

Scientific Press International Limited



Analyse du potentiel énergétique des hydroliennes pour l'amélioration de la desserte en eau potable dans la ville de Kenge, RDC : Cas de la Rivière Bakali

Madiumba, B.A.J¹; Dituba, N.G^{1,2}, Luwesi, N.C^{1,3}, Kintu, M.D¹., Kibungu, H.B^{1,5}, Birikomo, M.J^{1,6}, Kimwela, S.H¹, Lukuke, A.Y¹, Ntumba, J.^{1,7} and Raphael M. Tshimanga¹

¹Ecole Régionale de l'Eau (ERE) & Centre de Recherche en Ressources en Eau du Bassin du Congo (CRREBaC), BP 117 Université de Kinshasa (UNIKIN), RD Congo ;

²UQAT-Québec/CANADA ;

³AUMT-Congo-Brazzaville ;

⁵Ministère des ressources Hydrauliques ;

⁶Institut Supérieure Pédagogique et Technique de Kinshasa ;

⁷Institut Supérieure de Technique Médicale de Kinshasa en RDC.

Résumé

Le recours exclusif aux énergies fossiles pour la production d'électricité par des centrales thermiques afin d'alimenter les systèmes d'eau potable ne garantit pas une exploitation optimale des ressources en eau. Cette étude vise à analyser les potentialités énergétiques de la rivière Bakali pour la valorisation de l'énergie électrique hydrolienne, afin de faire face à l'utilisation de générateurs diesel, confrontés aujourd'hui à l'augmentation du prix des carburants dans la ville de Kenge. En effet, les coûts élevés de transport de ces carburants dans des régions souvent difficiles d'accès limitent le temps de fonctionnement des usines de production d'eau potable, avec pour conséquence un faible taux de desserte en eau potable. Pour ce faire, les paramètres hydrométriques permettant d'améliorer le rendement de la roue de l'hydro-générateur ont été utilisés, ainsi que différentes formules pour déterminer les caractéristiques de l'hydrolienne flottante, exploitables en fonction des opportunités offertes par la rivière Bakali. Les résultats ont montré que, pour une plage de vitesse d'écoulement de l'eau de la rivière de 2,5 à 3 m/s, la puissance effective développée serait de 7 à 11 kW et le nombre d'hydroliennes dans le parc serait de 29 à 17. De même, pour une vitesse d'écoulement de 3 à 3,5 m/s, la puissance effective serait de l'ordre de 17 à 19 kW avec un parc de 17 à 11 hydroliennes, répondant ainsi à un besoin énergétique de 200 kWh nécessaire au fonctionnement de l'usine de production d'eau potable de la ville de Kenge.

Mots clés : Potentialités énergétiques, Énergie renouvelable, approvisionnement en eau potable, dimensionnement de l'hydrolienne, Ville de Kenge.

Analysis of the energy potential of tidal turbines for improving drinking water supply in the town of Kenge, DRC: Case of the Bakali River

Abstract

The aim of this study is to harness the electrical energy of tidal turbines to replace the use of diesel generators, which are currently facing rising fuel prices and the high cost of transporting these fuels to regions that are often difficult to access. This situation limits the operating time of drinking water production plants and adversely affects the low level of service in the town of Kenge. To address this, we used hydrometric parameters to improve the efficiency of the hydro generator wheel, as well as various formulas to determine the characteristics of the floating tidal turbine that can be operated according to the opportunities offered by the Bakali River. The results showed that, for a river flow speed range of 2.5 to 3 m/s, the effective power developed would be 7 to 11 kW, and the number of tidal turbines in the park would be 29 to 17. Similarly, for a flow speed of 3 to 3.5 m/s, the effective power would be in the range of 17 to 19 kW with a fleet of 17 to 11 turbines, sufficient to meet the energy requirement of 200 kWh needed to operate the drinking water production plant in the town of Kenge.

Keywords: Energy potential, Renewable energy, drinking water supply, tidal turbine sizing, Kenge town.

¹ Corresponding author: arnoldjonasmadiumba@gmail.com

I. INTRODUCTION

L'eau est une source d'énergie très importante à l'échelle mondiale, pourtant seulement environ 20 % de son potentiel est utilisé. Dans le domaine de l'énergie, on pense d'abord aux grands barrages, mais les innovations exploitant des volumes d'eau moins importante et nécessitant des travaux moins gigantesques se multiplient. C'est notamment le cas des hydroliennes, développées pour exploiter l'énergie marine et fluviale (Pautret, 2016).

Les hydroliennes permettent de convertir l'énergie cinétique des courants d'eau naturels tels que les fleuves, les rivières ou les marées, ainsi que des courants marins stables, en électricité. Elles fonctionnent comme des éoliennes subaquatiques, dont les pales sont mises en mouvement par la force des courants marins (océaniques ou de marées) ou fluviaux afin de produire de l'énergie électrique (Thierry, 2015).

L'hydrolienne est une machine entraînée par les courants marins et produit de l'énergie électrique qui est ensuite réexportée vers la terre. Son concept est originale car elle n'est pas située sous l'eau mais en surface. La principale différence avec les hydroliennes marines réside dans la capacité de production : la puissance des hydroliennes marines est de l'ordre de quelques GW, alors que celle des hydroliennes fluviales flottantes varie en termes de kW (TPE, 2013).

La technologie hydrolienne est très prometteuse, car elle vise deux types de marchés : le marché des pays industrialisés et celui des pays en voie de développement. Pour le premier, elle permettrait de réaliser la transition énergétique en passant d'une énergie carbonée à une énergie renouvelable, et pour le second, elle contribuerait à augmenter la production d'électricité et faciliterait son accès à une plus grande partie de la population, comme celle d'Afrique dont les deux tiers n'ont pas accès à l'électricité (Schlounet et al., 2016). Le recours exclusif aux énergies fossiles pour la production d'électricité par des centrales thermiques afin d'alimenter les systèmes d'eau potable ne garantit pas une exploitation optimale des ressources en eau (Hassou et al., 2011).

En effet, l'utilisation de générateurs diesel est confrontée à l'augmentation du prix des carburants, ainsi qu'aux coûts de transport du carburant dans des régions souvent difficiles d'accès, sans oublier les coûts d'exploitation et de maintenance dans ces zones isolées (Mohomard, 2020). De plus, l'efficacité énergétique des générateurs diminue lorsqu'ils fonctionnent à faible charge (Grégoire, 2013).

Dans le souci de réduire le déficit et d'améliorer l'accès à l'électricité, le gouvernement de la RDC a mis en place la loi n°14/011 du 17 juin 2014, complétée par la loi n°18/031 du 13 décembre 2018, relative à la libéralisation du secteur de l'électricité pour permettre le développement tout en favorisant le partenariat public-privé (UNDP-CD, 2022). Ainsi, la migration du système d'exploitation d'eau potable à régime thermique vers une approche thermique-hydrolienne pour l'amélioration de la desserte en eau potable et la réduction de l'empreinte carbone permettra d'éradiquer le déficit hydrique de la population ainsi que les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Dans cet article, il est présenté les opportunités offertes par la technologie des hydroliennes flottantes de la rivière Bakali pour la production d'électricité, en exploitant la vitesse d'écoulement de ce cours d'eau afin d'améliorer la desserte en eau potable dans la ville de Kenge.

2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1. Présentation du Milieu d'étude

Les activités sur le terrain ont consisté à analyser les opportunités offertes par l'énergie hydrolienne de la rivière Bakali, située dans la ville de Kenge, province du Kwango en République démocratique du Congo. La ville de Kenge est située dans la province de Kwango, à une altitude de 556 m, avec les coordonnées géographiques suivantes (figure 1): Latitude : 4° 49'60" Sud et Longitude : 16° 54' 0"Est, et une superficie de 1 812 600 hectares, soit 18 126 km² (Omasombo et al., 2012).

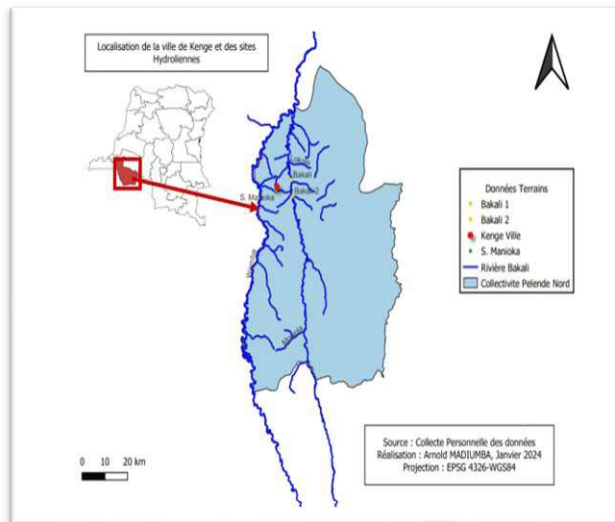


Figure 1 : Carte de la localisation de la ville de Kenge et des sites hydroliennes

2.2. Collecte des données

Durant cette étude, différents équipements et matériels ont été employés pour mesurer les paramètres physico-chimiques et hydrométriques de la rivière Bakali. Un GPS de marque GARMIN 64SX a été utilisé pour déterminer les coordonnées géographiques, et une sonde multiparamétrique de marque HANNA pour prélever les paramètres physico-chimiques de l'eau de la rivière Bakali, tels que la température, le pH, la conductivité, la turbidité et la salinité.

Pour prélever les paramètres hydrométriques de la rivière, un ruban métrique de 50 mètres, un rouleau de fil nylon de 50 mètres, un rouleau de fil nylon de 3,5 mm de 100 mètres, une pirogue motorisée de 8 mètres de long, un bloc de moellon de 20 kg, des bouteilles en plastique de 30 cl et un chronomètre ont été utilisés (figures 2 et 3).

Figure 2. Quelques matériels utilisés pour les prélèvements des données dans la rivière Bakali



Figure 2.1 Technique de sondage de la rivière Bakali



Figure2.2 Prélèvement des paramètres physico-chimiques de la rivière Bakali



Figure 3: Exploration pour la recherche de différentes données optimales pour l'implantation du parc hydrolienne sur la rivière Bakali.

2.3. Analyse de données : Dimensionnement de l'hydrolienne flottante nécessaire pour la rivière Bakali

Pour estimer la potentialité énergétique hydrolienne de la rivière Bakali, il a été procédé de la manière suivante :

a) Puissance mécanique brute ou théorique

La puissance mécanique brute d'une hydrolienne flottante est obtenue par la relation :

$$P_{méc}(b) = \frac{\rho \times V^2}{2} \times S \times \mu \quad (W) \quad (1)$$

où :

ρ est la masse volumique de l'eau (1000 kg/m³) ;

V est la vitesse de l'écoulement de l'eau (en m/s) ;

μ est la vitesse d'entraînement de la roue (en m/s) ;

S est la surface immergée de la roue (en m²).

Sachant que pour une roue par dessous : $\mu = \frac{V}{2}$, il vient cependant :

$$P_{méc}(b) = \frac{\rho \times V^3}{4} \times S \quad (W) \quad (2)$$

b) Puissance effective

$$P_{méc}(eff) = \frac{\rho \times V^3}{4} \times S \times \eta(\text{méc}) \quad (W) \quad (3)$$

où $\eta(\text{méc})$ est le rendement mécanique de la roue (valeur courante autour de 0,40 à 0,50).

Il est à noter que le rendement hydraulique tend vers un et la vitesse d'écoulement doit être supérieure ou égale à 2 m/s.

c) Surface immergée (S) :

$$S = L \times i \quad (4)$$

où : L est la largeur de la roue (turbine) ;

i est l'immersion de la roue (turbine).

Signalons que la valeur de i varie de 0,25 à 0,70 m et la largeur de la roue est inférieure ou égale à la moitié de la largeur du cours d'eau (ou de la rivière).

La profondeur minimale d'un cours d'eau capable d'abriter une hydrolienne flottante doit être de 60 cm.

d) Rayon de la roue (R)

$$R = \frac{i}{2(1-\cos\alpha)} \quad (m) \quad (5)$$

α est l'angle d'inclinaison des aubes (sa valeur est comprise entre 30° et 45°)

e) Rayon moyen de la roue (Rm)

$$R_m = R - \frac{i}{2} \quad (m) \quad (6)$$

f) Nombre d'aubes par compartiment (η_{ac})

$$\eta_{ac} = \frac{360^\circ}{\alpha} \quad (7)$$

g) Vitesse de rotation de la roue (Nr)

$$N_r = \frac{15V}{\pi R_m} \quad (tr/mn) \quad (8)$$

h) Puissance électrique (Pél)

$$P(\text{él}) = P(\text{eff}) \times \eta_{th} \times \eta_g \quad \text{en VA} \quad (9)$$

$$P(\text{él}) = P(\text{eff}) \times \eta_{th} \times \eta_g \times \cos\varphi \quad \text{en W} \quad (10)$$

où :

η_{th} est le rendement convertisseur (multiplicateur) de vitesse ;

η_g est le rendement du générateur électrique ;

$\cos\varphi$ est le facteur de puissance du générateur (qui peut être la moyenne de $\cos\varphi$ des récepteurs dans le réseau).

i) Vitesse du fluide associée

Elle est obtenue par le théorème de Bernoulli, en négligeant les pertes de charge dues à la vanne :

$$V = \sqrt{2g(H - A)} \quad (11)$$

où :

V est la vitesse du fluide attaquant la roue ;
g est l'accélération de la pesanteur ;
H est la hauteur du fluide devant la vanne ;
A est la hauteur supérieure de la lame d'eau lors de son entrée dans la roue.

j) Vitesse de rotation du générateur (Ng)

Le générateur électrique utilisé dans cette centrale est de type asynchrone.

Cependant :

$$Ng = \frac{60f}{p} (1 - g) \text{ en tr/min} \quad (12)$$

où :

f est la fréquence du réseau (en Hz) ;

p est le nombre de paires de pôles ;

g est le glissement (sa valeur est négative, dans le cas d'un générateur électrique).

k) Rapport d'accouplement (turbine – alternateur)

$$K = \frac{Ng}{Nr} \quad (13)$$

l) Puissance installée globale de la centrale

$$P_i(\text{gb}) = \sum_{i=1}^n P_{\text{él}}(i) \text{ en (W) ou (kW)} \quad (14)$$

3. Résultats

3.1. Caractéristiques hydrométriques de la rivière

Dans le souci de migrer de la source d'énergie thermique polluante que la REGIDESO S.A. exploite pour la production d'eau potable à une source renouvelable de type hydrolienne, cette étude a permis l'exploration de la rivière Bakali, située à proximité de la ville de Kenge, afin d'évaluer les opportunités qu'elle offre pour l'exploitation d'un parc hydrolien. Les caractéristiques de la rivière Bakali sont indiquées dans le tableau I.

Tableau I : Caractéristique de la rivière Bakali

Caractéristiques	Valeur
Largeur	55 m
Vitesse moyenne	1.8 à 2 m/s
Débit moyen	154 m³/s
Profondeur moyenne	3.5 m
Température	25°C
pH	6.5
Conductivité	4.05 µs/L
Turbidité	1.02 NTU
Salinité	1.001 mg/L

Le tableau I présente les caractéristiques hydrométriques et les paramètres physico-chimiques de la rivière Bakali, notamment la largeur, la vitesse moyenne de l'écoulement de l'eau, le débit moyen, la profondeur, la température, le pH (potentiel hydrogène), la conductivité, la turbidité et la salinité.

3.2. Opportunité énergétique hydrolienne de la rivière Bakali

Les hydroliennes permettent de convertir l'énergie cinétique des courants d'eau naturels en électricité (Thierry, 2015). La transformation de l'énergie hydraulique en énergie mécanique est réalisée par des turbines hydrauliques, également appelées roues hydrauliques (Gaulhier, 2005).

Pour une plage de vitesse d'écoulement de 2 m/s à 2,5 m/s, une roue hydrolienne de 5 m de largeur et une immersion de 70 cm, la puissance effective offerte par la rivière Bakali varie de 3,5 kW à 7 kW. Le nombre d'hydroliennes dans le parc nécessaire pour répondre au besoin de l'usine de la REGIDESO S.A. à Kenge, qui est de 200 kW, serait alors de 57 à 29.

Pour une plage de vitesse d'écoulement comprise entre 2,5 m/s et 3 m/s (figure 4), la puissance effective serait de 7 kW à 11,8 kW, et le nombre d'hydroliennes dans le parc serait de 29 à 17. Si la vitesse varie de 3 m/s à 3,5 m/s, cette puissance augmenterait de 11,8 kW à 18 kW, et le nombre d'hydroliennes dans le parc serait de 17 à 11.

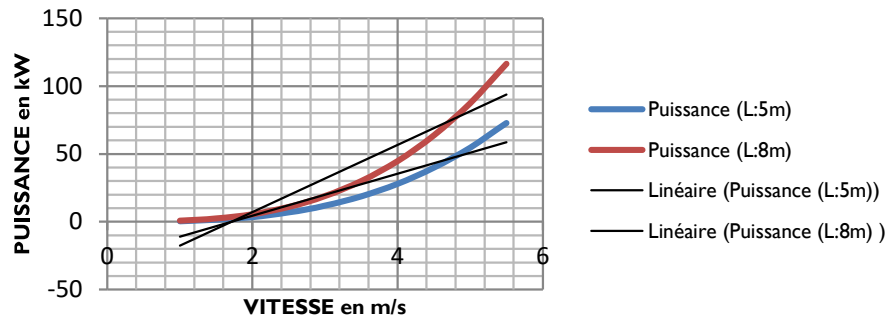


Figure 4. Courbe de la puissance en fonction de la vitesse d'écoulement du cours d'eau

4. DISCUSSION

En République Démocratique du Congo, les hydroliennes sont largement sous-étudiées malgré leur grand intérêt en raison de leur impact environnemental limité (pas besoin de génie civil ou de barrages), de leur polyvalence dans les pays en développement (alimentation de sites isolés ou soutien aux réseaux faibles) et de leur potentiel de production (Roye et al., 2007).

Après une analyse approfondie de la rivière Bakali, nos résultats ont montré que, pour une plage de vitesse d'écoulement de 2,5 à 3 m/s, cette dernière peut fournir une puissance effective variant de 6,8 kW à 11,8 kW avec une roue de 2,61 m de diamètre et 5 m de largeur. Le nombre d'hydroliennes dans le parc nécessaire pour satisfaire le besoin de l'usine de production d'eau potable à Kenge, qui utilise 200 kW, serait alors de 29 à 17.

Enfin, pour un scénario de vitesse d'écoulement de 3,5 m/s à 4 m/s, la puissance effective développée serait comprise entre 18 kW et 28 kW, et le nombre d'hydroliennes dans le parc serait de 11 à 7.

Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Michel et al. (1995), qui ont réussi à produire 36 kW avec un parc de 3 hydroliennes de 12 kW chacune, installé sur la rivière Lukenie à Kole dans la province de Sankuru en RDC. Cette centrale hydrolienne, avec des caractéristiques hydrométriques de 7 à 20 m de profondeur, 70 m de largeur et une vitesse d'écoulement de 2,55 m/s, a permis d'alimenter l'hôpital général, l'école, l'éclairage public et l'évêché.

Un autre cas est celui présenté par le magazine de la métropole de Lyon (2019), qui décrit les opportunités d'un parc composé de 4 hydroliennes flottantes de type fluvial de 80 kW chacune, permettant d'alimenter environ 400 foyers hors chauffage et d'éviter l'émission de 300 tonnes de CO₂ par an grâce à 1 GWh d'électricité produite.

De même, Marin (2018) montre que la machine hydrolienne de 20 kW installée à Boussalla au Congo Brazzaville dans le cadre du projet hydrolienne de 2018 a permis de fournir de l'énergie électrique à un bâtiment contenant des installations importantes pour ce village non électrifié.

La fondation ENGIE (2021) rapporte, dans le cadre du projet Pot@mai à l'île Mbamou au Congo Brazzaville, l'installation sur le fleuve Congo d'une hydrolienne flottante dite fluviale Hydro-GEN produisant 10 kW d'électricité, nécessaire pour répondre aux besoins de 3000 personnes habitant dans trois villages environnants.

IRAM (2020) décrit l'installation d'un micro-réseau hybride solaire-hydrolien composé de 12 modules de 300 W chacun, d'une puissance totale de 3,6 kW, nécessaire pour répondre aux besoins quotidiens des habitants du village de Moulenda, situé près de la rivière Loufoulakar au Congo Brazzaville.

Pautret (2016), dans son article sur les hydroliennes fluviales, atteste que des profondeurs d'eau minimales sont requises : 2,2 mètres pour les hydroliennes à un étage et 4,2 mètres pour celles à deux étages. Les hydroliennes fabriquées par Hydro-Quest peuvent fournir des puissances de 40 kW à 80 kW selon leurs configurations à un étage ou à deux étages. Si la machine est sans carénage, le rendement serait de 20 à 35 %, alors qu'avec carénage, il est estimé à environ 60 %.

Toujours dans ce même article, l'auteur signale que cette machine est déjà mise en place en deux endroits bien différents : sur le fleuve Oyapock en Guyane pour alimenter le village de Camopi à la frontière avec le Brésil, et sur la Loire à Orléans, qui est la première reliée au réseau français.

5. CONCLUSION

Cette étude avait pour but de valoriser l'énergie électrique hydrolienne afin de remplacer l'utilisation de générateurs diesel, confrontés aujourd'hui à l'augmentation du prix des carburants, pour améliorer le taux de desserte en eau potable dans la ville de Kenge.

Pour ce faire, Les paramètres hydrométriques permettant d'améliorer le rendement de la roue de l'hydro-générateur ont été utilisés, ainsi que différentes formules pour déterminer les caractéristiques de l'hydrolienne flottante exploitables en fonction des opportunités offertes par la rivière Bakali. Les résultats de cette étude ont montré que la rivière Bakali offre une opportunité significative de fournir une énergie renouvelable propre, nécessaire pour améliorer la desserte en eau potable en augmentant le temps de production dans la ville de Kenge.

Ainsi, le recours à l'énergie hydrolienne constitue une solution efficace et efficiente pour résoudre la problématique de l'approvisionnement en eau potable dans la ville de Kenge. En outre, des études d'impact environnemental et de retour sur investissement s'avèrent importantes pour la mise en œuvre de ce projet.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Foundation Engie, 2021.** Advancement du projet Pot@maï à Louboussa (République du Congo).
- [2] **Gaullier V., 2005.** TPE Hydrolienne & Eolienne. Eolienne le grand vent de la maturité. Science et vie. N°1053.
- [3] **Hassou M. E. B. et Berdai M., 2011 :** Adaptation du système eau – énergie au changement climatique : Etude nationale – Maroc, rapport final ;
- [4] **IRAM, 2020.** Le projet Pico-hydroliennes de Moulenda au Congo Brazzaville.
- [5] **Léna G., 2013 :** Mini-réseaux hybrides PV-diesel pour l'électrification rurale : Présentation générale et recommandations pour leur déploiement. Page 11.
- [6] **Marin, 2018.** Une hydrolienne française bientôt installée au Congo.
- [7] **MET' 2019.** Des hydroliennes sur le Rhône : une première mondiale. Le magazine de la métropole de Lyon.
- [8] **Mohomard I., 2020 :** Optimisation opérationnelle, écologique et énergétique des groupes électrogènes diesel, Thèse, Université du Québec à Rimouski (UQAR) ;
- [9] **Omasombo T. J., Zenga K. J., Guillaume L., Ngaleley Z. M., Zana E. M., Edwine S., Krawczyk J. et Laghmouch M., 2012.** Kwango, le pays de Ba Lunda. ISBN RDC : 978-99951-74-01-4. Pp. 17-301.
- [10] **Pautret M. L. et Simon J. F., 2016.** Les hydroliennes fluviales. Encyclopédie de l'énergie, article 106.
- [11] **Roye D., Andreica M., Seddik B., et Guiraud J., 2007 :** Intégration d'une hydrolienne au réseau, MPPT et qualité de l'énergie. Laboratoire de Génie Electrique de Grenoble, 'G2ELab' UMR 5269 CNRS/INPG/UJF, Grenoble, France. Revue des Energies Renouvelables Vol. 11 N°4 (2008) 493 – 502 DOI.
- [12] **Schloune E, Hanus V. et Virton P., 2016.** Etude de faisabilité technique : Conception d'un nouveau type d'hydrolienne. Revue Scientifique des Ingénieurs Industriels n°30, 2016.
- [13] **Therrien M., Gwet G., Lejeune A. et Kinyoung T., 1995.** Guide de la filière hydro-électrique. 2^{ème} Trimestre 1995.
- [14] **Thierry M., 2015.** Les hydroliennes. Encyclopédie de l'énergie. Article 068.
- [15] **TPE, 2013.** Hydroliennes Lycée Naval.
- [16] **UNDP – CD, 2022 :** Politique nationale de l'énergie de la RDC, version du 18/08/2022.

Conformité aux règles éthiques

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt. La recherche sur le terrain n'a présenté aucune menace pour les communautés ou les espèces protégées. Aucune organisation informelle ou légale n'a joué un rôle clé dans la conception de l'étude, la collecte et l'analyse des données en vue de décider du résultat final de l'étude. La décision de préparer le manuscrit et de le publier a été prise uniquement par les auteurs.