

# Etude De Faisabilité D'un Aménagement Hydroélectrique Sur La Rivière Lindi II Pour Le Renforcement De La Desserte Électrique De Kisangani (RD Congo)

Edouard DIASIVI DIDI<sup>1</sup>, Augustin MUNANGA BAMUE<sup>2</sup>, Ingrid OSUNDJA YAOLIA<sup>3</sup>, Claude APUMBA KAHINDO<sup>4</sup>, BILIMA BOLANGI<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Chercheur en Hydraulique et Environnement et Assistant à l'Institut des Bâtiments et des Travaux Publics de Kisangani (IBTP/Kisangani)*

<sup>2</sup>*Chercheur en Infrastructures de Génie Civil et Assistant à l'Institut des Bâtiments et des Travaux Publics de Kisangani (IBTP/Kisangani)*

<sup>3</sup>*Chercheur en Architecture et Assistant à l'Institut des Bâtiments et des Travaux Publics de Kisangani (IBTP/Kisangani)*

<sup>4</sup>*Chercheur en Hydraulique et Assistant à l'Institut des Bâtiments et des Travaux Publics de Kisangani (IBTP/Kisangani)*

<sup>5</sup>*Chercheur en Electromécanique et Assistant à l'Institut des Bâtiments et des Travaux Publics de Kisangani (IBTP/Kisangani)*

**Abstract**— The city of Kisangani is facing a chronic electricity deficit, mainly due to the limited installed capacity and the aging infrastructure of the Tshopo I Hydroelectric Power Station. This situation hinders the socio-economic development of Tshopo Province, despite its significant hydropower potential. This study aims to assess the technical and energy feasibility of developing a hydroelectric power plant at Chutes Balila I, located on the Lindi II River, in order to strengthen electricity supply to Kisangani and extend electrification to the territory of Banalia Territory.

The methodology is based on the analysis of topographic, hydrological, and geological data of the site, the structural design of a concrete gravity dam, and the estimation of installable capacity using available hydraulic parameters. The results indicate that a power plant with an estimated capacity of 137.55 MW, equipped with Francis and Kaplan turbines, could be developed under technically favorable conditions.

Such a project would enhance the reliability of electricity supply in Kisangani, reduce load shedding, and foster regional economic growth. However, its implementation requires careful consideration of environmental and social impacts, as well as strong institutional commitment.

**Keywords**— Hydropower; Energy supply; Gravity dam; Lindi II River; Kisangani.

## I. INTRODUCTION

L'accès fiable à l'énergie électrique constitue un facteur déterminant du développement économique et social. Dans de nombreux pays en développement, et particulièrement en République démocratique du Congo (RDC), l'insuffisance des infrastructures énergétiques freine l'industrialisation, la modernisation des services et l'amélioration des conditions de vie des populations.

Pourtant, la RDC dispose d'un potentiel hydroélectrique parmi les plus importants au monde, encore largement sous-exploité.

La ville de Kisangani, chef-lieu de la province de la Tshopo, dépend essentiellement de la centrale hydroélectrique de la Tshopo I, mise en service en 1952. Conçue pour une demande énergétique alors limitée, cette centrale ne parvient plus à satisfaire les besoins actuels, estimés à environ 40 MW, contre une capacité installée de 19,65 MW. Cette inadéquation se traduit par des délestages fréquents, aggravés par la variabilité saisonnière du débit de la rivière Tshopo et la vétusté des équipements.

Face à cette problématique, la recherche de solutions durables passe par la valorisation d'autres sites hydroélectriques régionaux. La rivière Lindi II, affluent du fleuve Congo, présente des chutes et rapides favorables à l'implantation d'ouvrages hydroélectriques. Le site des chutes Balila I, situé dans le secteur de Bengamisa, apparaît comme une alternative stratégique pour renforcer la capacité énergétique de Kisangani et contribuer à l'électrification du territoire de Banalia.

L'objectif de cet article est d'analyser la faisabilité technique d'un aménagement hydroélectrique sur la rivière Lindi II, en évaluant son potentiel énergétique, les conditions de stabilité des ouvrages projetés et les impacts attendus sur la desserte électrique régionale.

## II. PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

La problématique centrale de cette étude réside dans l'insuffisance et l'instabilité de la production électrique à Kisangani, qui limitent le développement économique et social de la région.

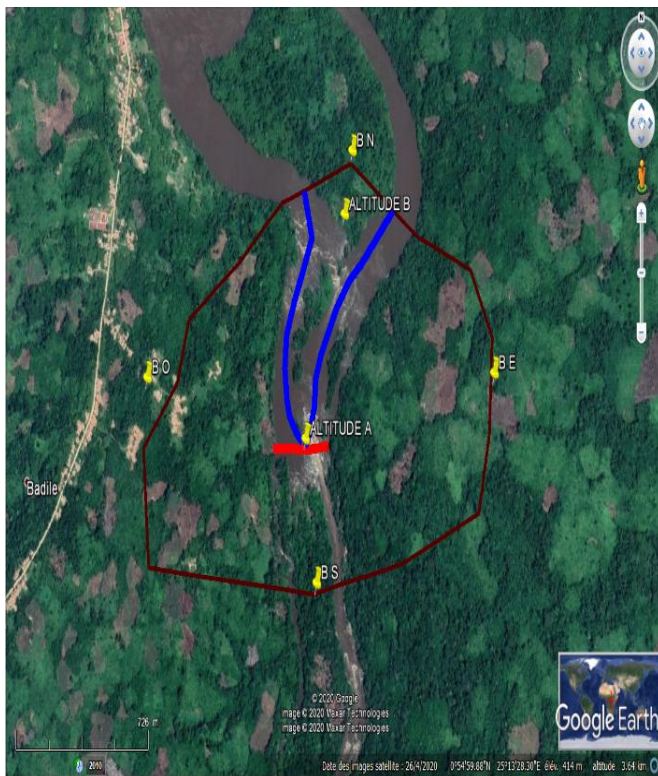
Cette situation soulève la question suivante : comment renforcer durablement la capacité de production énergétique de Kisangani en s'appuyant sur les ressources hydroélectriques locales ?

L'objectif principal de l'étude est d'évaluer la faisabilité technique d'un aménagement hydroélectrique sur les chutes Balila I de la rivière Lindi II. Les objectifs spécifiques consistent à :

- Analyser les caractéristiques hydrologiques, topographiques et géologiques du site ;
- Dimensionner un barrage-poids en béton adapté aux conditions locales ;
- Estimer la puissance électrique susceptible d'être produite ;
- Apprécier les impacts énergétiques, économiques, environnementaux et sociaux du projet.

### III. PRÉSENTATION DU MILIEU D'ÉTUDE

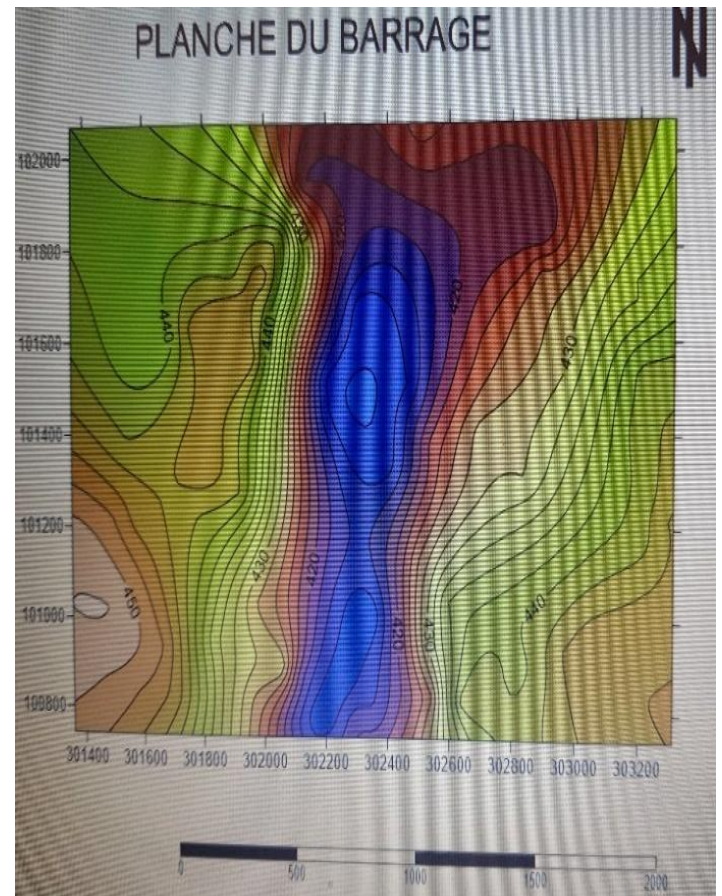
#### 3.1 Localisation géographique



**Figure 1 : Localisation du site de recherche**

Le site d'étude est situé dans le secteur de Bengamisa, au nord-est de la ville de Kisangani, à environ 78 km de celle-ci, dans le territoire de Banalia. La rivière Lindi II, affluent du fleuve Congo, traverse cette zone et présente, dans sa partie aval, plusieurs chutes et rapides favorables à l'aménagement hydroélectrique.

#### 3.2 Caractéristiques hydrologiques



**Figure 2 : Caractéristiques hydrologiques**

La rivière Lindi II possède un bassin versant d'environ 58 000 km<sup>2</sup>. Son débit moyen est estimé à 1 200 m<sup>3</sup>/s, avec un débit garanti d'exploitation d'environ 492 m<sup>3</sup>/s. La présence de chutes naturelles permet d'envisager une hauteur de chute brute de l'ordre de 30 m.

### 3.3 Contexte climatique et géologique



**Figure 3 : Image montrant l'aspect géologique du site**

La région de Kisangani est caractérisée par un climat équatorial humide, avec des précipitations relativement bien réparties sur l'année. Le site de Bengamisa repose sur des formations géologiques d'âge précambrien, constituées principalement d'arkoses et de schistes, offrant des conditions favorables à l'implantation d'ouvrages de génie civil de type barrage-poids.

## IV. MÉTHODOLOGIE DÉTAILLÉE

### 4.1 Type et démarche de l'étude

La présente recherche est une étude de faisabilité technico-économique appliquée à un projet d'aménagement hydroélectrique.

Elle adopte une démarche analytique et descriptive, combinant l'exploitation de données secondaires, l'application de modèles de calcul hydraulique et la comparaison avec des projets hydroélectriques similaires réalisés en République démocratique du Congo et dans d'autres pays africains.

### 4.2 Sources et nature des données

Les données utilisées proviennent de plusieurs sources :

- Données hydrologiques issues de rapports techniques existants sur le bassin de la rivière Lindi II ;
- Données topographiques obtenues à partir de relevés satellitaires (Google Earth) et de profils en long et en travers du site ;
- Données géologiques et géotechniques issues de cartes géologiques régionales et de la littérature scientifique ;
- Données techniques relatives aux turbines, alternateurs et ouvrages hydrauliques issues de manuels spécialisés et de normes internationales.

### 4.3 Hypothèses techniques de dimensionnement

Le dimensionnement du barrage et de la centrale repose sur les hypothèses suivantes :

- Débit moyen annuel de la rivière Lindi II estimé à 1 200 m<sup>3</sup>/s ;
- Débit garanti d'exploitation fixé à 492 m<sup>3</sup>/s afin d'assurer une production stable ;
- Hauteur de chute brute de 30 m et hauteur de chute nette de 28,5 m après prise en compte des pertes hydrauliques ;
- Rendement global de la centrale estimé à 75 %, intégrant les rendements des turbines et des alternateurs.

Ces hypothèses ont été retenues afin de garantir un compromis entre sécurité hydraulique, performance énergétique et viabilité économique.

### 4.4 Méthodes de calcul hydraulique et énergétique

L'estimation de la puissance hydroélectrique a été réalisée à partir de la relation fondamentale reliant la puissance au débit, à la hauteur de chute et au rendement global. Les calculs de stabilité du barrage-poids ont pris en compte les forces principales agissant sur l'ouvrage, notamment le poids propre, la pression hydrostatique et les sous-pressions.

Les critères de stabilité au renversement, au glissement et au tassement ont été vérifiés conformément aux principes classiques de la mécanique des barrages. Le choix des turbines (Francis et Kaplan) a été justifié par l'adéquation entre le débit disponible, la hauteur de chute et les plages de fonctionnement de ces équipements.

#### 4.5 Outils et références normatives

Les analyses ont été réalisées à l'aide d'outils de calcul classiques et de logiciels d'aide à la conception en génie civil. Les normes et recommandations du Comité International des Grands Barrages (CIGB) et de la Commission Électrotechnique Internationale (CEI) ont servi de référence pour le dimensionnement des ouvrages et des équipements électromécaniques.

### V. RÉSULTATS

#### 5.1 Dimensionnement du barrage

Les résultats du dimensionnement indiquent qu'un barrage-poids en béton, permettant une hauteur de chute brute de 30 m et une chute nette de 28,5 m, pourrait être implanté sur le site des chutes Balila I. Le volume d'eau mobilisable est estimé à environ 42 508 800 m<sup>3</sup>, garantissant une production énergétique relativement stable tout au long de l'année.

#### 5.2 Stabilité de l'ouvrage

La vérification de l'équilibre du barrage s'effectue en tenant compte des forces principales :

- Poids propre du barrage (P) ;
- Pression hydraulique (W) ;
- Résultante de la sous-pression (S).

L'étude de la stabilité du barrage consiste à évaluer la sécurité de l'ouvrage vis-à-vis des trois conditions de stabilité : le renversement, le glissement et le tassement.

##### a) Condition au renversement

$$\text{Condition : } M_w < M_p - M_s \quad (1)$$

Le point d'application G des forces P, W et S, et leur bras de levier sont respectivement  $BW = \frac{1}{3} HW$  et  $BP = BS = \frac{2}{3} \times a = \frac{2}{3} \times m \times Hc$   
 $a = m \times Hc$  (m) = fruit,  $m = \frac{a}{Hc}$  et  $a = B - b$

Les forces respectives sont :

- Poids verticaux :

$$P = \frac{1}{2} \times m \times Hc^2 \times Vp ;$$

- Poids Horizontaux :

$$W = \frac{1}{2} \times Vw \times Hw^2 ;$$

- Résultante de la sous-pression :

$$S = \frac{1}{6} \times Vw \times m \times Hc^2$$

Les moments respectifs sont :

$$1) \quad Mp = Bp - P$$

$$2) \quad Mw = Bw \times W$$

$$3) \quad Ms = Bs \times S$$

**Table 1 :  
Récapitulatif des résultats**

|          | V<br>p | V<br>w | M | F       | Bp   | B<br>w | Bs   | M        |        |
|----------|--------|--------|---|---------|------|--------|------|----------|--------|
| <b>P</b> | 24     | -      | 1 | 8 640   | 12,8 | -      | -    | 110 592  | M<br>p |
| <b>W</b> | -      | 11     | 1 | 4 467,4 | -    | 9,5    | -    | 42 440,4 | M<br>w |
| <b>S</b> | -      | 11     | 1 | 1 320   | -    | -      | 12,8 | 16 896   | Ms     |

Vérification de la stabilité

- a) Au non renversement, on doit avoir :

$$Mw < Mp - Ms$$

$$\rightarrow 42\,440,4 < 110\,592 - 16\,896 \rightarrow 42\,440 < 93\,696$$

*Condition vérifiée*

b) *Au non glissement, on doit avoir :*

$$W < f(P - S) \text{ avec } f \text{ coefficient de friction}$$

de matériau donné par l'étude géotechnique

$$(f = 0,75)$$

$$\rightarrow 4\,467,4 < 0,75(8\,640 - 1\,320) \rightarrow 4\,467,4 < 5\,490$$

*Condition vérifiée*

c) *Au non tassement, on doit avoir :*

$$\sigma_{eff} = \frac{P}{S} < \sigma_{sol} \text{ (roche: } 10 \text{ Kg/cm}^2 \text{)}$$

$$\rightarrow \frac{864\,000 \text{ Kg}}{260\,000 \text{ cm}^2} < 10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\rightarrow 3,3 < 10 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Condition}$$

*vérifiée*

Les vérifications de stabilité au renversement, au glissement et au tassement montrent que les conditions de sécurité sont respectées, sous réserve du respect des normes de conception et de la qualité des matériaux utilisés.

### 5.3 Capacité énergétique

#### 5.3.1. Données techniques

- Débit moyen : 1 200 m<sup>3</sup>/s ;
- Débit garanti (disponible ou d'exploitation) : 492 m<sup>3</sup>/s ;
- Hauteur de la chute brute : 30 m ;
- Hauteur de la chute nette : 28,5 m ;
- Masse volumique de l'eau : 1000 kg/m<sup>3</sup>,
- Accélération de la pesanteur : 9,81 m/s<sup>2</sup> ;
- Rendement de la centrale : 75 %,
- Rendement des turbines : 80 à 95 % ;
- Rendement électrique des alternateurs : 85 % ;
- Facteur de puissance : 0,8

#### 5.3.2. Détermination de la puissance effective

La puissance hydraulique disponible du site :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_n \text{ en Watt}$$

$$P = 1000 \times 9,81 \times 492 \times 28,5 = 137.555.820 \text{ W} = 137.555,820 \text{ KW}$$

$$P = 137,55582 \text{ MW}$$

Sur la base d'un débit d'exploitation de 492 m<sup>3</sup>/s et d'une chute nette de 28,5 m, la puissance installable est estimée à 137,55 MW. Cette puissance serait produite par quatre turbines à réaction, dont deux de type Francis et deux de type Kaplan, couplées à des alternateurs synchrones fonctionnant en réseau interconnecté.

## VI. DISCUSSION APPROFONDIE ET ANALYSE COMPARATIVE

**Table 2 :**  
**Tableau comparatif des principaux projets hydroélectriques de référence**

| Paramètres                    | Tshopo I         | Zongo II           | Balila I (projet)        |
|-------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| Année de mise en service      | 1952             | 2017               | —                        |
| Puissance installée (MW)      | 19,65            | 150                | 137,55                   |
| Type d'aménagement            | Barrage existant | Barrage + centrale | Barrage-poids + centrale |
| Cours d'eau                   | Rivière Tshopo   | Rivière Inkisi     | Rivière Lindi II         |
| Zone principalement desservie | Kisangani        | Kinshasa           | Kisangani & Banalia      |
| Rôle énergétique              | Local            | National           | Régional structurant     |
| État des équipements          | Vétustes         | Modernes           | Projetés                 |

Les résultats issus du dimensionnement et de l'évaluation énergétique montrent que l'aménagement hydroélectrique des chutes Balila I sur la rivière Lindi II constitue une solution techniquement crédible et stratégiquement pertinente pour répondre au déficit énergétique structurel de la ville de Kisangani. La puissance installable estimée à 137,55 MW représente une augmentation substantielle par rapport à la capacité actuelle de la centrale de la Tshopo I (19,65 MW), soit un facteur multiplicatif supérieur à sept. Cette différence met en évidence le décalage existant entre les besoins énergétiques actuels de la ville et les capacités des infrastructures héritées de la période coloniale.

#### *6.1 Comparaison avec la centrale hydroélectrique de la Tshopo I*

La centrale de la Tshopo I, mise en service en 1952, a été conçue dans un contexte démographique et industriel radicalement différent de celui observé aujourd'hui. À l'époque, la population de Kisangani était relativement faible et les activités industrielles limitées. En revanche, la croissance démographique rapide, l'urbanisation et les perspectives d'implantation de nouvelles industries (cimenterie, unités de transformation agroalimentaire, exploitation minière) ont considérablement accru la demande énergétique.

Sur le plan technique, la Tshopo I présente plusieurs contraintes majeures : une puissance installée insuffisante, une forte dépendance aux variations saisonnières du débit de la rivière Tshopo et une vétusté avancée des équipements électromécaniques. Ces facteurs combinés expliquent la fréquence des délestages observés à Kisangani. En comparaison, la rivière Lindi II offre un débit plus important et plus régulier, ainsi qu'un potentiel de chute exploitable permettant une production énergétique plus stable sur l'ensemble de l'année.

#### *6.2 Analyse comparative avec d'autres projets hydroélectriques en RDC*

L'analyse comparative avec des projets hydroélectriques récents en République démocratique du Congo permet de situer le projet de Balila I dans un cadre national. À titre d'exemple, la centrale hydroélectrique de Zongo II, inaugurée en 2017, dispose d'une puissance installée de 150 MW pour un coût global estimé à environ 360 millions de dollars américains. Le projet de Balila I, avec une puissance estimée à 137,55 MW et un coût évalué à 356 millions de dollars, présente des ordres de grandeur comparables en termes d'investissement et de capacité énergétique.

Toutefois, contrairement à Zongo II, principalement destinée à l'alimentation de Kinshasa et de ses environs, la centrale projetée sur la rivière Lindi II aurait un impact direct sur une région encore largement sous-électrifiée. Elle contribuerait non seulement à renforcer la desserte de Kisangani, mais également à étendre l'accès à l'électricité au territoire de Banalia, favorisant ainsi une meilleure répartition spatiale des infrastructures énergétiques.

#### *6.3 Apport du projet dans la sécurisation énergétique régionale*

La sécurisation énergétique constitue un enjeu majeur pour les villes africaines en forte croissance. Dans le cas de Kisangani, la dépendance quasi exclusive à une seule centrale expose la ville à des risques élevés de rupture d'approvisionnement. L'aménagement de la centrale de Balila I permettrait de diversifier les sources de production et de renforcer la résilience du système électrique régional.

En outre, l'interconnexion de la nouvelle centrale avec le réseau existant de la SNEL offrirait une flexibilité accrue dans la gestion de la production et de la distribution de l'électricité. Cette redondance fonctionnelle est essentielle pour garantir la continuité du service, notamment en période d'étiage ou lors des opérations de maintenance des ouvrages existants.

#### *6.4 Retombées économiques et industrielles attendues*

L'augmentation significative de la capacité énergétique aurait des retombées économiques majeures. L'amélioration de la disponibilité de l'électricité favoriserait l'implantation de nouvelles unités industrielles, la relance des activités manufacturières locales et la valorisation des ressources minières du territoire de Banalia, notamment le fer et d'autres minerais encore peu exploités.

Par ailleurs, la phase de construction du barrage et de la centrale générerait un volume important d'emplois directs et indirects, contribuant ainsi à la réduction du chômage local. À long terme, la disponibilité d'une énergie électrique fiable et compétitive est susceptible d'attirer des investissements privés et de stimuler l'économie régionale.

#### *6.5 Limites de l'étude et perspectives*

Malgré les résultats encourageants, la présente étude comporte certaines limites. Elle repose principalement sur des données secondaires et des estimations théoriques, sans campagnes de mesures hydrologiques détaillées sur le long terme. De plus, les aspects environnementaux et sociaux, bien que discutés, nécessitent des études spécifiques approfondies conformément aux exigences réglementaires nationales et internationales.

Les perspectives de recherche futures pourraient porter sur l'optimisation technico-économique du projet, l'analyse détaillée des scénarios de gestion des débits en période de crue et d'étiage, ainsi que l'évaluation du potentiel de développement de micro-réseaux électriques autour de la centrale projetée.

## VII. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIO-ÉCONOMIQUES

### 7.1 Impacts environnementaux potentiels

La construction d'un barrage hydroélectrique sur la rivière Lindi II est susceptible d'entraîner plusieurs impacts environnementaux. La création d'une retenue d'eau peut modifier les écosystèmes aquatiques et terrestres, notamment par la submersion de zones forestières et agricoles. Cette modification du milieu naturel peut affecter la biodiversité locale, en particulier les espèces aquatiques dont les cycles de reproduction dépendent de la dynamique naturelle du cours d'eau.

La rétention des sédiments par le barrage peut également perturber l'équilibre morphologique de la rivière en aval, avec des conséquences possibles sur la qualité de l'eau et les habitats aquatiques. En outre, la décomposition de la biomasse végétale immergée dans les zones tropicales peut générer des émissions de gaz à effet de serre, principalement du méthane.

### 7.2 Impacts sociaux

Sur le plan social, l'aménagement du barrage peut nécessiter le déplacement de certaines communautés riveraines et entraîner la perte de terres agricoles et de zones de pêche. Ces impacts peuvent affecter les moyens de subsistance des populations locales si des mesures d'accompagnement adéquates ne sont pas mises en place.

Toutefois, l'amélioration de l'accès à l'électricité constitue un facteur majeur d'amélioration des conditions de vie. L'électrification favorise l'accès aux services de santé, à l'éducation et à l'information, tout en réduisant la dépendance aux sources d'énergie traditionnelles telles que le bois de chauffe.

### 7.3 Retombées socio-économiques positives

Le projet d'aménagement hydroélectrique de Balila I présente des retombées socio-économiques importantes. La phase de construction générera des emplois temporaires, tandis que l'exploitation de la centrale créera des emplois permanents qualifiés. L'amélioration de la desserte électrique favorisera le développement d'activités économiques locales, notamment dans le secteur industriel, artisanal et minier.

L'accès à une énergie fiable et relativement peu coûteuse est également susceptible d'attirer des investissements privés et de stimuler la croissance économique régionale, contribuant ainsi à la réduction de la pauvreté.

### 7.4 Mesures d'atténuation et de gestion environnementale

Afin de réduire les impacts négatifs du projet, plusieurs mesures peuvent être envisagées :

- Réalisation d'une étude d'impact environnemental et social approfondie avant la mise en œuvre du projet ;
- Mise en place de mécanismes de compensation équitable pour les populations affectées ;
- Aménagement de dispositifs permettant la migration des poissons ;
- Programmes de reboisement et de restauration des écosystèmes dégradés ;
- Suivi environnemental continu pendant les phases de construction et d'exploitation.

## VIII. CONCLUSION

Cette étude de faisabilité met en évidence le potentiel hydroélectrique important de la rivière Lindi II et la pertinence de l'aménagement des chutes Balila I pour renforcer durablement la desserte électrique de la ville de Kisangani et de ses environs. Avec une puissance estimée à 137,55 MW, le projet permettrait de sécuriser l'approvisionnement énergétique régional et de soutenir le développement socio-économique de la province de la Tshopo. La concrétisation de cette solution repose toutefois sur une volonté politique affirmée, la mobilisation des financements nécessaires et la prise en compte rigoureuse des enjeux environnementaux et sociaux.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] CHARON, P. (1972). Le calcul et la vérification des ouvrages en béton armé. Paris : Eyrolles.
- [2] COMITÉ INTERNATIONAL DES GRANDS BARRAGES (CIGB). (1992). *Évacuateurs de crues de barrages*. Bulletin n°81.
- [3] COMITÉ INTERNATIONAL DES GRANDS BARRAGES (CIGB). (2016). *Bulletin on Dam Safety and Sustainability*. Paris.
- [4] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). (2020). *Africa Energy Outlook*. Paris.
- [5] KENFAOUI, M. (s.d.). *Hydraulique en charge et à surface libre*. École Hassania des Travaux Publics.
- [6] TSOCHOUNIE, J. H. (2019). Dimensionnement des ouvrages hydrauliques et des équipements électriques. Faculté des Sciences, Haïti.
- [7] JENNIY, M. (2019). *Turbomachines : énergies hydraulique et éolienne*. Département Énergie, ARTEM.



**International Journal of Recent Development in Engineering and Technology**  
**Website: [www.ijrdet.com](http://www.ijrdet.com) (ISSN 2347-6435 (Online) Volume 15, Issue 03, March 2026)**

- [8] WORLD BANK. (2018). Environmental and Social Framework for Hydropower Projects. Washington DC.
- [9] UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME (UNDP). (2021). *Sustainable Energy for All in Africa*. New York.
- [10] SHEMA. (2020). Dimensionnement des turbines hydrauliques. EDF.
- [11] ZONGO II PROJECT REPORT. (2017). *Hydropower Development in the DRC*. SNEL, Kinshasa.