

Planification du réseau de distribution de l'énergie électrique dans la ville de Kindu à l'horizon 2040

[Planning of the electricity distribution network in the city of Kindu up to 2040]

Batiki Nkoy Remy¹, Meni Babakidi Narcisse², and Kinyoka Kabalumuna God'EF

¹Université Pédagogique Nationale, Faculté des Sciences, Département de Physique et Sciences Appliquées, Kinshasa, RD Congo

²Institut Supérieur de Techniques Appliquées, Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 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: Energy is the essential and fundamental input for the development of all productive activities and for satisfying the basic needs of the population. The aim of this article is to develop an appropriate electrical energy planning system to promote what is profoundly transforming the sector: the rational exploitation of energy resources and the efficient use of energy in all links of the energy chain, by making the investments that will enable Maniema province and precisely the city of Kindu to be assured of a reliable, inexpensive and ecologically sustainable supply. This study is an important step in the implementation of a comprehensive energy planning system in the city of Kindu. It represents a useful tool for all players in the energy sector and in other areas of society and the economy. However, there is no doubt that the process of transforming the sector will only succeed with the active participation of producers, consumers and the state in the analysis and study.

KEYWORDS: Planning, energy, models, networks, MV/LV distribution.

RESUME: L'énergie représente l'intrant essentiel et fondamental pour le développement de toutes les activités productives et pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population. Dans cet article, il est question de développer une planification adéquate de l'énergie électrique afin de promouvoir ce qui transforme profondément le secteur, l'exploitation rationnelle des ressources énergétiques et l'utilisation efficace de l'énergie dans tous les maillons de la chaîne énergétique, en réalisant les investissements qui permettent à la province du Maniema et précisément dans la ville de Kindu d'être assuré d'un approvisionnement fiable, peu coûteux et écologiquement durable. Cette étude constitue une étape importante dans la mise en place d'un système global de planification énergétique dans la ville de Kindu. Il représente un outil utile pour tous les acteurs du secteur de l'énergie et d'autres domaines de la société et de l'économie. Cependant, il ne fait aucun doute que le processus de transformation du secteur ne réussira qu'avec la participation active à l'analyse et à l'étude des producteurs, des consommateurs et de l'État.

MOTS-CLEFS: Planification, énergétique, modèles, réseaux, distribution MT/BT.

1 INTRODUCTION

Le système de distribution ou réseau de distribution d'énergie électrique est chargé d'acheminer l'énergie d'une sous-station à l'utilisateur final en toute sécurité et avec des niveaux de qualité spécifiques, satisfaisant ainsi les besoins des habitants pour ce service de base. Ces niveaux de qualité permettent de répondre aux besoins de ce service de base pour les habitants d'un lieu donné [1].

L'électricité est l'un des services publics les plus demandés par la population, et elle est déterminée par la loi, de sorte que tous les habitants puissent bénéficier de ce service sans aucune discrimination, avec des prix et des tarifs équitables, et sous le contrôle et la régulation de l'État [2].

En République Démocratique du Congo, la population de grande ville est actuellement l'un des principaux bénéficiaires en termes d'accès au service électrique. En revanche, dans les villes à faible densité des personnes, une étude menée par l'Institut Supérieur des statistiques de Kinshasa et des recensements en 2018 a révélé que 71,2 % des habitants des zones urbaines à forte densité ont accès à l'électricité, alors que les habitants des zones à faible densité ont un accès limité à l'électricité.

En revanche, dans le secteur rural, une étude menée par l'Institut Supérieur des statistiques de Kinshasa et des recensements en 2018 a révélé que 61,2 % des ménages équatoriens situés dans le secteur rural ont un accès limité à l'électricité y compris à un approvisionnement sûr et fiable en électricité.

La même étude réalisée en 2022 a montré que ce chiffre n'a connu qu'une légère réduction de 5 %, laissant une grande partie de la population des zones à faible densité sans accès à ce service indispensable.

Ainsi la province du Maniema est très riche en site hydroélectrique; mais la ville de Kindu qui est le chef-lieu de ladite province n'est pas totalement alimenté par le réseau de distribution de l'énergie électrique de la Société Nationale d'Electricité de Kindu "SNEL" en sigle, tandis qu'ils ont droit aussi de vivre comme tous paisibles citoyens.

L'absence de l'énergie électrique dans les différents quartiers de la ville cause beaucoup des problèmes, notamment:

- Dans plusieurs centres de santé: difficulté de conserver des médicaments (vaccins, les poches de sang, etc.) dans les réfrigérateurs, les femmes accouchent pendant la nuit par des lampes torches soit par des lampes lampantes;
- Les étudiants et les élèves ont les difficultés d'étudier pendant la nuit, de repasser leurs vêtements (uniformes pour les élèves), de regarder même le poste téléviseur;
- La recrudescence de l'insécurité (les viols, les vols, les assassinats, etc.).

Vu toutes ces difficultés évoquées ci-dessus, nous, étant chercheur en génie électrique, réfléchissant dans le même sens, voulons, dans cet article, faire la planification énergétique de ladite province dont le champ d'application est la ville de Kindu.

2 CONCEPTS DE BASES SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

Le réseau électrique est chargé de transporter l'énergie électrique, en acheminant l'électricité des centrales électriques afin de la distribuer aux utilisateurs finaux. La production, la transmission et la distribution est une étape qui sert à fournir de l'énergie électrique [1]. Le réseau de distribution est chargé de fournir de l'énergie électrique à travers une série de conducteurs électriques et de centres de transformation depuis la sous-station jusqu'au client final et est géré par les entreprises d'électricité. Dans le réseau de distribution il y a des réseaux moyenne et basse tension, ceux-ci peuvent être situés aériens ou souterrains, généralement dans la zone urbaine on utilise des réseaux de distribution aériens et souterrains, cependant dans la zone rurale on utilise des réseaux de distribution aérienne car sa mise en œuvre a un faible coût d'investissement [3].

2.1 RESEAU ELECTRIQUE MOYENNE TENSION (MT)

Dans les sous-stations électriques, les niveaux de haute tension sont transformés en niveaux de moyenne tension, appelés réseaux primaires, les niveaux de tension varient entre 600 V et 40 000 V, pour l'implantation du réseau de distribution moyenne tension dans le réseau aérien ou le réseau souterrain, il existe des réglementations qui régissent les entreprises locales publiques ou privées chargées de la distribution et de la commercialisation de l'énergie. Les utilisateurs connectés à ce réseau moyenne tension sont de gros consommateurs d'électricité: industries, entreprises, grandes surfaces, aéroports, etc [4].



Fig. 1. Réseau électrique moyenne tension

2.2 RESEAU ELECTRIQUE BASSE TENSION

Le réseau électrique basse tension transmet l'énergie électrique généralement fournie en basse tension à partir du système de production d'électricité, connectant ainsi aux utilisateurs finaux: éclairage résidentiel, commercial, petite industrie et public [5].

Lors de la conception des réseaux aériens du réseau basse tension, il faut tenir compte des caractéristiques requises par les utilisateurs de la zone, telles que l'emplacement prévu du réseau, le nombre d'utilisateurs dans la zone, le nombre et l'utilisation des équipements électriques, Ceci afin de dimensionner correctement le transformateur et le calibre du conducteur afin que l'électricité puisse être consommée par les

différents circuits et appareils électriques de chacun des utilisateurs avec des niveaux de tension standards de 220/127 V triphasé ou 240/120 V monophasé [6].

2.3 RESEAU DE DISTRIBUTION SOUTERRAIN

Dans le réseau de distribution souterraine, les conducteurs et autres composants électriques utilisés pour l'installation sont installés sous terre ou cachés par des conduites isolantes, et sont reliés entre eux par des chambres de transformation [7]. Actuellement, des réseaux de distribution souterrains sont mis en œuvre dans les zones urbaines ou dans les zones à forte densité de population, afin d'offrir aux personnes sécurité et confort face aux pannes de réseau causées par des catastrophes naturelles, et contribue également à moderniser les villes, à améliorer l'esthétique et met en avant l'aménagement urbain [8].



Fig. 2. Réseau de distribution souterrain

2.4 RESEAU DE DISTRIBUTION AERIENNE

Dans les réseaux de distribution aérienne, les conducteurs sont généralement apparents et aériens, maintenus par des isolateurs, ceux-ci sont placés en façade ou sont tendus par des traverses qui sont soutenus par des poteaux généralement en béton, en bois ou en métal [8]. Dans certains pays comme la République Démocratique du Congo, la majorité de réseau de distribution est aérienne; dans le secteur rural, ces réseaux sont utilisés car le coût de construction et d'installation est faible par rapport au réseau de distribution souterrain. Dans le secteur urbain, la priorité des entreprises de distribution électrique, ainsi que leurs bénéfices respectifs, est de remodeler ou de transformer ce réseau de distribution aérien en un réseau de distribution souterrain.

3 METHODOLOGIE

3.1 PRESENTATION BREVE DE LA VILLE DE KINDU ET ETAT DES LIEUX DE SON RESEAU ELECTRIQUE

La ville de Kindu, en sa qualité de chef-lieu de la province de Maniema, est le siège de toutes les institutions politiques et administratives de la province à savoir: le Gouvernement provincial, l'Assemblée provinciale, les divisions provinciales représentant des secrétariats généraux de différents ministères du gouvernement central, les directions provinciales des services spécialisés, des entreprises publiques et paraétatiques, des cours et tribunaux, etc. Les données fournies par les services de la Mairie pour l'année 2022 renseignent que la population de la ville de Kindu est estimée à cinq cent quatre-vingt mille sept habitants (580 007 hab).

La centrale hydroélectrique de Lutshurukuru se situe dans la Province du Maniema, Territoire de PANGI, collectivité de BEIA, groupement LULIMBA, au Nord – Est de la cité minière de KALIMA. Cet aménagement utilise une chute de deux affluents dont Lutshurukuru et Likulu d'environ 1500 mètres et se compose essentiellement de:

- Un barrage déversoir des vannes wagons qui forment un bassin de retenue et qui de ce fait, permet une décantation suffisante des sédiments. La retenue ainsi formée permet de porter en pointe journalière le débit turbiné à 90 m³/seconde;
- Deux prises d'eau munies de chasses à sable qui permettent d'éliminer les graines de sable moyen (jusqu'à une granulométrie d'environ 0,6 mm);
- Une galerie d'amenée (canal d'amené) souterraine;
- Un chemin d'équilibre à étranglement intérieur avec puits;
- Une conduite forcée en acier avec anneaux de raidissement;
- Un bâtiment central, prévu pour recevoir 3 groupes pour une puissance installée de 5,1 MW, le poste élévateur se trouve à l'extérieur du bâtiment.

La situation actuelle des machines se présente comme suit:

- Groupe 1 (2,7 MW): en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3;
- Groupe 2 (2,7 MW): en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3;
- Groupe 3 (2,7 MW) en service; Un: 6 kV; Couplage: Y; Fréquence: 50Hz; nombre de phase: 3.

L'exploitation d'une centrale hydroélectrique nécessite une bonne maîtrise des installations c'est – à – dire une parfaite connaissance de l'aménagement hydroélectrique.

3.2 CALCUL DE TAUX DES CHARGES DE RESEAU DE DISTRIBUTION MT/BT DE LA VILLE DE KINDU

Le taux de charge est un indicateur de gestion qui permet de réduire ou d'éviter les usures qui résulteraient d'une variation des paramètres en exploitation; il s'exprime en pourcentage (%).

POUR LES TRANSFORMATEURS DES POSTES ET SOUS – STATION

Le taux de charge des postes et sous station s'obtiennent par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{IL \cdot U_c \sqrt{3}}{S_n} \cdot 100 \quad (1)$$

Avec :

- IL : courant ou charge lue sur l'ampèremètre (A)
- IL = Ip (la charge lue peut également être la pointe) (A)
- U_c : tension de consigne ou de service (kV)
- S_n : puissance apparente (kVA)
- T_{xc} : Taux de charge (%)

POUR UN FEEDER

Le taux de charge de Feeder s'obtient par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{IL \cdot 100}{I_{nc}} \quad \text{soit} \quad T_{xc} = \frac{I_p \cdot 100}{I_{nc}} \quad (2)$$

Avec :

- IL = Ip : charge lue ou intensité atteinte (I moy).
- I_{nc} : Intensité nominale du feeder (A).
- T_{xc} : Taux de charge (%)

POUR UN TRANSFORMATEUR MT/BT

Le taux de charge de transformateur MT/BT s'obtient par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{I_{moy} \cdot 100}{I_{n2Tfo}} \quad (3)$$

Avec :

- I_{moy} : le courant moyen de la somme de trois phases divisé par 3 (A)
- I_{n2Tfo} : l'intensité nominale au secondaire du transformateur (A)
- T_{xc} : taux de charge (%)

$$\text{Or : } I_{moy} = \frac{\sum I_r + \sum I_s + \sum I_t}{3} \quad (4)$$

CHARGE DE LIAISON 400 V (LA LIAISON TRANSFORMATEUR ET TGBT)

Le taux de charge de liaison transformateur et le tableau général basse tension s'obtient par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{I_{ph} \cdot 100}{I_{n2Tfo}} \quad (5)$$

Avec :

I_{ph} : le courant lu dans l'une de trois phases (A)

I_{n2Tfo} : l'intensité nominale au secondaire du transformateur (A)

T_{xc} : taux de charge (%)

POUR LES DÉPARTS

Les taux de charge de départs s'obtiennent par la relation suivante :

$$T_{xc} = \frac{I_{moy} \cdot 100}{I_{nc}} \quad (6)$$

$$\text{Or } I_{moy} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (7)$$

Avec :

I_{moy} : le courant moyen de chaque départ (la somme de 3 phases divisé par 3) (A)

I_{nc} : le courant admissible du conducteur (A)

(I_{nc}) : Dépend de la nature de conducteur.

POUR LE TABLEAU GÉNÉRAL BASSE TENSION (TGBT)

Le Tableau général basse tension (TGBT) est un équipement sur lequel sont accrochés les différents départs BT ; il est dimensionné en fonction des courants nominaux des conducteurs BT.

$$N_{dep} = \frac{I_{n2Tfo}}{I_{nc}} \quad (8)$$

Avec :

I_{n2Tfo} : intensité nominale au secondaire du transformateur (A)

I_{nc} : intensité admissible du conducteur BT (A)

N_{dep} : nombre de départ.

3.3 PROCEDURE DE RENFORCEMENT A L'HORIZON DONNE D'UN RESEAU ELECTRIQUE (MT/BT)

Un réseau électrique qui comporte en son sein un nombre donné de transformateur électrique de puissance apparente (S_{n1}), taux de charge (T_{xc1}), S_{n2} , T_{xc2} S_n , T_{xcn} doit être renforcé pour un horizon donné (planification énergétique), pour limiter le coût d'exploitation en maintenant le niveau de fiabilité élevé avec des contraintes liées à l'environnement.

Cette planification se fait par horizon temporel défini comme suit :

- De 0 à 5 ans : court terme ;
- De 5 à 10 ans : moyen terme ;
- De 10 à 20 ans : long terme ;
- Au – delà de 40 ans, on parle de la stratégie énergétique (l'ensemble de politiques énergétiques à mettre en place pour répondre à la demande du futur).

La procédure de renforcement à suivre est indiquée ci – dessous :

3.3.1 PREMIÈRE ÉTAPE

Relever les caractéristiques techniques de toutes les cabines (transformateurs électriques : puissance apparente et taux de charge) :

- Relever les caractéristiques de tous les transformateurs électriques qui dépendent de ce feeder : puissance apparente nominale (S_{n1} , S_{n2} , S_{n3} , S_{n4} S_n) ;
- Relever et calculer le taux de charge de tous les transformateurs électriques : (T_{xc1} , T_{xc2} , T_{xc3} , T_{xc4} T_{xcn})

3.3.2 DEUXIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance apparente totale installée du réseau à renforcer par la formule ci-dessous :

$$S_{nt} = \sum_{k=0}^n S_{n1} + S_{n2} + S_{n3} + S_{n4} + \dots + S_n \quad (9)$$

Avec :

- s_{nt} : puissance apparente totale installée du réseau électrique à renforcer (kVA) ;
- s_{n1} : puissance apparente du premier transformateur du réseau électrique (kVA) ;
- s_{n2} : puissance apparente du deuxième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
- s_{n3} : puissance apparente du troisième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
- s_{n4} : puissance apparente du quatrième transformateur du réseau électrique (kVA) ;
- s_n : puissance apparente du nième transformateur du réseau électrique (kVA).

3.3.3 TROISIÈME ÉTAPE

Déterminer le taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer par la formule suivante :

$$T_{XCmoy} = \frac{\sum T_{Xc1} + T_{Xc2} + T_{Xc3} + T_{Xc4} + \dots + T_{Xcn}}{n} \quad (10)$$

Avec :

- $T_{xc moy}$: taux de charge moyen (%) ;
- T_{xc1} : taux de charge du premier transformateur (%) ;
- T_{xc2} : taux de charge du deuxième transformateur (%) ;
- T_{xc3} : taux de charge du troisième transformateur (%) ;
- T_{xc4} : taux de charge du quatrième transformateur (%) ;
- T_{xcn} : taux de charge du nième transformateur (%) ;
- n : nombre de transformateur que compte le réseau électrique à renforcer.

3.3.4 QUATRIÈME ÉTAPE

Déterminer le taux de charge restant (T_{xcr}) à projeter du réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$T_{xcr} = T_{xmoy} - 80\% \quad (11)$$

Avec :

- T_{xcr} : taux de charge restant du réseau électrique à renforcer (%) ;
- T_{xmoy} : taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer (%) ;
- 80% : taux de plage de fonctionnement de cabines électriques voulue par la norme de la Commission Electrotechnique Internationale en sigle "CEI".

3.3.5 CINQUIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance électrique apparente restante à projeter (S_r) au réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$S_r = \frac{T_{xcr} \times S_{nt}}{100} \quad (12)$$

Avec :

- S_r : puissance apparente restante à projeter au réseau à renforcer (kVA) ;
- T_{xcr} : taux de charge restant du réseau électrique à renforcer (%) ;
- S_{nt} : puissance apparente totale du réseau électrique renforcé (kVA).

3.3.6 SIXIÈME ÉTAPE

Déterminer la puissance apparente future (S_f) du réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$S_f = S_r (1 + Amoy)^t \quad (13)$$

Avec :

S_f : puissance apparente future du réseau à renforcer (kVA) ;

S_r : puissance apparente restante à projeter au réseau à renforcer (kVA) ;

$Amoy$: taux d'accroissement moyen qui se calcule, la valeur moyenne est de 5 % (0,05) ;

t : le temps d'intervalle de projection qui va du temps final en soustrayant le temps initial.

3.3.7 SEPTIÈME ÉTAPE

Déterminer le nombre de transformateur à implanter au réseau à renforcer par la formule ci – dessous :

$$N^{bre} \text{ de tfo} = \frac{S_f}{0,8 \times S_u} \quad (14)$$

Avec :

S_f : la puissance apparente future du réseau à renforcer (kVA) ;

S_u : la puissance apparente unitaire d'un transformateur de décharge choisi par l'ingénieur du projet à implanter au réseau à renforcer (kVA) ;

0,8 : 80% taux de plage de fonctionnement de cabines électriques voulue par la norme de la Commission Electrotechnique Internationale en sigle "CEI".

3.3.8 HUITIÈME ÉTAPE

Déterminer les éléments de transformateur à implanter du réseau à renforcer qui sont :

- Le nombre de départ ;
- La section de conducteur du tableau général basse tension (TGBT) ;
- La section de conducteur de départs et calcul de la protection.

1^{ER} CAS : L'HYPOTHÈSE DE LA SECTION DU CONDUCTEUR À UTILISER EST DÉFINIE À L'AVANCE

Cela est donné par l'expression ci-dessous :

$$Nbre \text{ de départs} = \frac{I_{n2tfo}}{I_{nc} \times k_{TX}} \text{ OU } = \frac{I_{n2tfo} \times 1,2}{I_{nc}} \quad (15)$$

Avec

I_{n2tfo} : courant nominal du transformateur en A ;

I_{nc} : courant nominal du conducteur en A ;

k_{Tx} : 0,8 (80% norme commission électrotechnique internationale), coefficient taux de charge.

2^{ÈME} CAS : L'HYPOTHÈSE DU NOMBRE DE DÉPART EST DÉFINIE PAR L'INGÉNIEUR CONCEPTEUR DU PROJET

Pour un nombre n de départs par transformateur :

$$P = S \times \cos\varphi \quad (16)$$

$$\text{Puissance /départs} = \frac{\text{Puissance tfo}}{\text{Nbre de départ}} \quad (17)$$

$$P = \sqrt{3} UI \cos\varphi \text{ (kW)} \quad (18)$$

$$I_n/\text{départs} = \frac{P \text{ départ}}{\sqrt{3} UI \cos\varphi} \quad (19)$$

$$S/\text{départs} = \frac{I_n \text{ départ}}{\gamma} \quad (20)$$

Densité électrique en A/mm², la valeur économique est de ($\gamma = 4$ à $5/\text{mm}^2$).

3.3.9 NEUVIÈME ÉTAPE

Calculer la chute de tension en fonction du réseau à renforcer par les formules ci – dessous :

$$ST_{xmoy} = \frac{T_{xcmoy} \times S_{nt}}{100} \quad (21)$$

$$P = ST_{xmoy} \times \cos\varphi \quad (22)$$

Avec :

ST_{xmoy} : puissance apparente total du réseau à renforcer (kVA) ;

T_{xcmoy} : taux de charge moyen du réseau électrique à renforcer (%) ;

S_{nt} : puissance apparente totale installée du réseau électrique (kVA) ;

P : puissance active totale demandée au réseau électrique à renforcer (kW) ;

$\cos\varphi$: facteur de puissance (0,85,.....0,9).

CALCUL DE LA CHUTE DE TENSION

$$\Delta U(\%) = \frac{P \times L (R+X \tan\varphi) 100}{U^2} \quad (23)$$

Avec :

$\Delta U(\%)$: chute de tension admise au réseau à renforcer ($\leq 10\%$ en MT et HT) ;

P : puissance active totale demandée au réseau électrique à renforcer (MW) ;

L : longueur du feeder en kilomètre de la sous station au réseau électrique à renforcer ;

R : résistance linéique du feeder donnée par le constructeur (Ω/km) ;

X : réactance linéique du feeder donnée par le constructeur (Ω/km) ;

$\tan\varphi$: donné par le rapport de $\sin\varphi$ et $\cos\varphi$, la valeur pratique est 0,484 ;

U : tension de transit de l'énergie électrique (feeder) (kV).

3.3.10 DIXIÈME ÉTAPE

Etudes financières du réseau électrique à renforcer

4 RESULTATS ET ANALYSE

4.1 CALCULS DES TAUX DE CHARGE DE TRANSFORMATEUR, DE LIAISON ET DES DEPARTS

Le tableau 1 ci-dessous donne les taux de charge des transformateurs de puissance, des liaisons et le tableau général basse tension de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu.

Tableau 1. Taux des charges de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu

N°	Cabines électriques	Puissance nominale (kVA)	Taux de charge de liaison TGBT Transformateur de puissance (%)			Taux de charge (%)
			Phase R	Phase S	Phase T	
1	Lumumba	400	147,8	162,5	121,6	143,9
2	Lufungola	400	104	93,5	107,5	102
3	3Z	315	54	59,3	77,1	63,4
4	Handicapé	160	190,2	160,8	163,4	171,7
5	Basoko	160	40,2	42,8	80,4	54,4
6	Noviciat (Jamaïque)	160	155,7	88,6	167,3	137,2
7	RVA-Nord	315	172	193,3	183	159,4
8	RVA-Sud	250	196,8	174,4	146,7	172,6
9	Hewa Bora	315	51,8	46,5	50,9	58,5
10	Hôpital de référence	50	144	185,5	203,6	177,7
11	Tfo MT/BT s/s 2	250	37,7	47,3	32,1	39
12	RVA-Aéroport Kindu	50	62,3	65	85,8	71
13	SNCC	315	71,8	63,3	71	70
14	Tfo MT/BT s/s 1	250	175,1	159,4	162,6	165,7
15	Hôtel Karibu	250	9,9	7,7	8,8	8,8
16	Mission	630	20,4	20,7	8	19,6
17	Château d'eau	250	114,8	136,4	133,4	128,2
18	Brazza	250	6	9,4	8	7,8
19	Mikelenge	400	111,5	131	133,1	125,2
20	Tokolote 1	315	91,6	97,5	97,5	95,5
21	Tokolote 2	250	81,3	91,6	83,3	85,4
22	Lukunda	315	70	69,2	63,7	67,6
23	RENATELSAT	50	101,1	67,8	54,5	74,5
24	Tokedi/ Matapa	400	38,9	26,5	34,2	33
25	Lukunda 2	250	10,2	4,1	8,3	7,5
26	Université MAPON	630	9,3	11,3	10,1	10,2
27	Lwama UNIKI	250	42	31,5	25,4	33
28	Saint Paul	250	260,2	242,8	256,6	253,2
29	Kama II	250	165,2	158	158,6	160,6

En calculant les taux des charges de toutes les cabines électriques MT/BT de la ville de Kindu, nous avons constaté que les 14 cabines électriques MT/BT sont vraiment surchargées.

4.2 PLANIFICATION DU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Après état des lieux sur le réseau de distribution MT/BT de la ville de Kindu les résultats suivants ont été obtenus:

- La puissance demandée augmentera de 6,48 MW à 10 MW pour alimenter très bien toute la ville de Kindu;
- La puissance apparente totale de la ville de Kindu: 8130 kVA;
- Le taux de charge moyenne global: 139,5 %;
- Le taux de charge restant à renforcer au réseau: 59,5 %;
- La puissance apparente restante à projeter au réseau: 4837,3 kVA;
- La puissance apparente future du réseau à renforcer: 12 MVA;
- Le nombre de transformateur MT/BT de 800 kVA à implanter: 18;
- Le Nombre de départs par cabine électrique MT/BT: 6;
- La Section et nature de conducteur de la cabine: 4 x 95 mm² + N cuivre;
- La tension de transite: 20 kV;
- La chute de tension: 4,4 %;
- Le Nombre de transformateur MT/MT (Sous – station) de 15 MVA: 1.

5 CONCLUSION

Dans cet article s'est fixé comme objectif de planifier le réseau de distribution MT/BT de la ville de Kindu en fonction de la demande énergétique à l'horizon temporel de 2040 et de proposer la construction d'une centrale hydro électrique capable de produire et fournir de l'énergie électrique en vue d'éviter la dégradation précoce des ouvrages du réseau, causée par la demande énergétique toujours croissante. Après calcul de load flow nous avons remarqué que le courant simple est en avance par rapport à la tension simple d'un angle de $31,78^\circ$, le courant au point A et B est en avance par rapport à la tension simple d'un angle de $57,07^\circ$ et le courant IG est déphasé d'un angle de $-44,42^\circ$ par rapport à la tension simple. Nous espérons qu'avec les pistes des solutions émises dans cet article pourront améliorer les conditions d'exploitation de ce réseau.

ACKNOWLEDGMENTS

Nous avons l'obligation de nous acquitter d'un agréable devoir, celui de remercier toutes les personnes, qui ont contribué de loin ou de près à la rédaction de cet article.

REFERENCES

- [1] Northcote-Green, James, and Robert G. Wilson. «*Control and automation of electrical power distribution systems*». Vol. 28. CRC press, 2017.
- [2] Raza, Muhammad Amir, et al. «*Energy demand and production forecasting*» *Energy Strategy Reviews* 39 (2022): 100788.
- [3] Cheng, Zheyuan, et al. «Protection and Control Challenges of Low-Voltage Networks with High Distributed Energy Resources Penetration-Part 1: Utility Workshop and Low-Voltage Network Modeling.» 2023 76th Annual Conference for Protective Relay Engineers (CFPR). IEEE, 2023.
- [4] Lievin, Yaba Moke Ngeme. «Etude d'impact de l'économie d'énergie dans le réseau de distribution Moyenne-Tension/Basse-Tension du quartier Camps LUKA, dans la commune de Ngaliema, ville province de Kinshasa en RD Congo.» *International Journal of Innovation and Applied Studies* 36.1 (2022): 226-230.
- [5] Alvarez-Hérault, Marie-Cécile, et al. *Planification des réseaux électriques de distribution: Évolution des méthodes et outils numériques pour la transition énergétique*. ISTE Group, 2022.
- [6] Chen, Kao. *Industrial Power Distribution and Illuminating Systems*. Vol. 65. CRC Press, 1990.
- [7] Mohamed, Dine. «Localisation des Défauts dans les Réseaux de Transport d'Énergie Electrique Mixtes (Aérien et Souterrain).» (2021).
- [8] Vahidasab, Vahid, et al. «Overview of electric energy distribution networks expansion planning.» *IEEE Access* 8 (2020): 34750-34769.