

Stratégies d'augmentation du taux d'électrification dans les milieux ruraux et renforcement de la capacité en desserte électrique en RD Congo

[Strategies for increasing the electrification rate in rural areas and strengthening the electricity supply capacity in the DR Congo]

Charles NDUMBI KAPUKU and Benjamin NDUBU KHONDE

Ingénieur Electricien et Enseignant des Universités, RD Congo

Copyright © 2024 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: In this article the objective is to define the main strategies aimed at proposing the means to increase the rate of electrification in rural areas throughout the national territory not covered by the electricity distribution network. Furthermore, we also offer the possibilities of strengthening the capacity in terms of electrical service to areas covered by the electrical distribution network but operating under severe overload. This theme also aims to create a database that decision-makers can use to facilitate precision at a certain level.

KEYWORDS: Strategies, Increase, Rate, Electrification, Rural areas, Strengthening, Capacity, Electric service, Democratic Republic of Congo.

RESUME: Dans cet article l'objectif est de définir les stratégies principales visant à proposer les moyens pour augmenter le taux d'électrification dans les milieux ruraux de l'ensemble du territoire national non couvert par le réseau électrique de distribution. Par ailleurs, nous proposons aussi les possibilités de renforcement de la capacité en terme de desserte électrique des zones couvertes par le réseau de distribution électrique mais fonctionnant en surcharge approfondie. Ce thème vise également la constitution d'une banque de données que les décideurs pourront utiliser pour faciliter la précision à un certain niveau au moment de l'implémentation.

MOTS-CLEFS: Stratégies, Augmentation, Taux, Electrification, Milieux ruraux, Renforcement, Capacité, Desserte électrique, République Démocratique du Congo.

1 NOTIONS SUR L'ELECTRIFICATION ET RESEAU ÉLECTRIQUE

L'électrification rurale peut contribuer au développement humain à différents égards, et il est souvent avancé que les problèmes d'accès à l'électricité freinent le développement économique et la fourniture de services publics tels que les soins de santé et la scolarité. Partant de ces hypothèses, les Nations Unies veulent assurer un accès universel à l'électricité d'ici 2030 par le biais de leur initiative Énergie durable pour tous. En outre, l'électrification des milieux ruraux (Villages) et localités permet d'améliorer les conditions de travail des écoliers et des enseignants, facilite l'accès à l'eau propre par l'installation de pompes électriques, rend possible la conservation de vaccins, l'éclairage des centres de santé, contribue à la sécurité des personnes et de leurs biens.

1.1 TROIS ÉTAPES POUR ASSURER L'ÉLECTRIFICATION RURALE DÉCENTRALISÉE D'UNE ZONE

Nous pouvons mettre en œuvre des projets d'électrification rurale décentralisée de manière à améliorer les conditions de vie des populations démunies, tout en inscrivant la procédure dans une triple logique, dont:

1. Économique: l'électricité permet de créer des emplois directs, de réduire la facture énergétique, d'accroître le temps disponible pour le travail et donc les revenus qui y sont liés, de créer des nouvelles activités ou d'en moderniser certaines, telles que: artisanat, agriculture, etc;
2. Sociale: l'électrification des villages et localités rurales permet d'améliorer les conditions de travail des écoliers et des enseignants, facilite l'accès à l'eau propre par l'installation de pompes électriques, rend possible la conservation de vaccins, l'éclairage des centres de santé, contribue à la sécurité des populations;
3. Environnementale: le recours aux énergies renouvelables permet de lutter contre la déforestation, limite les pollutions liées aux piles, et contribue à réduire les émissions de CO₂ et la dépendance aux énergies fossiles

La figure 1 ci-dessous donne la configuration du réseau d'électrification rurale.

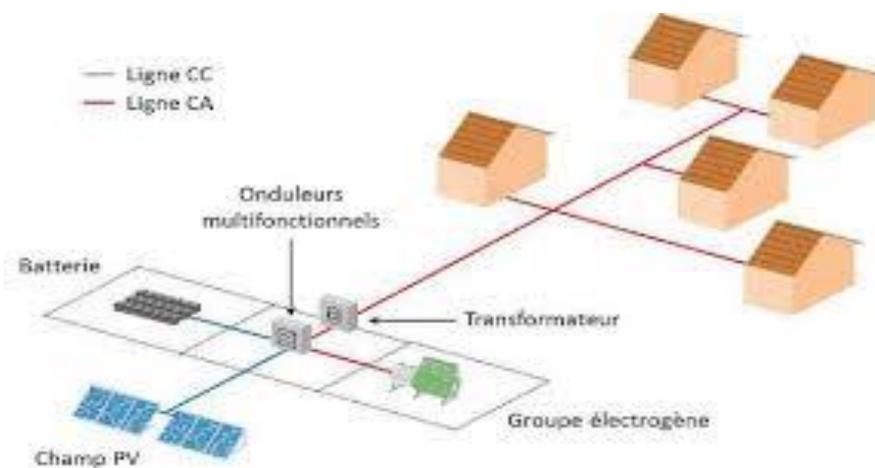


Fig. 1. Schéma d'alimentation électrique à deux sources d'une cité rurale

2 NOTIONS SUR LA FOURNITURE D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN R.D.CONGO¹

Le service public de l'État en RDC qui s'occupe de la distribution d'énergie électrique, c'est la Société Nationale d'Électricité (SNEL), qui a une longue histoire de performances opérationnelles et financières sous-optimales. Cela est dû à un taux élevé de connexions d'utilisateurs illégales et à un tarif moyen pour l'électricité de 0,07 USD / kWh, l'un des plus bas d'Afrique. Cette entreprise compte plus de 500000 connexions enregistrées, y compris les connexions assurées par deux réseaux hydroélectriques et neuf mini-réseaux fonctionnant avec les groupes électrogènes diesel.

2.1 PROPOSITION DU PLAN D'ACCROISSEMENT DE L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ

En 2018, le gouvernement de la République Démocratique du Congo a élaboré le Plan National Stratégique de Développement (PNSD), contenant une section seulement consacrée au développement du secteur électrique, et la RDC n'a toujours pas de politique nationale dans ce domaine ni d'autorité réglementaire chargée de l'approvisionnement en électricité.

¹ [usaid.gov/powerafrica](https://www.usaid.gov/powerafrica)

2.2 CONTRAINTES EN MATIÈRE D'EXTENSION DU RÉSEAU RURAL

L'un des plus grands défis auxquels font face les entreprises solaires locales est un manque d'accès au financement; il s'agit en particulier du financement aux consommateurs, car de nombreux ménages ne peuvent pas payer leurs systèmes en espèces et n'ont pas encore accès aux services bancaires mobiles. De nombreux clients potentiels hors réseau vivent dans des régions éloignées du pays, ce qui complique les efforts des entreprises à les atteindre d'une manière peu coûteuse et en temps opportun.

2.2.1 POLITIQUE ET RÉGLEMENTATION

Le Ministère de l'Énergie et Ressources Hydrauliques (MERH) est l'autorité principale du secteur électrique. En plus de la surveillance du service public national, la SNEL, les responsabilités du MERH comprennent la planification, l'élaboration de politiques, le développement de programmes et la surveillance. La loi no 14/011 sur l'électricité—que le gouvernement de la RDC a mise en application le 17 juin 2014— a supprimé le monopole de la SNEL. La loi ne contient pas cependant de mention spécifique de systèmes pico-solaires, seulement des systèmes basés sur des réseaux et mini-réseaux.

2.2.1.1 ASSOCIATIONS

Les principales entreprises d'énergie renouvelable et les fournisseurs des équipements de base de ces centrales verte en RDC, avec le soutien du programme ELAN du Département du Développement International (Department for International Development [DFID]), ont établi l'Association Congolaise pour les Énergies Renouvelables et Décentralisées (ACERD) en juillet 2018. L'objectif principal d'ACERD est de coordonner les entreprises énergétiques pour répondre aux problèmes d'accès à l'énergie en RDC. Les acteurs majeurs sont: BBOX, Greenlight Planet, BURN, Altech et Dev Solaire.

2.2.2 ÉVALUATION DU BILAN DE PUISSANCE À LA PRODUCTION

La puissance installée en RDC est en 2016 de 2 400 MW, mais seuls 1 281 MW sont opérationnels ; par exemple, les barrages Inga 1 et Inga 2 sur le fleuve Congo (construits respectivement en 1972 et 1982) devaient fournir 1 770 MW (351 MW pour Inga 1 et 1 424 MW pour Inga 2), mais du fait de problème de maintenance ne fournissent dans les faits que de 1 000 MW de puissance. Selon la SNEL, la capacité installée n'est utilisée qu'à 30 %.

Tableau 1. Capacité du réseau de production électrique de la R.D. Congo

Puissance installée des centrales SNEL en 2020		
Centrale	Réseau	Puissance installée (MW)
Inga 1	Ouest	351
Inga 2	Ouest	1424
Zongo 1	Ouest	75
Zongo 2	Ouest	150
Sanga	Ouest	12
Nseke	Sud	260
Nzilo	Sud	108
M'Sha	Sud	68
Koni	Sud	42
Ruzizi 1	Est	30
Hydro isolés	4 centrales	57
Thermique	75 groupes	32
Total	135 groupes	2609

Selon le rapport national « Énergie durable pour tous à l'horizon 2030 » du PNUD, l'objectif d'accès universel à l'électricité à l'horizon 2030 impliquerait que la consommation finale d'électricité de la RDC atteigne 150 000 kWh en 2030, soit une multiplication par un facteur 23,8 par rapport à 2011.

Selon l'*International Hydropower Association* (IHA), la production hydroélectrique de la RDC s'est élevée à 9 TWh en 2021, soit 0,55 % de la production mondiale et 6,2 % de la production africaine, au 6^e rang en Afrique, derrière la Zambie: 15 TWh, le Mozambique: 15 TWh, l'Éthiopie: 14 TWh, l'Égypte: 14 TWh et l'Angola: 11 TWh. La puissance installée des centrales hydroélectriques congolaises atteint 2 760 MW fin 2021, soit 7,2 % du total africain, au 5^e rang en Afrique derrière l'Éthiopie (4 074 MW), l'Angola (3 836 MW), l'Afrique du sud (3 600 MW) et l'Égypte (2 876 MW). Aucune mise en service n'a été réalisée en 2021.

Les centrales hydroélectriques ont produit 11045 GWh en 2019, soit 99,4 % de l'électricité de la RDC.

Selon l'Agence Nationale pour la Promotion des Investissements (Ministère du Plan), le pays possède un potentiel hydroélectrique exploitable évalué à 100 000 MW réparti sur 780 sites, soit 37 % du potentiel de l'Afrique et 6 % du potentiel mondial. Le projet Grand INGA possède à lui seul un potentiel de 39 000 MW. Le potentiel national permettrait une production annuelle estimée à 774 TWh. Le fleuve Congo a un débit moyen de 41 000 mètres cubes/seconde. Aujourd'hui, il n'est exploité qu'au moins de 3 %.

Le barrage Inga I, mis en service en 1970 en utilisant la vallée de Nkololo, sur le site des chutes d'Inga dans la province du Bas-Congo, à une trentaine de kilomètres au nord de la ville de Matadi, a une puissance de 351 MW. Le barrage Inga II, mis en service en 1982 sur le même site, a une puissance de 1 424 MW. Toutefois, la puissance réellement disponible représentait en 2006 moins de 40 % de la capacité installée en raison du manque d'entretien de la centrale et de problèmes de conception des ouvrages qui ont conduit à l'arrêt de plusieurs machines et la limitation du volume du bassin de mise en charge. Le projet de centrale Inga III a été envisagé initialement avec une puissance de 1 344 MW, puis avec une puissance de 3 500 MW moyennant le doublement de la capacité du canal d'amenée avec d'importants travaux de génie civil sur les ouvrages amont pour aménager une deuxième prise d'eau. Enfin, en utilisant la vallée de Bundi, plus à l'ouest, comme réservoir, le projet de centrale de Grand Inga, équipée de 52 groupes de 750 MW, atteindrait au total une puissance installée de 39 000 MW.

Les émissions de CO₂ liées à l'énergie par habitant en RDC en 2019 ont été de 0,68 tonne, soit seulement 15 % de la moyenne mondiale (4,39 tonnes) et 70 % de la moyenne africaine (0,97 tonne).

Les équipements traditionnels habituellement utilisés en Afrique subsaharienne sont inefficaces et produisent de la fumée et des gaz à cause d'une mauvaise combustion, entraînant à long terme des problèmes respiratoires et des décès. Les niveaux de particules émises par la combustion de la biomasse solide dans les foyers sont vraisemblablement dix à cinquante fois supérieurs aux valeurs prescrites par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

2.3 STRATEGIES D'AUGMENTATION DU TAUX D'ELECTRIFICATION RURALE

Nous proposons ici, la procédure qu'on doit développer pour accroître le taux d'électrification dans les zones rurales, à savoir:

- La première source: est celle qui permet l'alimentation d'une zone par une source c'est-à-dire un générateur électrique qui peut desservir une série d'abonnés;
- La deuxième source: nous pouvons proposer deux sources électriques, à l'instar de solaire hybride parallèle « SHP » combinaison de diverses sources d'énergie complémentaires pour assurer la production d'électricité sur des sites isolés et ruraux. Ce système utilise différentes sources d'énergie

Photovoltaïque – Eolien – Groupe Electrogène avec batterie de stockage.

Un stockage par batterie est indispensable pour assurer la production d'électricité la nuit et durant les périodes de non ensoleillement.

Le groupe électrogène, en attente, est sollicité pour une recharge rapide des batteries ou pour assurer la continuité de service.

Le système SHP offre une grande fiabilité dans le fonctionnement et dans la souplesse d'exploitation et gain d'exploitation.

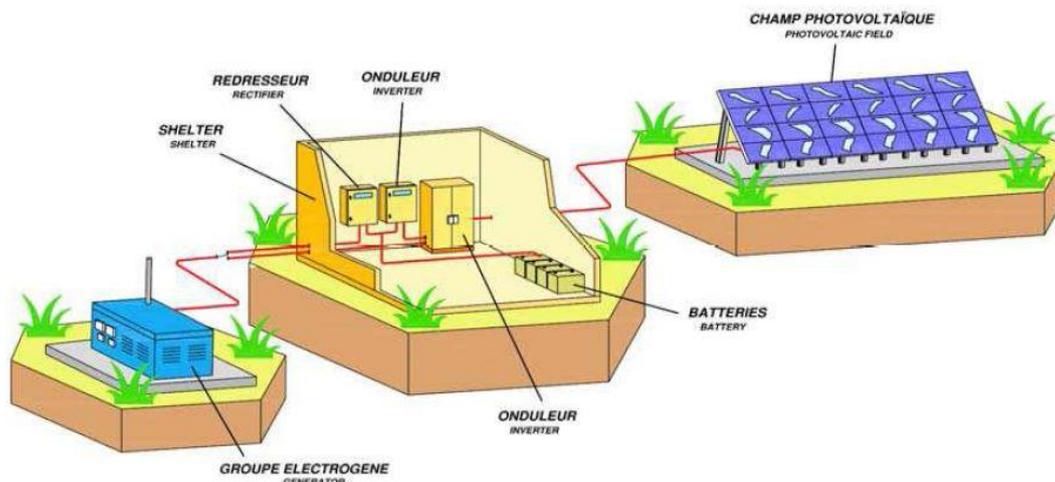


Fig. 2. Système hybride (diesel-solaire) pour sites isolés

L'exploitation des potentiels énergétiques solaires photovoltaïques et groupe électrogène pour la production d'électricité, s'avère être rentable dans les régions isolées alimentées par un groupe électrogène.

Cette configuration DIESELSOL permet une économie de carburant très importante durant les journées d'ensoleillement. En effet, le GE consomme 40% de moins de carburant. En période d'ensoleillement, le générateur de courant PV prend le pas sur le fonctionnement du GE en réduisant sa consommation et sa maintenance.

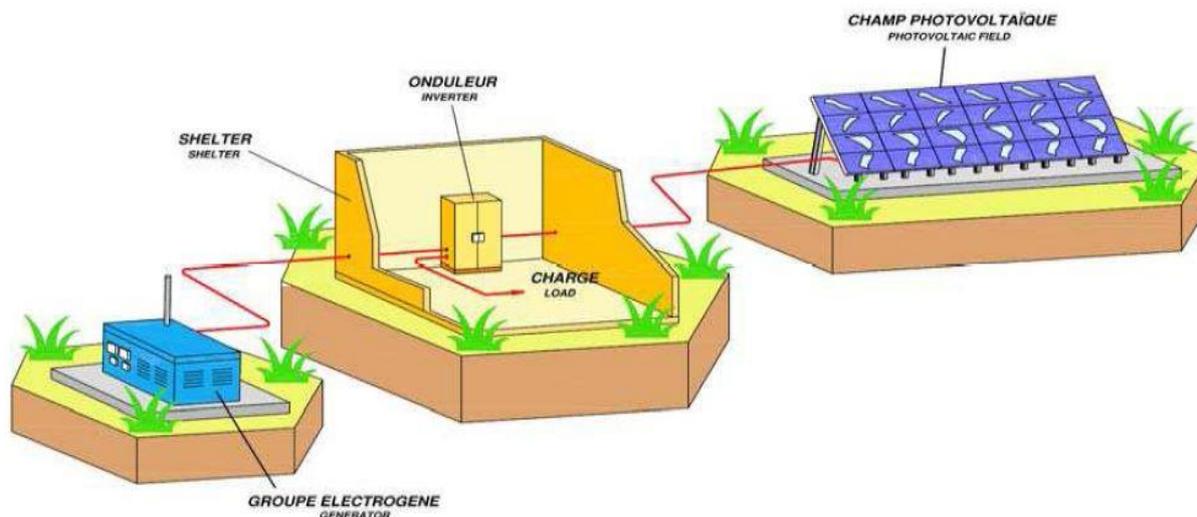


Fig. 3. Mini centrale électrique autonome hybride PV - Diesel master MHPV

La **Mini Centrale MHPV** est un système hybride combinant 2 sources d'énergies (Energie Photovoltaïque et Groupe Electrogène DIESEL) associés à un stockage par Batterie.

Cet ensemble correspond aux besoins d'électrification des populations rurales isolées (tel que dans une zone désertique).

L'hybridation offre des solutions intéressantes pour la création de mini-réseaux locaux où la ressource solaire est très abondante.

2.3.1 CONSTITUTION DE MINI CENTRALE HYBRIDE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

Cette centrale comprend les éléments ci-après:

N+1 Onduleurs Industriels à double conversion avec transformateur d'isolement;

- Un Champ Photovoltaïque P.V. à forte pénétration afin de réduire le coût de production du kWh;
- Un Parc de 2 Batteries pour application solaire;
- N Régulateurs MOSSOL-MPPT assurant l'utilisation maximale de l'énergie solaire pour la recharge des batteries

2.3.2 SYSTEME DE SUPERVISION ET D'ENREGISTREMENT DE DONNEES DE L'ENSEMBLE DES PARAMETRES

Deux Groupes Electrogènes DIESEL pouvant assurer un service maximal sans interruption; la pointe de puissance maximale étant assurée par chacun des deux groupes.

2.3.2.1 AVANTAGES

- Assurer une continuité de service du réseau électrique sans micro-coupure;
- Réduction des coûts de consommation de carburant;
- Réduction des émissions de CO₂;
- Limitation du fonctionnement des groupes à faible charge;
- Allongement de la durée de vie des groupes électrogènes;
- Coût d'exploitation réduit en comparaison du système GE en continu;
- La Mini Centrale MHPV pouvant s'intégrer dans les stations GE existantes;
- L'installation et la mise en service s'opèrent dans un temps réduit;
- Réduction de la maintenance.

Nota: Service après Vente de cet équipement devant assurer l'hybridation, impose une formation des exploitants;

- Une formation particulière pour le Service après vente pouvant assurer la maintenance de plusieurs sites;
- La mise en place de pièces de rechange concernant les équipements électroniques.



Fig. 4. Microstations Solaires

Les MICROSTATIONS SOLAIRES sont des générateurs compacts destinés à alimenter sous 12V/24/ ou 48V des appareils de faible puissance.

Ils sont très largement utilisés pour de nombreuses applications en télémétrie, en téléphonie rurale, ou encore dans le balisage.



Fig. 5. Microstation Solaire

Ces types de générateurs offrent de nombreux avantages:

- Mise en œuvre, utilisation simple;
- Transport facile;
- Interchangeabilité;
- Robustesse et fiabilité;
- Maintenance très faible;
- Autonomie.

Retenons que leur design autorise une fixation au sol, au mur, ou sur un poteau et fait de ces unités une solution idéale aux problèmes d'installation en sites isolés.

Pour les applications de forte puissance (au-delà de 1,5 kW permanent), les générateurs solaires sont moins utilisés car ils peuvent présenter un coût d'investissement initial important.

Une solution hybride qui combine l'énergie solaire avec un groupe électrogène ou toute autre source d'énergie auxiliaire permet de réduire ces coûts.

Les avantages:

- Rentabilité: réduction de la taille du générateur solaire et réduction des coûts opérationnels du groupe électrogène;
- Fiabilité: autonomie assurée par les batteries du générateur solaire plus fourniture d'énergie à la demande par le groupe électrogène;
- Capacité de supporter des surconsommations (en augmentant le temps de fonctionnement du groupe électrogène)

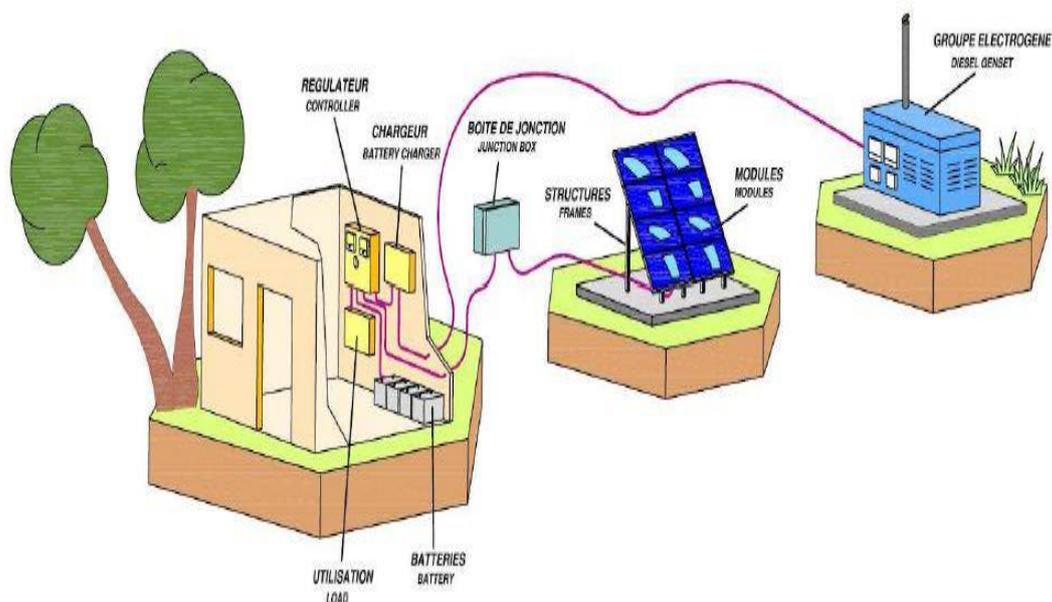


Fig. 6. Composition de la microcentrale hybride

Composition des générateurs:

Notre offre standard comprend le générateur solaire suivant la description de la gamme

A cela s'ajoutent les équipements suivant:

- Le groupe électrogène;
- L'armoire de commande du groupe;
- Les chargeurs de batteries (Convertisseur AC/DC);
- Les accessoires de montage et de câblage;
- L'emballage standard (carton, palette)

Avec comme options:

- Cuve à carburant;
- Pièce de rechange pour 2 ans;
- Emballage maritime (caisse bois)

Configurations standards

- Groupe électrogène: 7,5 kVA, 11,5 kVA, 16 kVA, 20 kVA, 30 kVA;
- Chargeur de batterie: 25 A, 50 A, 75 A, 2 × 50 A, 2 × 75 A, 2 × 100 A

3 EXEMPLE ILLUSTRATIF SUR L'AUGMENTATION DU TAUX D'ELECTRIFICATION ET RENFORCEMENT DE LA CAPACITE EN DESSERTE ÉLECTRIQUE

3.1 PROJECTION DE LA POPULATION À L'HORIZON 2044

Il existe de modèles mathématiques permettant de projeter l'évolution d'une grandeur à l'horizon donné. Dans le cadre de cet article, nous nous sommes servis du modèle d'intérêt composé (méthode d'extrapolation). Soit une cité rurale, comptant 58919 habitants retenons qu'il s'ajoute à la situation de la dite cité une population jeune avec un taux d'accroissement élevé. L'expression qui permet la détermination de cette projection est la suivante.

$$P_f = P_o (1 + t_x)^t \quad (1)$$

P_f : Population future, P_o : Population du départ (population initiale); T_x : Taux d'accroissement initial (pris à 3% soit 0,03); t : Durée de la projection

$$t = t_f - t_o \quad (2)$$

Ainsi pour notre étude,

$$t = 2044 - 2024$$

t = 20 ans (les années projetées)

On aura, donc:

$$P_{2035} = 58919 (1+0,03)^{20}$$

$P_{2044} = 106414$ habitants en 2044

Nota: cette même démarche peut être appliquée pour le renforcement de la capacité en desserte électrique.

3.2 DETERMINATION DE NOMBRE DES MENAGES DEVANT ÊTRE DESSERVI EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Considérons la population en 2044 qui est évaluée à 106414 habitants dont l'objectif serait de ramener cette population en ménage.

Par hypothèse, nous estimons la taille moyenne de nombre des personnes par ménage est de 8 personnes.

$$N_m = P_{2044}/M_f \quad (3)$$

D'où N_m : Nombre de ménages, M_f : Taille moyenne des personnes par ménage.

$$= 106414/8$$

$N_m = 13302$ ménages.

Donc le nombre total des foyers à desservir en 2044 est estimé à 13302.

3.2.1 DETERMINATION DE LA CHARGE PAR MENAGE

Dans le domaine de l'électrification rurale, la banque mondiale utilise une approche selon laquelle, on peut différencier et obtenir la proportion de quatre segments des consommateurs des niveaux de paiement et des besoins de service différents à travers une analyse à composantes multiples, qui est appliquée aux informations obtenues des enquêtes sur terrain. Dans le cas de notre étude, nous avons trouvé les segments ci-après:

- a) Basse classe A (regroupés à 80%): les abonnés à faible consommation d'énergie électrique;
- b) Classe moyenne B (regroupés à 15%), les abonnés à consommation moyenne;
- c) Haute classe C (regroupés à 5%), les abonnés à forte consommation.

Remarque: les paramètres que l'on doit répartir sont le nombre des ménages et la puissance installée en vue de calculer la capacité du générateur électrique qui doit alimenter la cité avec un dépassement de 20 %. On utilise en effet deux puissances électriques, à savoir: Puissance apparente et puissance active.

C'est parce qu'il s'agit d'une puissance apparente. Toute la puissance ne peut pas être utilisée. En effet, la puissance fournie se compose d'une puissance active (efficace) et d'une puissance aveugle (non efficace). La quantité de puissance utilisable efficacement est indiquée par le facteur de puissance (pf). Ce facteur est généralement de l'ordre de 80% soit 0,8.

Retenons que pour ramener S (kVA) en P (kW), ampères ou watts, cette conversion est très simple:

- 1 kVA = 0,8 kW;
- 1 kVA = 800 watts;
- 1 kVA = 1,5 ampère

Le nombre de kVA dont le générateur électrique (source d'alimentation) a besoin dépend de la tension dont on a besoin (230V ou 400V) et de la capacité combinée de tous les équipements qu'on peut connecter au groupe électrogène en même temps. Par défaut, il en faut un peu plus pour faire face aux pics de charge en vue d'éviter la surcharge du générateur.

En résumé, pour calculer la puissance d'un générateur, il est important de mesurer la puissance apparente, réactive et active en utilisant un wattmètre ou un analyseur de puissance. La puissance apparente doit être égale ou supérieure à la puissance active pour s'assurer que le générateur est capable de fournir suffisamment d'énergie pour l'application. Il est également important de tenir compte de la tension et du courant pour calculer la puissance d'un générateur.

4 CONCLUSION GÉNÉRALE

De toute évidence, notre hypothèse a consisté à fournir les stratégies visant à augmenter le taux en accès en électricité dans les milieux ruraux et accroître la demande en énergie électrique dans les milieux urbains. Par ailleurs cette demande a été évaluée sur base de la consommation de l'énergie électrique en tenant compte du taux d'accroissement de la population qui était fixé à 0,03 soit 3% et la durée de projection de ce projet était de 20 ans, c'est-à-dire de 2024 à 2044. Ce projet pourra être appliqué en vue d'augmenter la capacité en desserte électrique dans les milieux périurbains des grands centres et les milieux ruraux.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les personnes qui ont travaillé dans l'ombre pour l'aboutissement de cet article, nous citons: NGALULA Horline, NTUMBA Orchalene, TSHALU Charvie, BENECHA BIPENDU et KAPUKU Charciel.

REFERENCES

- [1] Dr Xavier LAMAIRE: la prévision de la demande en électricité en milieu rural Africain, Clean Energy, solutions center, Assisting countries With Clean Energy Policy, 20 Juillet 2016.
- [2] H.S.YOTTO Conroad: Etude et conception d'une mini-centrale photovoltaïque pour l'alimentation d'une partie de l'installation électricité de la présidence de la République du Benin, mémoire de master, l'Institut National d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement, le 25 Octobre 2013.
- [3] Cellule d'analyse des indicateurs de développement (CAID), RDC, 2017.
- [4] Projet Multisectoriel d'urgence, de réhabilitation et de construction (PMURR): Etude d'électrification rurale, Banque Mondiale, RDC, SOFRECO, Octobre 2007.
- [5] Ministère de l'énergie et des ressources hydrauliques: Atlas des énergies renouvelables de la RDC, Novembre 2015.
- [6] YABA MOKE Liévin, Notes de cours de réseaux électriques, CRETEC, 2022.