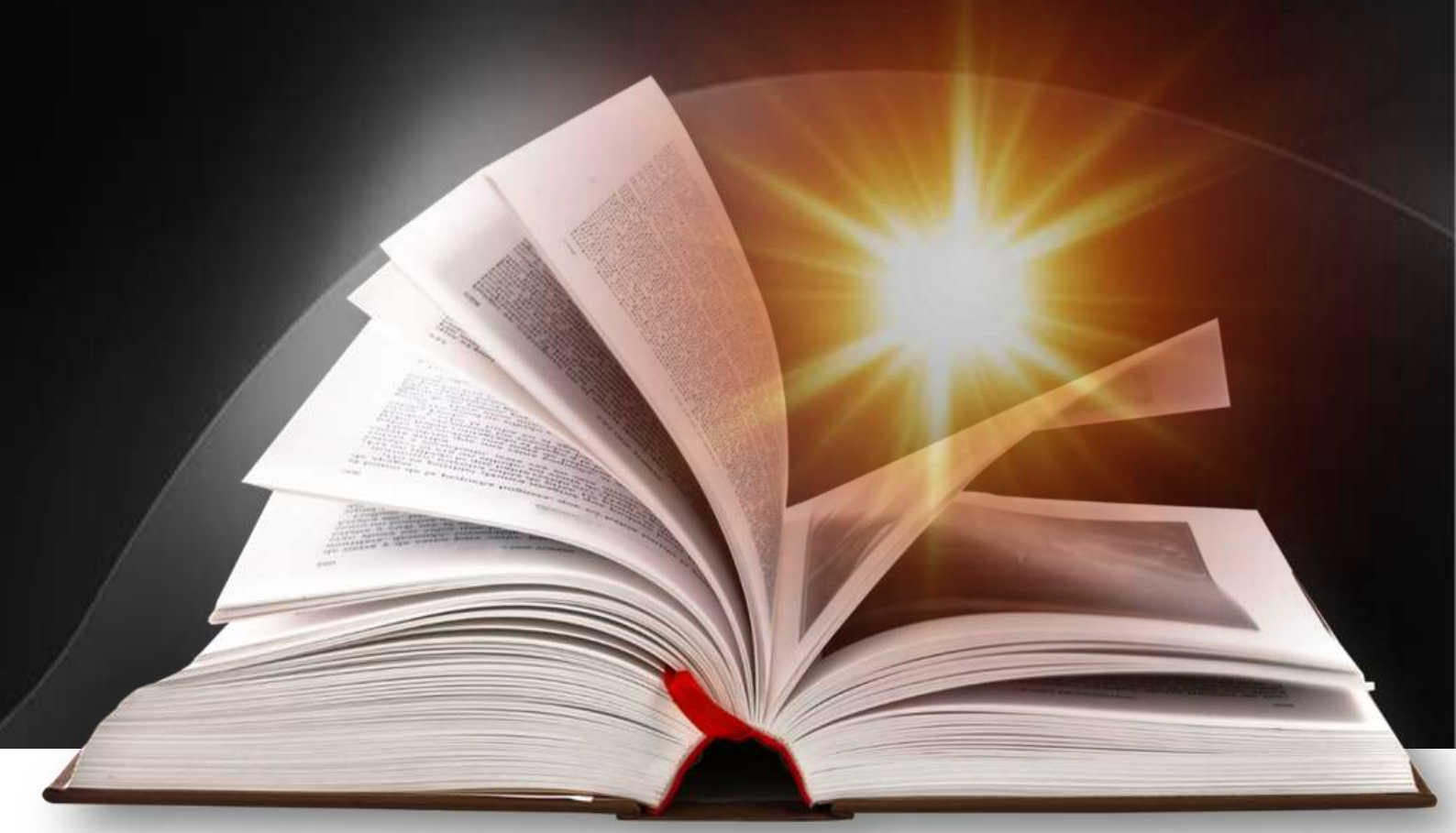
ISSN
: 2790-6248
: 2790-6256

RPJ

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -



Volume 3, n°2, Mai - Août 2024

EDITIONS LUMUMBA
Un nouvel élan de l'édition africaine

Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

African Scientific Universe

Afrindala Group

© Editions Lumumba

Analyse de la fiabilité d'une installation domestique mixte face à la dépendance au réseau de distribution local : Cas des systèmes photovoltaïques et du réseau STS/ENK à Butembo

[Analysis of the reliability of a mixed domestic installation in relation to dependence on the local distribution network: Case of photovoltaic systems and the STS/ENK network in Butembo]

PALUKU BAYUNDE Evariste
Institut Supérieur Pédagogique Technique (ISPT)-Muhangi/ RD Congo
Email : palukuevariste@gmail.com

ISSN
: 2790-6248
: 2790-6256

RPJ

Revue Panafricaine de la Jeunesse

- Pan African Youth Journal -

DOI : https://doi.org/10.58610/RPJ.2790.6248.6256.31

Editions Lumumba I Afriscience I Association Panafricaine pour l'Encadrement et la Formation de la Jeunesse

EDITIONS LUMUMBA
Un nouvel élan de l'édition africaine

Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ)
ISSN : 2790-6248
e-ISSN : 2790-6256
© Editions Lumumba - APANAEFJ
Bibliothèque Nationale du Congo I Ordonnance loi n° 89-010
du 11 janvier 1989 – Permis d'implantation n° BNC/DPHK/08/2022

Afrindala Group

La Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ) est une revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive. Elle se veut un lieu de diffusion de travaux de recherche originaux et substantiels sur diverses questions liées aux enjeux et défis des sociétés africaines, dans toutes les disciplines scientifiques. La RPJ est enregistrée par le Centre International de l'ISSN (International Standard Serial Number) sous les numéros ISSN : 2790-6256 et e-ISSN : 2790-6248.

Les Éditions Lumumba, sous la houlette du label panafricain Afrindala Group, branche scientifique « Afriscience », sont une maison d'édition établie en RD Congo conformément à l'Ordonnance-Loi n° 89-010 du 11 janvier 1989 et opérant sous le permis d'établissement n° BNC/DPHK/08/2022. Enregistrées auprès de l'Agence Internationale de l'ISBN, par l'intermédiaire de l'Agence Francophone pour la Numérotation Internationale du Livre (AFNIL), les Éditions Lumumba sont repértoriées sous l'identifiant éditeur : 978-2-38489.

Le comité scientifique international, composé d'enseignants et de spécialistes d'Afrique et d'ailleurs, assure une diversité d'expertises et de perspectives. En tant que membre de Crossref, une organisation américaine participant à l'indexation globale du contenu scientifique, les Éditions Lumumba bénéficient d'un préfixe DOI (10.58610) pour attribuer un DOI unique à chaque œuvre éditée. Cela permet aux publications d'être accessibles à des milliers de membres de Crossref et à des centaines d'organisations, y compris des institutions scientifiques et universitaires du monde entier, augmentant considérablement la visibilité et l'impact international des travaux publiés.

Les Éditions Lumumba s'appuient sur un vaste réseau de distributeurs et de partenaires internationaux, incluant des universités, des ONG et de grandes plateformes telles que CAIRN.INFO (la plus grande bibliothèque numérique francophone), DILICOM, OpenEdition Books, la plateforme Afriscience, etc.

© Editions Lumumba

Revue Panafricaine de la Jeunesse

— RPJ —

- Pan African Youth Journal –

Revue scientifique internationale, interdisciplinaire et interactive

Périodicité : avril, août et décembre
Prix du numéro : 30 USD
Abonnement annuel : 100 USD
Version numérique disponible sur : www.afriscience.org

Suivez-nous sur nos réseaux sociaux :
@editionslumumba | @afriscience

Imprimé en République Démocratique du Congo

Tél. (+243) 90 43 370 19
Email : contact@editionslumumba.com
Site web : www.editionslumumba.com
Siège : 10, avenue de la Moto croisement boulevard M'siri, ville de Lubumbashi, RD Congo

Editorial

Chères lectrices, chers lecteurs,

C'est avec un immense enthousiasme et une profonde conviction que nous vous invitons à explorer cet espace de réflexion, où la richesse de l'ingéniosité africaine se marie harmonieusement avec l'excellence académique, donnant naissance à une véritable symphonie de savoirs et d'innovations. Alors que le monde fait face à des défis multiples et complexes, la Revue Panafricaine de la Jeunesse (RPJ) se distingue comme un phare, éclairant les horizons inexplorés de la pensée africaine et universelle.

Nous vous convions à un voyage intellectuel unique, un périple au cœur de la créativité, de la réflexion et de l'engagement, où chaque page s'ouvre sur un monde en constante transformation. Dans cet espace de partage, les idées naissent souvent dans des contextes de résilience, de diversité et d'espoir, et elles y sont célébrées. Ces idées ne se contentent pas d'être le reflet des réalités africaines ; elles sont également le pont qui relie les cultures, reliant le local au global, le particulier à l'universel.

Dans ce numéro, les contributeurs mettent en lumière non seulement la science et l'innovation, mais aussi l'esprit de collaboration et de partage qui caractérise notre communauté de penseurs et de chercheurs venus de tous horizons. Ici, la rigueur scientifique se marie avec la passion, créant un espace vibrant où les voix des scientifiques résonnent, portées par l'engagement de ceux et celles qui œuvrent pour la transformation des sociétés. Les travaux présentés sont autant de témoignages d'un monde en perpétuelle évolution, où les perspectives croisées favorisent une compréhension plus profonde et plus nuancée des enjeux actuels.

À travers les pages de cette revue, le continent africain se dévoile dans toute sa complexité et sa diversité. Trop souvent perçu sous des prismes réducteurs, l'Afrique révèle ici ses multiples facettes, offrant ainsi un regard neuf et éclairant sur ses réalités. Chaque article,

chaque étude est une invitation à repenser ce que nous savons de l'Afrique et à redéfinir sa place dans le monde globalisé, tout en soulignant l'importance de ses contributions à la pensée mondiale.

Notre équipe éditoriale, soutenue par notre comité scientifique, s'engage à offrir une plateforme de qualité, où chaque publication est le fruit d'une collaboration enrichissante entre auteurs et évaluateurs. Ce processus de travail collectif assure non seulement la rigueur et la pertinence des contenus, mais aussi leur potentiel de transformation pour les sociétés africaines et au-delà.

Au fil de votre lecture, nous espérons que vous serez inspiré(e)s non seulement par la profondeur des réflexions et des analyses proposées, mais aussi par la mission qui guide notre revue : celle de positionner l'Afrique au cœur du discours mondial sur l'innovation et la recherche. Ensemble, construisons un avenir où la science africaine éclaire et inspire, non seulement les peuples africains, mais l'ensemble de l'humanité.

Rejoignez-nous dans cette aventure intellectuelle, et laissez-vous saisir par les innombrables possibilités offertes par un continent en effervescence créative et en quête d'un renouveau global.

Bonne lecture et bienvenue dans un monde de découvertes !

L'équipe éditoriale

Equipe de la revue

Comité de rédaction :

- Directeur de Publication : M. le Pr. Basile Mulwani Makelele, RD. Congo
- Rédacteur en chef : M. le Pr. Philippe Kasongo Maloba Tshikala, Belgique
- Rédacteur en chef Adjoint : M. Valery Ngoy Ndala, RD. Congo
- Secrétaire éditorial : William Agbaka, Bénin
- Coordinateur du processus d'adhésion : M. Josué Lwamba, RD Congo
- Gestionnaire administratif : Banon Zinsou Côme, Bénin
- Gestionnaire financière : Clarisse Mwelwa Bilepo, RD Congo
- Coordinateur des partenariats : Fidèle Bukasa Kabwe, RD Congo
- Traducteur en chef : Dr. Fo-Koku D. Woameno, Togo
- Responsable de la publication en ligne : M. Mayou Nkensa, Cameroun

Comité scientifique :

- Dr. Abdoulaye OUEDRAOGO, PhD en Gestion de Projets, Ministère de l'Economie, des Finances et du Plan (MEFP) au Burkina Faso, Burkina Faso
- Dr. Abi-Kaberou Gildas, PhD en Sciences de l'Education, Ecole Normale Supérieure (ENS/Porto-Novo) et à l'Institut de Psychologie de Travail et des Organisations (PTO), Bénin
- Dr. Adaba Koffi Amessou, PhD en Sociologie (Sociologie Politique), Université de Lomé, Togo
- Dr. Adrien Mazanga Nakunyi, PhD en Sciences de l'Education, Université Simon Kimbangu de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Akimou TCHAGNAOU, PhD en Sciences de l'Education et de la Formation, Université André Salifou de Zinder, Niger
- Dr. AMBOMBI EYOLO Azede Espoir, PhD en criminologie, PhD en pédagogie, en psychologie des organisations, Directeur de la chaire MBA, Afrikan campus, Formateur à l'école de police du Congo, Congo Brazza
- Dr. Amoussou Franck, PhD en Linguistique Anglaise Appliquée, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Dr. Andi Cudai Nur, PhD en Education, Makassar State University, Indonésie
- Dr. Ballo Drisa, PhD en Roman africain, Université des Lettres et des Sciences Humaines de Bamako, Mali

- Dr. Basile Mulwani Makelele, PhD en Psychologie, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Bernard Aristide BITOUGA, PhD en Anthropologie (Anthropologie sociale et culturelle), Université de Douala, Cameroun
- Dr. Bruno Duovany BEKOLO ENGOUDOU, PhD en ethnologie-anthropologie, Université de Douala, Cameroun
- Dr. Carine Nadège BOUMA, PhD en Droit privé, Université de Bamenda, Cameroun
- Dr. Dédé Terence, PhD en Lettres, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. Doba SORO, PhD en Anthropologie Sociologie, Université Polytechnique de Man, Côte d'Ivoire
- Dr. Dre NGONO OSSANGO PANGRACE, PhD en Psychologie, Spécialité : Psychologie du développement humain, Université de Yaoundé, Cameroun
- Dr. ESSOME LELE GIslain Arnaud, PhD en Langue et Linguistique espagnoles, option Sémiotique iconotextuelle, Asociación de Cervantistas ECLLA – Études du Contemporain en Littératures, Langues et Arts, UJM Saint-Étienne UFD LLSL – Littératures, Langues et Sciences du Langage, Univ. Maroua, Cameroun
- Dr. Fidélie NTSHIKALA MBUYA, PhD en Psychologie, Université de Kolwezi, RD Congo
- Dr. Fo-Koku D. Woameno, PhD en Littérature et civilisation américaine, Université de Lomé, Togo
- Dr. Gano Nouhou, PhD en Analyse du discours, Université cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal
- Dr. Gninneyo Sylvestre-Pierre NIYA, PhD en Sciences de l'éducation, Spécialité : Politiques éducatives (Éducation inclusive), Ecole Normale Supérieure/Koudougou, Burkina Faso
- Dr. Ilunga Bumute Christian, PhD en Psychologie, Université de Likasi, RD Congo
- Dr. Jean Pierre Kayembe Kayembe, PhD en Chimie, Rhodes University, South Africa
- Dr. Jeef TSHITAMBA KABALA, PhD en Sciences Politiques et Administratives, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. José NGOY WA NGOY TWITE, PhD en Psychologie du travail, spécialité : psychopathologie du travail, Université de Kolwezi, RD Congo

- Dr. Kabiena Kuluila Pierre Valery Dieudonné, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Kabuya-Kabeya Sthilobo Hilaire, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Kaniki Wa Cilombo Joseph-Robert, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. KONGUE Toyindou, PhD en Géographie, Option Géographie humaine, rurale et économique, Université de Lomé, Togo
- Dr. KONÉ PATRICE M'BÉTIEN, PhD en Criminologie, Université Félix Houphouet Boigny, Côte- d'Ivoire
- Dr. KOUADIO BAYA BOUAKI, PhD en Sociologie, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. KOUADIO Yao Adoman Francis, PhD en Sociologie politique, West Africa Social Science Laboratory, Côte- d'Ivoire
- Dr. Lago Blé Angelin, PhD en Histoire, Université Jean-Lorougnon Guede, Côte d'Ivoire
- Dr. Lokossou Bonaventure, PhD en audiovisuel et de l'information, de la communication, Université d'Abomey-Calavi, Bénin
- Dr. Matthias Cinyabuguma, PhD en Economie, Banque mondiale, RD Congo
- Dr. MBANGI MBONZALE, PhD en sciences sociales, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. MBULA MUSASA M. Serge Caleb, PhD en Sciences (Géologie du Pétrole), Université Pédagogique Nationale (UPN)/Kinshasa, RD Congo
- Dr. Metsena Ndjavoua, PhD en Histoire des Relations Internationales, Université de Maroua (Cameroun)/ Institut Universitaire de Développement International (IUDI), Cameroun
- Dr. Mohamed Atteyoub H. dit Modibo SIDIBÉ, PhD en Sciences Économiques et de gestion, Université des sciences sociales et de gestion de Bamako, Mali
- Dr. Moussa Coulibaly, PhD en Sciences du langage et de la Communication, Université Assane Seck de Ziguinchor du Sénégal, Sénégal
- Dr. Moussa Dourfaye Abdoul-kadze, PhD en santé, Santé publique, épidémiologie, biostatistique, recherche en santé, Hôpital de référence de Maradi, Niger
- Dr. Nebie Boukary, PhD en Sciences du Langage, Université de Fada N'Gourma, Burkina Faso

- Dr. Ngala Ntumba Peter, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. NGOIE KAZIMINGI Patrick, PhD en Sciences de l'Education, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Ngoy Ndombe Alain, PhD en Droit, Université de Lubumbashi, RD Congo
- Dr. Nkongolo Mulami Kapweka Alphonse, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Norbert Aimé MELINGUI AYISSI, PhD en Histoire, Université de Douala, Cameroun
- Dr. Ntita Ntita Jean Christ, PhD en Droit, Université Officielle de Mbuji-Mayi, RD Congo
- Dr. Nyebe Atangana Sandrine, PhD en Sciences de l'Education, Membre du Laboratoire BONHEURS, CY Cergy Paris Université, Cameroun
- Dr. Outéndé TOUNDOU, PhD en Physiologie végétale, Agrophysiologie, fertilisation des sols, Université de Lomé, Togo
- Dr. Philippe KASONGO MALOBA TSHIKALA, PhD en Psychologie, Université de Lubumbashi, Belgique
- Dr. Raymond-Bernard AHOUANDJINOU, PhD en socio-anthropologie, andragogue et juriste, Association Internationale des Sociologues de Langue Française et du Centre d'Etudes et de Recherche en Education et Interventions Sociales pour le Développement (CEREID), Bénin
- Dr. Richard Muimbi Kitumba, PhD en Droit, Université de Kabinda, RD Congo
- Dr. SAIDI Hicham, PhD en sciences économiques et gestion, Université Moulay Ismaïl, FSJES – Meknès, Maroc
- Dr. SIDIBÉ OUSMANE, PhD en Linguistique du Discours, Université de San Pedro, Côte d'Ivoire
- Dr. Tamia Jules-Amstrong, PhD en Psychologie, Spécialité : Psychologie du Travail et des Organisations, Université Félix Houphouët-Boigny, Côte d'Ivoire
- Dr. Xie Huifang, PhD en Sciences de l'Education, Université pédagogique d'Etat du Liaoning, Chine
- Prof. Dr. DIEU LOBA ARNAUD, Professeur titulaire CAMES, Université Félix Houphouet Boigny, Côte d'Ivoire.

Revue Panafricaine de la Jeunesse
Revue scientifique internationale
ISSN : 2790-6248 I e-ISSN : 2790-6256
Editions Lumumba
Un nouvel élan de l'édition africaine
Email : contact@editionslumumba.com
Afriscience
African Scientific Universe

Analyse de la fiabilité d'une installation domestique mixte face à la dépendance au réseau de distribution local : Cas des systèmes photovoltaïques et du réseau STS/ENK à Butembo

[Analysis of the reliability of a mixed domestic installation in relation to dependence on the local distribution network: Case of photovoltaic systems and the STS/ENK network in Butembo]

PALUKU BAYUNDE Evariste
Institut Supérieur Pédagogique Technique (ISPT)-Muhangi/ RD Congo
Email : palukuevariste@gmail.com

Résumé

Cette étude se propose d'analyser la fiabilité des installations domestiques hybrides, en les comparant à la dépendance exclusive au réseau de distribution local. L'accent est mis sur les systèmes photovoltaïques associés au réseau STS/ENK dans la ville de Butembo, située dans la province du Nord-Kivu, en République Démocratique du Congo, au cours de l'année 2024. L'instabilité fréquente du réseau de distribution local a motivé cette évaluation, qui vise à déterminer l'efficacité des systèmes hybrides combinant courant alternatif (AC) et courant continu (DC) par rapport aux installations classiques en courant alternatif (AC) uniquement. Suite à une analyse approfondie, les résultats révèlent que les systèmes photovoltaïques offrent une rentabilité comparable à celle du réseau de distribution local, notamment en intégrant les coûts mensuels du kWh, qui comprennent l'amortissement des accumulateurs. De plus, des coûts supplémentaires, tels que la location du compteur, oscille entre 2 et 15 dollars par mois selon la puissance crête demandée. Le réseau de distribution joue un rôle compensatoire durant les périodes de faible ensoleillement, tandis que les systèmes photovoltaïques prennent le relais lors des interruptions du réseau. Cette interdépendance suggère que les utilisateurs ne sont pas prêts à abandonner complètement l'un ou l'autre système, en raison des interruptions imprévues et fréquentes de l'électricité à Butembo.

Mots-clés : Fiabilité, Installation électrique, Domestique, Système photovoltaïque, Réseau de distribution.

Abstract

This study aims to analyze the reliability of hybrid domestic installations compared to exclusive dependence on the local distribution network. The focus is on photovoltaic systems coupled with the STS/ENK network in the city of Butembo, North Kivu province, in the Democratic Republic of Congo, during the year 2024. The frequent instability of the local distribution network prompted this evaluation,

which seeks to assess the efficiency of hybrid systems combining alternating current (AC) and direct current (DC) compared to conventional AC-only installations. After a thorough analysis, the results indicate that photovoltaic systems offer profitability comparable to the local distribution network, particularly when accounting for the monthly kWh cost, which includes the amortization of batteries. Additionally, there are additional costs, such as meter rental, ranging from 2 to 15 dollars per month depending on the peak power demanded. The distribution network compensates for the shortcomings of photovoltaic systems during periods of low sunlight, and vice versa. This interdependence suggests that users are unlikely to completely abandon either system due to the frequent and unexpected power outages in Butembo.

Keywords: Reliability, Electrical Installation, Domestic, Photovoltaic System, Distribution Network.

0. Introduction

Les installations domestiques, lorsqu'elles ne sont pas alimentées par le réseau de distribution, recourent généralement à deux principales sources d'énergie : les systèmes photovoltaïques et les groupes électrogènes. Toutefois, chacun de ces systèmes présente des avantages et des inconvénients qui influencent leur rentabilité et leur efficacité.

Les systèmes photovoltaïques, bien qu'attrayants en raison de leur capacité à convertir l'énergie solaire en électricité, souffrent d'un inconvénient majeur : l'accumulation de l'énergie électrique sous forme chimique dans les batteries. Le coût élevé des accumulateurs nécessaires à cette conversion pose un problème significatif. En effet, leur amortissement engendre des dépenses supplémentaires considérables, et leur remplacement annuel, voire tous les deux ans pour les modèles plus performants, augmente encore le coût total du système. Cette situation crée une impression trompeuse de gratuité de l'énergie après l'installation, alors que la facturation mensuelle pour les batteries peut être substantielle.

Face à ces coûts, de nombreux utilisateurs choisissent de se connecter au réseau de distribution, qui offre une puissance stable et évite l'usure prématurée des accumulateurs. Cette décision est d'autant plus logique en raison de la puissance disponible et de la fiabilité généralement accrue du réseau par rapport aux systèmes photovoltaïques commerciaux.

Ainsi, il est crucial d'examiner les questions suivantes pour évaluer pleinement la situation :

1. Les systèmes photovoltaïques sont-ils actuellement moins rentables que le réseau de distribution en place ?
2. Le réseau de distribution compense-t-il entièrement les défaillances des systèmes photovoltaïques ?

3. Les utilisateurs du réseau de distribution abandonneront-ils complètement leurs systèmes photovoltaïques ?

Les réponses anticipées à ces préoccupations sont les suivantes :

1. À l'heure actuelle, il semble que les systèmes photovoltaïques soient moins rentables comparés au réseau de distribution en place.
2. Le réseau de distribution pourrait pallier partiellement les défaillances des systèmes photovoltaïques.
3. Les utilisateurs du réseau de distribution ne sont pas susceptibles d'abandonner entièrement l'utilisation des systèmes photovoltaïques.

Le but de ce travail est de réaliser une comparaison approfondie entre la rentabilité économique des systèmes photovoltaïques et celle du réseau de distribution. En outre, il vise à proposer des solutions palliatives pour atténuer les fluctuations dues aux délestages, aux pannes, et aux interruptions de l'alimentation électrique provenant du réseau de distribution.

Face aux plaintes fréquentes des abonnés concernant les coupures d'électricité, cette étude cherche à identifier des solutions permettant de maintenir une fourniture continue d'énergie dans les foyers et les lieux de services.

Cette recherche se concentre sur l'évaluation de la fiabilité d'une installation domestique mixte par rapport à une dépendance totale au réseau de distribution local, en particulier pour les systèmes photovoltaïques et les installations de la STS/ENK à Butembo, Province du Nord-Kivu, en République Démocratique du Congo, pour l'année 2024.

1. Méthodologie et Matériel

Pour cette étude, nous avons adopté une approche méthodologique rigoureuse, combinant plusieurs méthodes et techniques de recherche afin d'explorer de manière approfondie les défis et avantages des installations photovoltaïques domestiques en interaction avec le réseau de distribution.

A. Méthodes

- Méthode analytique

Nous avons employé la méthode analytique pour évaluer le fonctionnement des installations photovoltaïques domestiques et l’exposition des abonnés au réseau de distribution. Cette méthode a permis d’identifier et de comprendre les principaux défis associés aux différentes configurations d'installation et de raccordement, en analysant des aspects techniques, économiques et environnementaux.

- Méthode comparative

Cette méthode a été utilisée pour comparer les défaillances des systèmes photovoltaïques avec celles observées dans le réseau de distribution traditionnel. Cette comparaison a mis en lumière les avantages d'une configuration mixte, combinant à la fois l'énergie photovoltaïque et le réseau de distribution, en termes de résilience et d'efficacité énergétique.

- Méthode expérimentale

Nous avons appliqué la méthode expérimentale pour tester les hypothèses de notre étude dans des conditions réelles. Les données expérimentales recueillies nous ont permis de vérifier les performances des systèmes mixtes et de tirer des conclusions basées sur des observations concrètes.

B. Techniques

- Recherche documentaire

Nous avons effectué une recherche documentaire approfondie pour collecter les informations théoriques nécessaires à notre étude. Cela a inclus la consultation de livres spécialisés, d'articles scientifiques, de mémoires, de thèses, ainsi que de ressources en ligne. Cette étape a fourni une base théorique solide pour notre analyse.

- Entretiens semi-directifs

Des entretiens semi-directifs ont été menés avec des experts techniques dans le domaine des systèmes photovoltaïques, ainsi qu'avec des utilisateurs de ces systèmes et des abonnés au réseau de distribution. Ces entretiens ont offert des perspectives pratiques et ont enrichi notre compréhension des réalités terrain.

- Observations de terrain

Nous avons également réalisé des observations directes sur le terrain. Cette technique a consisté à visiter des sites équipés d'installations photovoltaïques et à observer leur fonctionnement en situation réelle. Cela nous a permis de compléter les données issues des autres méthodes et de mieux comprendre les besoins et défis rencontrés par les utilisateurs.

Ces méthodes et techniques combinées ont permis une étude complète et précise des installations photovoltaïques domestiques, en tenant compte à la fois des aspects théoriques et pratiques.

C. Matériels

Les matériels utilisés au cours de notre investigation sont les suivants :

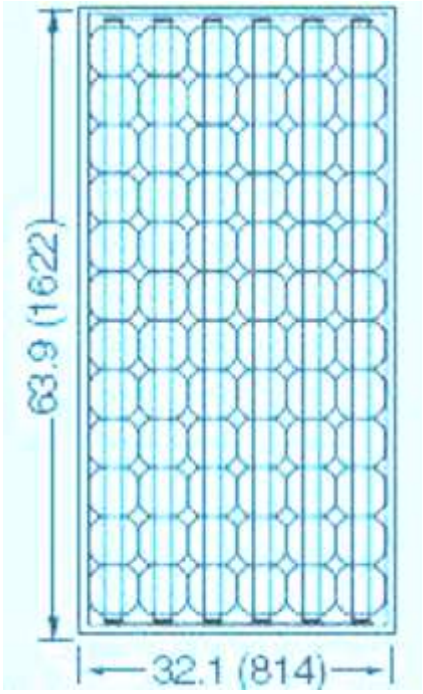
A. Panneaux photovoltaïques

Les panneaux solaires photovoltaïques sont composés de cellules connectées en série et/ou en parallèle, afin d'augmenter les valeurs de tension et de courant délivrées. Ces cellules, lorsqu'elles sont exposées à la lumière solaire, convertissent une partie de cette énergie en électricité. Cependant, les panneaux destinés au grand public n'ont qu'un rendement de conversion modeste, transformant seulement 10 à 13 % de l'énergie solaire reçue en énergie électrique utilisable.

La tension produite par un panneau solaire est déterminée par la somme des tensions générées par les modules connectés en série. Parallèlement, l'intensité du courant fourni par le panneau est le résultat de la somme des intensités des séries de cellules mises en parallèle. La résistance interne d'un panneau photovoltaïque peut être calculée en appliquant les mêmes principes que ceux utilisés pour déterminer la résistance des générateurs en groupement mixte.

Ainsi, la conception et l'agencement des cellules au sein du panneau sont essentiels pour optimiser les performances du système, bien que les limites technologiques actuelles imposent un rendement relativement faible pour les applications grand public.

Figure 1 : Panneau solaire photovoltaïque.



La résistance interne d'un panneau est égale au nombre de cellules multiplier par la résistance d'une cellule, le tout divisé par le nombre de branches à parallèle, soit :

$$r_i = \frac{n \cdot r_0}{p}$$

La résistance interne de la cellule varie avec sa puissance :

$$r_o = \frac{U_{\max} - U_n}{I_n}$$

Avec :

$n =$ Nombre de cellules en série

$r_0 =$ Résistance interne de la cellule

$r_i =$ Résistance interne du panneau

$p =$ Nombre de parallèles

U_n

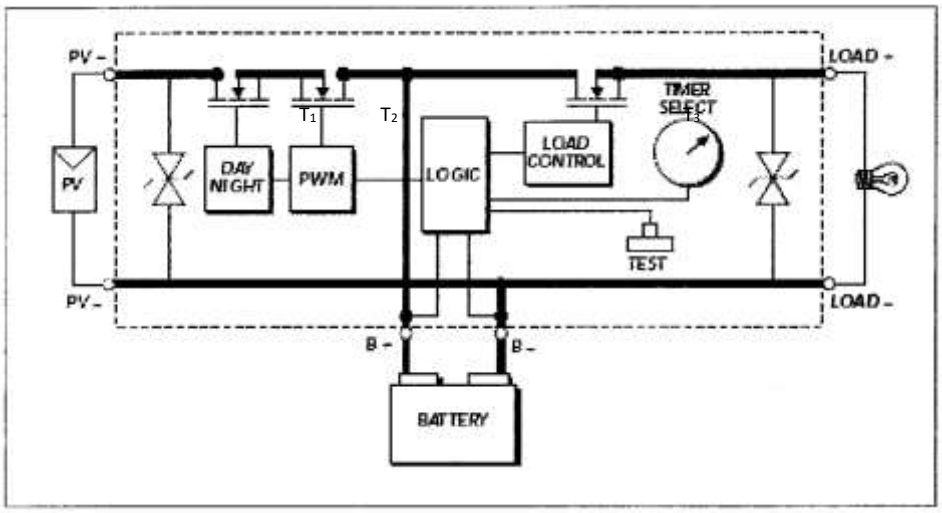
B. Le régulateur

Un régulateur, dans un système photovoltaïque, est un dispositif électronique essentiel qui gère les processus de charge et de décharge de l'accumulateur, en veillant à ce que ces opérations se déroulent dans des limites de tension sécuritaires pour prolonger la durée de vie de la batterie.

Ce régulateur fonctionne en surveillant la tension de la batterie : il permet la charge jusqu'à ce que la tension atteigne 13,8 V, moment où il interrompt automatiquement le processus pour éviter une surcharge. Si la tension de la batterie chute à 10,5 V (ce seuil est ajustable selon les besoins), le régulateur déconnecte le circuit d'utilisation pour prévenir une décharge excessive, et rétablit la connexion une fois que la tension remonte à 12,5 V.

Le courant de charge fourni à la batterie n'est limité que par la puissance du panneau photovoltaïque utilisé, ce qui signifie que le régulateur s'adapte à la capacité du panneau tout en protégeant l'accumulateur contre les risques de surcharge ou de décharge profonde.

Figure 2 : Schéma de principe du régulateur.



Fonctionnement du régulateur :

- **Charge :**

Le panneau solaire photovoltaïque applique une tension variable continue 10-18 V. L'écrêteur placé à l'entrée du régulateur protège celui-ci contre les surtensions de plus de 18 V.

- Une tension de moins de 12 V ne sera pas capable de charger une batterie de 12 V.
- Pour une tension de $13,6 \approx 13,7$ V la logique permet la conduction des transistors T_1 et T_2 à effet de champ pour que ceux-ci permettent la conduction du courant de charge de la batterie.
- Quand la tension aux bornes de la batterie atteint 13,8 à 14V, la logique commande le blocage des transistors la charge est terminée.

- **Décharge :**

Pour une tension supérieure à 10,5V, la logique (ampli opérationnel) commande l'ouverture du transistor T_3 et la charge reste alimentée. Quand la tension dévient inférieure à 10,5 V, la logique commande le blocage du transistor T_3, la charge reste hors circuit. L'érecteur aux bornes de la charge protège celle-ci contre les surtensions de plus de 12,6 V.

C. L'onduleur

L'onduleur transforme le courant continu reçu à courant alternatif pour alimenter les récepteurs exigeant 230 V ou 400 V à la fréquence de 50 ou 60 HZ.

Un onduleur est un dispositif d'électronique de puissance permettant de délivrer des tensions et des courants alternatifs à partir d'une source d'énergie électrique continue.

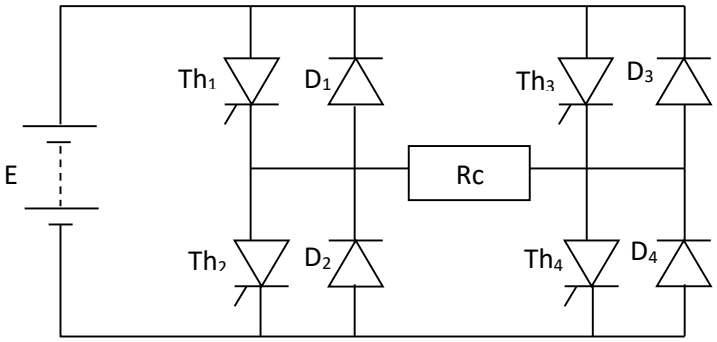
L'onduleur est un convertisseur statique de type continu-alternatif.

Principe de fonctionnement :

Les onduleurs sont basés sur une structure à pont en forme de H, constitué le plus souvent d'interrupteurs électronique telle que les IGBT (transistor bipolaire à grille isolée), des transistors de puissance et des thyristors.

Par un jeu de commutations commandées de manière appropriée (généralement une modulation de largeur d'impulsion), on module la source afin d'obtenir un signal alternatif de fréquence désirée.

Figure 3. Schéma de principe de l'onduleur



D. Les accumulateurs

Un accumulateur est un appareil qui transforme l'énergie électrique en énergie chimique pendant sa charge.

Pendant sa décharge, il transforme l'énergie chimique en énergie électrique.

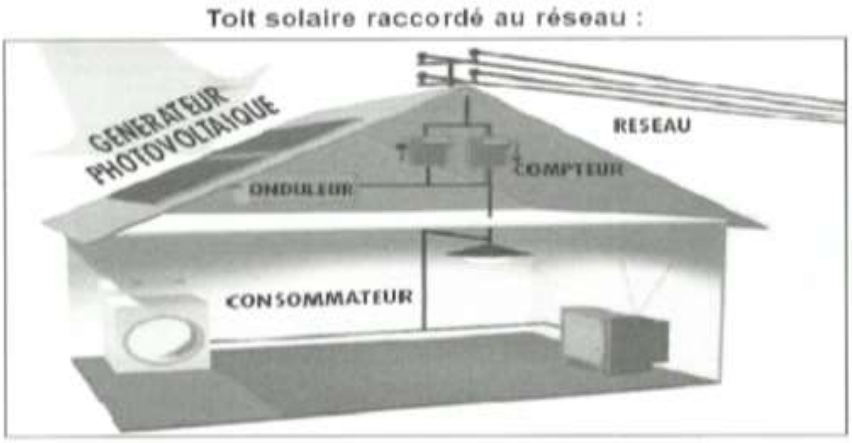
Son rôle est donc de stocker de l'énergie électrique sous forme d'énergie chimique pour la restituer en suite sous forme d'énergie électrique.

Une batterie d'accumulateurs ou plus communément une batterie, est un ensemble d'accumulateurs électriques reliés entre eux de façon à créer un générateur électrique de tension et de capacité désirée. (Katembo Kasongya, 2005).

E. Structure d'une installation solaire photovoltaïque

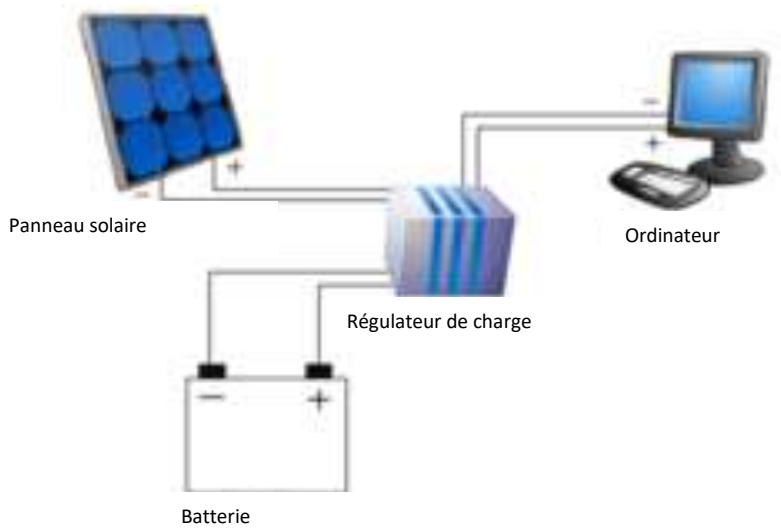
Cette installation est raccordée au réseau. Le particulier peut vendre tout ou une partie d'électricité qu'il produit. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire d'installer des batteries de stockage de grande capacité.

Figure 4. Toit solaire raccordé au réseau.



L'installation est réalisée dans un endroit ne pouvant pas être raccordé au réseau. L'énergie électrique fournie est destinée à couvrir en totalité les besoins de consommation de cet endroit.

Figure 5. Système autonome.



2. Résultats

Pour aboutir aux résultats nous procédons au prélèvement du besoin en électricité d'une maison d'habitation classique et d'en effectuer le dimensionnement du système photovoltaïque correspondant pour nous permettre une analyse fiable.

Besoin en électricité d'une maison d'habitation simplifiée.

Une maison d'habitation simple contient en général les récepteurs suivants :

Tableau n°1 : Consommation Électrique Quotidienne d'une Maison d'Habitation Simplifiée

N°	Chambre		Récepteur	Nombre	Puissance	Observation	
						Temps	Energie
1	Salon	Salle de séjour	Lampes	1	7W	4h/jrs	28Wh
			Téléviseur	1	40W	2	80
			Radio	1	10W	2	20
		Salle à manger	Lampes	1	7W	4	28
			Congélateur	1	100W	1	100
2	Buanderie		Lampe	1	7W	4	28
			Fer à repasser	1	1000W	1	1000

		Machine à laver	1	5000W	1	5000
3	Chambre à Coucher	Lampe	1	7W	4	28
		Radio	1	10W	2	20
		Téléviseur	1	40W	2	80
4	Chambre enfant filles	Lampe	1	7W	4	28
		Prise	1	10W	1	10
5	Chambre enfant garçon	Lampe	1	7W	4	14
		Prise	1	10W	1	10
6	Corridor	Lampe	2	14W	4	46
7	Chambre visiteurs	Lampe	1	7W	4	28
		Prise	1	10W	1	10
8	Cuisine	Lampe	1	7W	4	28
		Cuisinière	1	5000W	1	5000
9	Extérieur	Lampe	2	14W	4	46
10	Douche	Lampe	1	7W	4	28
		Chauffe bain	1	1000W	1	1000
11	WC	Lampe	1	7W	4	28
	TOTAL			**12328W**		**12698Wh**

Source : Nos propres investigations

Ce tableau présente la consommation journalière d'une maison simplifiée. Après calcul, la consommation quotidienne est de 12,69 kWh. Selon la facturation du distributeur ENK à Butembo, le coût par kWh est de 0,38 dollars, et il y a un abonnement mensuel pour la location du compteur de 4 dollars. Ainsi, le coût quotidien est de 0,38×12,69=4,82220,38 \times 12,69 = 4,82220,38×12,69=4,8222 dollars. Sur une base mensuelle, le montant total est de (4,8222×30)+4=148,438(4,8222 \times 30) + 4 = 148,438(4,8222×30)+4=148,438 dollars, ce qui équivaut à une dépense annuelle de 148,438×12=1781,256148,438 \times 12 = 1781,256148,438×12=1781,256 dollars.

En comparaison, pour la société de production d'énergie électrique VIRUNGA, qui facture 0,10 dollars par kWh pour lutter contre le déboisement de la forêt, la consommation quotidienne de 12,67 kWh coûterait 0,10×12,67=1,2670,10 \times 12,67 = 1,2670,10×12,67=1,267 dollars par jour. Le coût mensuel serait alors de 1,267×30=38,011,267 \times 30 = 38,011,267×30=38,01 dollars, et le montant annuel de 38,01×12=456,1238,01 \times 12 = 456,1238,01×12=456,12 dollars.

Il est pertinent de noter que le coût annuel de la consommation d'énergie avec VIRUNGA est proche du coût annuel de l'utilisation de charbon pour

une maison, qui s'élève à 300 dollars. Cela correspond à l'achat de deux sacs de charbon par mois, à raison de 25 dollars par sac.

Avec le système photovoltaïque, panneau solaire et batteries d'accumulateur, nous aurons à compasser les récepteurs inadaptés, demandant une très grande puissance dans le cadre de chauffage, par la braise dont nous avons par estimation le coût de 300 dollars qui s'ajoutera annuellement aux dépenses que le système nous imposera.

Le tableau ci-après, reprend les récepteurs qui seront retenu lors de l'utilisation du système photovoltaïque.

Tableau n°2 : Consommation énergétique et coût associé des récepteurs pour une installation photovoltaïque, excluant les équipements de chauffage et de force motrice

N°	Chambre		Récepteur	Nombre	Puissance	Observation	
						Temps	Energie
1	Salon	Salle de séjour	Lampes	1	7W	4h/jrs	28Wh
			Téléviseur	1	40W	2	80
			Radio	1	10W	2	20
		Salle à manger	Lampes	1	7W	4	28
2	Buanderie		Lampe	1	7W	4	28
3	Chambre à Coucher		Lampe	1	7W	4	28
			Radio	1	10W	2	20
			Téléviseur	1	40W	2	80
4	Chambre enfant filles		Lampe	1	7W	4	28
			Prise	1	10W	1	10
5	Chambre enfant garçon		Lampe	1	7W	4	14
			Prise	1	10W	1	10
6	Corridor		Lampe	2	7W	4	28
7	Chambre visiteurs		Lampe	1	7W	4	28
			Prise	1	10W	1	10
8	Cuisine		Lampe	1	7W	4	28
9	Extérieur		Lampe	2	14W	4	46
10	Douche		Lampe	1	7W	4	28
11	WC		Lampe	1	7W	4	28
	TOTAL				**221W**		**570Wh**

Source : Nos propres investigations

Le tableau ci-après présente les récepteurs couramment utilisés, en excluant les équipements de chauffage et de force motrice.

Après analyse, nous avons estimé une consommation journalière de 0,57 kWh. En nous basant sur les tarifs du distributeur ENK à Butembo, facturant 0,38 dollars par kWh, et en tenant compte d'une location de compteur de 4 dollars par mois, le coût quotidien est de 0,38 x 0,57 = 0,2166 dollars. Ainsi, le coût mensuel s'élève à (0,2166 x 30) + 4 = 10,498 dollars, soit une dépense annuelle de 10,498 x 12 = 125,976 dollars. À cela s'ajoute 300 dollars annuels pour l'achat de braises pour le chauffage.

Comparativement, en utilisant les tarifs de la société VIRUNGA, qui facture 0,10 dollars par kWh pour soutenir la lutte contre le déboisement, et en considérant une consommation journalière de 0,67 kWh, le coût quotidien serait de 0,10 x 0,67 = 0,067 dollars. Le coût mensuel serait donc de 0,067 x 30 = 2,01 dollars, avec une dépense annuelle de 2,01 x 12 = 24,12 dollars.

En faisant le dimensionnement du système photovoltaïque pour la même installation, nous constatons ce qui suit :

Tableau n°3 : Dimensionnement et cout du matériel à utiliser pour Système photovoltaïque.

N°	Matériels	Quantité	PU	PT($)	Observ
1	PV	3	84	252	120W
2	Batterie	2	120	240	200Ah
3	Régulateur	1	40	40	40A
4	Conducteur	12m	2	24	$16mm^2$
5	Onduleur	1	30	30	300W
	Total			**586**	

Source : Nos propres investigations

Ce tableau présente des calculs détaillés basés sur la puissance requise pour l'installation. Les résultats montrent que le coût du système photovoltaïque (PV) est comparable à celui de l'abonnement au réseau ENK. De plus, le coût de remplacement des accumulateurs est également similaire au coût mensuel de l'électricité fournie par ENK. En raison des fluctuations observées de part et d'autre, il semble judicieux d'envisager une combinaison des deux options, ENK et PV, pour garantir une fourniture d'énergie électrique plus stable. En comparaison, le coût de l'électricité fournie par STS Virunga est quatre fois moins élevé que celui d'ENK et du PV.

3. Discussions

Le coût total de 586 dollars peut être considéré comme le frais d'abonnement annuel pour les services d'ENK. Cependant, il est crucial de noter que ce

montant ne prend pas en compte la durée de vie limitée des batteries nécessaires au fonctionnement des systèmes photovoltaïques. En effet, les batteries doivent être remplacées tous les deux ans pour garantir une performance optimale.

Étant donné que nous ne remplaçons les batteries qu'une fois tous les deux ans, il est impératif de calculer une provision annuelle pour leur amortissement. Ainsi, pour couvrir le coût du remplacement des accumulateurs, il est nécessaire de réserver une somme de 120 dollars chaque année. Cela correspond à un coût mensuel de 10 dollars pour l'achat et le remplacement des accumulateurs.

En ce qui concerne le réseau de distribution ENK, nous avons observé des fluctuations notables, principalement dues à une insuffisance d'énergie électrique par rapport à la demande des clients. Le dimensionnement de la centrale, comprenant le canal d'amener, le bassin de mise à charge, et les turbines d'entraînement, est inapproprié pour les besoins énergétiques actuels, exacerbant les problèmes liés à la pluviosité de la région.

Ces insuffisances se manifestent par des délestages fréquents pendant la journée, en particulier durant les périodes sèches où il y a une carence en eau, et lors des périodes pluvieuses où le bassin de mise en charge peut devenir suralimenté et contaminé par des impuretés. Ces conditions entraînent la nécessité d'utiliser des groupes électrogènes de secours pour compenser ces défaillances.

En revanche, les systèmes photovoltaïques présentent un autre type de contrainte : l'insuffisance d'ensoleillement. Pendant les périodes pluvieuses ou les périodes de faible ensoleillement, on peut observer des lacunes dans la production d'énergie, surtout pour les besoins élevés en éclairage. Toutefois, ces systèmes ont l'avantage de fournir un avertissement préalable en cas de risque d'interruption de l'approvisionnement électrique, ce qui permet une gestion proactive des besoins énergétiques.

Lorsque nous comparons les coûts dans des conditions de fonctionnement équivalentes, nous constatons que le coût de l'énergie électrique fournie par le réseau de distribution ENK est comparable à celui des systèmes photovoltaïques. Cependant, pour maximiser les performances et tenir compte des contraintes des deux sources d'énergie, il est recommandé d'utiliser une combinaison des systèmes photovoltaïques et du raccordement au réseau de distribution. Cette approche permettrait de maintenir les coûts mensuels de l'énergie à un niveau raisonnable tout en optimisant la disponibilité de l'énergie.

Le principal inconvénient dans ce cas est la location du compteur, qui reste un coût supplémentaire. Actuellement, le coût associé à ENK et aux systèmes photovoltaïques est environ quatre fois supérieur à celui de Virunga STS.

Avec l'arrivée prévue de Virunga STS, il est raisonnable de penser qu'il deviendra moins nécessaire de recourir aux systèmes photovoltaïques, car cette nouvelle option devrait offrir une solution plus économique et fiable.

Ainsi, une approche mixte combinant les systèmes photovoltaïques avec le raccordement au réseau de distribution semble être la meilleure solution pour gérer les coûts et les performances énergétiques de manière optimale, tout en anticipant les avantages futurs avec l'intégration de Virunga STS.

4. Conclusion

Nous avons terminé nos investigations sur l'étude du niveau de fiabilité d'une installation domestique mixte face à une dépendance totale au réseau de distribution local, en examinant particulièrement les systèmes photovoltaïques et la Société de Transport et de Distribution d'Énergie ENK dans la ville de Butembo.

Cette étude nous a permis d'approfondir notre compréhension des différentes sources d'énergie, notamment le réseau de distribution électrique et les systèmes photovoltaïques. À la suite de notre analyse, plusieurs conclusions ont été tirées :

1. Analyse des Systèmes Photovoltaïques : Pour les installations photovoltaïques, le coût mensuel observé est principalement attribuable à l'amortissement des accumulateurs, qui représentent le point faible de ces installations. Les accumulateurs nécessitent un remplacement périodique et leur amortissement constitue une part significative du coût total de l'énergie produite.
2. Coût de l'Énergie par le Réseau de Distribution : En comparaison, lorsque nous considérons le coût de l'énergie électrique fournie par le réseau de distribution local dans notre région, il est équivalent à la somme nécessaire pour l'amortissement mensuel des accumulateurs d'un système photovoltaïque correctement dimensionné. Cela suggère que, sous des conditions de travail similaires, le coût de l'énergie issue du réseau est comparable à celui des systèmes photovoltaïques.
3. Recommandations pour Optimiser les Performances : Afin d'optimiser les performances et compte tenu des contraintes associées aux deux sources d'énergie, nous recommandons l'utilisation combinée des systèmes photovoltaïques et du raccordement au réseau de distribution. Cette approche permettra de maximiser les avantages des deux sources tout en limitant l'impact sur le coût mensuel de l'énergie. Il est important d'adopter une utilisation rationnelle de l'énergie pour éviter des frais supplémentaires. Notons cependant que la location du compteur peut encore représenter un coût additionnel dans ce cadre.

4. Comparaison des Coûts : En termes de coût, les fournisseurs d'énergie ENK dans la ville de Butembo et les systèmes photovoltaïques présentent des coûts quatre fois supérieurs à ceux de la Société Nationale d'Électricité du Congo (SNEL). La SNEL, un service public de l'État en République Démocratique du Congo (RDC), a une longue histoire de performances opérationnelles et financières sous-optimales, en partie en raison d'un taux élevé de connexions illégales et d'un tarif moyen très bas pour l'électricité, de 0,07 USD/kWh, l'un des plus bas en Afrique.
5. Tarification Comparée : À titre de comparaison, le prix moyen mondial de l'électricité était de 0,151 USD par kWh en 2023. En RDC, la SNEL, en accord avec le gouvernement, propose un tarif préférentiel de 0,07 USD/kWh, par rapport à un tarif moyen de 0,1058 USD/kWh pour la moyenne tension.

De tout ce qui précède, notons ici, bien que les systèmes photovoltaïques et les fournisseurs comme ENK puissent être plus coûteux, leur utilisation en complément du réseau de distribution peut offrir une solution efficace et économique, surtout si l'on optimise la gestion de la consommation d'énergie.

5. Bibliographie

Bassem, B. (n.d.). *Méthode simple de calcul et de choix des éléments d'une installation photovoltaïque*. [Manuscrit non publié].

Natan. (2011-2012). *Guide Perseus, Manuel scolaire « Terminale STI électronique »*. [Éditeur non précisé].

Microsoft Corporation. (2008). *Solaire, énergie*. In *Microsoft® Encarta® 2009 DVD*. [Logiciel].

Atlas du rayonnement solaire européen. (n.d.). [Publication non précisée].

RM. (2011/2012). *Ce qu'il faut savoir sur : L'énergie solaire photovoltaïque, cours de 1°STI2D Enseignement transversal*. [Cours non publié]