

## Estimation de la demande énergétique de la commune annexe de la ville de Lubumbashi, province du Haut Katanga RD Congo

### [ Contribution to improving the reliability of the electric network of Katanga province RD Congo ]

*Kyoni Nkulu Idriss, Ntambwe Sapu Aaron, and Ngenda Banka Richard*

Université de Lubumbashi, Route Kasapa, 1825 Lubumbashi, 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:** It is following the increase in the population of the city of Lubumbashi on the one hand and the intensification of semi-industrial activity on the other hand that we deemed it appropriate to undertake a study on the estimation of the energy demand of the annex commune of the city of Lubumbashi.

The choice of the annex commune was motivated by the fact that it is the belt of the city of Lubumbashi and is currently undergoing spectacular development in infrastructure and will therefore need a significant demand for electrical energy.

The city of Lubumbashi is made up of seven municipalities which are: Lubumbashi, Kamalondo, Kenya, Katuba, Kampemba, Ruashi and the Annex commune. The growth rate over the last ten years of sampling is estimated at 42% and clearly shows that there is a need to know the demand trend curve in order to predict future energy needs.

The objective of this communication will then be to estimate the energy demand of the Annex municipality.

To achieve our objective, we started by mapping the said municipality by listing the different loads (houses, schools, churches, semi-industrial sector, etc.), so to assess future energy demand, we used the Bottom-up model.

**KEYWORDS:** Estimate, demand, energy, municipality, Lubumbashi.

**RESUME:** C'est suite à l'accroissement de la population de la ville de Lubumbashi d'une part et à l'intensification de l'activité semi industrielle d'autre part que nous avons jugé bon d'entreprendre une étude sur l'estimation de la demande énergétique de la commune annexe de la ville de Lubumbashi.

Le choix de la commune annexe a été motivé par le fait qu'elle est la ceinture de la ville de Lubumbashi et subit à ce jour un développement spectaculaire en infrastructure et donc aura besoin d'une importante demande en énergie électrique.

La ville de Lubumbashi est composée de sept communes qui sont: Lubumbashi, Kamalondo, Kenya, Katuba, Kampemba, Ruashi et la commune Annexe. Le taux de croissance sur les dix dernières années d'échantillonnage est évalué à 42% et montre clairement qu'il y a nécessité de connaître la courbe de tendance de la demande afin de prédire le besoin énergétique futur.

L'objectif de cette communication sera alors d'estimer la demande énergétique de la commune Annexe.

Pour arriver à notre objectif, nous avons commencé par cartographier ladite commune en répertoriant les différentes charges (maisons, écoles, églises, secteur semi-industriel,...), ainsi pour évaluer la demande énergétique future, nous avons eu recours au modèle Bottom-up.

**MOTS-CLEFS:** Estimation, demande, énergie, commune, Lubumbashi.

## 1 INTRODUCTION

### 1.1 CONTEXTE

Malgré les dispositions prises par le gestionnaire du réseau électrique, la Société Nationale d'Electricité (SNEL), en procédant par des délestages tournants des consommateurs pour soulager le réseau, les coupures intempestives du courant électrique ne cessent d'être enregistrées pendant les heures de pointe dans la ville de Lubumbashi en général et dans la commune annexe en particulier.

Cela est dû à une croissance accentuée de la charge dans les zones urbaines sur les dix dernières années mais également à une production quasi statique depuis plus de cinquante années.

Pour améliorer la qualité de l'énergie électrique ou la fiabilité du réseau, il est primordial d'avoir une connaissance de la demande énergétique afin d'assurer une bonne gestion de l'énergie électrique d'une part et d'investir dans le parc de production d'autre part.

### 1.2 OBJECTIF

L'objectif particulier de cette communication est de:

Estimer le besoin énergétique de la commune Annexe à ce jour et de l'extrapoler à l'horizon 2030.

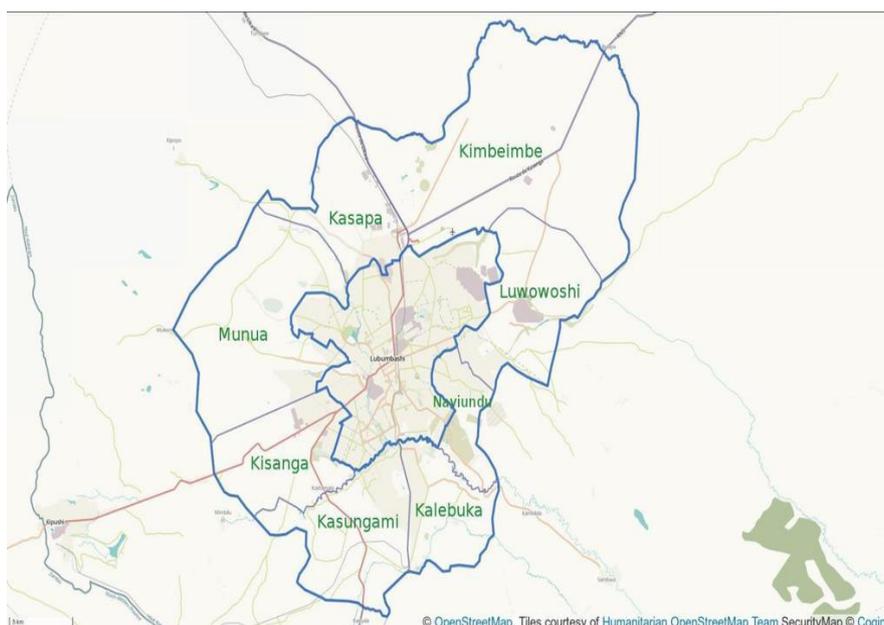
Pour atteindre cet objectif, nous avons commencé par une identification rigoureuse des différentes charges qui sont répertoriées dans ladite commune.

## 2 DESCRIPTION DU RÉSEAU URBAIN

### 2.1 PRÉSENTATION DU SITE

La commune annexe est la plus grande des toutes les communes de la ville de Lubumbashi. Elle s'étend sur une superficie de 727,76 km<sup>2</sup> [1]. L'exercice de 2019, portant sur le recensement de la population dans la commune, a enregistré approximativement 443823 habitants (environ 19,035% de la population de Lubumbashi) répartis sur un ensemble de huit quartiers.

La figure 1 illustre les différents quartiers de la commune annexe.



**Fig. 1.** Localisation des quartiers de la commune Annexe

## 2.2 ALIMENTATION DE LA COMMUNE ANNEXE

L'alimentation électrique de la commune ANNEXE est assurée par un ensemble des feeders [2], comme illustré à la figure 2.

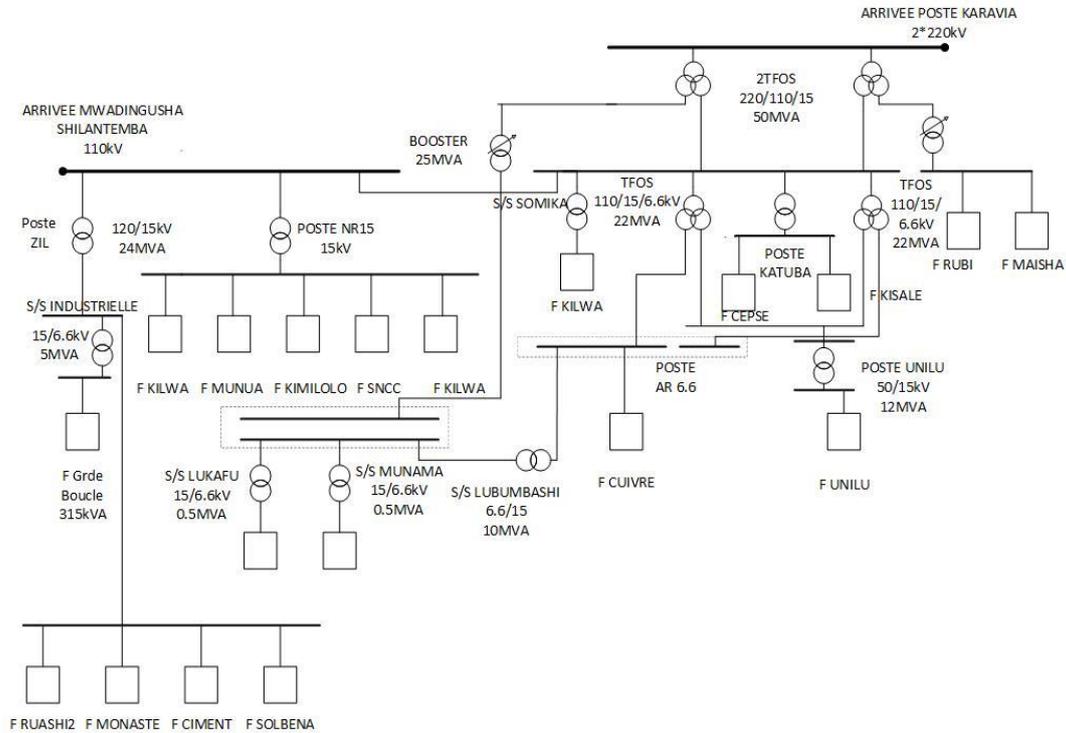


Fig. 2. Alimentation de la commune annexe.

## 2.3 DÉMARCHE GÉNÉRALE

L'analyse de la figure 2, nous a permis d'identifier les feeders alimentant la commune annexe, ainsi nous avons pu déterminer la puissance installée de ladite commune. Une étude démographique sur dix ans nous a permis de connaître l'évolution de la population, le nombre de ménages ainsi que les types d'abonnés selon les secteurs (résidentiel, tertiaire et semi-industriel).

L'application du modèle Bottom-up résidentiel et la connaissance de l'évolution démographique conduisent essentiellement à l'estimation du besoin énergétique actuel et celui à l'horizon de 2030.

La pertinence de ces travaux a été l'application de la méthode de Bottom-up pour estimer le besoin énergétique dans un réseau déficitaire.

## 2.4 IDENTIFICATION DES FEEDERS

La littérature [3] nous montre que chaque feeder alimente deux à trois communes, l'identification consiste à définir un taux de répartition de la puissance du feeder en fonction de la puissance des terminaux de chaque commune où le feeder passe.

Le tableau 1 donne les puissances installées sur les feeders et les puissances installées dans la commune.

Tableau 1. Taux de répartitions des feeders dans la commune annexe.

COMMUNE ANNEXE				
POSTE	FEEDER	P <sup>CE</sup> INSTALE FEEDER kVA	P <sup>CE</sup> INSTALE COMMUNE kVA	ξ [%]
NR 15	KIMILOLO	4020	1660	41,29
	SINTEXKIN	7205	1345	18,67
	MAISHA	4120	1930	46,84
	MUNUA15	6915	2675	38,68
	SNCC	5575	2990	53,63
	KILWA	10995	1400	12,73
ZIL	MONASTERE	7410	2810	37,92
	SOLBENA	7260	1730	23,83
	RUASHI 2	11445	3790	33,11
	CIMENTERIE	5500	1530	27,82
KARAVIA	RUBI	7555	3540	46,86
UNILU	UNILU/MET	9940	1880	18,91
KATUBA	CEPSE	4880	2390	48,97
	KISALE	3550	630	17,75
AR 6,6	CUIVRE	11725	3560	30,36
	Gde BOUCLE	565	315	55,75
S/S SOMIKA	SOMIKA	2410	2410	100

## 2.5 PROFIL DE CHARGE DE LA COMMUNE ANNEXE

En se servant des analyseurs montés sur chaque feeder, le profil de charge de la commune annexe est bien connu. La figure 3 illustre le profil de charge sur chaque feeder dans la commune annexe.

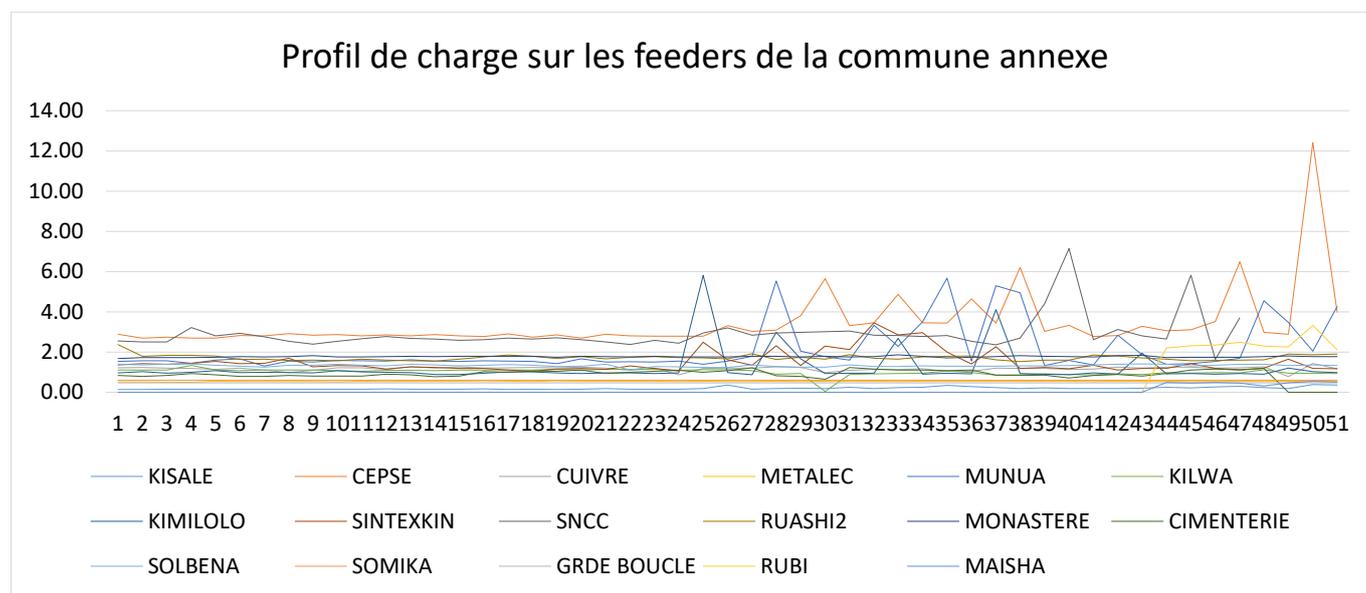
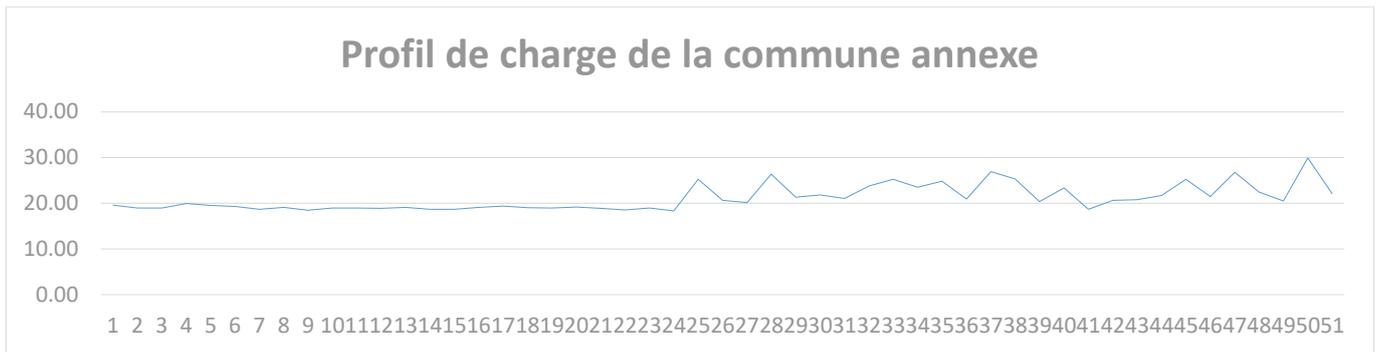


Fig. 3. Profil de charges sur chaque feeder dans la commune annexe.

En appliquant la loi de la superposition des effets, nous obtenons la figure 4, qui illustre le profil de charge de la commune annexe.



**Fig. 4.** Profil de charge de la commune annexe

## 2.6 SITUATION DÉMOGRAPHIQUE

L'objectif sera d'étudier l'évolution de la population de la commune annexe durant les dix dernières années.

La littérature [1], [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13] nous donne le nombre d'habitants par année dans ladite commune comme cela est montré dans le tableau 2.

**Tableau 2.** Données démographiques de la commune annexe

Evolution démographique de la commune de 2009 à 2019		
ANNEE	HABITANS	$\tau$ [%]
2009	383399	
2010	386498	0,81
2011	391937	1,41
2012	395985	1,03
2013	398674	0,68
2014	402793	1,03
2015	411296	2,11
2016	420621	2,27
2017	431297	2,54
2018	438845	1,75
2019	443823	1,13

Le taux d'accroissement moyen de la population de la commune sur toute la période d'observation considérée est de 15,76%, soit un apport de 2.52 % par rapport au taux d'accroissement moyen de la ville. La figure 5 illustre l'évolution démographique de la commune Annexe depuis 2009 jusqu'en 2019.

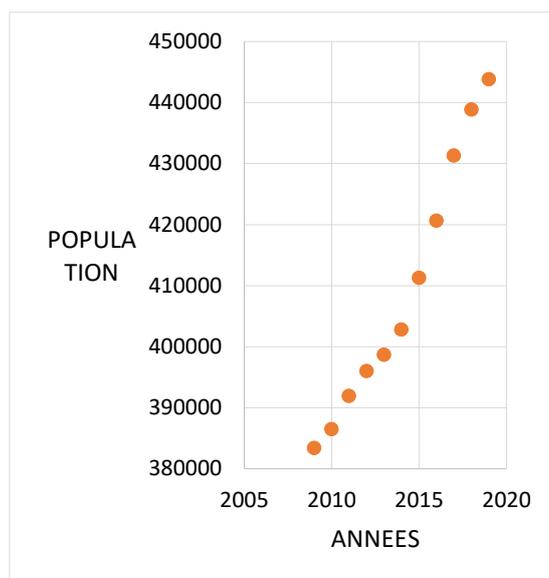


Fig. 5. Évolution démographique de la commune annexe sur dix ans

## 2.7 CARACTÉRISATION DES ABONNÉS DANS LA COMMUNE ANNEXE

Les activités menées par le service de recensement lors de la distribution des moustiquaires imprégnées en 2019 pour la lutte contre le paludisme et le questionnaire mis en ligne portant connaissance des nombres d'habitants par ménage nous indiquent une moyenne de sept personnes par ménage dans la commune.

C'est ainsi que nous pouvons déterminer le nombre des ménages qui en réalité constitue le nombre d'abonnés (clients) connecté au réseau. Généralement, un client peut posséder plusieurs sites de travail, qui nécessitent une consommation de l'énergie électrique, il est donc nécessaire d'identifier les différents secteurs présents dans la commune, tout en spécifiant leurs nombres et leurs caractéristiques [14]. Les secteurs sont:

- Le secteur résidentiel;
- Le secteur tertiaire;
- Le secteur semi-industriel.

### 2.7.1 LE SECTEUR RÉSIDENTIEL

En se référant à la littérature [13], le nombre de ménages (clients) dans la commune annexe au cours de l'exercice 2019 a été estimé à 63403. La consommation énergétique de ce secteur est caractérisée de manière générale par les appareils présents chez le client.

### 2.7.2 SECTEUR TERTIAIRE

Le secteur tertiaire [12] prend une place considérable dans la consommation de l'énergie électrique, il s'agit de: lieux de commerce, les supers marchés, les hôtels, les restaurants, les églises, les écoles, etc. La consommation est caractérisée par le type d'appareils, le service rendu, le nombre des jours ouvrables ainsi que le nombre d'heures de travail par jour. Le tableau 3 fournit les éléments du secteur tertiaire, suivant le rapport de la commune [10].

Tableau 3. Charges du secteur tertiaire.

N°	TYPE D'EXPLOITATION	NOMBRE
01	Églises	324
03	Écoles	205
04	Hôtels	13
05	Charcuteries, super marché	36
06	Restaurants	8
07	Hôtels, restaurants	2
08	Agence de transport	16
09	Dépôt et entrepôt	19
10	Night-club	12
11	Centre de santé	152
12	Orphelinat + maison d'ACC	9
13	Banques	2

### 2.7.3 SECTEUR SEMI-INDUSTRIEL

Dans le secteur semi-industriel, nous rencontrons les petites activités mettant en œuvre les appareils électriques tels que des petits moteurs, les postes à souder, des résistances qui génèrent une quantité importante de chaleur. Ce sont, notamment, les petites entreprises de transformation et de service [13]. Ce secteur reprend les mêmes caractéristiques que celles du secteur tertiaire [13]. Nous avons dans le tableau 4 les différents éléments du secteur semi-industriel.

Tableau 4. Activités du secteur semi-industriel

N°	TYPE D'EXPLOITATION	NOMBRE
1	Boulangerie	2
2	Menuiserie et scierie	24
3	Atelier de soudure	19
4	École technique	1
5	Scierie	6
6	Pressing	14

### 2.8 MODÈLE DE CHARGES

La phase la plus importante lors d'une étude de planification d'un réseau est la modélisation de la charge; cependant il existe un nombre conséquent des modèles dans la littérature, il s'agit notamment des modèles permettant une prévision à court terme, à moyen terme et à long terme. Ces modèles peuvent se baser sur les mesures de la consommation individuelle, soit par le parc d'appareils, les modèles de la demande en énergie électrique à différents niveaux d'agrégation spatiale (quartier, commune, ville...) et temporelle (pas de temps précis: minutes, journalier, mensuelle ou annuelle) [15]. Face à la diversité des modèles, certaines études les classent en deux grandes catégories, dont le modèle top-down ou l'approche ascendante et le modèle Bottom-up ou l'approche descendante.

Le modèle retenu est celui de Bottom up basé sur la consommation par appareil parce qu'il est effectué avec un très haut niveau de détails établissant ainsi une simulation pour chaque appareil [15].

#### 2.8.1 CONSTRUCTIONS DU MODÈLE

En se référant aux activités des abonnés, trois modèles ont été construits partant des secteurs susmentionnés dans la commune. Nous avons les données sur le parc d'appareil que nous avons eu grâce à un recensement effectué durant le mois de février 2020 sur les ménages, nous avons par la même occasion récoltés quelques informations sur les facteurs comportementaux, soit la fréquence d'utilisation des appareils et nous en avons déduit le taux de possession, en ce qui concerne les facteurs technologiques des appareils en particulier la puissance nominale nous avons pris la moyenne tel que présentée dans la littérature [16]. Partant de toutes ces spécifications nous avons pu mettre sur pied une base de données pour chaque secteur.

### 2.8.1.1 MODÈLE DU SECTEUR RÉSIDENTIEL

Les charges rencontrées dans le secteur résidentiel, leurs puissances nominales, leurs taux de possession, leurs fréquences d'utilisation ainsi leur nombre par abonné sont identifiées dans le tableau 5.

Tableau 5. Parc d'appareils résidentiel et les facteurs influents.

Appareils	Puissance nominale [W]	Taux de possession [%]	Fréquence d'utilisation	Temps [h]	Nombre
Plaque électrique	1500	68,4	6h à 7h, 11h à 13h30, 18h à 19h	4,5	1
Chauffe-eau	1100	56	05h30 à 6h45	1,25	1
Fer à repasser	1000	96	6h à 7h, 11h à 12h	2	1
Sèche-cheveux	300	17,5	06h à 7h	1	1
Fontaine d'eau	400	43	5h/j	5	1
Congélateur	300	78,9	24h/24	24	1
Réfrigérateur	100	80	24h/24	24	1
Aspirateur	800	1,5	07h à 7h30	0,5	1
Téléphone mobile	5	100	2h/j	2	5
Télévision plasma	200	95	07h à 23h	16	1
Ordinateur	30	88	5h/j	5	1
Ventilateur	50	36	3h/j	3	1
Climatiseur	3519.06	5,3	4h/j	4	1
Lampe économique	15	80	06h à 22h	16	5
Lampe à inca.	100	49,1	06h à 22h	16	5
Bouilloire	1000	56	06h à 07h	0,5	1

Partant de ces informations sur le parc d'appareils de la zone, le facteur technologique, l'interaction entre les appareils et les utilisateurs et le taux de possession de chaque appareil, la consommation d'un ménage sera donnée par la relation (1):

$$P_a^j = n * P_n * \Delta t \quad (1)$$

Avec:

- $P_a^j$ : la consommation d'un ménage;
- $n$ : le nombre d'appareils;
- $P_n$ : la puissance nominale totale;
- $\Delta t$ : le temps d'utilisation.

La consommation d'un type d'appareils sur l'ensemble de la zone sera donnée par la consommation de cet appareil dans un ménage, multipliée par son taux de possession. Le tableau 6 donne la consommation de chaque appareil.

Tableau 6. Consommation agrégée de la commune par type d'appareil.

Appareils	$P_n$ [W]	Taux de possession [%]	Temps [h]	Nombre	$P_a^j$ [kWh/j]	$P_a^z$ [kWh/mois]
Plaque électrique	1500	68,4	4,5	1	6,75	8781950
Chauffe-eau	1100	56	1,25	1	1,38	1464609
Fer à repasser	1000	96	2,5	1	2,50	4565016
Sèche-cheveux	300	17,5	1	1	0,30	99859,73
Fontaine d'eau	400	43	6	1	2,40	1962957
Congélateur	300	78,9	24	1	7,20	10805393
Réfrigérateur	250	80	24	1	6,00	9130032
Aspirateur	800	1,5	0,75	1	0,60	17118,81
Téléphone portable	5	100	2	5	0,05	95104,5
Télévision plasm	50	95	17	1	0,85	1535938
Ordinateur	30	88	5	1	0,15	251075,9
Ventilateur	50	36	3	1	0,15	102712,9
Climatiseur	3519,06	5,3	4	1	14,08	1419037
Lampe économique	15	80	17	5	1,28	1940132
Bouilloire	1000	56	0,5	1	0,50	532585,2
			$P_{résid}^z$ [kWh]		<b>44,18</b>	<b>42703520</b>

En conséquence, la consommation journalière et mensuelle dans le secteur résidentiel d'un ménage est de 44,18 kWh et 42703,52 MWh. Pour ce faire, en se basant sur les facteurs comportementaux, la fréquence et le temps d'utilisation, nous avons pu tracer le profil de charge d'un ménage comme illustré par les figures 6, 7 et 8.

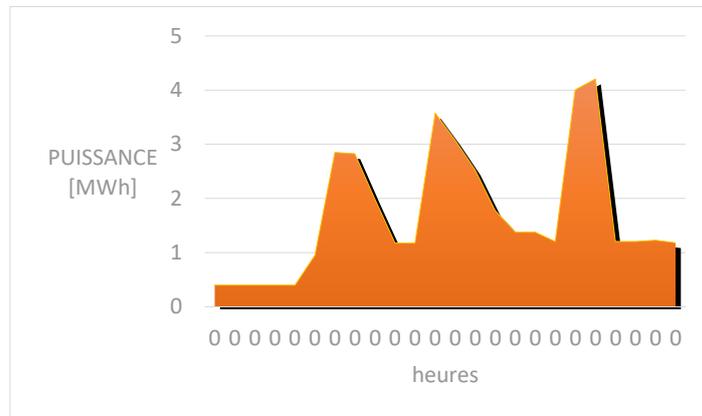


Fig. 6. Profil de la consommation d'un ménage pour un jour ouvrable.

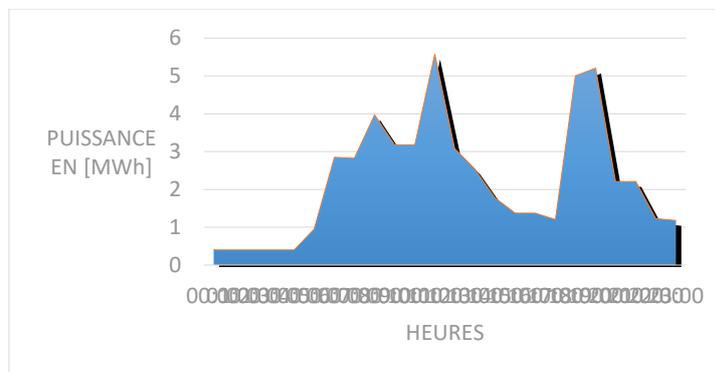


Fig. 7. Profil de la consommation d'un ménage pour un samedi.

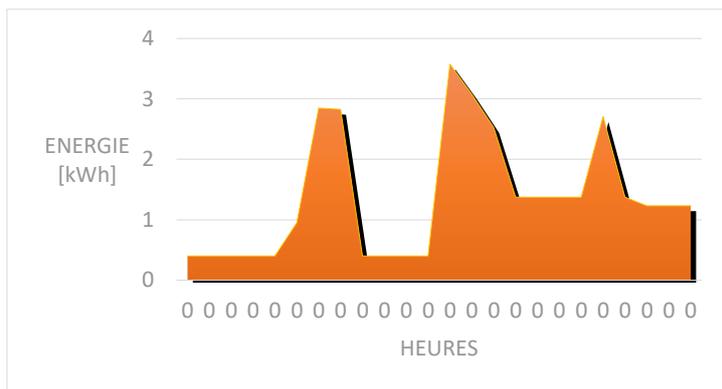


Fig. 8. Profil de la consommation d'un ménage pour un dimanche.

### 2.8.1.2 MODÈLE DU SECTEUR TERTIAIRE

#### a) Modèle de consommation d'un restaurant

Nous avons considéré la consommation moyenne d'un restaurant dont la puissance de pointe est répartie par usage et corrigée par le facteur de foisonnement [16] tel que repris dans le tableau 7.

Tableau 7. Taux d'utilisation lors de la pointe et coefficient de foisonnement.

Usage	Part d'utilisation lors de la pointe cuisine	Coefficient de foisonnement
Chaud	12%	0,65
Froid	47%	0,56
Lavage	19%	0,9
Ventilation	7%	0,97
Éclairage	11%	0,8
Divers	4%	0,07

Ces valeurs ont été établies après une étude sur un restaurant pendant une année [16]. Nous considérons donc la consommation d'usage chaud dans le tableau 8.

Tableau 8. Estimation de la consommation journalière cuisine restaurant

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps [h]	$P_a^j$ [kWh/j]
Four électrique	4000	2	10	80
Cuisinière	3000	4	10	120
Bouilloire	1000	5	5	25
Cafetière	1000	5	2	10
Friteuse	3500	1	8	28
$\sum P_a^j$ [kWh]				<b>263</b>

Partant des informations des tableaux 7 et 2.8, nous pouvons calculer la consommation d'un restaurant moyen, donnée dans le tableau 9.

Tableau 9. Consommation moyenne journalière d'un restaurant.

Usage	Part d'utilisation lors de la pointe cuisine	Coefficient de foisonnement $k_s$	$P_a^j$ [kWh]	$k_s P_a^j$
Chaud	12%	0,65	263	171
Froid	47%	0,56	1030	577
Lavage	19%	0,9	416	375
Ventilation	7%	0,97	153	149
Éclairage	11%	0,8	241	193
Divers	4%	0,07	88	6
			$\sum k_s P_a^j$ [kWh]	<b>1470</b>

## b) Modèle de la consommation d'un hôtel

L'échantillon considéré est un hôtel type 3 étoiles dont le parc d'appareil est classé par service (accueil, cuisine, chambre et buanderie ou blanchisserie). Le tableau 10 nous répertorie tous les appareils présents ainsi que leurs spécifications fonctionnelles.

Tableau 10. Estimation de la consommation journalière d'un hôtel avec restaurant

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps	$P_a^{hotel}$ [kWh/j]
<b>ACCUEIL ET CUISINE</b>				
Climatiseur	1200	3	12	43,2
Camera	10	6	24	1,44
Écran	300	2	24	14,4
Ordinateur	80	2	24	3,84
Éclairage	36	120	24	97,92
Chauffe bain	2500	1	3	7,5
Cuisinière	3000	2	6	36
Four électrique	4000	1	6	24
Cafetière	1000	10	0,5	5
Lave-vaisselle	1100	1	2	2,2
Congélateur	300	3	24	21,6
Réfrigérateur	250	2	24	12
Bouilloire	1000	3	2	6
<b>CHAMBRE</b>			<b>Somme</b>	<b>198,3</b>
Télévision	50	1	3	0,15
Éclairage	15	5	5	0,375
Climatisation	1200	1	4	4,8
<b>BLANCHISSERIE</b>			<b>Somme</b>	<b>72,15</b>
Lave-linge	2500	1	3	7,5
Sèche-linge	2500	1	3	7,5
Fer à repasser	1000	5	5	25
			<b>Somme</b>	<b>40</b>
$\sum P_{Ap}^{hotel}$ [kWh]			<b>310.45</b>	

Nous avons pour la commune annexe un ensemble de 14 hôtels dont deux hôtels 3 étoiles et 2 hôtels 1 étoile et les autres sont non classés [13]. Le tableau 11 reprend la consommation en tenant compte des chambres par hôtel.

Tableau 11. Estimation de la consommation de tous les hôtels de la commune.

Nombre d'hôtel	Nombre des chambres	Puissance
3	12	7279,032
3	10	6227,76
7	8	12078,472
1	7	1550,284
<b>Somme [kWh]</b>		<b>27135,548</b>

La consommation trouvée tient compte du fait que tous les hôtels présentent les mêmes caractéristiques, et ainsi que les comportements, nous aurons approximativement une consommation mensuelle de 814,066 MWh.

### c) Modèle de consommation d'une école

Le tableau 12 nous montre les appareils indispensables dans une école et le temps d'utilisation.

Tableau 12. Estimation de la consommation d'une école

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps	$P_a^{école}$ [kWh/j]
Lampe de classe	36	100	7	25,2
Lampes couloir	36	25	24	21,6
Projecteur	60	8	15	7,2
Ordinateur	80	25	3	6
Imprimante	200	5	1	1
Photocopieuse	200	5	1	1
$\sum P_{Ap}^{école}$				<b>107,6</b>

La consommation journalière, soit 107.6 kWh, est calculée par rapport aux jours ouvrables, soit 5 jours par semaine, en considérant une semaine anglaise. Nous avons donc 22 jours ouvrables au cours d'un mois ce qui ramène la consommation à 2,3672 MWh et 4 week-ends soit 8 jours de service minimum (lampes de couloir et projecteurs en service) soit 28.8 kWh avec une consommation de 0,2304 MWh, ce qui nous ramène à une consommation mensuelle de 2,5976 MWh. L'ensemble des écoles sur la commune est de 204 [13], nous aurons donc une consommation de 529,9104 MWh par mois.

### d) Consommation d'une église

Le tableau 13 nous montre les appareils indispensables dans une église et leurs temps d'utilisation.

Tableau 13. Estimation de la consommation d'une église.

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps	$P_a^{église}$ [kWh/j]
Ventilation	200	24	10	48
Lampes	40	100	10	40
Projecteurs	750	6	24	108
Microphone	20	15	8	2,4
Mixeur	1200	2	5	12
Synthétiseur	45	1	4	0,18
Amplificateur	1500	2	8	24
Baffle	1000	5	5	25
$\sum P_{Ap}^{église}$ [kWh]				<b>211,58</b>

En semaine la consommation est faible (deux lampes sur dix sont allumées en continu et un projecteur sur deux), la consommation pour le jour sans culte s'élevé à 55 kWh par jour.

De ce qui précède la consommation mensuelle est de 2,2772 MWh.

#### e) Consommation d'un super marché

Nous allons considérer le mini marché puis généraliser aux super marché et charcuterie.

**Tableau 14. Estimation de la consommation d'un super marché.**

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps	$P_a^{supma}$ [kWh]
Congélateur	350	5	24	42
Réfrigérateur	350	3	24	25,2
Lampe	15	12	18	3,24
Camera	7	3	24	0,504
Balance	5	4	18	0,36
Climatiseur	1200	2	12	28,8
Ordinateur	80	3	18	4,32
Écran plasma	300	2	24	14,4
$\sum P_{Ap}^{supma}$ [kWh]				<b>118,824</b>

La consommation mensuelle s'élevé à 3,57 MWh, l'ensemble de la commune comprend 16 mini-marchés ce qui ramène la consommation pour cette entité à 57,04 MWh.

#### 2.8.1.3 MODÈLE DU SECTEUR SEMI- INDUSTRIEL

Dans ce secteur, nous trouvons: la menuiserie avec soudure, le pressing et les autres entités que nous pouvons assimiler à l'une de ces deux entités.

#### MODÈLE DE LA CONSOMMATION D'UNE MENUISERIE AVEC SERVICE DE SOUDURE

Le tableau 15, montre les appareils indispensables dans une menuiserie avec service de soudure, le coefficient d'utilisation et leur temps d'utilisation.

**Tableau 15. Estimation de la consommation d'une menuiserie avec service de soudure.**

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	$ku$	Temps [h]	$P_a^{supma}$ [kWh]
Scie à ruban	11	1	1	8	88,00
Goupille	2,2	2	0,6	8	21,12
Scie circulaire	2,2	2	0,6	8	21,12
Toupie	7	1	0,75	7	36,75
Perceuse à main	0,7	3	0,6	2	2,52
Poste	3,6	2	0,9	8	51,84
Disqueuse	2	3	0,75	4	18,00
$\sum P_{Ap}^{supma}$ [kWh]					<b>239,35</b>

Nous trouvons une consommation journalière de 239,35 kWh soit 7,18 MWh par mois. A cette entité nous assimilerons les scieries et les ateliers de soudure.

La nombre de ces entités dans la commune est de 49, ce qui donne une consommation mensuelle de 351,3545 MWh.

MODÈLE DE LA CONSOMMATION D'UN PRESSING

Le tableau 16, montre les appareils indispensables dans un pressing et leur temps d'utilisation.

Tableau 16. Estimation de la consommation d'un pressing

Appareils	$P_n$ [W]	Nombre	Temps [h]	$P_a^{supma}$ [kWh]
Lave-linge	2500	1	8	20
Sèche-linge	3000	1	8	24
Instaureuse	3000	1	2	6
Emballeuse	6500	1	0,75	4,875
Fer à repasser	1000	2	4	8
Climatisation	1200	2	8	19,2
$\sum P_{Ap}^{supma}$ [kWh]				<b>82,075</b>

Nous avons trouvé une consommation moyenne journalière de 82,08 kWh 2,46 MWh, sur l'ensemble de la commune nous avons 73,8675 MWh.

3 ESTIMATION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DE LA COMMUNE ANNEXE

Partant des estimations des consommations par entité et par secteur, nous allons déduire la consommation de la commune annexe. Pour ce faire, il a fallu réajuster les différentes consommations en considérant un service minimum pour le Week end, (cas des écoles, menuiserie) et pour d'autres entités, il se présente un service maximum le week-end tel que les églises.

Le tableau 3.1, donne les différentes consommations par secteur et sur l'ensemble de la commune.

Tableau 17. Estimation de la consommation de la commune annexe.

$P_j^z$ [MWh/jrs. ou]	$P_j^z$ [MWh/w.end]	$P_j^z$ [MWh/sem.]	$P_j^z$ [MWh/mois]
<b>Secteur résidentiel</b>			
<b>8684,2455</b>	<b>3068,9731</b>	<b>11753,219</b>	<b>50486,5726</b>
<b>Secteur semi-industriel</b>			
<i>Menuiserie et soudure</i>			
<b>58,64075</b>	<b>11,72815</b>	<b>70,3689</b>	<b>304,9319</b>
<i>Pressing</i>			
<b>5,74525</b>	<b>1,14905</b>	<b>6,8943</b>	<b>29,8753</b>
<b>Secteur tertiaire</b>			
<i>Écoles</i>			
<b>117,096</b>	<b>33,2928</b>	<b>150,3888</b>	<b>648,3936</b>
<i>Églises</i>			
<b>99</b>	<b>63,474</b>	<b>162,474</b>	<b>689,496</b>
<i>Restaurants</i>			
<b>58,8</b>	<b>28,736</b>	<b>87,536</b>	<b>373,664</b>
<i>Supers marchés</i>			
<b>21,38832</b>	<b>6,601248</b>	<b>27,989568</b>	<b>120,5136</b>
<i>Hôtels</i>			
<b>21,784</b>	<b>8,7136</b>	<b>30,4976</b>	<b>130,704</b>
<b>Consommation totale de la commune</b>			
<b>9066,69982</b>	<b>3222,667948</b>	<b>12289,36817</b>	<b>52784,151</b>

Le besoin énergétique de la commune annexe a été évalué à 52.78 GWh par mois dont 50.486 GWh pour le secteur résidentiel, soit **95.6%** de la consommation totale, et 4.35% pour les autres secteurs. Lors de la construction des modèles de charge dans le secteur tertiaire et semi industriel, nous n'avons pas tenu compte des entités telles que les centres de santé, les dépôts et les agences de transport parce qu'elles sont considérées comme moins énergivores. A cet effet, pour établir un modèle de consommation de la commune annexe qui se rapproche beaucoup plus de la réalité, nous avons considéré que ces secteurs négligés représentent 10% de la consommation dans le secteur tertiaire et semi industriel, ce qui ramène la consommation à **53,01 GWh** par mois.

### 3.1 EVALUATION DU DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE

Le déficit énergétique est l'écart entre la production et la demande. Etant donné que nous avons déjà la tendance de la production par le biais des analyseurs et cela évaluée à 29,92 MW ou une production mensuelle de **21,5424 GWh**.

En considérant le besoin énergétique de la commune annexe, le déficit est de **31.47 GWh** soit **59,36%**.

### 3.2 PROJECTION DE LA CONSOMMATION À L'HORIZON 2030

#### 3.2.1 PROJECTION DE LA DÉMOGRAPHIE

L'idée est celle de déterminer le taux de croissance ( $\tau$ ) de la population durant les dix dernières années. La littérature [17] donne la relation pour déterminer ce taux.

$$\tau = \sqrt[t]{\frac{P_{Ab}}{P_{Ar}}} - 1$$

Avec:

- ✓  $P_{Ar}$ : La population recensée durant l'année de référence soit dans notre cas l'année 2009, elle est de 383498 habitants.
- ✓  $P_{Ab}$ : La Population recensée durant l'année de base soit 2019, elle est de 443823 habitants.
- ✓  $t$ : la période d'observation

Et le taux s'évalue directement à **0.0147**.

Le taux de croissance trouvé servira à faire des projections jusqu'à l'horizon 2030; la littérature [17] donne la relation devant servir à la projection.

$$P_n = P_{Ar} * (1 + \tau)^n$$

Avec:

- $P_n$ : La population projetée à l'année  $n$ ;
- $n$ :: nombre d'année projeté.

Le tableau 18 et la figure 9 illustrent respectivement les populations et le nombre des manages projetés en 2030.

Tableau 18. Projection démographique de la commune annexe de 2020 à 2030.

n	Année	P <sub>n</sub>	Ménages
0	2019	443823	63403
1	2020	450354	64336
2	2021	456982	65283
3	2022	463707	66244
4	2023	470531	67219
5	2024	477456	68208
6	2025	484482	69212
7	2026	491612	70230
8	2027	498847	71264
9	2028	506188	72313
10	2029	513637	73377
11	2030	521196	74457

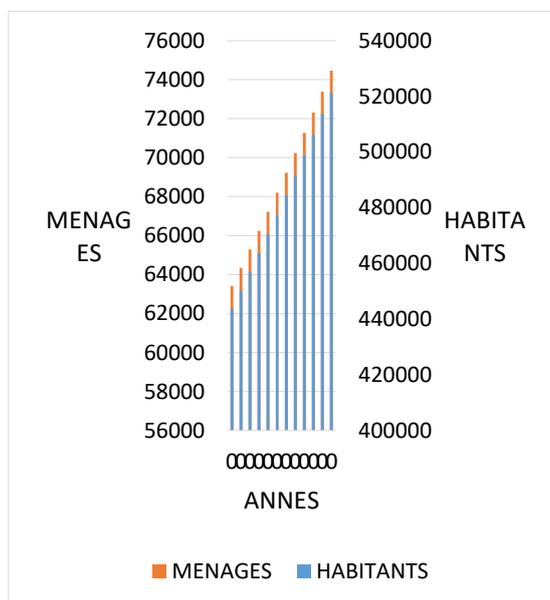


Fig. 9. Évolution de la population projetée

### 3.2.2 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION EN FONCTION DE LA DÉMOGRAPHIE

La littérature [18] montre que le besoin énergétique d'une zone est directement proportionnel à la dynamique de sa population (évolution démographique) et de ses infrastructures dans les différents secteurs. Nous allons évaluer dans cette partie, la demande énergétique pour les dix prochaines années en considérant juste la dynamique de la population et les autres secteurs comme déjà évoqué ne représenteront qu'environ 5% de la demande énergétique chaque année sur l'ensemble de la commune. Par ailleurs nous considérons la production de l'énergie constante dans le temps.

Le tableau 19 donne en GWh par mois, l'évolution de 2020 jusqu'en 2030, de la demande énergétique dans chaque secteur, la consommation globale ainsi que le déficit ( $\delta$ ).

Tableau 19. Evolution de la demande énergétique en fonction de la démographie.

ANNEES	POPULATION	MENAGES	P <sup>z</sup> <sub>résid</sub>	P <sup>z</sup> <sub>ter/s.ind</sub>	P <sup>z</sup> <sub>glob</sub>	P <sup>z</sup> <sub>produite</sub>	δ [%]
2019	443823	63403	50,487	2,527	53,014	21,5424	59,365
2020	450354	64336	51,230	2,654	53,884	21,5424	60,021
2021	456982	65283	51,984	2,786	54,771	21,5424	60,668
2022	463707	66244	52,749	2,926	55,675	21,5424	61,307
2023	470531	67219	53,525	3,072	56,597	21,5424	61,937
2024	477456	68208	54,313	3,226	57,539	21,5424	62,560
2025	484482	69212	55,112	3,387	58,499	21,5424	63,175
2026	491612	70230	55,923	3,556	59,480	21,5424	63,782
2027	498847	71264	56,746	3,734	60,481	21,5424	64,381
2028	506188	72313	57,582	3,921	61,502	21,5424	64,973
2029	513637	73377	58,429	4,117	62,546	21,5424	65,557
2030	521196	74457	59,289	4,323	63,611	21,5424	66,134

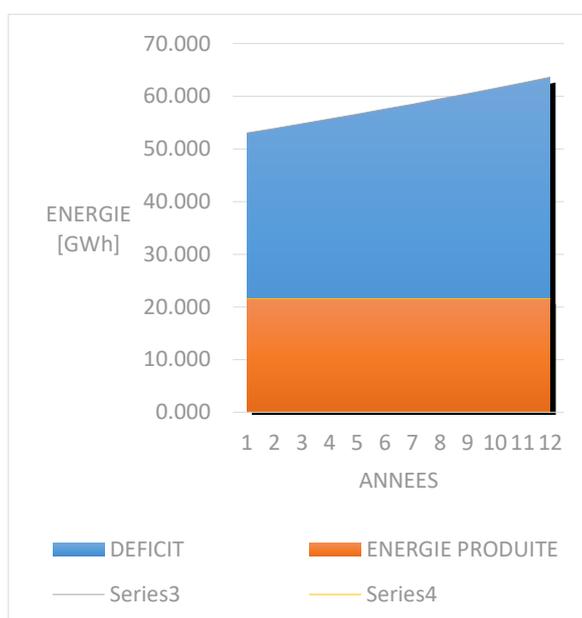


Fig. 10. Evolution de la demande énergétique sur les dix prochaines années.

Nous voyons bien qu’à travers les deux courbes que le déficit énergétique ne cesse d’augmenter au point d’atteindre en 2030 un palier de **66.134%** soit **42.0686 GWh**.

#### 4 CONCLUSION

Le besoin énergétique dans la commune annexe augmente exponentiellement d’année en année suite à la croissance démographique pendant que la production est quasi statique. Face à cette triste réalité, le gestionnaire du réseau recourt au délestage chronique pour satisfaire tant soit peu ses abonnés. Il s’avère important de connaître le besoin énergétique actuel et celui projeté jusqu’en 2030 pour assurer la sécurité et la sûreté dans la distribution de l’énergie. Il faudrait alors que le gestionnaire pense à investir dans les ouvrages de production pour satisfaire la clientèle.

## REFERENCES

- [1] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2009, administration du territoire, commune Annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2009.
- [2] C. NDULU et LWAMBA SIMANYAMA, «Rapport mensuel des données collectées sur les analyseurs, » Inédit, Lubumbashi, 2020.
- [3] B. D. SNEL, «Rapport du centre de distribution de Lubumbashi tableau relevé des points courant sur les feeders, » Inédit, Lubumbashi, 2020.
- [4] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2010, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2010.
- [5] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2011, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2011.
- [6] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2012, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2012.
- [7] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2013, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2013.
- [8] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2014, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2014.
- [9] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2015, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2015.
- [10] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2016, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2016.
- [11] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2010, administration du territoire, Commune annexeRapport annuel de l'exercice 2017, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2017.
- [12] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2018, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2018.
- [13] B. C. Annexe, «Rapport annuel de l'exercice 2019, administration du territoire, Commune annexe, » Inédit, Lubumbashi, 2019.
- [14] T. Barbier, «Modélisation de la consommation électrique à partir de grandes masses de données pour la simulation des alternatives énergétiques du futur. Energie électrique, » PSL Research University, 2017.
- [15] H. Audrey, M. Sinqui et C. Boudesocque, «Prospectives d'évolution de la consommation électrique domestique à l'horizon 2030, » INP Toulouse, Toulouse, 2011.
- [16] ENERTECH, «Etude des consommations électriques de la cuisine du lycée JULES GUESDE, » ENERTECH, MONTPELIER, sept 2009.
- [17] F.PELLETTIER, «Apreçu sur les methodes de projection de population, » Dakar, 2016.
- [18] J. LILLEN, «transport et modelisation de l'énergie électrique, » Institut d'électricité de Montefiore, Liege, 2006.
- [19] D. P. E. BENIN, «Deficit énergétique et competitivité de l'économie Beninoise: Etude deficit éenergetique rapport final, » 2015.
- [20] B. A. Developpement, «Etude relative au diagnostic et à l'évaluation des besoins de renforcement des capacités du secteur de l'énergie, » Tunis, 2013.
- [21] M.-H. Dabat, D. Litvine et S. Mouras, «Comprendre, évaluer et predire la demande d'énergie: un defi pour les pays en développement, » *Montpellier Energy Conference 2014*, pp. 1-16, 2 Novembre 2014.
- [22] G. Binet, *Modelisation en puissance des usages électriques du secteur résidentiel Français la Problematique du Foisonnement*, EDF, 2015.
- [23] O. Chaouy, «Load Profiling: Estimation d'une courbe de Consommation et Precision d'Estimation, » EDF R&D, Paris, 2004.
- [24] A. D. P. R. GOMEZ, «Etude sur la modelisation des charges dans un contexte de gestion locale de la demande dans une installation residentielle, » Université du Québec à Trois-Rivières, Québec, 2016.
- [25] D. THIRAUTL, «Architecture des réseaux de distribution pour l'électrification des pays en développement, » Institut National Polytechnique de Grenoble, Grenoble, 2009.
- [26] B. ALLIBE, «Modélisation des consommations d'énergie du secteur résidentiel Français à long terme: amélioration du réalisme comportemental et scénarios volontaristes, » Ecole de hautes études en science sociale, 2013.
- [27] B. BOUDJEMA, «Etude des capacités et perspective de production d'énergie électrique en Algerie, » Université Abderrahmane MIRA/ALGERIE, 2015.
- [28] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2011, » Inédit, Lubumbashi, 2011.

- [29] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2012, » Inédit, Lubumbashi, 2012.
- [30] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2012, » Inédit, Lubumbashi, 2012.
- [31] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2013, » Inédit, Lubumbashi, 2013.
- [32] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2014, » Inédit, Lubumbashi, 2014.
- [33] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2015, » Inédit, Lubumbashi, 2015.
- [34] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2016, » Inédit, Lubumbashi, 2016.
- [35] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2017, » Inédit, Lubumbashi, 2017.
- [36] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2018, » Inédit, Lubumbashi, 2018.
- [37] B. KDI/SNEL, «Taux des charges de sous station et postes du réseau urbain de Lubumbashi, rapport 2019, » Inédit, Lubumbashi, 2019.
- [38] B. Distribution/SNEL, «Tableau de relevé des pointes de courant, rapport 2019, » Inédit, Lubumbashi, 2019.
- [39] K. D. e. M. M., «Détermination des profils des charges des consommateurs BT et MT du réseau et sureté de fonctionnement du réseau de distribution de la ville de Lubumbashi, » memoireonline, Lubumbashi, 2006.