



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement



Société Nigérienne d'Electricité

AMELIORATION DE LA PLANIFICATION DE LA PRODUCTION ET DE LA DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE DE LA VILLE DE NIAMEY

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
DIPLOME D'INGENIEUR EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE
OPTION : ELECTRICITE

Présenté et soutenu publiquement le [30/06/2016] par

Ismaël TASSIOU DAKA

Travaux dirigés par : Moussa Kadri SANI

Assistant d'enseignement et de la recherche
2iE : Génie Electrique et Energétique

Hassane HAMADOU

Chef Site Niamey II (**NIGELEC**)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr Moussa SORO

Membres et correcteurs : Dr Ahmed BAGRE
M. Moussa Kadri SANI

Promotion [2014/2015]

CITATION

‘D'une chose légère peut naître un grand désastre ‘

L.D. Vinci

AVANT-PROPOS

Ce travail s'inscrit dans le cadre de notre mémoire de fin de cycle pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur 2iE spécialité Génie Electrique et Energétique. Il a été rédigé à la suite d'un stage pratique réalisé au sein du Service Production (SPRO) de la Société Nigérienne d'Electricité (NIGELEC-NIGER). Le thème traité dans l'étude survient au moment où la NIGELEC cherche à résoudre d'énormes difficultés d'approvisionnement en électricité de la ville de Niamey.

DEDICACE

A celui qui était, qui est et qui sera...

A mon père, **DAKA Tassiou** qui ne cesse de m'encourager à persévérer dans les études depuis qu'il m'a inscrit à l'école et pour son incitation à la rigueur dans tout ce que j'entreprends dans la vie ! A ma mère **IRO MAGAGI Safoura**, qui m'a donné la vie et qui a guidé mes premiers pas dans la recherche du savoir, de la réussite et qui n'a jamais cessé de m'encourager. Quelle trouve ici la joie !

A toute ma famille, mes frères et sœurs, mes amis qui m'encouragent toutefois qu'ils le peuvent !

A tous, je dédie ce travail qu'est mon mémoire de fin d'étude.

« Je vous aime tant »

Par Ismaël TASSIOU DAKA

REMERCIEMENTS

Il ne remercie pas **DIEU**, celui qui ne remercie pas les hommes !

Après avoir rendu grâce à **DIEU**, je tiens à exprimer mes profondes gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce document.

Je tiens à assurer ma sincère reconnaissance et mes plus vifs remerciements à tous ceux et toutes celles qui n'ont ménagé aucun effort et sans lesquels ce travail n'aurait vu le jour. Il s'agit de :
M. **AMAR AHMED Sidi** Directeur des ressources humaines de la NIGELEC, qui a bien voulu m'accorder ce stage de mémoire dans sa société ;

M. **BOUKAR Salifou** chef de service production à la Direction de production et de transport (DPT) de la NIGELEC, pour sa disponibilité, ses précieux conseils et l'intérêt qu'il a porté à mes résultats sur le terrain ;

M. **ADAMOU Issoufou** le Directeur régional de Niamey, pour ses remarques et suggestions ;
M. **HAMADOU Hassane** chef site Niamey II, pour son accueil, ses conseils judicieux qu'il m'a constamment prodigués, ses orientations originales à la hauteur de son expertise technique et d'avoir accepté d'encadrer ce mémoire ;

M. **SOULEYMANE Moumouni**, ancien chef Service Maintenance et Entretien Réseau de Distribution (SMERD), pour les conseils qu'il a su me prodiguer pendant mon stage, ainsi que pour les corrections qu'il a apportées à ce document ;

M. **KADRI Sani** mon Directeur de mémoire et assistant d'enseignement et de la recherche au département Génie Electrique, Energétique et Industriel (GEEI) de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour sa grande contribution à l'élaboration de ce document ;

M. **TANKARI Mahamadou**, Maitre de conférences à l'université Paris Est Créteil ;

M. **DAKA Tassiou** mon père, pour son soutien moral et financier, et pour les corrections qu'il a apportées à ce document ;

L'ensemble du personnel du site Niamey II, pour son implication et son soutien qui nous ont rendu ce travail plus agréable ;

L'ensemble du personnel de Service Production (SPRO) ;

L'ensemble du personnel de la Direction des Etudes et d'Ingénierie (DEI) ;

La responsable de la documentation de l'Institut National de la Statistique (INS-Niamey).

Amélioration de la planification de la production et de la distribution de l'énergie électrique de la ville de Niamey

Je voudrais adresser un grand merci à tout le corps enseignant et administratif de 2iE Ouagadougou et ceux de Kamboinsé, ainsi qu'à ma famille, mes amis et à tous ceux qui de près ou de loin m'ont soutenu durant toute ma formation.

RESUME

Le présent document s'intéresse à l'amélioration de la planification de la production et de la distribution de l'énergie électrique de la ville de Niamey. Notre travail consiste à faire une analyse sur la méthode de planification de l'énergie électrique qu'utilise la NIGELEC pour la ville de Niamey et sur la base de cette analyse faire une proposition d'amélioration. Pour l'élaboration de ce document, une analyse de la charge électrique et de la puissance de pointe a été faite, et un calcul du rendement annuel du réseau de distribution électrique réalisé. L'analyse s'est basée sur des données relatives à la charge journalière et à la puissance de pointe qu'a enregistrées la NIGELEC sur les 10 ans passés de 2005 à 2014. Pour les prévisions de la charge journalière et de la puissance de pointe annuelle des nouvelles formules ont été proposées. Au niveau du réseau de distribution nous avons proposé l'installation des bancs de condensateur au poste source Niamey nord, l'utilisation d'une section supérieure pour certain départs HTA, et le renforcement en puissance des postes de transformation HTA/BT existants.

Mots clés :

-
- 1- *Planification*
 - 2- *Energie*
 - 3- *Puissance de pointe*
 - 4- *Rendement*

ABSTRACT

This document concerns improving the planning of generation and distribution of electric energy in Niamey. Our scope covers an analysis of the method of planning used by the NIGELEC and based on this analysis to make a proposal of improvement. For the preparation of this document, an analysis of the electrical load and peak power was made, and a calculation of the annual performance of the electricity distribution network. The analysis was based on data relating to daily load and peak power recorded by NIGELEC over the past 10 years i.e. from 2005 to 2014. For daily load and peak power, predictive formulas are proposed and for the distribution network the installation of capacitor banks at the substations, using upper section for some MV feeders, and use of cabins substations for LV network are also proposed.

Key words :

-
- 1- *Planning*
 - 2- *Energy*
 - 3- *Peak power*
 - 4- *Performance*

LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES

Ann : Annuel (le)

Acc : Accroissement

B-Kebby : Birnin-Kebby

BT : Basse Tension

DEI : Direction des Etudes et d'Ingénierie

DR : Direction Régionale

END : Energie Non Distribuée

GCU : Groupement des communautés Urbaines

HT : Haute Tension

HTA : Haute Tension catégorie A

HTB : Haute Tension catégorie B

Moy : Moyen

M : Maradi

MFE : Mean Forecast Error (Erreur de prévision moyenne)

NIGELEC : Société Nigérienne d'Electricité

Ny : Niamey

ND : Non Disponible

PP : Puissance de Pointe

SPRO : Service Production

SMERD : Service Maintenance et Entretien Réseau de Distribution

Tg : Tangente

T: Tahoua

TAG: Turbine à Gaz

TSA : Transformateur de Source Auxiliaire

Un : Tension nominale

Z : Zinder

ZI : Zone Industrielle

[kV] : Kilovolt

[kVA] : Kilo Voltampère

[kW] : Kilowatt

[kWh] : Kilowattheure

[Km] : Kilomètre

[MW] : Mégawatt

[MVA] : Méga Voltampère

[MVA_r] : Méga Voltampère réactive

[°C] : Degré Celsius

[*cosφ*] : Facteur de puissance

[V] : Volte

TABLE DES MATIERES	<i>Pages</i>
CITATION	i
AVANT-PROPOS	ii
DEDICACE.....	iii
REMERCIEMENTS	iv
RESUME.....	vii
ABSTRACT	vii
LISTE DES ABREVIATIONS ET SYMBOLES	viii
TABLE DES MATIERES	ix
LISTE DES TABLEAUX.....	xii
LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE ANNEXE.....	xv
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : Présentation de la structure d'accueil (NIGELEC-Niger)	3
I <i>Présentation de la structure d'accueil</i>	3
I.1 <i>Mission et statut</i>	3
I.2 <i>Perspectives et évolution du système électrique pour la ville de Niamey</i>	4
I.3 <i>Organigramme de la NIGELEC</i>	5
I.4 <i>Centrale électrique de Niamey II</i>	7
CHAPITRE II : Présentation de la ville de Niamey et du thème d'étude.....	9
I <i>Présentation de la ville de Niamey</i>	9
I.1 <i>Climat</i>	9
I.2 <i>Population</i>	9

I.3	<i>Consommation finale en électricité par secteur</i>	9
II	<i>Présentation du thème d'étude</i>	10
II.1	<i>Contexte</i>	10
II.2	<i>Problématique</i>	10
II.3	<i>Objectifs de l'étude</i>	11
II.4	<i>Méthodologie</i>	11
II.5	<i>Résultats</i>	11
 CHAPITRE III : Présentation du système électrique de la ville de Niamey		12
I	<i>Présentation du parc de production</i>	12
II	<i>Présentation du réseau de distribution</i>	13
 CHAPITRE IV : Analyse et amélioration de la méthode de planification de production de l'énergie électrique de la ville de Niamey		18
I	<i>Généralités sur la planification</i>	18
I.1	<i>Demande</i>	18
I.2	<i>Offre</i>	18
I.3	<i>Prévision de la demande</i>	18
I.4	<i>Planification de l'énergie électrique</i>	18
II	<i>Analyse de la méthode de planification de production de l'énergie électrique de la ville de Niamey</i>	19
II.1	<i>Prévision journalière de la production de l'énergie électrique</i>	19
II.1.1	<i>Analyse de la prévision journalière</i>	19
II.1.2	<i>Amélioration de la prévision</i>	23
II.2	<i>Prévision de la puissance de pointe annuelle</i>	29
II.2.1	<i>Analyse de la prévision</i>	29

II.2.2	<i>Amélioration de la prévision</i>	30
CHAPITRE V : Analyse et amélioration du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey		38
I	<i>Présentation du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey</i>	38
I.1	<i>Généralités sur le réseau de distribution</i>	38
I.1.1	<i>Postes sources</i>	38
I.1.2	<i>Réseau HTA</i>	38
I.1.3	<i>Réseau BT</i>	40
I.2	<i>Réseau de distribution de la ville de Niamey</i>	40
I.2.1	<i>Postes sources</i>	42
I.2.2	<i>Réseau HTA</i>	42
I.2.3	<i>Réseau BT</i>	43
I.3	<i>Analyse et proposition d'amélioration du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey</i>	44
I.3.1	<i>Postes sources</i>	45
I.3.2	<i>Réseau HTA</i>	46
I.3.3	<i>Réseau BT</i>	50
Conclusion générale		54
Recommandation		55
Bibliographie/Webographie		57
ANNEXE		58

LISTE DES TABLEAUX	<i>Pages</i>
CHAPITRE I :	
<i>Tableau I-1 : Récapitulatif des perspectives et évolution en matière de l'énergie électrique de la ville de Niamey</i>	4
<i>Tableau I-2 : Perspectives pour le réseau de transport et d'interconnexion de la ville de Niamey</i>	5
<i>Tableau I-3 : Perspectives pour le réseau de distribution de la ville de Niamey</i>	5
CHAPITRE III :	
<i>Tableau I-1: Récapitulatif des moyens de production pour la ville de Niamey</i>	12
<i>Tableau II-1 : Départs HTA des différents postes source</i>	14
CHAPITRE IV :	
<i>Tableau II-1 : MFE calculée pour chaque mois pour l'année 2014</i>	20
<i>Tableau II-2 : Erreur de la prévision du 13 et 22 Août 2014</i>	22
<i>Tableau II-3 : Taux d'évolution mensuel de charge</i>	24
<i>Tableau II-4 : Erreur de la prévision</i>	26
<i>Tableau II-5: Erreur de prévision moyenne</i>	26
<i>Tableau II-6 : Charge journalière du 05 /01 /14 et de la prévision</i>	28
<i>Tableau II-7 : Puissance de pointe annuelle et de la prévision</i>	30
<i>Tableau II-8 : Coefficient de corrélation entre le nombre des points de livraison BT et la population</i>	31
<i>Tableau II-9 : Coefficient de corrélation entre la puissance de pointe annuelle et le nombre des points de livraison</i>	33
<i>Tableau II-10 : Prévision de la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025</i>	34
<i>Tableau II-11 : Puissance disponible et puissance de pointe</i>	36
CHAPITRE V :	
<i>Tableau I-1 : Récapitulatif des postes sources</i>	42
<i>Tableau I-2 : Etat actuel des départs de la ville de Niamey</i>	43
<i>Tableau I-3 : Rendement global moyen du réseau de distribution</i>	44
<i>Tableau I-4 : Capacité des bancs de condensateur à installer à Niamey nord</i>	46
<i>Tableau I-5 : la durée des défauts par départ pour 2014</i>	47
<i>Tableau I-6 : Taux de disponibilité et d'indisponibilité annuel par départ pour 2014</i>	48
<i>Tableau I-7 : nombre de défauts par type de réseau</i>	49

<i>Tableau I-8 : Taux de charge des postes HTA/BT</i>	<i>50</i>
<i>Tableau I-9 : Renforcement en puissance des postes existants.....</i>	<i>51</i>
<i>Tableau I-10 : Passage du H61 à H59.....</i>	<i>52</i>

LISTE DES FIGURES	Pages
CHAPITRE I :	
<i>Figure I-1 : actionnaires de la NIGELEC</i>	4
<i>Figure I-2 : Organigramme de la NIGELEC</i>	6
<i>Figure I-3 : Schéma de la centrale de Niamey II</i>	8
CHAPITRE II :	
<i>Figure II-1 : Evolution de la charge et des moyens de production-ligne 132 kV</i>	11
CHAPITRE III :	
<i>Figure I-1: Répartition de la puissance disponible par unité</i>	13
<i>Figure II-1 : Structure des postes sources de la ville de Niamey</i>	13
<i>Figure II-2 : Rames 20 kV du poste source de GOUDEL</i>	15
<i>Figure II-3 : Rames 20 kV du poste source de Niamey Nord</i>	15
<i>Figure II-4: Rames 20 kV du poste source de Niamey III</i>	15
CHAPITRE IV :	
<i>Figure II-1 : Courbes de charge mensuelle de la ville de Niamey et la prévision</i>	20
<i>Figure II-2 : Courbes de charge journalière 05/01/14</i>	29
<i>Figure II-3 : Courbes de charge de pointe annuelle et prévision</i>	30
<i>Figure II-4 : Courbes de tendance linéaire</i>	32
<i>Figure II-5 : Courbes de tendance linéaire</i>	33
<i>Figure II-6 : Puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025</i>	35
<i>Figure II-7 : Puissance disponible et puissance de pointe</i>	37
CHAPITRE V :	
<i>Figure I-1 : structure à une voie d'alimentation</i>	39
<i>Figure I-2 : Double dérivation</i>	39
<i>Figure I-3 : Coupure d'artère</i>	40
<i>Figure I-4 : Schéma de manœuvre du réseau HTA pour la ville de Niamey (Autocad)</i>	41
<i>Figure I-5 : Courbe de rendement annuel du réseau de distribution</i>	45

LISTE ANNEXE

Page

Annexe 1: Localisation de la zone d'étude.....I

Introduction générale

L'électricité est un vecteur énergétique d'une importance stratégique essentielle pour l'organisation et le fonctionnement des sociétés au sein desquelles nous vivons. C'est un bien de consommation indispensable pour le bien-être des populations et pour leur développement économique. Vu son importance, elle est vitale pour un pays en général et pour une ville en particulier d'assurer l'accès à ce bien et de garantir la continuité de sa fourniture. Du fait de son caractère difficilement en grande quantité stockable, elle doit pouvoir satisfaire la demande à tout moment. L'interruption de l'alimentation en énergie électrique perturbe considérablement la société avec des répercussions sociales, et économiques. La demande d'électricité, reflète l'activité économique et sociale du pays. L'équilibre offre-demande doit être assuré à tout moment dans les meilleures conditions de coût et de sécurité. A cet effet, il est nécessaire de définir :

- A long terme, les choix en matière de moyens de production et l'établissement d'une bonne vision de la politique énergétique ;
- A moyen terme, les choix relatifs aux équipements électriques et aux unités de production afin de venir renforcer le système électrique existant;
- A court terme, les programmes d'entretien et la conduite du système en temps réel.

La ville de Niamey a connu une certaine croissance sur les plans démographique et économique ces dernières années. Cette évolution s'est répercutée sans doute sur la demande en énergie électrique et que cette augmentation de la demande n'a pas été bien suivie par celle des moyens de production et de distribution au niveau de la société Nigérienne d'Electricité. C'est pourquoi la NIGELEC rencontre aujourd'hui d'énormes difficultés en ce qui concerne la satisfaction de la demande électrique de la ville de Niamey. L'équilibre offre-demande n'étant pas garanti, Niamey est soumise à des coupures intempestives de l'énergie électrique appelées "Délestage" et souvent à des "Black-out". La fréquence des coupures à Niamey est relativement élevée surtout pendant la période de forte température. Ces coupures sont généralement dues :

- A la rupture de la fourniture à partir de la ligne d'interconnexion ;
- Au dépassement de la demande par rapport à l'offre.

Le réseau de distribution de la ville de Niamey n'est pas exploité à son optimum, il est le plus souvent exploité au-delà de la limite admissible. Au vu de tout ce qui précède, nous avons choisi avec l'accord de la NIGELEC de traiter ce thème intitulé :

« Amélioration de la planification de la production et de la distribution de l'énergie électrique de la ville de Niamey ».

Nous détaillerons successivement dans cette étude :

- La société d'accueil, NIGELEC, relativement à son statut, sa mission, ses perspectives son organigramme, et la centrale électrique Niamey II ;
- La ville de Niamey et le thème d'étude: présentation de la ville de Niamey, et présentation du problème, objectif de l'étude, méthodologie;
- Le système électrique de la ville de Niamey ;
- Analyse et amélioration de la méthode de planification de la production de l'énergie électrique de la ville de Niamey ;
- Analyse et amélioration du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey.

CHAPITRE I

Présentation de la structure d'accueil (NIGELEC-Niger)

I Présentation de la structure d'accueil

Introduction

Cette première partie consistera à une présentation non exhaustive de la société qui nous a permis de réaliser cette étude, la NIGELEC. Seront successivement détaillés la mission et le statut, l'évolution et les perspectives, l'organigramme de la NIGELEC, et la centrale électrique de Niamey II.

I.1 Mission et statut

La NIGELEC a pour mission essentielle, la production, l'achat, l'importation, le transport, et la distribution de l'énergie électrique sur toute l'étendue du territoire de la république du NIGER. Elle est chargée de l'approvisionnement en énergie électrique du pays conformément aux textes en vigueur et suivant un traité de concession qu'elle a signé avec l'Etat le 03 mars 1993. Selon les termes de ce traité :

- L'Etat a la charge de réaliser tous les investissements de premier établissement ;
- La NIGELEC a pour obligation d'exploiter, d'entretenir et de renouveler les ouvrages électriques concédés. [1]

La NIGELEC est une Société Anonyme (SA) d'économie mixte avec un capital de 3 356 500 000 francs CFA dont le siège social est à Niamey. A partir de 2003, un nouveau code de l'électricité, réaffirmant le monopole de l'Etat sur le service public de l'électricité tout en libéralisant le segment de la production, a été adopté. Le régime de concession est la forme de délégation consacrée par cette loi qui ouvre en outre la possibilité de production indépendante. Ce code a également introduit la régulation du sous-secteur de l'électricité et l'électrification rurale.

Les principaux actionnaires de la NIGELEC et leur part du marché sont énumérés comme suit :

- L'Etat du NIGER : 94,65% ;
- Personnel : 3,73% ;
- Société Nigérienne de Banque (SONIBANK) : 0,6% ;
- Agence Française de Développement (AFD) : 0,45% ;
- Groupement des Communautés Urbaines (Niamey, Maradi, Zinder, Tahoua) : 0,44% ;
- Banque Internationale pour l'Afrique (BIA) : 0,13% ;

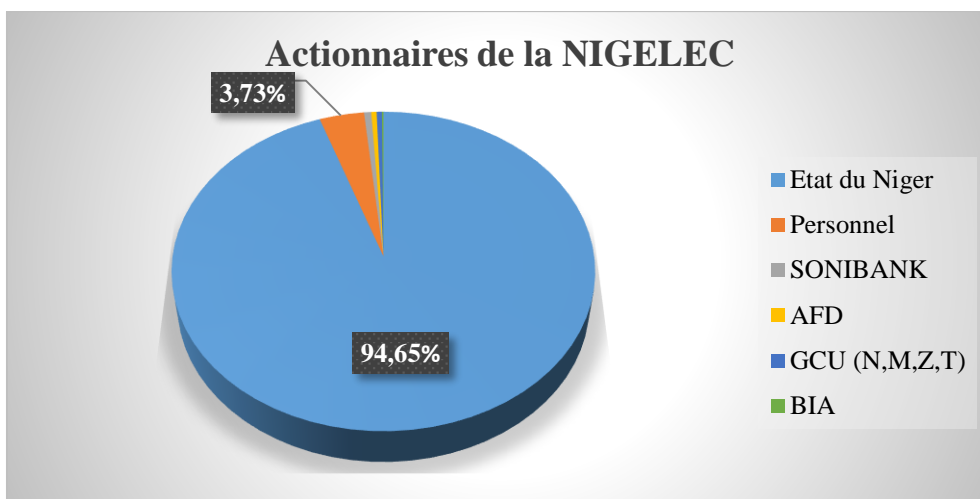


Figure I-1 : actionnaires de la NIGELEC

I.2 Perspectives et évolution du système électrique de la ville de Niamey

Pour renforcer le système d’approvisionnement en énergie électrique de la ville de Niamey, d’importants projets relatifs à la production, au réseau de transport, et au réseau de distribution de l’énergie électrique sont en cours. Nous résumons les différents projets dans les tableaux suivants :

Tableau I-1 : Récapitulatif des perspectives et évolution en matière de l’énergie électrique de la ville de Niamey

Perspectives en unité de production pour la ville de Niamey				
Nom de l'unité	Type d'unité	Capacité de production (MW)	Niveau actuel des travaux	Fin des travaux
Gorou Banda	Centrale thermique à diesel	100	Travaux exécutés à 70 % environ	Fin 2016
Kandaji	Centrale hydroélectrique	130	Phase d'étude	2019
Salkadamna	Centrale thermique à charbon	200	Phase d'étude	2019
ND	Centrale solaire Photovoltaïque	20	Phase d'étude	2017
Total de la production (MW)		450		
Horizon (an)		2020		

Tableau I-2 : Perspectives pour le réseau de transport et d'interconnexion de la ville de Niamey

Perspectives pour le réseau de transport et d'interconnexion de la ville de Niamey (horizon 2020)				
Nom	Type de la ligne	Tension de la ligne (kV)	Niveau actuel des travaux	Fin des travaux
WAPP (Nigeria-Niger-Benin-Burkina Faso)	interconnexion	330	Recherche de financement	-
Gorou Banda-Centrale NyII	Transport	132	Travaux en cours	Fin 2016
Kandaji-Niamey	Transport	132	Phase d'étude	2019
Salkadamna-Niamey	Transport	330	Phase d'étude	2019

Le réseau de distribution de la ville de Niamey, sera concerné par deux (2) grands projets. Nous résumons ces projets dans le tableau ci-dessous.

Tableau I-3 : Perspectives pour le réseau de distribution de la ville de Niamey

Perspectives pour le réseau de distribution de la ville de Niamey			
Projets	Financement	Niveau actuel des travaux	Situation du financement
Densification et réhabilitation du réseau de distribution	Agence Française de Développement	Phase d'étude	Obtenu
Mise en place d'un dispatching	Banque Mondiale	Phase d'étude	Obtenu

I.3 Organigramme de la NIGELEC

Nous présentons l'organigramme de la NIGELEC ci-dessous. Il est à noter que nous avons effectué notre stage au Service Production (SPRO).

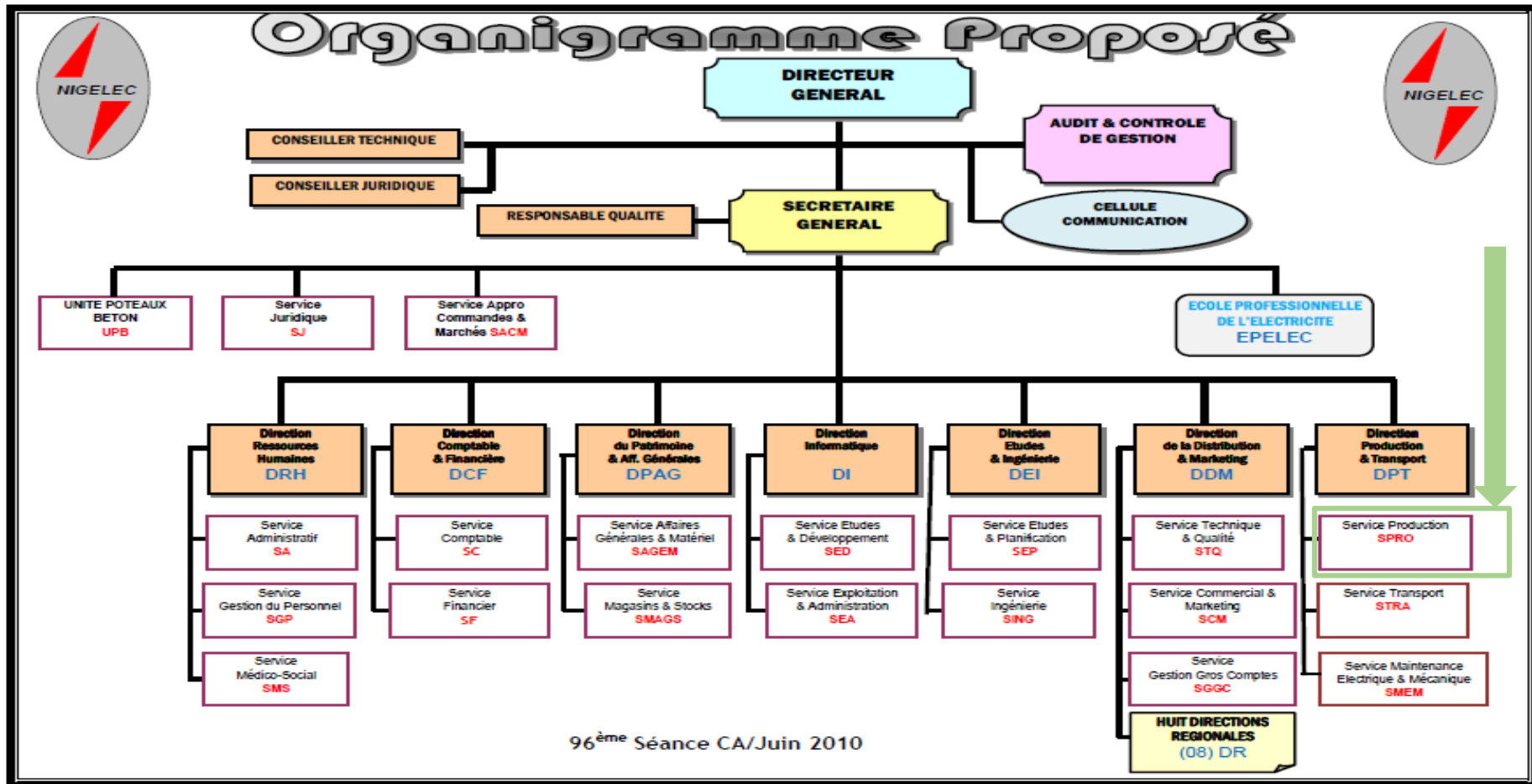


Figure I-2 : Organigramme de la NIGELEC

I.4 Centrale électrique de Niamey II

La centrale électrique de Niamey II est la centrale dans laquelle nous avons effectué notre stage de mémoire. C'est la deuxième centrale de production. Elle est sous la coupe du service production (SPRO) qui est un des services de la Direction de Production et du Transport (DPT).

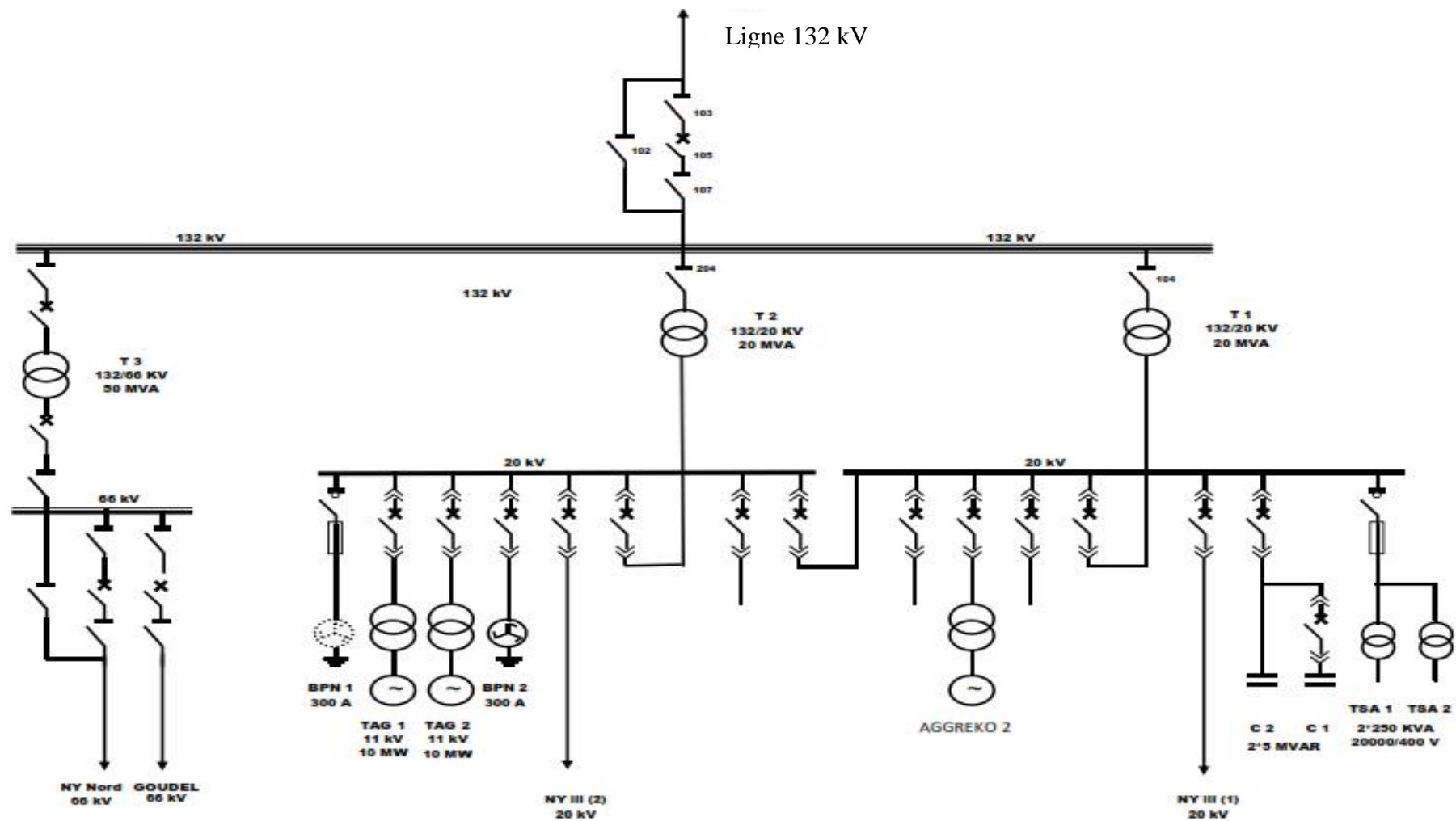


Figure I-3 : Schéma de la centrale de Niamey II

CHAPITRE II

Présentation de la ville de Niamey et du thème d'étude

I Présentation de la ville de Niamey

La ville de Niamey est une des huit (8) régions du NIGER. C'est la capitale politique et est située au Sud-Ouest du NIGER (**voir annexe n°4**) avec une superficie de 255 Km². C'est aussi la plus grande région énergivore du pays (plus de 50% de la consommation énergétique nationale), cette consommation énergétique s'explique par plusieurs raisons que nous prendrons le soin d'exposer dans les chapitres qui suivront.

La ville de Niamey est découpée administrativement en cinq (5) arrondissements communaux. Elle est la ville la plus peuplée avec 36,5% de la population urbaine totale du Niger. [2]

I.1 Climat

Le Niger en général, et Niamey en particulier, connaît un climat de type continental avec quatre (4) saisons:

- De juin à septembre : une saison de pluies caractérisée par des pluies orageuses et une assez forte humidité, avec une température moyenne de 33°C ;
- D'octobre à mi-novembre : une saison chaude sans pluies mais relativement humide, avec une température moyenne de 35°C ;
- De fin novembre à fin février : une saison relativement froide, avec des nuits très fraîches au cours desquelles la température descend parfois en dessous de 10°C ;
- De mars à fin mai : une saison très chaude caractérisée par des vents brûlants, durant laquelle la température peut atteindre 45°C à l'ombre. [3]

I.2 Population

La population de la ville de Niamey se chiffre à 1 026 848, soit 5,99% de la population du Niger. Son taux d'accroissement annuel moyen est d'environ 2,9%. La densité de la population de Niamey est de 4026,85 habitants/km² et avec taux d'urbanisation de 95,25%. [4]

I.3 Consommation finale en électricité par secteur

La répartition de la consommation finale en électricité par secteur est la suivante : [5]

- Les ménages avec 46 % ;
- Le secteur d'industrie avec 39 % ;
- Les services avec 14 % ;
- Les aménagements hydroagricoles avec 1 %.

II Présentation du thème d'étude

L'intitulé du thème est : « *Amélioration de la planification de la production et de la distribution de l'énergie électrique de la ville de Niamey* »

II.1 Contexte

La ville de Niamey est soumise à des coupures d'électricité assez fréquentes depuis un certain nombre d'années. Elle présente actuellement, et pour très longtemps une fragilité vis-à-vis de son système électrique, car il y'a toujours cette insuffisance de production de l'énergie électrique (taux de production interne moins de 50% de la demande réelle), la vétusté de son parc de production (le groupe PC4 est installé en 1985 avec une part de production de 6,9 % par rapport à la production totale de la ville), la vétusté de son réseau HTA (le départ ville plus de 30 ans de fonctionnement) et le manque d'un système de conduite moderne de son réseau électrique (inexistence d'un dispatching).

Ces coupures omniprésentes au quotidien des populations de la ville de Niamey, leurs portent sans doute préjudice et entravent le développement harmonieux du tissu économique.

II.2 Problématique

La ville de Niamey est caractérisée par des coupures d'électricité très récurrentes. Ces coupures sont dues soit par des déclenchements des départs HTA suite à un défaut, soit par des délestages suite à une pénurie de la puissance disponible ou à une indisponibilité de la ligne d'interconnexion. La couverture de la demande en énergie électrique de la ville de Niamey a été depuis les années 70, axée sur l'interconnexion avec le Nigeria qui représente près de 55% de la consommation totale de la ville de Niamey. [1]

On constate également une mauvaise qualité de l'électricité dans la ville de Niamey, qui se traduit par une chute de tension inférieure à la valeur admissible ($0,9U_n$) au niveau de la distribution BTA. Ces coupures d'électricité engendrent des conséquences néfastes sur la population (inconfort, arrêt de l'activité économique) et sur la société d'électricité (END et perte de prestige aux yeux de la clientèle).

La distribution de l'énergie électrique dans la ville de Niamey a connu une évolution importante ces dernières années. Le nombre des points de livraison en l'an 2000 était de 51 379 alors qu'en 2015 ce nombre est passé à 134 738 triplant ainsi sur une période de 14 ans. [6]

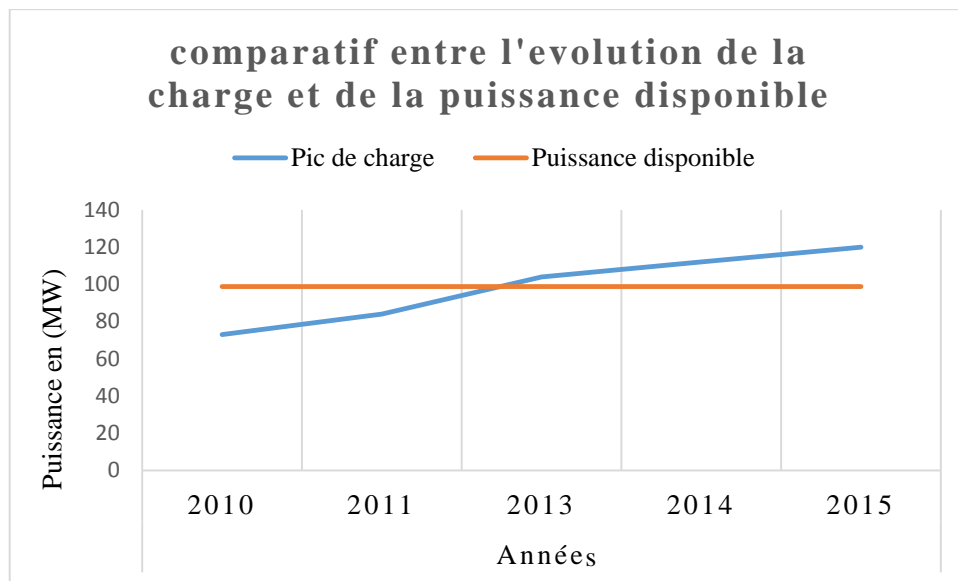


Figure II-1 : Evolution de la charge et des moyens de production-ligne 132 kV

II.3 Objectifs de l'étude

L'amélioration de la planification de production et de la distribution de l'énergie électrique de la ville de Niamey a pour objectif d'analyser la méthode de planification de l'énergie électrique afin de faire une proposition optimale de prévision pour pouvoir venir au bout de ces coupures intempestives et de la mauvaise qualité de l'électricité. Il s'agira par la suite de vérifier si l'équilibre offre-demande sera maintenu à l'horizon 2025, ce qui équivaut à une projection sur une dizaine d'années. L'atteinte de cet objectif général passera nécessairement par une hiérarchisation des objectifs spécifiques :

- Identifier les causes de la mauvaise planification de production d'énergie électrique ;
- Identifier les causes de la mauvaise distribution d'énergie électrique ;
- Faire une proposition d'amélioration de la planification et de la distribution.

II.4 Méthodologie

Il s'agira tout d'abord de :

- Faire l'état de lieu du système électrique de la ville de Niamey ;
- Analyser la méthode de planification de la production de l'énergie électrique ;
- Analyser le réseau de distribution ;

II.5 Résultats

- Faire une proposition d'amélioration de la production de l'énergie électrique ;
- Faire une proposition d'amélioration du réseau de distribution.

CHAPITRE III

Présentation du système électrique de la ville de Niamey

I Présentation du parc de production

La NIGELEC dispose de deux (2) parcs de production pour la ville de Niamey. Nous résumons l'ensemble des moyens de production dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-1: Récapitulatif des moyens de production pour la ville de Niamey

Moyens de production pour la ville de Niamey						
Non de l'unité	Moyen de production	Nombre	Puissance Unitaire en (MW)	Puissance totale en (MW)	Année de mise en service	Année de fonctionnement (an)
Centrale de Niamey II	Turbine à gaz	2	10	20	1981	35
	AGGREKO	1	10	10	2013	3
Centrale de GOUDEL	PC4	1	9	9	1985	31
	MTU	1	1,7	1,7	2011	5
	AGGREKO	1	20	20	2012	4
Puissance totale disponible (MW)	60,7					

Nous remarquons que la NIGELEC dispose d'une puissance total de 60,7 MW pour la ville de Niamey. Cette puissance provienne des moyens de production propre à la NIGELEC et d'un producteur indépendant dénommé AGGREKO. Ainsi le producteur indépendant produit 30 MW et la NIGELEC 30,7 MW.

La ville de Niamey est alimentée principalement par la ligne d'interconnexion Birnin Kebby-Niamey, avec une puissance de transit totale de 70 MW. Les deux (2) centrales de la NIGELEC et le producteur indépendant viennent en appoint. La puissance totale disponible pour la ville de Niamey est de 130,7 MW.

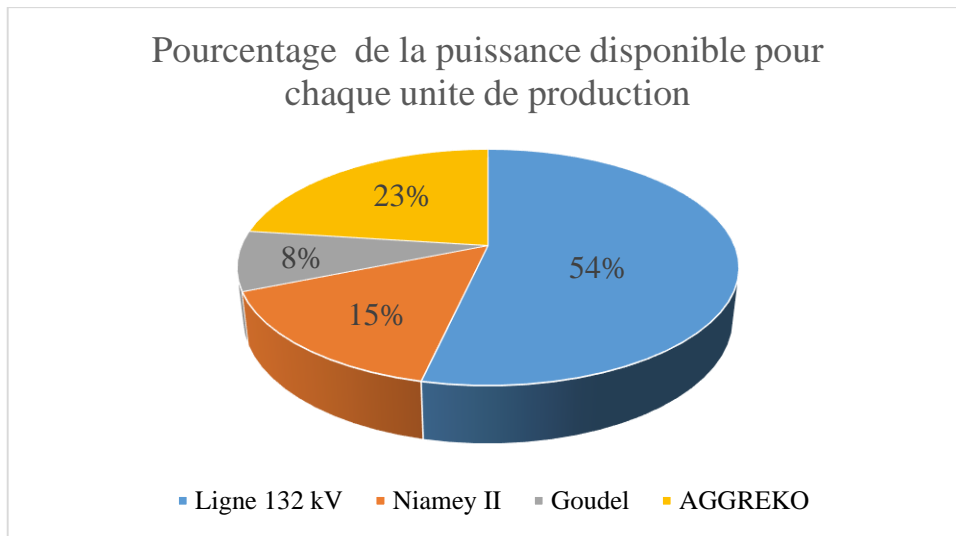


Figure I-1: Répartition de la puissance disponible par unité

Nous remarquons également que plus de 50 % de la puissance totale disponible pour la ville de Niamey provient de la ligne d'interconnexion, et 23 % du producteur indépendant AGGREKO. C'est qui crée un grand déséquilibre entre offre-demande de la ville en cas de rupture de la ligne d'interconnexion.

II Présentation du réseau de distribution

Le réseau de distribution de la ville de Niamey est constitué de trois (3) postes sources, d'un réseau HTA en 20 kV avec une longueur de 493 km, et d'un réseau BT en 380 V avec une longueur de 1524 Km.

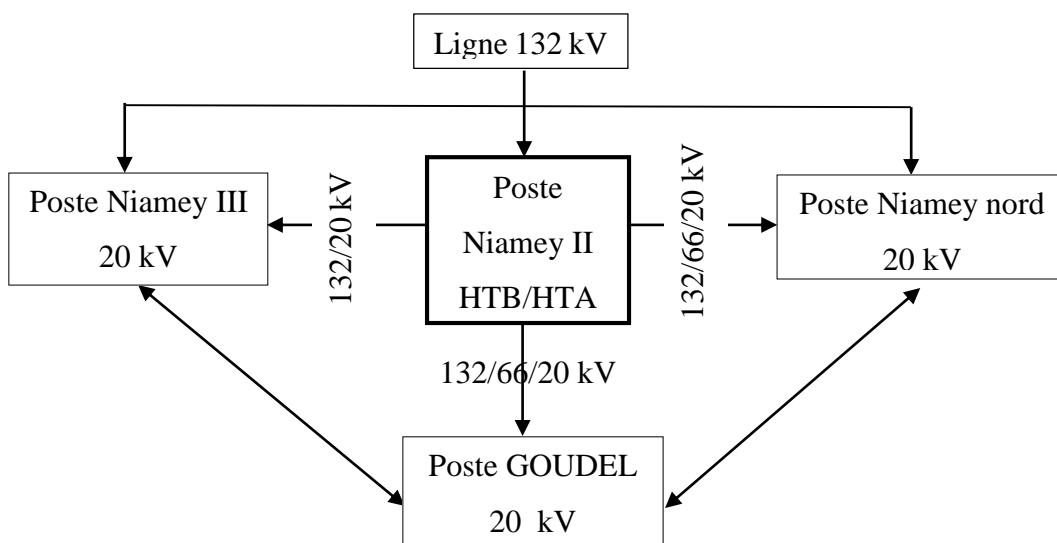


Figure II-1 : Structure des postes sources de la ville de Niamey

Les trois (3) postes sources de la ville de Niamey sont bouclable, cela rend l'exploitation du réseau plus efficace, car elle permet de secourir un départ HTA par plusieurs postes sources. Nous représentons l'ensemble des départs HTA par poste dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-1 : Départs HTA des différents postes sources

Répartition des départs HTA par poste source			
Postes sources			
Départs	Niamey III	Niamey nord	GOUDEL
	ZONE INDUSTRIELLE (ZI)	BOBIEL	BCEAO
	MEDINA	FRANCOPHONIE	GOUDEL
	NORD	FENIFOOT	GRAND STANDING
	VILLE	LAZAREY	KOUARA KANO
	FLEUVE	TCHANGAREY	KOUBIA
	CABLE	-	RIVE DROITE
	POUDRIERE	-	YANTALA
	GAWEYE	-	-
	GRAND MARCHE	-	-
	HAMADALAYE	-	-

Les différents types de poste de transformation existant dans la ville de Niamey sont :

- Les postes de distribution publique (DP) : ils sont installés par la NIGELEC et servent à alimenter des groupes de consommateurs publics en basse tension (BT) ;
- Les postes abonnés (AB) ou postes privés: installés par les abonnés eux-mêmes ;
- Les postes mixtes (MX) : qui constituent une combinaison des deux postes (2) précédemment définis.

Nous présentons ci-dessous les différentes rames 20 kV des différents postes source. Il est annoter que l'ensemble des rames prennent leurs sources à la figure (I-3 du chapitre I):

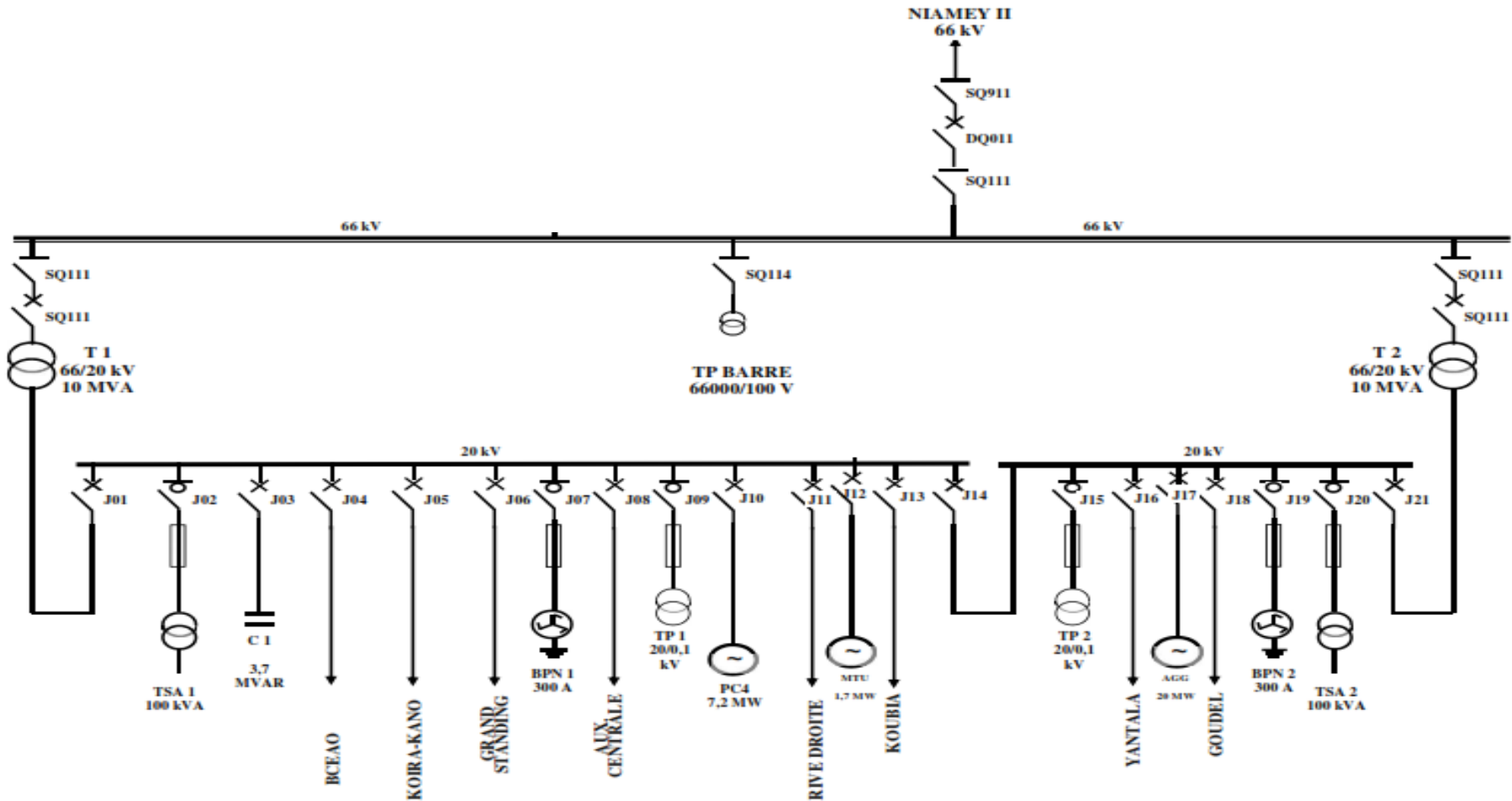


Figure II-2 : Rames 20 kV du poste source de GOUDEL

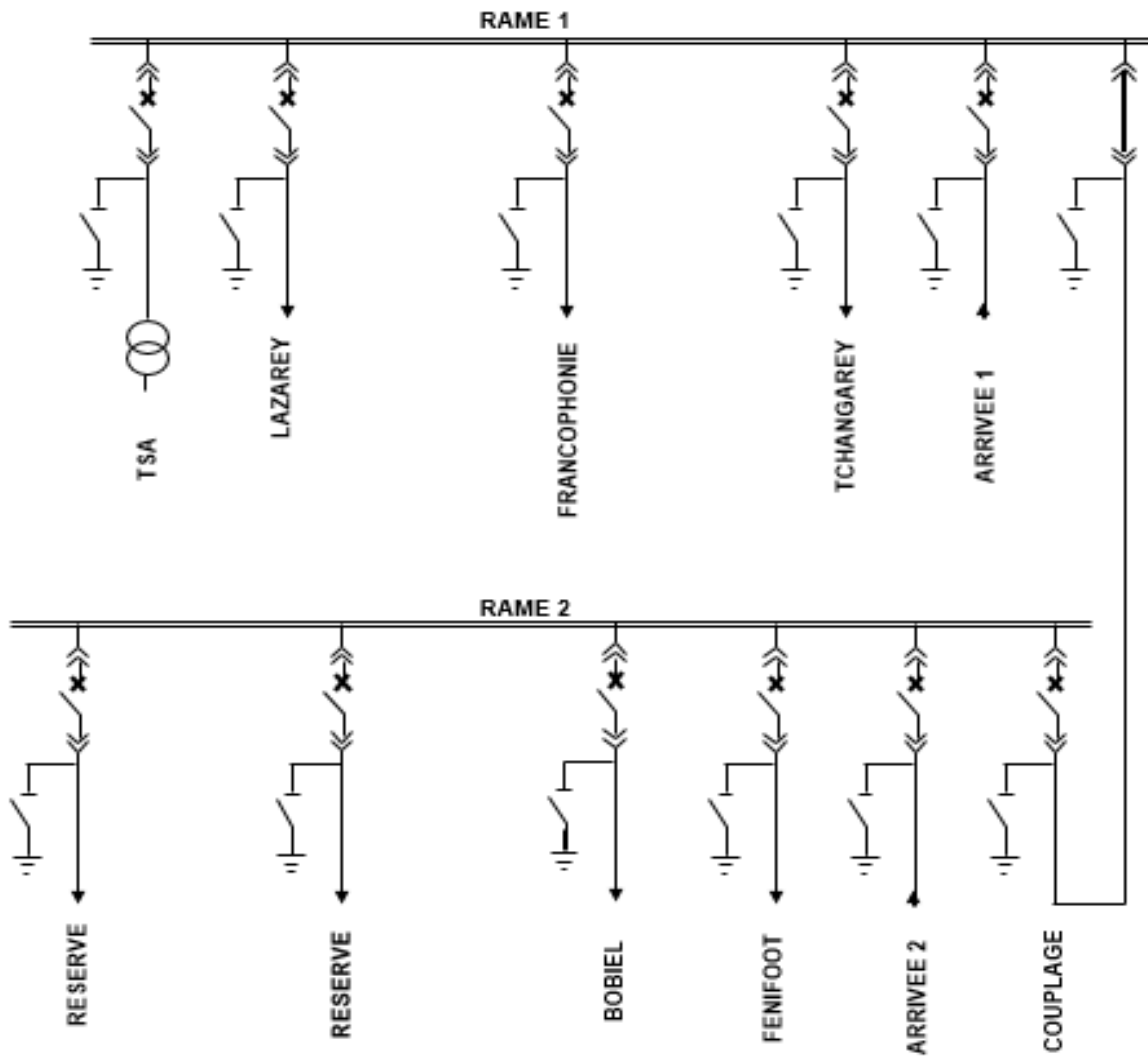


Figure II-3 : Rames 20 kV du poste source de Niamey Nord

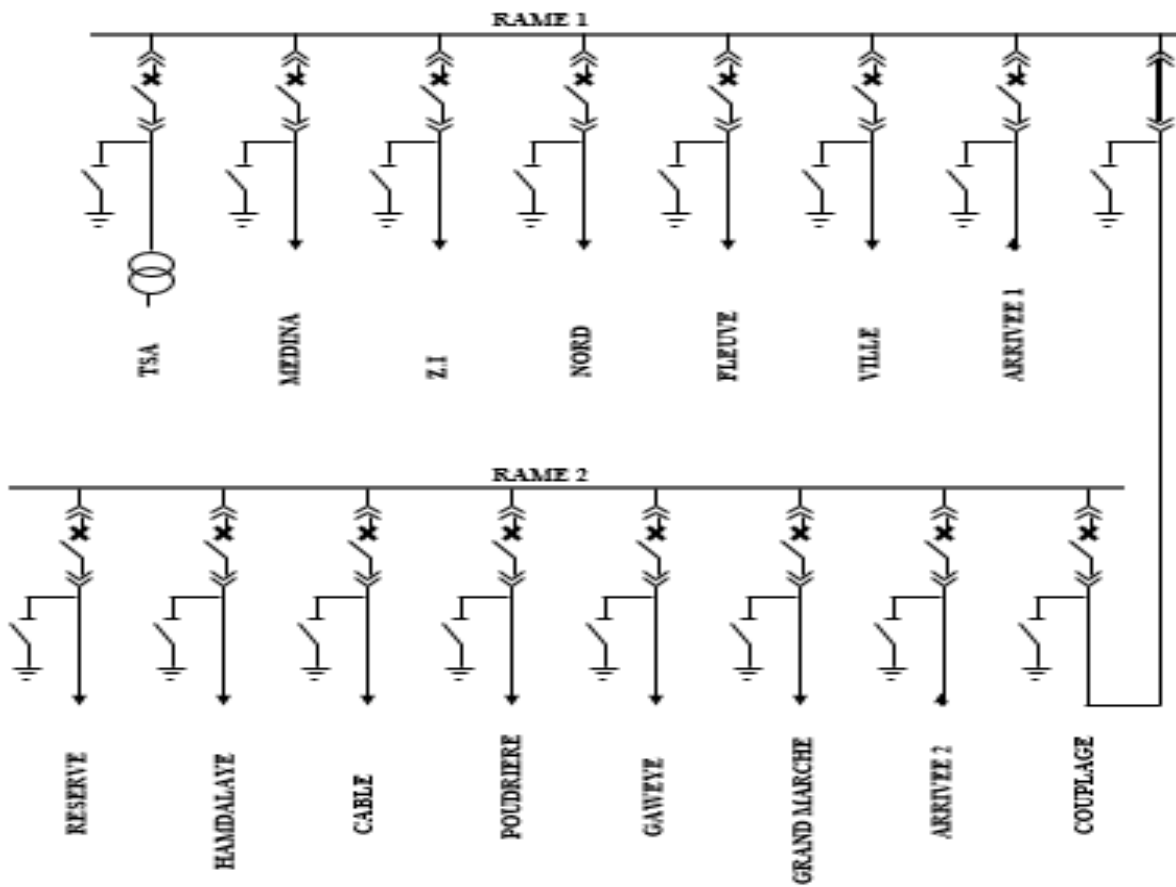


Figure II-4 : Rames 20 kV du poste source de Niamey III

CHAPITRE IV

Analyse et amélioration de la méthode de planification de production de l'énergie électrique de la ville de Niamey

I Généralités sur la planification

Pour bien comprendre l'idée de la planification, il est important de définir certaines expressions relatives à la planification. Pour notre démarche de travail nous définissons quatre (4) expressions qui sont :

I.1 Demande

La demande en puissance électrique ou charge électrique est la puissance active totale réellement appelée par l'ensemble des clients à un temps bien précis. Elle peut être représentée par des courbes de charge qui sont soit journalières, hebdomadaires, mensuelles, annuelles, ou saisonnières. C'est également l'énergie électrique consommée par unité de temps.

I.2 Offre

C'est la capacité totale disponible de la puissance active que peut fournir une ou plusieurs unités de production.

I.3 Prévision de la demande

Prévoir s'est représenté par avance ce qui pourrait arriver, pour prendre des mesures nécessaires. [7]

La prévision de la demande, consiste également à anticiper les besoins futurs en électricité afin de prendre des mesures idoines et réalistes pour pouvoir répondre convenablement à ces besoins. Elle a deux (2) caractéristiques essentielles :

- La durée de l'horizon de l'étude ;
- L'étendue géographique de la zone sur laquelle porte la prévision.

En tout état de cause, il faut souligner que, par nature, toute prévision est incertaine.

I.4 Planification de l'énergie électrique

C'est une politique à long terme visant à satisfaire la demande par une offre convenablement planifiée dans le temps et dans l'espace, en prenant en compte les contraintes de durabilité des systèmes électriques. Elle peut être faite à l'échelle d'une ville ou d'un groupe de pays, et s'appuie sur des données statistiques pour simuler les évolutions des consommations. Les données de simulation sont techniques (puissances, rendements, coûts), économiques (Revenus), et démographiques.

II Analyse de la méthode de planification de production de l'énergie électrique de la ville de Niamey

La ville de Niamey a connu un développement accéléré, tant sur le plan économique (avec un PIB/habitant de 173400 FCFA en 2009 à 205600 FCFA en 2013) que démographique (la population de ville de Niamey était de 707951 en 2001 à 1026848 en 2012) [3] [8].

II.1 Prévision journalière de la production de l'énergie électrique

II.1.1 Analyse de la prévision journalière

Pour analyser la méthode de prévision journalière de la NIGELEC, nous allons évaluer l'erreur de la prévision en utilisant la MFE (Mean Forecast Error ou Erreur de Prévision Moyenne). La MFE nous permet de connaître la qualité des prévisions en nous donnant la quantité moyenne par prévision pour laquelle la prévision s'éloigne de la demande. La formule est la suivante [9] :

$$\text{MFE} = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - P_t)}{n} \quad \text{Equation II-1}$$

D_t : Demande réelle à l'instant t en (MW)

P_t : Prévision de la charge à l'instant t en (MW)

n : Nombre des prévisions utilisées.

Un bon modèle de prévision doit avoir une MFE égale à zéro (0). Dans la pratique il est quasi impossible d'atteindre ce résultat, mais il est possible d'obtenir un résultat proche de zéro (0). Pour l'évaluation de la MFE nous allons utiliser l'ensemble des charges journalières réalisées en 2014 ainsi que les prévisions qui ont été faites. Nous présentons ci-dessous les valeurs du MFE calculées pour chaque mois pour l'année 2014 :

Tableau II-1 : MFE calculée pour chaque mois pour l'année 2014

Mois	MFE mensuelle (MW)
Janvier	2,74
Février	-0,73
Mars	-5,75
Avril	5,24
Mai	0,31
Juin	5,83
Juillet	6,82
Août	7,52
Septembre	4,16
Octobre	4,42
Novembre	-2,44
Décembre	-1,98

Nous constatons dans le tableau ci-dessus que le mois d'Août présente la valeur la plus grande de l'erreur de prévision moyenne (MFE). Cela signifie que la prévision de la charge journalière du mois d'Août s'éloigne de la demande réelle de 7,52 MW en moyenne. Nous présentons ci-dessous la courbe de charge et de prévision du mois d'Août 2014 pour la ville de Niamey :

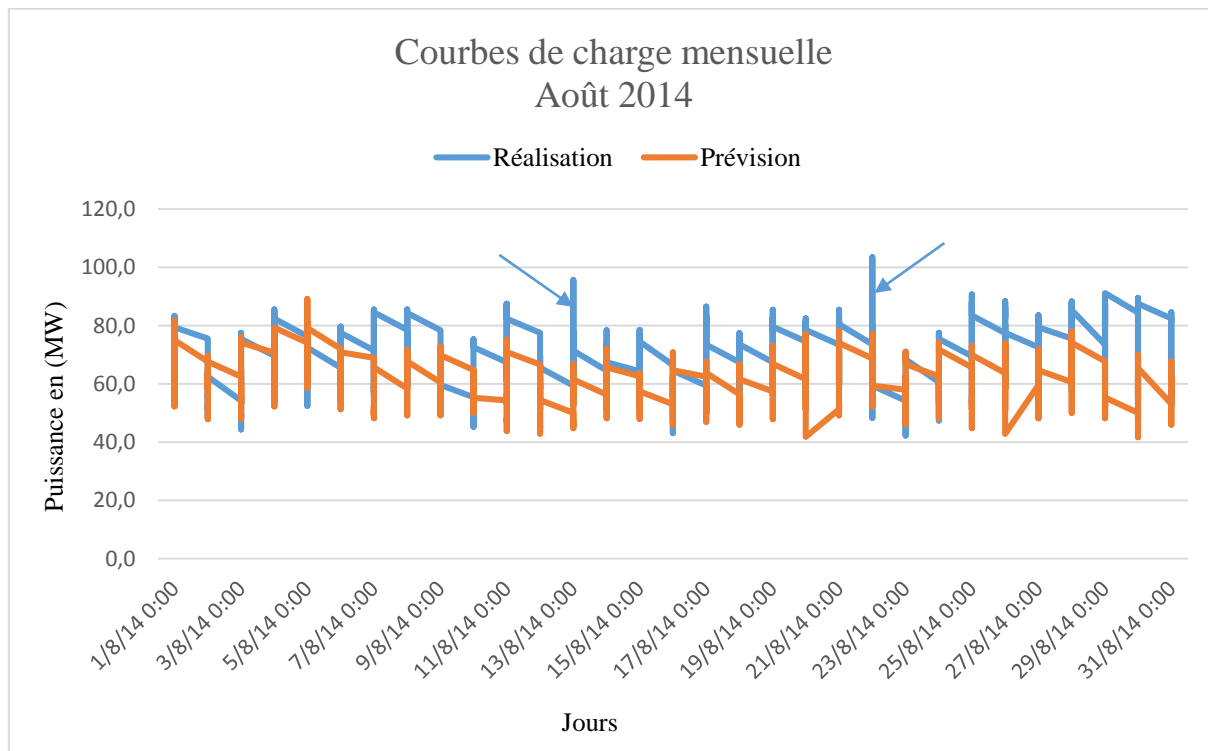


Figure II-1 : Courbes de charge mensuelle de la ville de Niamey et la prévision

On remarque sur la figure ci-dessus deux (2) jours où la variation entre la réalisation et la prévision de la charge journalière est importante. Il s'agit de la journée du 13/08/2014 et du 22/08/2014. Pour la journée du 13 Août 2014, nous avons une réalisation de 95,7 MW à 6h alors que la prévision à la même heure est de 45,6 MW (Voir tableau II-2 ci-dessous). Pour la journée du 22 Août 2014, nous avons une réalisation de 48,3 MW à 13h alors que la prévision à la même heure est de 73,9 MW (Voir tableau II-2 ci-dessous).

Pour la journée du 13 nous obtenons une différence entre la réalisation et la prévision de 50,1 MW, cela signifie que la prévision a été sous-évaluée. Pour la journée du 22 nous avons une différence de -25,6 MW, cela signifie que la prévision a été surévaluée. Nous présentons ci-dessous les erreurs de la prévision pour les deux (2) jours à savoir le 13 et 22 Août 2014. La formule que nous avons utilisée pour le calcul de l'erreur de la prévision est :

$$E_p = D_r - P \quad \text{Equation II-2}$$

E_p : Erreur de la prévision

D_r : Demande réelle en (MW)

P : Prévision en (MW)

Tableau II-2 : Erreur de la prévision du 13 et 22 Août 2014

Erreur de la prévision							
Date 13/8/14	Réalisation	Prévision	Erreur de la prévision	Date 22/8/14	Réalisation	Projection	Erreur de la prévision
0:00	59,4	50,1	9,3	0:00	73,6	68,8	4,8
1:00	58,5	49,2	9,3	1:00	71,6	64,6	7,0
2:00	56,4	47,0	9,4	2:00	67,6	60,7	6,9
3:00	55,5	46,0	9,5	3:00	65,6	59,5	6,1
4:00	54,3	46,0	8,3	4:00	64,4	59,5	4,9
5:00	53,4	47,0	6,4	5:00	62,4	56,5	5,9
6:00	95,7	45,6	50,1	6:00	59,4	52,3	7,1
7:00	52,5	44,8	7,7	7:00	62,4	54,4	8,0
8:00	60,6	50,1	10,5	8:00	72,4	64,8	7,6
9:00	62,6	57,3	5,3	9:00	75,4	70,9	4,5
10:00	65,6	59,0	6,6	10:00	80,4	75,1	5,3
11:00	70,5	63,1	7,4	11:00	79,5	75,1	4,4
12:00	71,6	61,7	9,9	12:00	75,6	77,3	-1,7
13:00	69,5	61,7	7,8	13:00	48,3	73,9	-25,6
14:00	72,5	61,7	10,8	14:00	103,5	74,7	28,8
15:00	78,1	63,6	14,6	15:00	59,4	75,7	-16,3
16:00	71,5	61,5	10,0	16:00	57,6	69,0	-11,4
17:00	61,6	56,5	5,1	17:00	52,5	59,4	-6,9
18:00	66,6	53,2	13,4	18:00	56,4	59,1	-2,7
19:00	73,4	65,6	7,8	19:00	63,5	59,5	4,0
20:00	73,4	66,9	6,5	20:00	66,5	62,5	4,0
21:00	74,6	66,9	7,7	21:00	66,5	64,8	1,7
22:00	75,5	65,6	9,9	22:00	64,6	63,4	1,2
23:00	71,4	61,5	9,9	23:00	59,4	59,4	0,0

Dans le tableau ci-dessus nous remarquons deux (2) types de variations de l'erreur de prévision, une variation unidirectionnelle pour la journée du 13 Août 2014 et une variation bidirectionnelle pour la journée du 22 Août 2014.

La variation unidirectionnelle de l'erreur de prévision veut dire que l'erreur est soit positive ou négative tout au long de la prévision. Elle est négative quand la prévision est supérieure à la demande et elle est positive quand la prévision est inférieure à la demande. Pour la variation bidirectionnelle de l'erreur de prévision cela veut dire que l'erreur est tantôt positive et tantôt négative. La journée du 13 Août 2014 la prévision a été sous-évaluée tout au long de la journée avec une erreur maximale de 50,1 MW et pour la journée du 22 Août 2014 la prévision a été

mixte avec une valeur surévaluée de 25,6 MW.

La valeur annuelle du MFE pour l'année 2014 est de 2,18 MW. Cette valeur du MFE peut s'expliquer à cause de la méthode employée par la NIGELEC pour prévoir la demande. Cette méthode consiste à appliquer un coefficient de progression annuelle de la charge à la prévision de l'année (n-1). Ce coefficient est égal à 3,7 % pour la prévision de l'année 2014. La formule utilisée par la NIGELEC pour la prévision journalière est la suivante :

$$P_{(j,n)} = P_{(j,n-1)} \times (1 + \alpha) \quad \text{Equation II-3}$$

$P_{(j,n),t}$: Charge journalière de l'année (n) à l'instant t

$P_{(j,n-1)}$: Charge journalière de l'année (n-1) à l'instant t

α : Coefficient de progression égal à 3,7 % en 2014

II.1.2 Amélioration de la prévision

Afin d'apporter une amélioration à la prévision journalière de la charge de la ville de Niamey, nous comptons procéder :

Au calcul du taux d'évolution de la charge pour chaque mois ;

Au calcul de l'erreur de la prévision ;

Au calcul du MFE ;

A l'application pour calculer la charge prévisionnelle journalière.

II.1.2.1 Calcul du taux d'évolution de la charge

Nous allons calculer le taux d'évolution mensuel de la charge pendant les cinq (5) dernières années. Nous calculons ensuite la moyenne de ce taux et enfin nous appliquerons à chaque mois le taux moyen relatif à ce mois pour déterminer la charge journalière à chaque heure. Nous présentons les calculs du taux moyen dans le tableau ci-dessous. La formule est :

$$\tau_{ch,m}(\%) = \frac{Ch,m(n) - Ch,m(n-1)}{Ch,m(n-1)} \times 100 \quad \text{Equation II-4}$$

$\tau_{ch,m}(\%)$: Taux d'accroissement de la charge mensuelle

$Ch, m(n)$: Charge mensuelle maximale de l'année (n) en (MW)

$Ch, m(n - 1)$: Charge mensuelle maximale de l'année (n-1) en (MW)

Tableau II-3 : Taux d'évolution mensuel de charge

Charges maximales					
Janvier					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	45,4	47,4	55	64,5	66,8
Taux de Variation (%)		4,41	16,03	17,27	3,57
Taux moyen (%)	10,32				
Février					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	64,9	62,8	77,8	88,3	89,4
Taux de Variation (%)		-3,24	23,89	13,5	1,246
Taux moyen (%)	8,85				
Mars					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	62,2	65	69	73	76
Taux de Variation (%)		4,5	6,15	5,8	4,11
Taux moyen (%)	5,14				
Avril					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	73,6	78,35	92,6	98,5	110,1
Taux de Variation (%)		6,46	18,18	6,37	11,77
Taux moyen (%)	10,7				
Mai					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	75,36	83,48	97,27	101,2	107,52
Taux de Variation (%)		10,77	16,52	4,04	6,23
Taux moyen (%)	9,4				
Juin					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	76,2	83,01	93,5	101,2	109,6
Taux de Variation (%)		8,94	12,64	8,24	8,3
Taux moyen (%)	9,53				
Juillet					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	70,31	75,82	83,8	88,07	111,6
Taux de Variation (%)		7,85	10,52	5,09	26,73
Taux moyen (%)	12,55				

Août					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	67,91	75,4	79,6	86	103,5
Taux de Variation (%)		11,05	5,57	8,04	20,35
Taux moyen (%)	11,25				
Septembre					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	69,41	78,41	82,7	103,6	100,2
Taux de Variation (%)		12,99	5,47	25,27	-3,28
Taux moyen (%)	10,11				
Octobre					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	66,91	73,2	85	92,94	102,7
Taux de Variation (%)		9,42	16,12	9,34	10,5
Taux moyen (%)	11,35				
Novembre					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	70,02	79	82,4	90,09	93,43
Taux de Variation (%)		12,83	4,3	9,34	3,7
Taux moyen (%)	7,54				
Décembre					
	2010	2011	2012	2013	2014
Puissance en (MW)	50,87	63	71	78,29	81,18
Taux de Variation (%)		23,84	12,7	10,26	3,7
Taux moyen (%)	12,63				

Le tableau ci-dessus nous donne la valeur des taux moyens d'évolution de la charge pour chaque mois pendant cinq (5) ans passés de 2010 à 2014.

II.1.2.2 Calcul de l'erreur de la prévision

L'erreur de la prévision, nous permettra de rattraper l'écart relatif qui existe entre la demande réelle et la prévision. Il nous permettra d'éviter la sous-évaluation de la prévision. Nous avons calculé l'erreur de la prévision pour chaque mois en utilisant la courbe de charge de l'année 2013 pour faire la prévision de l'année 2014. Enfin nous avons comparé notre prévision de 2014 à la réalisation de la même année. Nous avons pris la valeur maximale obtenue.

$$\mu_{\text{mois}} = \text{Demande}(MW)_{\text{réalisée (2014)}} - \text{Prévision}(MW)_{(2014/\alpha(\text{moy/mois)})} \quad \text{Equation II-5}$$

Le tableau (II-4) nous donne la valeur de l'erreur de la prévision par mois à appliquer pour la prévision des 5 prochaines années :

Tableau II-4 : Erreur de la prévision

Erreur de la prévision	
Mois	μ (MW)
Janvier	3
Février	2,5
Mars	1,5
Avril	3,5
Mai	3,5
Juin	2
Juillet	2
Août	4
Septembre	3
Octobre	2,5
Novembre	2
Décembre	2

II.1.2.3 Calcul du MFE

Dans cette partie nous allons présenter la MFE que nous avons calculée pour chaque mois pour l'année 2014. Nous avons obtenues ces valeurs du MFE avec notre approche proposée :

Tableau II-5: Erreur de prévision moyenne

Erreur de prévision moyenne 2014	
Mois	MFE en (MW)
Janvier	-2,13
Février	-4,73
Mars	-7,38
Avril	-1,35
Mai	-5,52
Juin	-0,43
Juillet	-0,94
Août	-0,86
Septembre	-2,12
Octobre	-2,94
Novembre	-5,53
Décembre	-1,84

Nous remarquons que les MFE par mois pour l'année 2014 sont négatives, cela veut dire qu'en

moyenne nous avons surévalué la prévision pour chaque mois des valeurs indiquées au tableau (II-5). Nous avons choisi la surévaluation car il est préférable que la prévision soit relativement supérieure à la réalisation, afin d'avoir une marge de sécurité.

II.1.2.4 Application du calcul de la charge prévisionnelle journalière

L'approche que nous allons proposer permettra de faire une prévision journalière pour les 5 prochaines années (2016-2020). Pour calculer la charge de la journée (j) pour l'année (n), nous utiliserons la formule suivante :

$$P_{(j;n),t} = P_{(j;n-1),t} \times (1 + \alpha_{\text{mois}}) + \mu_{\text{mois}} \quad \text{Equation II-6}$$

$P_{(j;n),t}$: La charge prévue à la journée (j) de l'année (n) et à l'instant (t)

$P_{(j;n-1),t}$: La charge de la journée (j) de l'année (n-1) au même instant (t) en (MW)

α_{mois} : Le taux d'accroissement de la charge pour chaque mois calculer ci haut (tableau II-3)

μ_{mois} : L'erreur de la prévision pour chaque mois calculer ci-haut (tableau II-4)

Nous présentons ci-dessous un extrait de la charge journalière de 2014 et de la prévision en utilisant l'approche ci-dessus et tracer les deux (2) courbes de charges :

Tableau II-6 : Charge journalière du 05 /01 /14 et de la prévision

2014		
Date	Réalisation (MW)	Prévision (MW)
5/1/14 0:00	43,2	39,73
5/1/14 1:00	39,3	37,4
5/1/14 2:00	37,2	36,42
5/1/14 3:00	36,3	35,43
5/1/14 4:00	36,3	35,43
5/1/14 5:00	36,3	36,42
5/1/14 6:00	36,3	37,41
5/1/14 7:00	36,3	36,42
5/1/14 8:00	36,3	37,41
5/1/14 9:00	39,3	40,72
5/1/14 10:00	39,3	42,05
5/1/14 11:00	40,2	42,05
5/1/14 12:00	40,2	43,04
5/1/14 13:00	41,4	40,72
5/1/14 14:00	40,2	42,05
5/1/14 15:00	43,2	42,05
5/1/14 16:00	42,3	42,05
5/1/14 17:00	41,4	42,05
5/1/14 18:00	49,5	50,98
5/1/14 19:00	50,4	57,60
5/1/14 20:00	54,4	56,61
5/1/14 21:00	55,3	56,61
5/1/14 22:00	51,5	51,97
5/1/14 23:00	47,4	43,04

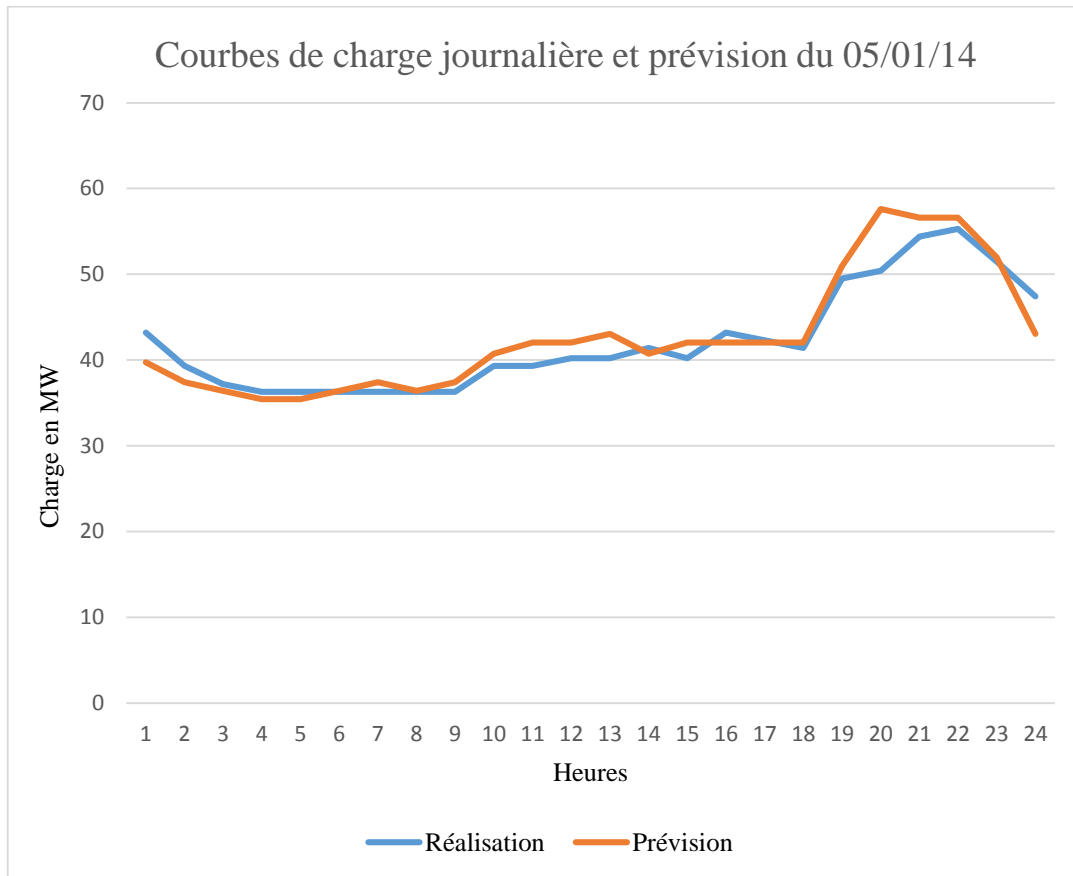


Figure II-2 : Courbes de charge journalière 05/01/14

Nous constatons que la courbe de charge prévisionnelle journalière suit relativement la charge réalisée.

II.2 Prévision de la puissance de pointe annuelle

II.2.1 Analyse de la prévision

La procédure que la NIGELEC utilise pour déterminer la puissance de pointe à l'année (n), consiste à calculer le taux d'accroissement annuel de la puissance de pointe entre les deux (2) années immédiatement terminées, et ensuite appliquer ce taux calculé à l'année (n). La formule pour calculer le taux d'accroissement de la puissance de pointe est la suivante :

$$\tau_{Pp\text{ann}} (\%) = \frac{Pp(n) - Pp(n-1)}{Pp(n-1)} \times 100 \quad \text{Equation II-7}$$

$\tau_{Pp\text{ann}} (\%)$: Taux d'accroissement de la puissance de pointe annuelle

$Pp(n)$: Puissance de pointe à l'année (n) en (MW)

$Pp(n - 1)$: Puissance de pointe à l'année (n-1) en (MW)

Nous présentons la puissance de pointe annuelle réalisée et la prévision effectuée par la NIGELEC de 2010 à 2014 dans le tableau ci-dessous :

Tableau II-7 : Puissance de pointe annuelle et de la prévision

Années	PP réalisées (MW)	PP prévues (MW)
2010	95,7	-
2011	97,5	-
2012	101,5	99,33
2013	108,4	105,66
2014	116,2	115,77

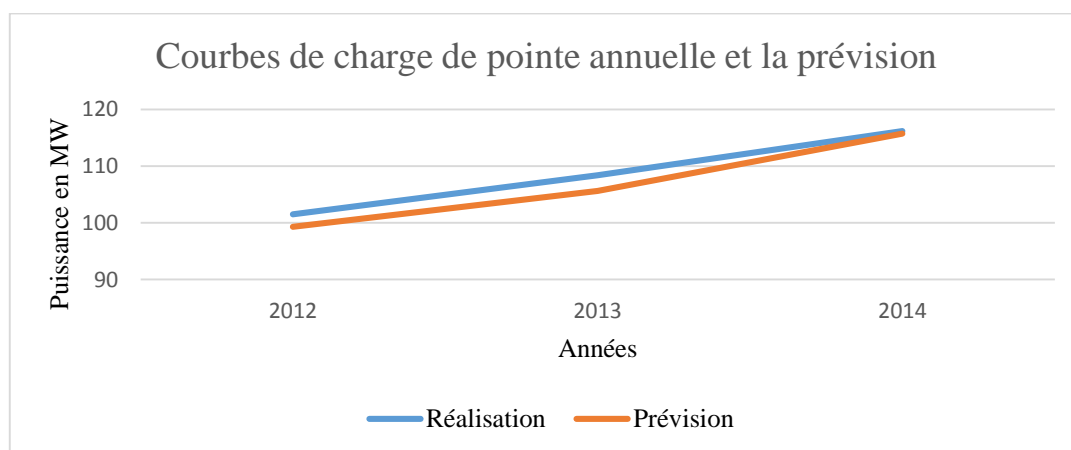


Figure II-3 : Courbes de charge de pointe annuelle et prévision

Nous remarquons que la puissance de pointe annuelle croît et que la prévision est en dessous de la réalisation. L'erreur de prévision moyenne de 2012 à 2014 est de 1,78 MW.

II.2.2 Amélioration de la prévision

Afin d'apporter une amélioration à la prévision de la puissance de pointe annuelle de la ville de Niamey, nous avons procédé :

- A déterminer l'équation de la droite de régression linéaire entre le nombre des points de livraison et la population ;
- A déterminer l'équation de la droite de régression linéaire entre la puissance de pointe et le nombre des points de livraison ;
- A l'application pour calculer la puissance de pointe annuelle sur 10 ans avenir (2016-2025) ;
- A la superposition de la prévision en puissance de pointe et des moyens de production disponible.

II.2.2.1 Calcul de l'équation de la droite de régression linéaire entre le nombre des points de livraison et la population

La population est un facteur majeur dans l'évolution du nombre des points de livraison. Enfin de mettre en exergue le degré de corrélation qui existe entre la population et le nombre des points de livraison, nous avons calculé le coefficient de corrélation de ces deux (2) variables. En fonction de la valeur du coefficient de corrélation calculée nous avons déterminé l'équation de la droite de régression linéaire entre la population et le nombre des points de livraison.

Nous prendrons en compte uniquement le nombre des points de livraison BT parce que le nombre de points de livraison HTA est constitué de sociétés industrielles de la ville de Niamey. Le tableau (II-8) présente le coefficient de corrélation entre le nombre de points de livraison BT et la population.

Tableau II-8 : Coefficient de corrélation entre le nombre de points de livraison BT et la population

Année	Population	Nombre des points de livraison BT
2005	795866	74526
2006	818946	82991
2007	842696	87151
2008	867134	91840
2009	892281	98435
2010	918157	100001
2011	944783	104173
2012	1026848	110258
2013	1056627	118846
2014	1087269	128046
Coefficient de corrélation	0,98	

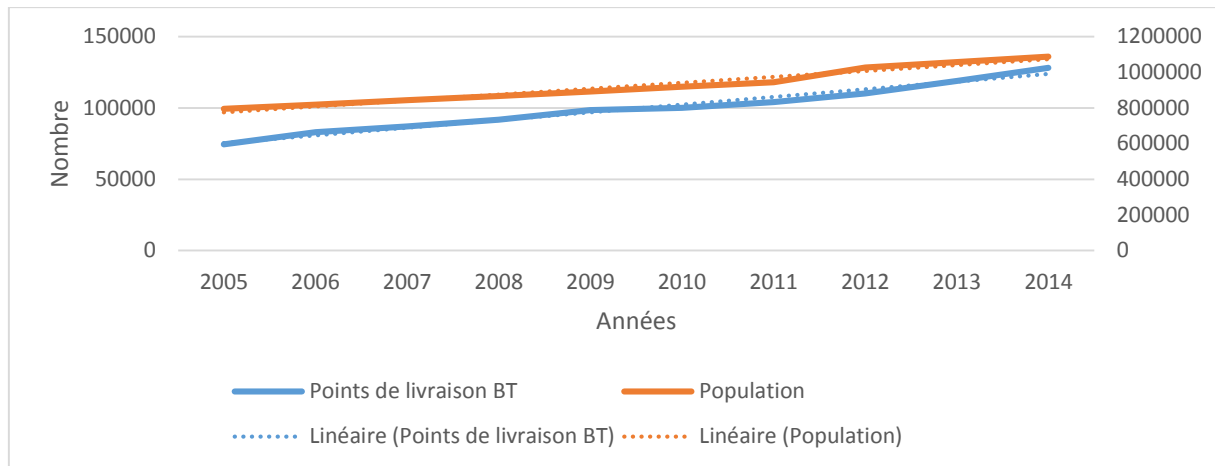


Figure II-4 : Courbes de tendance linéaire

Nous obtenons un coefficient de corrélation de 0,98. Cette valeur explique la forte liaison linéaire qui existe entre le nombre des points de livraison BT et la population. Cela nous permet de déterminer l'équation de la droite de régression linéaire du nombre des points de livraison BT en fonction de la population. L'équation est la suivante :

$$Y = (0,16 \times X) - 47000 \quad \text{Equation II-8}$$

Y : Variable nombre de points de livraison BT

X : Variable population

L'équation de la droite de régression linéaire ci-dessus que nous avons calculée nous permet d'estimer le nombre annuel des points de livraison BT pour les dix (10) années avenir (2016 à 2025) en connaissant la population annuelle pour la même période. L'estimation du nombre annuel de points de livraison BT permettra à la NIGELEC de mieux s'organiser pour la commande des compteurs électriques et autres accessoires de branchement.

II.2.2.2 Calcul de l'équation de la droite de régression linéaire entre la puissance de pointe annuelle et le nombre de points de livraison

Dans cette partie nous avons pris en compte la totalité des points de livraison BT et MT, car les ménages (46%) comme les sociétés industrielles (39%) participent fortement à l'évolution de la puissance de pointe annuelle. Enfin d'établir une relation entre la puissance de pointe annuelle et le nombre de points de livraison, nous avons calculé le coefficient de corrélation entre ces deux (2) variables. Cette valeur du coefficient nous a permis de déterminer l'équation de la droite de régression linéaire de la puissance de pointe annuelle en fonction du nombre de points de livraison. Le tableau (II-9) donne la valeur du coefficient de corrélation entre la puissance

de pointe annuelle et le nombre des points de livraison :

Tableau II-9 : Coefficient de corrélation entre la puissance de pointe annuelle et le nombre de points de livraison

Années	Nombre des points de livraison	Puissance de pointe (MW)
2005	75183	57,6
2006	83669	61,7
2007	87844	62,3
2008	92542	73,9
2009	99168	85,1
2010	100577	95,7
2011	104925	97,5
2012	111031	101,5
2013	119672	108,4
2014	128912	116,2
Coefficient de corrélation	0,97	

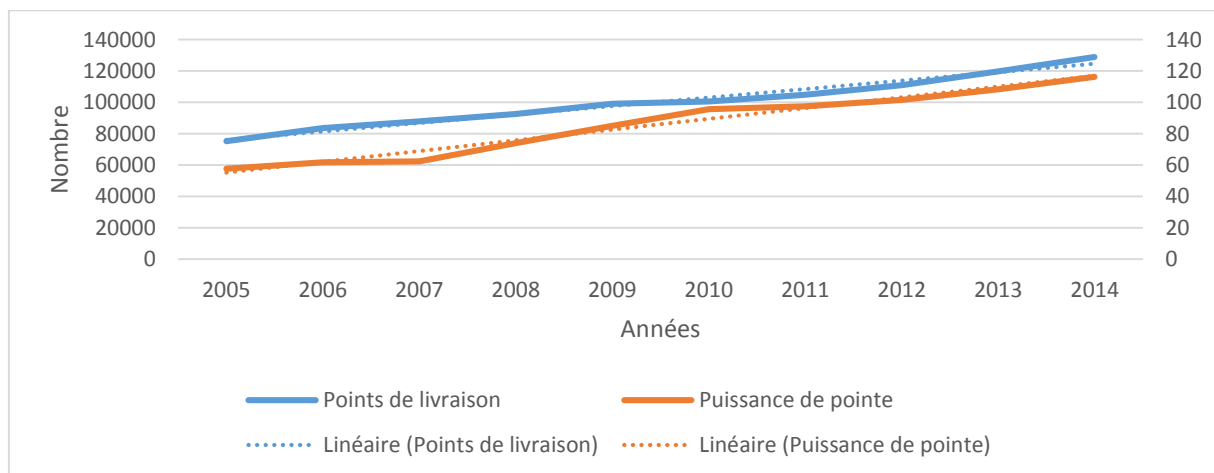


Figure II-5 : Courbes de tendance linéaire

Nous obtenons un coefficient de corrélation de 0,97. Nous pouvons alors dire qu'il existe une forte relation linéaire entre le nombre de points de livraison et la puissance de pointe annuelle. L'équation de la droite de régression linéaire de la puissance de pointe en fonction du nombre de points de livraison est donnée par l'équation (II-8) :

$$Y = (0,00123 \times X) - 37,8$$

Equation II-9

Y : Variable puissance de pointe annuelle

X : Variable nombre de points de livraison

L'équation de la droite de régression linéaire ci-dessus que nous avons calculée nous permettra d'estimer la puissance de pointe annuelle pour les dix (10) années prochaines (2016 à 2025) en connaissant le nombre annuel des points de livraison pour la même période. L'estimation de la puissance de pointe annuelle permettra à la NIGELEC de prendre toutes les dispositions nécessaires en matière des moyens de production de l'énergie électrique afin de satisfaire cette demande maximale.

II.2.2.3 Projection de la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025

Cette partie consiste à déterminer la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025. Pour la prévision de cette puissance, nous avons utilisé les deux (2) équations de la droite de régression linéaire déterminées plus-haut. L'équation (II-8) nous permet de déterminer le nombre des points de livraison BT de 2016 à 2025. La projection du nombre de points de livraison HTA est faite en appliquant un taux d'accroissement annuel moyen de 3,9% calculé de 2005 à 2014. Et enfin l'équation (II-9) nous permettra de déterminer la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025. Le tableau (II-10) donne la prévision de la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025 :

Tableau II-10 : Prévision de la puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025

Année	Puissance de pointe annuelle (MW)
2016	130,5
2017	137
2018	143,81
2019	150,77
2020	157,93
2021	165,3
2022	172,89
2023	180,69
2024	188,72
2025	197

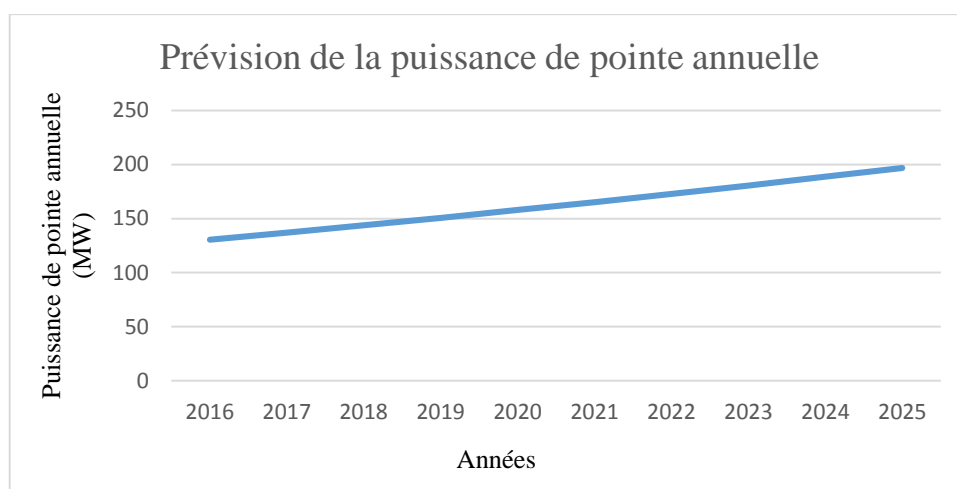


Figure II-4 : Puissance de pointe annuelle à l'horizon 2025

II.2.2.4 Comparaison de la puissance de pointe annuelle prévue et des moyens de production disponible et avenir

La superposition nous permettra de confronter l'évolution de la puissance de pointe annuelle avec l'ensemble des moyens de production disponible et avenir afin de voir si ces moyens de production permettront de satisfaire convenablement la puissance de pointe annuelle. Nous avons pris en compte le projet de construction de la nouvelle centrale électrique à savoir :

- La centrale électrique diesel de GOUROU BANDA avec une capacité de 80 MW.

Tableau II-11 : Puissance disponible et puissance de pointe

Puissance disponible et puissance de pointe en (MW)							
Année	Ligne 132 KV	Centrale de GOUDEL	Centrale de Niamey II	Centrale de Gourou Banda	Puissance disponible	Puissance de pointe	GAP
2016	70	10,7	18	0	98,7	130,5	-31,8
2017	70	10,7	18	80	178,7	137	41,7
2018	70	10,7	18	80	178,7	143,81	34,89
2019	70	10,7	18	80	178,7	150,77	27,93
2020	70	10,7	18	80	178,7	157,93	20,77
2021	70	10,7	18	80	178,7	165,3	13,4
2022	70	10,7	18	80	178,7	172,89	5,81
2023	70	10,7	18	80	178,7	180,69	-1,99
2024	70	10,7	18	80	178,7	188,72	-10,02
2025	70	10,7	18	80	178,7	197	-18,3

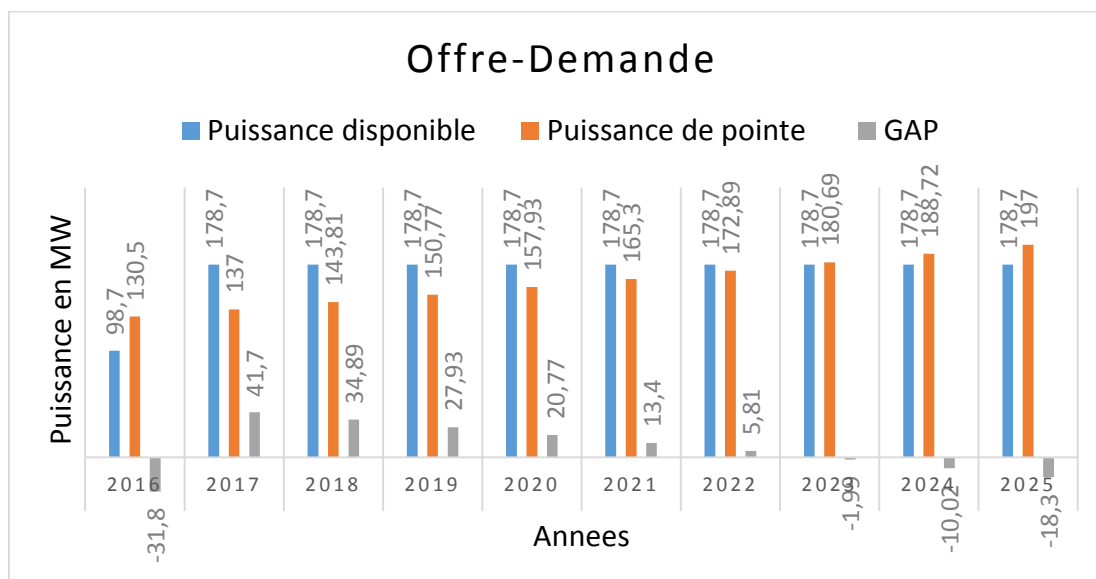


Figure II-5 : Puissance disponible et puissance de pointe

Nous remarquons sur le tableau (II-11) que pour l'année 2016, avant la mise en service de la centrale électrique de GOROU BANDA, la NIGELEC aura un déficit de 31,8 MW en puissance. C'est pourquoi il est important d'accélérer les travaux afin de mettre la centrale en état de fonctionnement. A partir de 2017 avec la mise en service de la nouvelle centrale électrique diésel de Gorou Banda, la NIGELEC pourra satisfaire la demande en énergie électrique de la ville de Niamey jusqu'à 2022. Mais en 2023 la demande en énergie électrique de la ville de Niamey dépassera les moyens de production y compris la centrale de Gorou Banda. C'est pourquoi il est important de trouver d'autres moyens de production de l'énergie électrique pour la ville de Niamey.

CHAPITRE V

Analyse et amélioration du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey

I Présentation du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey

I.1 Généralités sur le réseau de distribution

Le réseau de distribution est le réseau d'alimentation de l'ensemble de la clientèle, à l'exception de quelques gros clients industriels alimentés directement par le réseau HTA. Il est constitué des postes sources ou postes de répartition, du réseau HTA, et du réseau BT [10]. Pour le réseau de distribution on distingue deux (2) sous-niveaux de tension [14] :

- Les réseaux à moyenne tension (HTA) : 3 à 33 kV ; et
- Les réseaux à basse tension (BT) : 110 à 600 V.

L'extension d'un réseau de distribution est conditionnée par le respect de trois (3) objectifs fondamentaux cités ci-dessous [14] :

- La desserte de la clientèle ;
- L'aptitude à faire face au développement de la consommation ;
- La recherche d'une qualité du produit électricité adoptée aux besoins de la clientèle.

I.1.1 Postes sources

Un poste source est à l'interface du réseau de transport et du réseau de distribution. Il contribue à [10] :

- La mesure des flux d'énergie ;
- La sûreté du réseau de transport par le système de délestage ;
- La qualité et la continuité de l'alimentation électrique par les systèmes de ré enclenchement automatique, de réglage de la tension, et de la compensation du réactif.

I.1.2 Réseau HTA

Le réseau HTA est constitué par l'ensemble des départs issus des postes sources. Le nombre des départs par poste source varie de moins d'une dizaine à une cinquantaine [10] et ces départs alimentent soit :

- Les postes des clients raccordés en HTA ;
- Les postes HTA/BT dits "de distribution publique" pour les clients basse tension.

La construction d'un départ HTA est généralement bouclable pour permettre de réalimenter rapidement la clientèle suite à une coupure due à un incident et assurer le secours du poste source. Les différentes structures du réseau HTA sont :

- La structure à une voie d'alimentation, c'est-à-dire purement radiale en antenne.

Mais cette structure n'offre pas de possibilité de reprise de service en cas d'incident ;

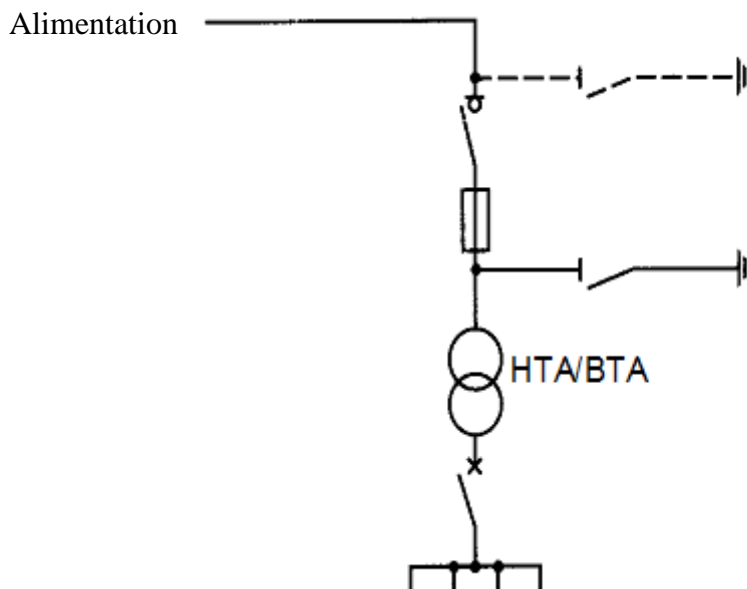


Figure I-1 : structure à une voie d'alimentation

- La structure à deux (2) voies d'alimentation, elle est la plus fréquente et on distingue deux (2) grandes familles :
 - Le réseau en double dérivation : les points de charge desservis sont alimentés par deux (2) câbles posés en parallèle, l'un de travail et l'autre de secours ; et

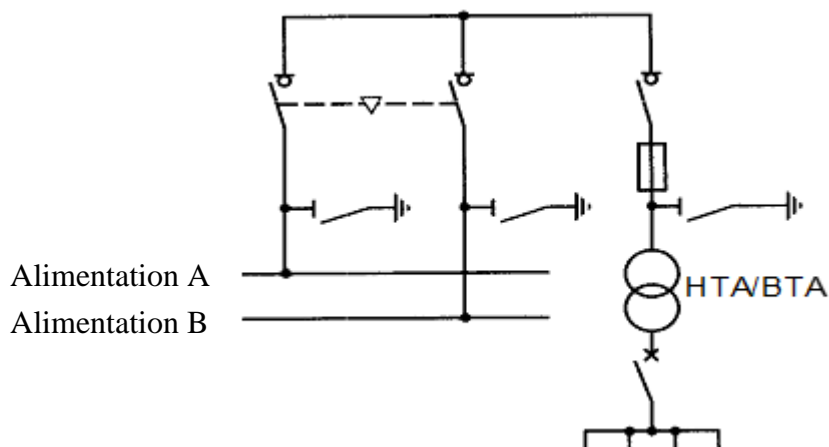


Figure I-2 : Double dérivation

- Le réseau en coupure d'artère : Les postes sont insérés en série sur une canalisation principale appelée « ossature » par l'intermédiaire de deux câbles. L'ossature est exploitée en permanence ouverte à l'un des postes pour éviter un bouclage entre deux sources.

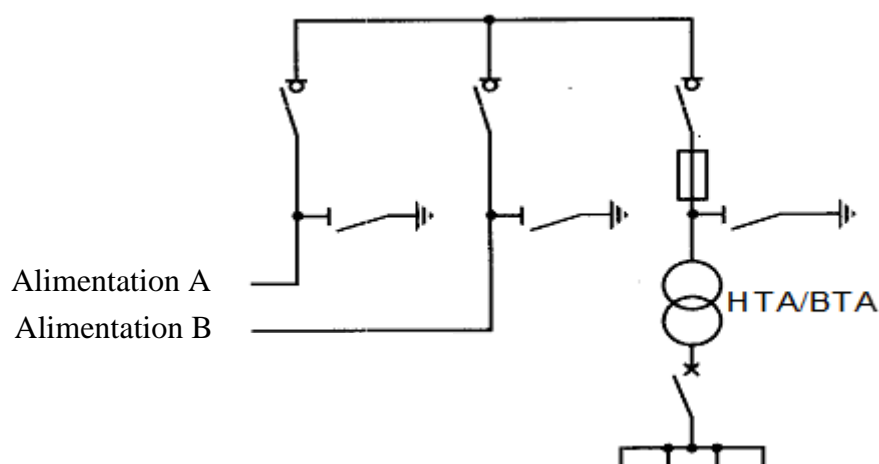


Figure I-3 : Coupure d'artère

- La structure à voies d'alimentation multiple ou en grille : cette structure est rare, mais assure un service meilleur.

I.1.3 Réseau BT

Le réseau BT est composé des départs issus des postes de transformation HTA/BT. On peut distinguer schématiquement trois types de structures de réseau à basse tension :

- La structure arborescente : C'est de loin la plus répandue. Elle est, dans la plupart des cas, considérée comme suffisante. En effet, bien que les détails de localisation de défaut et de réparation soient non négligeables, surtout en souterrain, le nombre des clients affectés par l'indisponibilité d'un tronçon est beaucoup plus faible qu'en HTA ;
- La structure bouclable : Elle consiste à insérer des points de bouclage (par les boîtes de coupure, ou dans les postes) ouverts en fonctionnement normal, entre deux (2) départs du même poste HTA/BT ou des deux (2) postes voisins ;
- La structure maillée : Cette structure est très coûteuse et elle est réalisée dans des cas où l'on souhaite un niveau de qualité de service très élevé.

I.2 Réseau de distribution de la ville de Niamey

Cette partie a consisté à faire une analyse quantitative du réseau de distribution de la ville de Niamey. Pour ce faire nous avons procédé à une analyse par composante du réseau de distribution. Mais avant il est nécessaire de présenter le schéma de manœuvre du réseau HTA de la ville de Niamey. Ce schéma illustré par la figure (I-4) ne contient pas l'ensemble des postes électriques de la ville de Niamey, il contient uniquement les postes stratégiques pour les interventions.

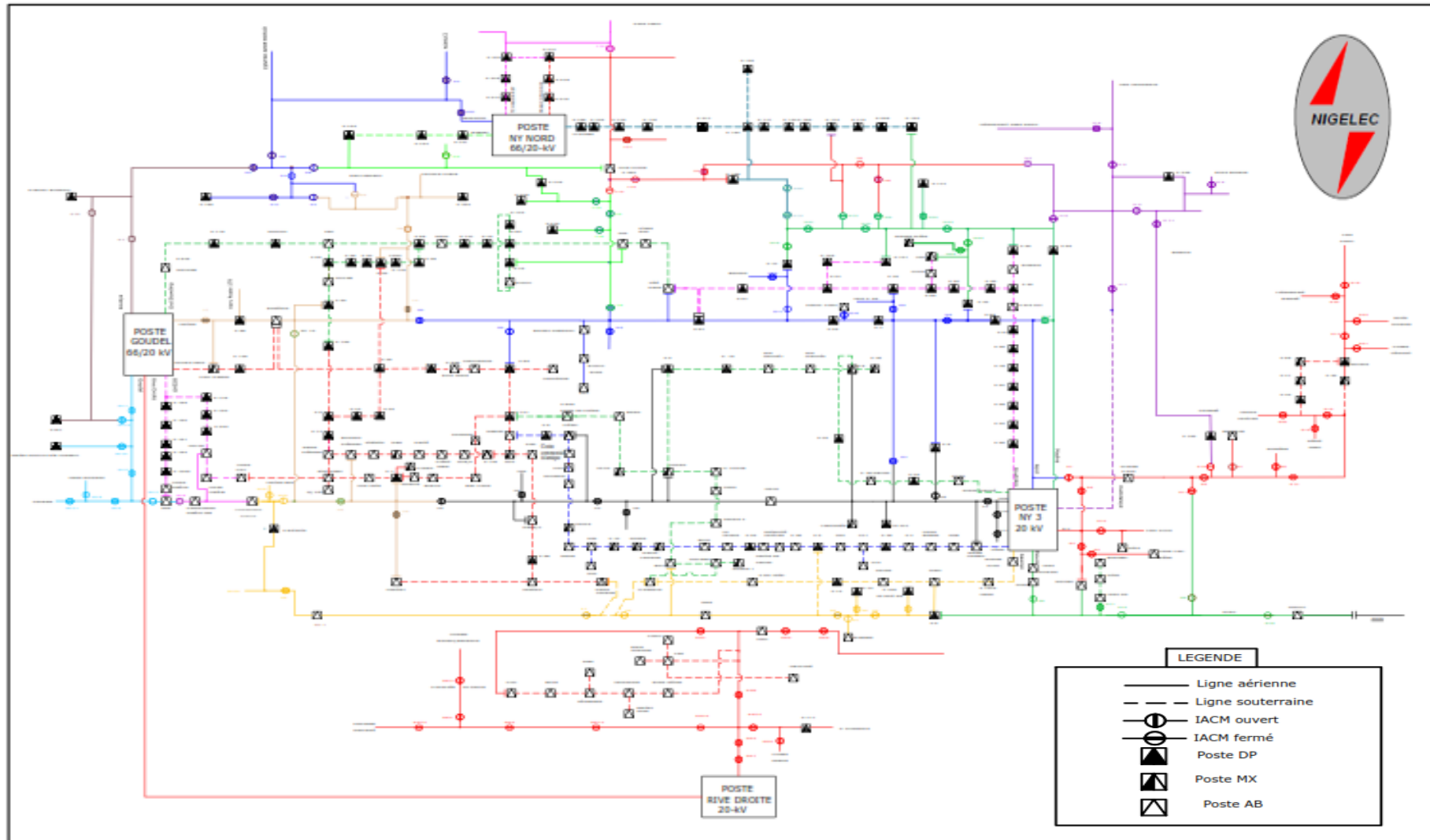


Figure I-4 : Schéma de manœuvre du réseau HTA pour la ville de Niamey (Autocad)

I.2.1 Postes sources

Tableau I-1 : Récapitulatif des postes sources

Récapitulatif des postes sources de la ville de Niamey						
Désignation	Nombre des départs	Nombre des transformateurs	Tension en (kV)	Puissance unitaire (MVA)	Nombre de gradins	Puissance unitaire (MVAR)
Niamey III	10	2	132/20	20	2	5
Niamey Nord	5	2	66/20 66/20	20 10	-	-
GOUDEL	7	2	66/20	10	1	3,7

I.2.2 Réseau HTA

Les modes de pose du réseau HTA de la ville de Niamey sont :

- Aérien ;
- Souterrain ;
- Mixte.

Le niveau de tension de l'ensemble du réseau HTA est de 20 kV. Il est généralement composé de deux (2) types de ligne :

- Une ligne principale, qui est celle qui quitte directement le poste source ;
- Une ligne secondaire ou dérivation, qui concerne les ramifications.

La NIGELEC utilise pour le réseau aérien une section de câble de 75,5 ou 117 mm² en almélec (alliage alu-acier) pour la ligne principale et une section de 54,6 ou 34,4 mm² en almélec aussi pour la ligne secondaire.

Pour le réseau souterrain, la section est uniforme, c'est-à-dire pas de ramification, elle est de 150 mm² en aluminium. Le réseau HTA de la ville de Niamey est en grande partie en coupure d'artère et une partie en antenne.

Tableau I-2 : Etat actuel des départs de la ville de Niamey

Départs HTA						
Postes sources	Départs	Types	Postes/Départ	Seuil en courant (A)	Section (mm ²)	Longueur (km)
Niamey III	HAMDALAYE	Aérien	80	220	117	20
	Fleuve		140			63
	Zone industrielle		60			55
	MADINA		55			28
	Nord		76			16
	Ville		66			14
	GAWEYE	Souterrain	15	240	150	11
	Câble		28			8
	Poudrière		33			14
	Grand Marché		18			10
Niamey nord	LAZARET	Souterrain	14	220	117	11
	Francophonie		35			19
	TCHANGAREY		20			14
	BOBIEL		40			17
	FENIFOOT	Aérien	25	220	117	7
GOUDEL	BCEAO	Souterrain	27	240	150	20
	KOUARA KANO		16			8
	Grand Standing		15			15
	GOUDEL	Aérien	50	220	117	33
	YANTALA		30			10
	Rive droite		87			90
	KOUBYA		96			10

I.2.3 Réseau BT

Le réseau BT de la ville de Niamey a un niveau de tension 230/400 V.

Le branchement sur le réseau BT pour les clients se fait soit en monophasé, soit en triphasé en fonction de la puissance souscrite :

- Monophasé pour une puissance souscrite de 3 et 6 kW ; et
- Triphasé pour une puissance souscrite de 12, 18, 30 kW.

Pour la section du câble, deux (2) types de section sont utilisées :

- Pour le branchement, 4×16 mm² est utilisée ;
- Pour la ligne de distribution, 3×35 mm²+ Neutre est utilisée.

I.3 Analyse et proposition d'amélioration du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey

Cette partie consistera à faire une analyse qualitative du réseau de distribution de la ville de Niamey, afin de faire une proposition d'amélioration. Pour ce faire nous déterminerons le rendement global du réseau de distribution sur les 10 années passées (2005-2014).

La formule que nous utilisons pour déterminer le rendement global annuel est :

$$r_g (\%) = \frac{E_v}{E_l} \times 100 \quad \text{Equation I-1}$$

r_g (%) : Rendement global annuel du réseau de distribution

E_v : Energie vendue aux clients

E_l : Energie livrée au réseau de distribution

Nous présentons les différents rendements globaux annuels et le rendement moyen, dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-3 : Rendement global moyen du réseau de distribution

Années	Energie livrée en (kWh)	Energie vendue en (kWh)	Rendement global annuel du réseau de distribution (%)
2005	238901417	224284417	93,9
2006	261540094	239181623	91,5
2007	281691097	261194984	92,7
2008	291355456	270022200	92,7
2009	338532982	309095826	91,3
2010	363174167	329023339	90,6
2011	386981181	349911617	90,4
2012	441300892	395059693	89,5
2013	462032713	417324196	90,3
2014	525387639	476639485	90,7
Rendement moyen (%)	91,36		

Nous remarquons en moyenne un rendement de 91,36%, ce rendement nous informe que l'énergie livrée n'est pas totalement vendue, par conséquent il y'a une partie qui a été perdue. Pour comprendre cette perte d'énergie nous allons tracer la courbe de rendement pour voir

la variation du rendement sur une période de 10 ans (2005-2014) :

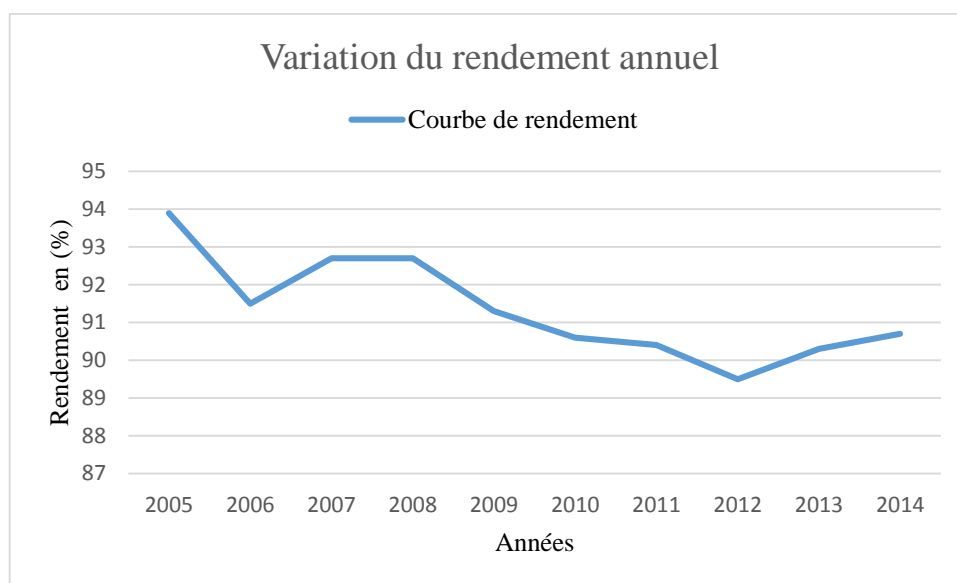


Figure I-5 : Courbe de rendement annuel du réseau de distribution

Nous remarquons une décroissance du rendement annuel du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey. Un mauvais rendement explique que l'énergie livrée n'a pas été totalement vendue. Les différentes pertes au niveau du réseau de distribution sont :

- Les pertes non techniques (administratives et commerciales) ;
- Les pertes techniques.

C'est pourquoi nous ferons l'analyse de ce réseau afin de voir les défaillances de ce réseau et faire une proposition d'amélioration. Nous procéderons à une analyse par composante du réseau de distribution.

I.3.1 Postes sources

I.3.1.1 Analyse

Le premier constat au niveau des postes sources de la ville de Niamey est le fonctionnement indépendant de ces trois (3) postes sources, c'est-à-dire qu'il n'existe aucun centre pour coordonner leurs fonctionnements. Ensuite les opérations au niveau de ces postes sont manuelles. Nous avons constaté également une mauvaise tension (en deçà de 19 kV) sur les deux (2) rames du poste source Niamey nord.

I.3.1.2 Proposition

Pour le centre de conduite d'énergie dit "Dispatching", la NIGELEC a obtenu un financement auprès de la Banque mondiale. Mais nous invitons la NIGELEC à accélérer la réalisation de

ce centre afin d'optimiser l'exploitation du réseau de distribution électrique.

La mauvaise tension sur les rames du poste source Niamey nord va nous conduire à améliorer le facteur de puissance globale de ce poste. Pour ce faire nous allons déterminer la capacité des bancs de condensateur à installer directement sur les rames.

I.3.1.2.1 Calcul des bancs de condensateur à installer à Niamey nord

Le poste source Niamey nord a une puissance apparente totale de 30 MVA et un $\text{Cos}\varphi_{\text{moy}}$ de 0,8. Seul 18 MW sont fournis par Niamey nord à cause de la mauvaise tension. Nous souhaiterons ramener ce $\text{Cos}\varphi_{\text{moy}}$ à 0,95 afin de corriger la tension. Nous allons déterminer l'énergie réactive à compenser afin d'atteindre le $\text{Cos}\varphi$ souhaité. Les calculs sont présentés dans le tableau ci-dessous :

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 \quad \text{Equation I-2}$$

ΔQ : La différence de l'énergie réactive,

Q_1 : L'énergie réactive avec $\text{tg}(\varphi_1)$ en (MVAr)

Q_2 : L'énergie réactive avec $\text{tg}(\varphi_2)$ en (MVAr)

Tableau I-4 : Capacité des bancs de condensateur à installer à Niamey nord

Capacité des bancs					
Puissance (MW)	18				
	φ_1	Tg_1	Q1 (MVAr)	φ_2	Tg_2
36,86	0,75	13,5	18,19	0,33	5,94
ΔQ (MVAr)	7,56				

Après calcul nous obtenons une valeur de l'énergie réactive à compenser de 7,56 MVAr. Alors nous proposons l'installation de deux (2) bancs de condensateur de 4 MVAr, un sur chaque rame.

I.3.2 Réseau HTA

I.3.2.1 Analyse

L'analyse du réseau HTA nous conduira à déterminer le taux de disponibilité de l'ensemble de ce réseau, afin de déduire son indisponibilité et en même temps chercher les causes de cette indisponibilité. Nous utilisons les données de l'année 2014 pour notre analyse. Nous présentons la durée des défauts mensuels enregistrés pour chaque départ ci-dessous :

Tableau I-5 : la durée des défauts par départ pour 2014

La durée des défauts mensuels par départ en (minutes) pour l'année 2014													
Départs	Mois												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total/Départ
HAMDALAYE	0	0	83	0	140	578	73	171	118	43	177	53	1436
MEDINA	0	0	6	52	117	508	22	64	62	119	9	58	1017
ZI	149	3	5	104	144	320	67	34	293	56	54	50	1279
NORD	11	13	0	56	126	176	96	9	54	112	21	8	682
FLEUVE	44	115	15	323	264	551	193	272	45	249	115	7	2193
VILLE	35	43	1	46	302	307	69	258	98	6	36	7	1208
GRD.MAR	0	0	22	25	48	0	0	0	0	24	0	0	119
GAWEYE	0	0	99	68	45	12	0	25	0	0	73	0	322
CÂBLE	0	11	20	33	7	60	0	0	2	1	26	75	235
POUDRIERE	50	0	65	73	22	60	0	62	90	161	21	21	625
GRD STG	0	20	29	9	35	19	0	30	0	72	0	31	245
BCEAO	54	71	68	251	0	34	47	36	31	21	7	0	620
K.KANO	0	0	50	149	235	190	85	0	14	68	80	33	904
GOUDEL	13	94	7	66	80	792	163	58	128	117	112	0	1630
R.DRIOTE	61	176	12	297	650	366	112	438	42	39	32	10	2235
YANTALA	54	63	1	45	284	170	69	107	247	27	14	4	1085
KOUBYA	0	0	0	0	0	283	0	0	12	1	0	0	296
FR2/FR1	105	24	171	61	36	200	126	13	13	23	22	5	799
LAZARET	0	27	12	0	0	117	0	35	0	3	0	3	197
BOBIEL	39	112	10	41	25	74	5	0	0	2	0	0	308

Nous remarquons dans le tableau (I-6) les différents départs sur lesquels la NIGELEC a enregistré plus de défauts, ce sont les départs **fleuve, rive droite** et **GOUDEL**. Ces départs étaient indisponibles plus de 24h répartie par mois pendant l'année 2014. Nous constatons aussi que la fréquence des défauts est beaucoup plus importante pendant la période caniculaire (Avril, Mai et juin). Par la suite nous allons déterminer le taux de disponibilité mensuelle pour chaque départ pour l'année 2014. Pour ce faire nous allons utiliser la formule suivante :

$$D (\%) = \frac{\text{Temps d'utilisation en (heure)}}{\text{Temps d'utilisation} + \text{Temps d'arrêt en (heure)}} \times 100 \quad \text{Equation I-3}$$

D : Taux de disponibilité en (%)

Tableau I-6 : Taux de disponibilité et d'indisponibilité annuel par départ pour 2014

Taux de disponibilité et d'indisponibilité annuel par départ pour l'année 2014				
Départs	Temps d'arrêt (heure)	Temps de fonctionnement annuel (heure)	Taux de disponibilité (%)	Taux d'indisponibilité (%)
HAMDALAYE	23,93	8736,07	99,73	0,27
MEDINA	16,95	8743,05	99,81	0,19
ZI	21,32	8738,68	99,76	0,24
NORD	11,37	8748,63	99,87	0,13
FLEUVE	36,55	8723,45	99,58	0,42
VILLE	20,13	8739,87	99,77	0,23
GRD.MAR	1,983	8758,02	99,98	0,02
GAWEYE	5,37	8754,63	99,94	0,06
CABLE	3,92	8756,08	99,96	0,04
POUDRIERE	10,42	8749,58	99,88	0,12
GRD STG	4,08	8755,92	99,95	0,05
BCEAO	10,33	8749,67	99,88	0,12
K.KANO	15,07	8744,93	99,83	0,17
GOUDEL	27,17	8732,83	99,69	0,31
R.DRIOTE	37,25	8722,75	99,57	0,43
YANTALA	18,08	8741,92	99,79	0,21
KOUBYA	4,93	8755,07	99,94	0,06
FR2/FR1	13,32	8746,68	99,83	0,15
LAZARET	3,28	8756,72	99,96	0,04
BOBIEL	5,13	8754,87	99,94	0,06

Nous remarquons une disponibilité annuelle de plus de 99 % sur l'ensemble des départs, mais il faut remarquer également que la NIGELEC a enregistré pour trois (3) départs les taux

d'indisponibilités les plus élevés, il s'agit des départs rive droite, fleuve et GOUDEL avec respectivement un taux d'indisponibilité de 0,43 ; 0,42 et 0,31. Avec un taux moyen annuel d'indisponibilité du réseau HTA égal à 0,17 % pour l'année 2014, la NIGELEC a comptabilisée 1087363 kWh de l'énergie non distribuée.

La plus part des défauts qui conduisent à l'absence du réseau HTA sont soit des défauts phase-phase, ou phase-terre ou surcharge. La NIGELEC enregistre plus de défauts sur son réseau aérien que souterrain. Nous présentons ci-dessous le nombre des défauts par type de réseau pour l'année 2014 :

Tableau I-7 : nombre de défauts par type de réseau

Nombre des défauts par type de réseau						
Mois	Réseau aérien			Réseau souterrain		
	Fugitifs	Semi-permanents	Permanents	Fugitifs	Semi-permanents	Permanents
Janvier	22	0	11	1	0	3
Février	28	1	14	1	0	4
Mars	21	2	4	10	0	10
Avril	36	7	12	18	0	9
Mai	52	7	25	3	0	6
Juin	87	11	25	13	0	9
Juillet	52	5	8	2	1	2
Août	54	2	14	2	1	7
Septembre	56	0	14	5	0	3
Octobre	47	5	9	7	0	7
Novembre	35	2	9	3	2	6
Décembre	29	1	5	2	1	1
Total	712			139		

La NIGELEC a enregistré pour l'année 2014, 712 défauts pour le réseau aérien contre 139 défauts pour le réseau souterrain. Il faut remarquer également que les défauts fugitifs sont plus fréquents pour le réseau aérien comme pour le réseau souterrain.

I.3.2.2 Proposition

Afin de réduire l'indisponibilité du réseau HTA de la ville de Niamey et réduire également la quantité de l'énergie non distribuée qui est due à la perturbation du réseau HTA, nous allons faire des propositions relatives à notre analyse. Suite à notre analyse nous avons remarqué deux (2) départs sur lesquels la NIGELEC a enregistré des taux d'indisponibilités les plus importants, par conséquent nos propositions concerneront ces deux (2) départs, il s'agit de :

- Départ rive droite, avec un taux d'indisponibilité de 0,43 %. Il est le seule départ qui

alimente l'ensemble de la rive droite de la ville de Niamey, cela signifie qu'en cas de panne de ce départ la rive droite sera totalement hors tension car elle ne possède aucun départ de secours. Il faut savoir aussi que c'est l'un des départs le plus saturé et aussi le plus long avec une longueur de 90 km. C'est pourquoi nous proposons une réhabilitation de ce départ en renforçant la section du câble pour passer à 117 mm² afin d'augmenter la capacité de la puissance transitée. Nous proposons également la création d'un départ HTA secours pour la rive droite pendant la création de la ligne de transport Gourou Banda-centrale électrique de Niamey II.

- Départ fleuve avec un taux d'indisponibilité de 0,42 %. Il est saturé également, car c'est le départ qui alimente les sociétés industrielles et le plus grand hôtel de la ville de Niamey (hôtel GAWEYE). Pour pallier cette saturation nous proposons également une réhabilitation de ce départ en renforçant la section du câble pour passer à 117 mm².

I.3.3 Réseau BT

I.3.3.1 Analyse

Le réseau BT de la ville de Niamey est caractérisé par une surcharge de ses postes de distribution avec un taux de charge de plus de 100 % sur la plus part de ces postes. Nous présentons les différents taux de charge des postes HTA/BT dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-8 : Taux de charge des postes HTA/BT

Etat de charge des postes HTA/BT		
Etat des postes	Nombre	Taux de charge moyen (%)
Non chargé	256	<80
Chargé	525	≥80
Surchargé	245	>100

Nous remarquons que le réseau BT de la ville de Niamey est chargé avec même des postes surchargés c'est-à-dire qui fonctionnent au-delà de leurs puissances nominales.

I.3.3.2 Proposition

Afin de décharger les postes HTA/BT de la ville de Niamey nous proposons le renforcement en puissance des postes cabines HTA/BT existants et le passage du poste haut de poteau H61 au poste cabine H59. Nous présentons ci-dessous la liste des postes concernés :

Tableau I-9 : Renforcement en puissance des postes existants

Renforcement des postes existants				
N° du poste	Nom du poste	Puissance (kVA)	Taux de charge (%)	Puissance renforcée (kVA)
28	DE GAULLE	250	120	400
207	BOBIEL2	400	118	630
370	5MB	250	114	400
0	TP BATIMENTS	250	112	400
139	KOUARAME 1	400	109	630
523	CNSS BOUKOKI	100	107	160
178	BCEAO 1	630	106	1000
851	BOBIEL 12	100	100	160
847	KOUARA KANO 4	100	98	160
115	BOUKOKI4	400	94	630
149	ANCIEN PLATEAU	400	94	630
118	RECASEMENTYANTALA	630	93	1000
297	SONUCI	630	93	1000
154	CITE CNSS 2	400	92	630
150	KOUARA KANO 1	630	91	1000
221	VILLAGE DE BOUBON	100	90	160
59	TALLADJE 1	400	88	630
130	MEDINA 3	100	88	160
249	SONUCI BANI KOUBAY 2	100	88	160
242	RIYAD4	400	88	630
104	MEDINA 2	400	87	630
68	CITE FAYCAL	400	87	630
60	TALLADJE 2	100	86	160
153	CITE CNSS 1	250	86	400
142	LAZARET 3	400	85	630
200	TONDIBIA VILLAGE	100	83	160
141	LAZARET 2	400	82	630
61	LEYMA	400	82	630
809	BANIGOUNGOU VILLAGE	100	82	160
96	2° ARRONDISSEMENT	250	81	400
437	AIRTEL KOUBYA	100	80	160
723	MEDINA 7	100	80	160
301	COUR D'APPEL	250	78	400
491	EP3 ROUTE LAZARET	50	78	100
23	KALLEY EST	630	77	1000
856	KOUARA TEGUI 5	100	77	160

87	CITE 105 LOGEMENTS	250	77	400
140	KOUARA ME 2 H59	400	76	630
66	DOLLAR	630	76	1000
873	MARCHE GOUDEL	100	76	160
7	BALAFON	630	76	1000
101	ZONE ARTISANALE	630	76	1000
211	NORD LAZARET 1	630	75	1000
191	SONUCI KOUBYA 3	630	75	1000
209	FOULANI KOUARA 2	630	75	1000
22	COLLEGE MARIAMA	630	75	1000
88	YANTALA	630	75	1000
183	RIYAD 1	630	75	1000

Tableau I-10 : Passage du H61 à H59

Passage du H61 à H59				
N° du poste	Nom du poste	Puissance (kVA)	Taux de charge (%)	Puissance renforcée (kVA)
928	KOUBYA8	100	134	250
812	SARI KOUBOU II	160	131	400
226	SONUCI BANI KOUBAY1	160	130	400
863	BOUKOKI7	160	126	400
774	LOSSA GOUNGOU 2	160	122	400
233	SARI KOUBOU I	160	115	400
844	BASSORA2	160	115	400
75	SAGA 1	160	114	400
732	BOBIEL 5	250	108	400
202	AEROPORT5	160	107	250
219	BANIFANDOU 7	160	107	250
185	LAZARET 8	160	106	250
306	ANTENNE CELTEL NY 2000	160	104	250
234	NIAMEY 2000 I	250	104	400
794	BASSORA 1	250	99	400
941	AEROPORT 11	160	97	250
273	RIMBOSIEGE	160	97	250
128	GAWEYE 1	160	94	250
187	BANIZOUMBOU 2	160	94	250
120	GOUDEL HAUT 1	250	93	400

920	BOBIEL 16	160	93	400
251	BOUKOKI 6 MNSD	160	92	400
238	CEG25	160	90	400
322	EGLISE SAGA	160	86	250
272	BANIFANDOU 10	160	85	250
92	KARADJE 1	160	84	250
790	KOUBYA3	160	84	250
56	GOUDEL	160	84	250
180	YANTALA BAS 4	160	84	250
241	GARAGE PRESIDENCE	160	84	250
262	TALLADJE EST 2	160	82	250
310	MATERNITE BOUKOKI	160	81	250
184	AEROPORT 1	160	80	250
261	BAR CARREFOUR	160	79	250
495	MATERNITE MADINA	160	79	250
218	KOUARA KANO OUEST	160	78	250
857	SAGA 5	160	78	250
886	AEROPORT10	160	78	250
194	SAGA 4	160	75	250
881	NIAMEY 2000 III	160	75	250
304	BOBIEL 1	160	75	250
720	CELTEL 1 AEROPORT	160	75	250

Conclusion générale

Au terme de cette étude, nous devons revenir sur la question fondamentale qui nous a motivée dans le choix de ce thème : comment améliorer le système de planification énergétique de la ville de Niamey afin d'assurer le bien-être à la population et booster l'économie de la ville ? L'énergie électrique est un facteur inéluctable dans le développement de tout pays en général et des villes en particulier, c'est pourquoi il est plus que impératif de trouver les voies et moyens pour garantir ce vecteur énergétique. Que pouvons-nous dire de cette questions au regard de notre travail analysé ?

Pour bien appréhender la question, il est important de présenter de manière non exhaustive la ville de Niamey. C'est pourquoi une partie (Chapitre II) de ce travail a été consacrée à la présentation de la ville de Niamey relativement à l'évolution de la population et des points de livraison de l'énergie électrique, à la consommation finale d'électricité par secteur et à la présentation du climat qui sont tous des facteurs déterminants à l'évolution de la demande. Cette partie a pour but de montrer l'intérêt que la ville de Niamey présente en matière énergétique.

Par la suite, l'analyse s'est poursuivie sur la présentation du système électrique de la ville de Niamey. Cette partie avait pour objectif dans un premier temps de faire l'état actuel de l'ensemble du système électrique de la NIGELEC et ensuite faire une présentation de l'ensemble des projets dont bénéficiera la ville de Niamey dans le secteur de la production et de la distribution de l'énergie électrique.

Il ressort de cette analyse que la mauvaise planification de l'énergie électrique de la ville de Niamey est due dans un premier temps par l'insuffisance des moyens de production et la sous-évaluation de la prévision avec une MFE de 2,18 MW pour l'année 2014. Et dans un deuxième temps par la surcharge et la vétusté de certains départs HTA (rive droite, fleuve) et aussi la surcharge de presque tous les postes de transformation HTA/BT.

Pour ce faire des propositions ont été faites. D'abord pour la prévision journalière une formule a été proposée, en appliquant cette formule la MFE devient -2,98 MW au lieu de 2,18 MW. Ensuite pour le réseau de distribution une proposition de compensation sur le jeu de barre 20 kV du poste Niamey nord et un renforcement de capacité des postes de transformation HTA/BT.

Recommandation

A l'issu de notre stage effectué à la NIGELEC et suite à l'étude que nous avons menée, cela nous a permis de comprendre un certain nombre de dysfonctionnement au sein de la société. Mais il est important de dire que la responsabilité est partagée entre :

- L'Etat du Niger, qui est le premier acteur ;
- La société d'électricité, NIGELEC ;
- Les consommateurs.

Pour cela nous formulerons des recommandations :

➤ A l'endroit de l'Etat Nigérien

- Le respect du traité de concession signé le 3 mars 1993 qui met à sa charge la réalisation de tous les investissements du premier établissement de la NIGELEC ;
- La recapitalisation de la NIGELEC car depuis 1987 son capital est resté fixe pour une valeur de 3 356 millions de FCFA, afin de permettre à la NIGELEC de mobiliser les ressources nécessaires pour le financement de ses besoins;
- La poursuite de la dotation en moyens de production à la NIGELEC, notamment la finition de la centrale de GOUROU BANDA, la réalisation de la centrale hydroélectrique dénommé KANDADJI et la centrale thermique à charbon dénommé SALKADAMNA ;
- L'adoption et la mise en vigueur urgente d'une loi portant sur la maîtrise de la demande d'énergie (MDE) et mettre les moyens nécessaire afin d'atteindre l'objectif visé, il s'agit entre autres de :
 - L'intégration en masse de l'énergie renouvelable (Enr), en détaxant l'ensemble des équipements solaires ;
 - L'interdiction de l'importation et de la commercialisation des équipements électroménagers à très faible rendement, par exemple les lampes à incandescence ;

- L'adoption et la mise en vigueur urgente d'une loi obligeant le secteur énergivore à procéder à un audit énergétique afin de faire une économie d'énergie;
 - L'adoption et la mise en vigueur urgente d'une loi sur la facturation nette d'énergie renouvelable qui permet de gratifier l'excédent d'énergie injecté sur le réseau.
- A l'endroit de la NIGELEC d'introduire dans son plan de fonctionnement :
- Les programmes de leadership public qui consiste à développer des pratiques publiques dans le but de changer le comportement des acteurs ;
 - Les programmes de feedback de consommation qui consiste à fournir des informations détaillées liées à la consommation de l'énergie des utilisateurs ;
 - Une politique qualité de fourniture, qui consiste à se donner des directives relatives à la qualité de la fourniture ;
 - La formation du personnel exploitant sur les équipements qu'ils utilisent afin de donner le meilleur d'eux. La planification de la formation des ingénieurs sur l'ensemble des moyens de production et des équipements de la société.

Bibliographie/Webographie

- [1]. Plan d'affaire de la NIGELEC, (2015).
- [2]. Plan urbain de référence de la ville de Niamey, (Janvier 2009).
- [3]. Annuaire statistique de l'Institut National de la Statistique, (Novembre 2014).
- [4]. Recensement général de la population et de l'habitat, (2012).
- [5]. Système d'information d'énergie du Ministère de l'énergie du NIGER, (SIE-2006).
- [6]. Rapport de la direction de distribution et de marketing (DDM-2001).
- [7]. 36 dictionnaires et recueils de correspondance, (Août 2004).
- [8]. Annuaire statistique de l'Institut National de la Statistique, (2001).
- [9]. PHILIPPE Marier ingénieur-MBA, Prévision de la demande, Université Laval Québec, FORAC.
- [10]. Description physique du réseau public, Electricité Réseau Distribution France (2008).
- [11]. HALILOU KANE Amadou (décembre 2010), Elaboration du schéma directeur du réseau de distribution électrique de la ville de Niamey.
- [12]. Bilan prévisionnel TAHITI, (Avril 2009).
- [13]. Maitrise de l'énergie et développement durable, Globale Chance (Novembre 2002).
- [14]. Philippe CARRIVE, réseau de distribution, structure et planification, techniques de l'ingénieur, traité Génie électrique.

Sites internet

- [15]. <http://www.nigelec.ne>
- [16]. <http://www.ins.ne>

ANNEXE

Annexe 1: Localisation de la zone d'étude

