

AMELIORATION DE LA CAPACITE D'EVACUATION D'ENERGIE DU RESEAU DE REPARTITION HAUTE TENSION DE LA VILLE DE NIAMEY

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER EN GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE
OPTION : RESEAU ELECTRIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 17/01/2019 par

HAROUNA WALI Souleymane (n° 20150387)

Encadrant 2iE : M. Justin BASSOLE
Enseignant au département Génie Electrique, Energétique et Industriel 2iE

Maître de stage : M. LIMAN Gamadadi
Directeur des Etudes et de l'Ingénierie à la NIGELEC

Structure d'accueil du stage : Société Nigérienne d'Electricité (NIGELEC)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Moussa SORO

Membres : Ahmed ZONGO

Justin BASSOLE

Promotion [2018/2019]

Dédicace

Je dédie ce modeste mémoire à toute la famille Wali pour le soutien moral et financier qu'elle a bien voulu m'accorder. Qu'elle trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude.

Citation

« Le travail est indispensable au bonheur de l'homme, il l'élève, il le console, et peu importe la nature du travail, pourvu qu'il profite à quelqu'un. Faire ce qu'on peut, c'est faire ce qu'on doit. » ALEXANDRE DUMAS FILS

Remerciements

J'exprime mes vifs remerciements à mon encadreur interne M. Justin BASSOLE, enseignant à 2iE, d'avoir encadré et dirigé ces travaux et surtout pour son expérience, son soutien inconditionnel ainsi que la confiance qu'il m'a accordé tout au long de ce mémoire.

Je remercie chaleureusement mon maître de stage, M. LIMAN Gamadadi, Directeur des études et de l'Ingénierie à la NIGELEC, qui malgré ses multiples sollicitations a bien voulu m'accepté en me proposant ce thème de mémoire et en me guidant pour le bon déroulement du présent travail. Je lui dis encore merci pour son enthousiasme et tous les précieux conseils et remarques qu'il m'a portés durant mon séjour.

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude au personnel aussi bien à 2iE qu'à la NIGELEC (docteurs, ingénieurs, techniciens, informaticiens, secrétaires, cuisiniers, gardiens et autres), pour leur gentillesse, leur aide, leur conseils et l'ambiance vécue tout au long de mon séjour.

Je remercie également, mes amis et l'ensemble des étudiants de 2iE, pour leurs soutiens, leurs encouragements constants et la patience dont ils ont su s'armer tout au long de ces années.

Je suis immensément reconnaissant à mes parents, qui m'ont soutenu tout au long de ma vie. Je leur dois beaucoup. Qu'ils trouvent dans ce manuscrit toute ma reconnaissance. Merci.

Résumé

L'expansion continue des réseaux de transport d'énergie montre les limites des capacités de transit des systèmes existants. Les gestionnaires de réseaux sont contraints d'exploiter le système au plus près de ses limites thermiques et dynamiques, voir même le recours au délestage, alors que les consommateurs sont de plus en plus exigeant quant à la qualité de l'énergie et la continuité de service. Ce document constitue le rapport de notre mémoire de fin d'étude effectué au sein de la NIGELEC dans l'objectif de faire une restructuration du réseau haute tension de la ville de Niamey, en vue d'améliorer la capacité d'évacuation d'énergie de ce réseau pour qu'il puisse satisfaire la demande de cette ville jusqu'à l'horizon 2030.

Pour cela, il fallait d'abord diagnostiquer ce réseau, faire une projection de la demande de cette ville, et proposer la solution convenable permettant de mieux répondre aux attentes de la NIGELEC. Et cela à travers des calculs d'écoulement de charge (des simulations avec NEPLAN) tout en tenant compte des grands projets prévus dans le cadre de la production à destination Niamey.

Nous avons vu que dans les années à venir, la demande de la ville de Niamey va plus que tripler en passant de 149 MW en 2017 à 527 MW en 2030.

Nous sommes aboutis à proposer dans un premier temps, un plan de développement de ce réseau sur la période 2019-2030. Puis dans un second temps, à proposer des mesures d'atténuation, de compensations ou de bonification aux différents impacts positifs et négatifs environnementaux et sociaux que ce projet peut engendrer dans toutes les phases de sa mise en œuvre. Et le coût estimatif de ce projet s'élève à 22, 4 milliards de FCFA.

Mots clés :

- 1- Transit**
- 2- Limite**
- 3- Restructuration,**
- 4- Calcul d'écoulement de charge**
- 5- Plan de développement**

Abstract

The continued expansion of energy transmission networks shows the limits of the transit capabilities of existing systems. The grid operators are forced to exploit the system as close as possible to its thermal and dynamic limits, or even the use of load shedding, while the consumers are more and more demanding about the quality of the energy and the continuity of service. This document constitutes the report of our end-of-study dissertation carried out within NIGELEC with the aim of restructuring the high voltage network of the city of Niamey, with a view to improving the energy evacuation capacity. of this network so that it can satisfy the demand of this city until 2030.

To do this, it was first necessary to diagnose this network, make a projection of the demand of this city, and propose the appropriate solution to better meet the expectations of NIGELEC. And this through load flow calculations (simulations with NEPLAN) while taking into account the large projects planned as part of the production destination Niamey.

We have seen that in the coming years, demand from the city of Niamey will more than triple from 149 MW in 2017 to 527 MW in 2030.

We were able to propose, as a first step, a development plan for this network over the period 2019-2030. Then, in a second step, to propose mitigation, compensation or improvement measures to the various positive and negative environmental and social impacts that this project can generate in all the phases of its implementation. And the estimated cost of this project is 22, 4 billion FCFA.

Key words :

- 1- Transit**
- 2- Boundary**
- 3- Restructuring**
- 4- Load flow calculation**
- 5- Development plan**

Liste des abréviations

2iE :	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
A :	Ampère
DEI :	Direction des Etudes et de l'Ingénierie
EIES :	Etude d'Impact Environnemental et Social
END :	Energie Non Distribuée
FCFA :	Franc des Colonies Françaises Africaines
HT :	Haute Tension
HTA :	Haute Tension catégorie A
HTB :	Haute Tension catégorie B
INS :	Institut National de la Statistique
JB :	Jeu de Barres
Km :	Kilomètre
kV :	Kilo Volt
kW :	Kilo Watt
MVA :	Méga Volt Ampère
MVA _r :	Méga Volt Ampère réactif
MW :	Méga Watt
NIGELEC :	Société Nigérienne d'Electricité
RGP/H	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
TCA :	Taux de Croissance Annuel
TCMA :	Taux de Croissance Moyen Annuel
WAPP	West African Power Pool

Table des matières

Dédicace	i
Citation	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Liste des abréviations	vi
Table des matières	vii
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	xi
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Présentation de la NIGELEC et de la zone d'étude	3
I.1. Présentation de la NIGELEC.....	3
I.2. Présentation de la zone d'étude (ville de Niamey)	4
Chapitre II : Description du réseau électrique haute tension existant de la ville de Niamey	6
II.1. Les lignes électriques HTB existantes	6
II.2. Les transformateurs existants sur le réseau de Niamey	6
II.3. Les compensateurs existants sur le réseau HT de Niamey	7
II.4. Les postes sources de Niamey	7
Chapitre III : Situation de l'offre et estimation de la demande	9
III.1. Situation de l'offre	9
III.2. Etude de la demande de la ville de Niamey de 2018 à 2030	10
III.2.1. Méthode	10
III.2.2. Résultats.....	11
Chapitre IV : Calcul d'écoulement de charge	16
IV.1. Introduction partielle.....	16
IV.2. Critères techniques de fonctionnement	16

IV.3.	Modélisation du réseau électrique de répartition HT de la ville de Niamey.....	17
IV.4.	Mise en équation	20
IV.5.	Simulation	22
IV.5.1.	Méthode	22
IV.5.2.	Résultats.....	23
Chapitre V : Plan de développement du réseau haute tension de Niamey		24
V.1.	Analyse du comportement du réseau de Niamey en situation actuelle (2018).....	24
V.2.	Le réseau haute tension de Niamey en 2030 (plan cible)	26
V.3.	Le réseau haute tension de Niamey en 2019	32
V.4.	Le réseau haute tension de Niamey en 2023	36
V.5.	Le réseau haute tension de Niamey en 2027	38
V.6.	Programme d'équipement.....	41
Chapitre VI : Evaluation des coûts : Investissements		43
VI.1.	Estimation budgétaire	43
VI.2.	Hypothèses des coûts	45
Chapitre VII : Etude d'impact environnemental et social.....		46
VII.1.	Introduction partielle.....	46
VII.2.	Cadre législatif régissant le projet.....	46
VII.3.	Analyse de l'état initial du site.....	47
VII.4.	Identification, évaluation et Analyse des impacts du projet	47
VII.5.	Mesures d'atténuation, de compensation ou de bonification.....	51
VII.6.	Conclusion partiel	56
Conclusion générale et perspectives.....		57
Bibliographie		59
Annexes		61

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des lignes du réseau HTB de Niamey [2].....	6
Tableau 2 : Caractéristiques électriques des transformateurs utilisés sur le réseau HT de Niamey [2]	7
Tableau 3 : Caractéristiques des compensateurs utilisés sur le réseau NIGELEC de Niamey [2]	7
Tableau 4 : Situation actuelle du parc de production et importation de la ville de Niamey [2].	9
Tableau 5 : Taux de croissance annuel de la puissance de pointe demandée par la ville [5]...	11
Tableau 6 : Prévision de la demande de la ville de Niamey (sans les projets spéciaux).....	12
Tableau 7 : Prévision de la demande de la ville de Niamey (avec les projets spéciaux)	13
Tableau 8: Demande au niveau des postes sources à l'année 2017 [6].....	14
Tableau 9: Prévision de la puissance de pointe demandée au niveau des postes sur la période d'étude.....	15
Tableau 10 : Répartition de la pointe sur les postes sources de Niamey en 2018.....	24
Tableau 11 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2018	24
Tableau 12 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2018 (situation N-1).....	25
Tableau 13 : Répartition de la pointe sur les postes sources en 2030 (avant restructuration)..	26
Tableau 14 : Répartition de la pointe sur les postes sources en 2030 (après restructuration)..	27
Tableau 15 : Puissances à installer dans les postes sources à l'horizon 2030 (situation normale)	28
Tableau 16 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2030	29
Tableau 17 : Compensation à prévoir à l'horizon 2030	30
Tableau 18 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2030 (situation N-1).....	30
Tableau 19 : Puissances à installer dans les postes sources à l'horizon 2030 (situation N-1).	31
Tableau 20 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2019.....	32
Tableau 21 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2019	33
Tableau 22 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2019 (situation N-1).....	34
Tableau 23 : Nouveaux emplacements des compensations existantes sur le réseau.....	35
Tableau 24 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2023.....	36
Tableau 25 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2023	36
Tableau 26 : Compensations à réaliser à l'horizon 2023	37
Tableau 27 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2023 (situation N-1).....	37
Tableau 28 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2027.....	38

Tableau 29 : Charge des nouveaux postes sources et postes sources existants déchargés en 2027	39
Tableau 30 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2027	39
Tableau 31 : Compensations à réaliser à l’horizon 2027	39
Tableau 32 : Cas d’indisponibilités les plus contraignants en 2027 (situation N-1).....	40
Tableau 33 : Récapitulatif du programme d’équipement dans le cadre du développement du réseau haute tension de Niamey sur la période 2019-2030	41
Tableau 34 : Investissements nécessaires et échéancier.....	43
Tableau 35 : Budget estimatif de l’investissement en 2019	43
Tableau 36 : Budget estimatif de l’investissement en 2023	44
Tableau 37 : Budget estimatif de l’investissement en 2027	44
Tableau 38 : Budget estimatif de l’investissement en 2030	45
Tableau 39 : Matrice d’interrelation (Matrice de Léopold)	48
Tableau 40 : Evaluation de l’importance des impacts du projet (matrice de Fecteau)	49
Tableau 41 : Récapitulatif des impacts-Phase préparation/construction.....	50
Tableau 42 : Récapitulatif des impacts-Phase préparation/construction.....	51
Tableau 43 : Récapitulatif des impacts et mesures	52

Liste des figures

Figure 1 : localisation de la ville de Niamey sur la carte administrative du Niger	5
Figure 2 : Schéma synoptique du réseau HTB de Niamey en 2018.....	8
Figure 3 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2004-2017	12
Figure 4 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2018-2030.....	13
Figure 5 : Modélisation d'un générateur	18
Figure 6 : Modélisation d'une ligne par un schéma en π	18
Figure 7 : Modélisation d'un transformateur	19
Figure 8 : Modélisation d'une charge	19

Introduction générale

Contexte et problématique

Pour le développement d'un pays, le meilleur qu'il soit, c'est une bonne qualité d'énergie électrique ; sans énergie électrique une communauté ne peut prétendre à une certaine prospérité. L'énergie est nécessaire à toute activité humaine et indispensable à la satisfaction des besoins sociaux de base (eau, nourriture, santé, éducation, etc.) mais, également, pour assurer un minimum de développement économique. Pour le Niger, la problématique énergétique se situe dans un contexte qui relève des multiples exigences auxquelles le pays est confronté : croissance économique, ajustement structurel, dynamique démographique et la lutte contre la pauvreté de façon générale.

C'est pourquoi, la NIGELEC, Société Nigérienne d'Electricité, depuis les cinq dernières années, n'a cessé d'investir pour le développement de ses infrastructures avec l'appui des partenaires au développement. Dans la ville de Niamey qui est la capitale du Niger, les investissements ont porté sur la construction d'une centrale thermique diesel de 100 MW à Gorou Banda avec un poste 132/66/20 kV ; les extensions et les densifications des réseaux de distribution de la ville et localités environnantes.

Parallèlement, la demande en énergie électrique de cette ville a connu une augmentation très importante ces dernières années. Elle a atteint 149 MW en 2017. Et selon les prévisions, cette demande va plus que tripler pour atteindre 526 MW en 2030 (voir plus bas pour la prévision de la demande).

Or, le réseau de répartition haute tension de la ville de Niamey est composé de deux lignes 66 kV, d'une ligne 132 kV et de quatre postes HTB/HTA. Les trois lignes relient les quatre postes pour former une boucle. Cette boucle présente des niveaux de tension, des structures et des types de conducteurs disparates, d'où sa capacité de transit n'est pas uniforme. Les sections de plus faibles capacité peuvent rapidement constituer des goulots d'étranglement, au fur et à mesure que la demande en énergie électrique de Niamey augmente.

Cette structure actuelle du réseau haute tension de Niamey ne peut plus assurer de manière convenable l'évacuation de l'énergie électrique pour satisfaire la demande, du fait des goulots d'étranglement présents sur ce réseau. Pour cela, le renforcement de ce réseau s'avère nécessaire.

Pour réhabiliter et renforcer ledit réseau il faudra considérer les difficultés de plus en plus croissantes, pour de raisons environnementales, à obtenir de nouveaux couloirs de lignes et de nouveaux espaces pour des postes. Pour ce faire, il faudra privilégier l'utilisation systématique

des couloirs de lignes et de poste existants avec une plus grande densité de puissance. Ceci se traduira par l'augmentation de puissance dans les postes, le remplacement des lignes simples terre en double terre et la construction de nouvelles lignes haute tension, la construction des lignes souterraines.

C'est à cette problématique que nous allons tenter de trouver de solutions à travers ce présent travail sur le thème qui nous a été confié : « **Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension de la ville de Niamey** ».

Objectif du projet

Objectif global

L'objectif global de ce projet est de proposer une restructuration et un renforcement du réseau de répartition de la ville de Niamey afin de satisfaire la demande à l'horizon 2030 tout en minimisant les pertes et en améliorant la fiabilité de la fourniture. Il s'agit donc de doter la NIGELEC d'une vision à court, moyen et long terme de développement du réseau électrique haute tension de Niamey en proposant un plan de développement permettant d'améliorer de façon significative le taux de desserte au moindre coût, et avec une qualité de service satisfaisante sur une période d'étude de 12 ans.

Objectifs spécifiques

Cet objectif global se décline en objectifs spécifiques consistant à :

- ✓ Eliminer les goulots d'étranglement dans le réseau de répartition de Niamey ;
- ✓ Augmenter les capacités d'évacuation des puissances disponibles et à venir ;
- ✓ Proposer un plan de développement du réseau de répartition à l'horizon 2030 ;

Plan

Le plan que nous allons suivre pour atteindre les objectifs fixés, outre la présente introduction, est la suivante :

- ✓ Présenter la structure d'accueil et la zone d'étude ;
- ✓ Décrire le réseau existant ;
- ✓ Donner la situation de l'offre et faire une prévision de la demande ;
- ✓ Faire le calcul d'écoulement de puissance ;
- ✓ Proposer un plan de développement du réseau ;
- ✓ Faire une estimation des coûts ;
- ✓ Et enfin, faire une étude d'impact environnemental et social.

Chapitre I : Présentation de la NIGELEC et de la zone d'étude

I.1. Présentation de la NIGELEC

La NIGELEC (Société Nigérienne d'Electricité) est une société anonyme d'économie mixte au capital de 76 648 870 000 francs CFA détenu à 94,65% par l'Etat du Niger. Elle a pour mission la production, l'achat, l'importation, le transport et la distribution de l'énergie électrique sur tout le territoire de la République du Niger qu'elle exerce sous un régime de concession.

A ce titre, la NIGELEC est chargée de l'approvisionnement du pays en énergie électrique conformément aux textes en vigueur et suivant un traité de concession signé le 3 Mars 1993 entre elle et l'Etat qui définit les obligations réciproques des deux parties : l'Etat a la charge de réaliser tous les investissements d'électrification de nouveaux centres ; la NIGELEC a pour obligation d'exploiter, entretenir et renouveler les ouvrages électriques concédés. 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.

L'électricité est vendue à un tarif fixé par décret pris en conseil des ministres et établi selon une péréquation nationale.

Organisation

La NIGELEC est une société avec un Conseil d'Administration qui confère des pouvoirs au Directeur Général pour l'accomplissement de sa mission de définition et de pilotage de la stratégie de l'entreprise. Le Directeur Général est nommé par décret pris en Conseil des Ministres, sur proposition du Ministre de tutelle (MEP). Sous la hiérarchie de ce dernier se trouve notamment le Secrétariat Général et l'Audit et Contrôle de Gestion.

Le Secrétariat Général coiffe plusieurs directions appelées directions centrales et d'autres structures. Ces directions centrales sont au nombre de sept (07) :

- ✓ La Direction de Ressources Humaines ;
- ✓ La Direction Comptable et Financière ;
- ✓ La Direction du Patrimoine et des Affaires Générales ;
- ✓ La Direction Informatique ;
- ✓ La Direction des Etudes et de l'Ingénierie ;
- ✓ La Direction de la Distribution et du Marketing ; et
- ✓ La Direction de la Production et du Transport

Dans leur structure générale, elles sont constituées de services qui sont constitués à leur tour de divisions, elles-mêmes composées de sections. En plus de cette composition, huit (08) Directions Régionales sont rattachées à la Direction de la Distribution et du Marketing.

Ci-dessous la missions et attributions de la Direction des Etudes et de l'Ingénierie (DEI) dans laquelle nous avons effectué notre stage.

Mission et attributions de la DEI

Mission

Assurer la planification stratégique du développement de la société et assurer la maîtrise d'œuvre des projets d'équipements.

Attributions

- ✓ Etudier la demande d'énergie électrique et prévoir les moyens de sa couverture ;
- ✓ Etablir le plan d'affaires (budgets d'investissement annuel et pluriannuel, plan directeur de développement) ;
- ✓ Réaliser les études de faisabilité des projets afin d'établir les divers dossiers de financement, d'appel d'offres et d'exécution ;
- ✓ Initier et conduire les dossiers de recherche de financement des projets ;
- ✓ Elaborer les procédures, les dossiers de prescriptions administratives et techniques ;
- ✓ Veiller au suivi des études et des projets confiés aux cabinets externes ;
- ✓ Préparer les études et les négociations tarifaires ;
- ✓ Coordonner et gérer les plans de financement des investissements et les dossiers d'emprunts ;
- ✓ Assurer l'interface entre la société et les partenaires extérieurs de financement et au développement ;
- ✓ Effectuer toutes études de conception et de réalisation des ouvrages neufs de production, de transport, de distribution et de génie civil ;
- ✓ Contrôler et assurer la surveillance et la réception des ouvrages ;
- ✓ Proposer des procédures d'habilitation, normalisation et standardisation des procédés, du matériel et des équipements de technologie nouvelle dans tous les domaines ;
- ✓ Veiller au respect du Code de l'électricité.

Voir annexe 1 pour l'organigramme de la NIGELEC.

I.2. Présentation de la zone d'étude (ville de Niamey)

La région de Niamey est située dans la partie Sud-ouest du Niger entre les latitudes 13°35' et 13°24' Sud et les longitudes 2°15' Est. Son altitude est comprise entre 160 m et 250 m et ses limites administratives s'étendent sur 552,27 km² dont environ 185 km² de superficie urbanisée. Selon le dernier RGP/H 2012, la région de Niamey totalise une population de 1 026 848 habitants dont 511 166 hommes et 515 682 femmes répartis dans les cinq (5) arrondissements

communaux qui la composent. L'évolution de la population est très remarquable avec un taux de croissance annuel de l'ordre de 7,3% [1]. La région de Niamey présente un climat de type sahélo-soudanien avec une forte variabilité temporelle et spatiale du régime pluviométrique. Au plan pédologique, on distingue trois types de sols à savoir les sols cuirassés des plateaux, les sols à texture sableuse et les sols hydromorphes localisés dans la vallée du fleuve Niger. La végétation de la ville de Niamey est constituée d'une végétation naturelle à l'état disséminé et d'une végétation artificielle appréciable qui fait de la ville l'une des plus boisées des chefs-lieux des régions du Niger. La figure ci-dessous présente la localisation de cette ville sur la carte administrative du Niger.



Figure 1 : localisation de la ville de Niamey sur la carte administrative du Niger

Le chapitre qui suit décrit le réseau électrique haute tension existant de la ville de Niamey.

Chapitre II : Description du réseau électrique haute tension existant de la ville de Niamey

Le réseau de répartition haute tension de la ville de Niamey est composé de deux lignes 66 kV, d'une ligne 132 kV et de quatre postes HTB/HTA. Les trois lignes relient les quatre postes pour former une boucle. Ci-dessous la description de ce réseau.

II.1. Les lignes électriques HTB existantes

Les lignes électriques HTB constituantes du réseau de Niamey sont toutes de type aérienne, de structure en double et simple terne. Les conducteurs utilisés sont de nature et de section différentes. Le tableau suivant donne les caractéristiques de ces lignes.

Tableau 1 : Caractéristiques des lignes du réseau HTB de Niamey [2]

Tronçon	Tension (kV)	Longueur (km)	Structure	Conducteur	Capacité (MVA)
Gorou Banda-Niamey 2	132	10	132 kV double terne, un terne équipé	291 mm ² JLX/G1A-250/40 (deux conducteurs par phase)	126
Gorou Banda Centrale- Poste Gorou banda	132	1	132 kV double terne équipé	291 mm ² JLX/G1A-250/40 (deux conducteurs par phase)	2x126
Gorou Banda-Rive Droite	66	9	132 kV double terne, un terne équipé et exploité en 66 kV	291 mm ² JLX/G1A-250/40	63
Rive Droite-Goudel	66	8,8	66 kV simple terne	AACSR 147 mm ²	31
Goudel-Niamey Nord	66	4	66 kV double terne	AAC Aster 117 mm ²	2x29
Niamey Nord-Niamey 2	66	13	66 kV double terne	AAC Aster 117 mm ²	2x29

Voir annexe 2 pour le reste des caractéristiques de ces lignes.

II.2. Les transformateurs existants sur le réseau de Niamey

Les transformateurs utilisés sur le réseau HT de Niamey sont de divers types et leur caractéristiques électriques sont décrites dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Caractéristiques électriques des transformateurs utilisés sur le réseau HT de Niamey [2]

Postes	JB connectés		Valeurs nominales			UCC (%)
	Origine	Destination	Sn (MVA)	U1n (kV)	U2n (kV)	
Goudel	Goudel_66	NyGdel_20	30	66	20	10,4
	Goudel_66	NyGdel_20	30	66	20	10,4
	Goudel_20	JdBPC4-1_Gdl	16	20	5,65	6,01
Niamey 2	Ny2_132	Ny2_66	50	132	66	11,16
	Ny2_132	Ny2_20	40	132	20	9,02
	Ny2_132	Ny2_20	40	132	20	9,02
	Ny2_132	Ny3_20	30	132	20	10,4
Niamey Nord	NyN_66	NyN_20	20	66	20	9
	NyN_66	NyN_20	10	66	20	7,99
Poste de Gorou Banda	PGB_132	PGB_66	63	132	66	11,14
	PGB_132	PGB_66	63	132	66	11,14
	PGB_66	PGB_20	30	66	20	10,4
Centrale de Gorou Banda	CGB_11	CGB_132	53	132	11	9,02
	CGB_11	CGB_132	53	132	11	9,02

II.3. Les compensateurs existants sur le réseau HT de Niamey

Sur le réseau électrique de Niamey, il existe des compensateurs dont leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Caractéristiques des compensateurs utilisés sur le réseau NIGELEC de Niamey [2]

Postes	Nom équip.	Jeu de Barres	Un (kV)	Qn (MVar)
Goudel	Condo Gdel	NyGdel_20	20	3,7
Niamey 2	CondoNy2-1	Ny2_20	20	5
	CondoNy2-2	Ny2_20	20	5
Niamey 3	CondoNy3-1	Ny2_20kv shunt	20	8
	CondoNy3-2	Ny2_20kv shunt	20	4
	CondoNy3-3	Ny2_20kv shunt	20	8
	CondoNy3-4	Ny2_20kv shunt	20	8
Poste Goroubanda	Condo PGB 1	PGB_66	66	15
	Condo PGB 2	PGB_66	66	15

II.4. Les postes sources de Niamey

Pour la desserte de la ville de Niamey, la NIGELEC exploite quatre postes-sources raccordés aux réseaux de distribution (20 kV) et/ou de transport (132 kV, 66 kV) : Niamey 2, Goudel, Niamey Nord et Gorou Banda. Un poste-source est équipé, de transformateurs de puissance HTB/HTA, qui débitent sur des tableaux HTA dont le rôle est de répartir la puissance disponible du poste à travers des départs dans le réseau de distribution dans le rayon d'action du dit poste

[3] . Le nombre de transformateurs et leurs capacités que contient chaque poste a été donné plus haut dans le tableau 2.

Ci-dessous le schéma synoptique du réseau haute tension (HTB) de la ville de Niamey.

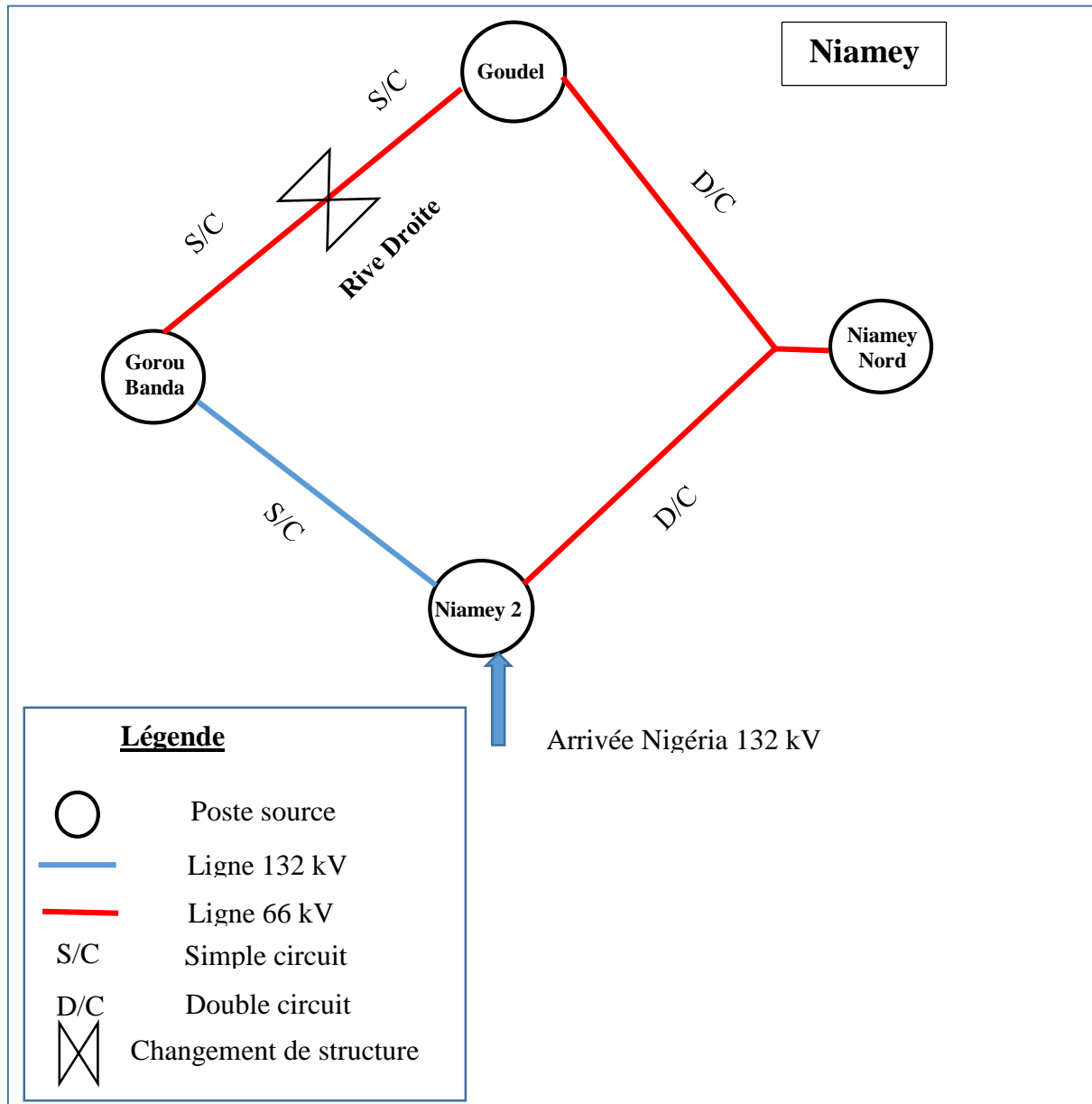


Figure 2 : Schéma synoptique du réseau HTB de Niamey en 2018

Après avoir décrit le réseau HTB existant de la ville de Niamey, voyons maintenant la situation de l'offre et de la demande en énergie électrique de cette ville. Comme notre étude porte sur la période 2018-2030, nous allons faire la situation actuelle de l'offre et de la demande, décrire les projets en cours dans le cadre l'offre et faire une estimation de la demande sur cette période.

Chapitre III : Situation de l'offre et estimation de la demande

III.1. Situation de l'offre

III.1.1. La situation actuelle

Actuellement, l'alimentation en énergie électrique de la ville de Niamey provient essentiellement des importations du Nigéria et de la production locale. L'injection de l'arrivée Nigéria se fait au niveau du site de NIAMEY 2. Quant à la production locale, la ville dispose de deux sites qui sont : GOUDEL ET GOROU BANDA.

Le tableau ci-dessous donne un aperçu sur les moyens d'approvisionnement en énergie électrique existants de la ville de Niamey.

Tableau 4 : Situation actuelle du parc de production et importation de la ville de Niamey [2]

Centrale	Sn installée (MVA)	P disponible (MW)
Gorou Banda	100	80
Goudel	16	9
Total production locale	116	89
Arrivée Nigéria	85	80
Total	201	169

III.1.2. Les projets en cours

Pour les années à venir les projets suivants sont en cours ou en cours de préparation :

- ✓ Construction d'une centrale thermique à charbon de Salkadamna (capacité 200 MW extensible à 600 MW) avec une ligne d'évacuation d'énergie double terne 330 kV Salkadamna-Niamey, dont la mise en service est prévue en 2023 ;
- ✓ Construction d'une centrale hydroélectrique de Kandadji (capacité 130 MW) avec une ligne double terne 132 kV Kandadji-Niamey pour l'évacuation de l'énergie, dont la mise en service est prévue en 2021 ;
- ✓ Construction d'une centrale solaire de 30 MWc sur le site de Gorou Banda (à Niamey), dont la mise en service est prévue en 2020 ;
- ✓ Construction d'une ligne double terne 330 kV Birnin Kebbi-Niamey-ouagadougou avec une bretelle Zabori-Malanville (Bénin), dont la mise en service est prévue en 2023.

NB : Nous n'avons cité que les projets qui concernent la ville de Niamey dans le cadre de l'offre en énergie électrique.

III.2. Etude de la demande de la ville de Niamey de 2018 à 2030

III.2.1. Méthode

Pour analyser ce réseau électrique, il est indispensable d'avoir connaissance de la demande totale sur les années de la période d'étude (2018-2030) ainsi que sa répartition géographique. Car c'est cette étape qui permet de déterminer l'évolution de la charge, qui va prédisposer de l'apparition ou non de contraintes sur le réseau.

Pour cela, nous allons d'abord faire une étude de la demande sur l'ensemble du réseau HTB de la ville de Niamey de façon globale et ensuite par poste source.

A partir des données historiques de cette demande, nous déterminons le taux de croissance moyen annuel qui est lui-même déduit en connaissant les différents taux de croissance annuels des années antérieures. Puis nous donnons une estimation de la demande sur la période d'étude. Ensuite, cette demande est corrigée en ajoutant la demande des projets spéciaux notamment la création d'une usine de métallurgie (qui sera mis en service en 2020), la construction des hôtels (hôtel Radisson Blu, BRAVIA hôtel, hôtel LOOM, etc.) pour la conférence de l'Union Africaine qui aura lieu en Juillet 2019, etc. Ce qui nous permet d'avoir la demande projetée de la ville de Niamey de 2018 à 2030.

Pour la prévision de charge des postes sources, la procédure est la suivante :

La pointe de charge projetée du poste source est obtenue en multipliant la pointe de la ville de Niamey par la contribution à la pointe du poste.

Ci-dessous les formules utilisées à cet effet :

Détermination du taux de croissance moyen annuel de la puissance de pointe demandée par la ville.

Le taux de croissance moyen annuel de puissance est déterminé par la relation (1)

$$\tau_{moy} = 100 * \left(\frac{\sum_{2004}^{2017} \tau_j}{n} \right) \quad [4] \quad (1)$$

Avec

τ_{moy} : Taux de croissance moyen annuel de la puissance de pointe ;

τ_j : Croissance annuelle de la puissance de pointe en année j ;

n : Nombre d'années

La croissance annuelle de pointe en année j est déterminée par la formule (2)

$$\tau_j = \frac{P_{Ny(j)} - P_{Ny(j-1)}}{P_{Ny(j-1)}} \quad [4] \quad (2)$$

Avec

$P_{Ny(j)}$: Puissance maximale (Niamey) en année j ;

$P_{Ny(j-1)}$: Puissance maximale (Niamey) en année j-1

Détermination de la puissance de pointe demandée par la ville à l'horizon 2030

La puissance de pointe en année j+1 connaissant celle de l'année j et le taux de croissance annuel est déterminée à partir de la relation (3).

$$P_{Ny(j+1)} = P_{Ny(j)} * (1 + \tau_{moy}) \quad (3)$$

Avec

$P_{Ny(j+1)}$: Puissance de pointe (Niamey) en année j+1 ;

$P_{Ny(j)}$: Puissance de pointe (Niamey) en année j (année de référence).

Par itération, nous obtenons la formule (4)

$$P_{Ny(j+n)} = P_{Ny(j)} * (1 + \tau_{moy})^n \quad (4)$$

Contribution à la pointe des postes sources

$$Contribution (poste) = \frac{Pointe \text{ du poste à l'année de référence}}{Pointe \text{ totale de la ville à l'année de référence}} \quad (5)$$

III.2.2. Résultats

Taux de croissance moyen annuel de la puissance de pointe demandée par la ville.

L'utilisation des relations (2) et (1) nous donne les résultats consignés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Taux de croissance annuel de la puissance de pointe demandée par la ville [5]

Année	Pointe (MW)	TCA	TCMA
2004	46,8		9,4%
2005	50,7	8,3%	
2006	57,1	12,6%	
2007	64,1	12,3%	
2008	67,4	5,1%	
2009	71,1	5,5%	
2010	76,2	7,2%	
2011	83,5	9,6%	
2012	97,3	16,5%	
2013	101,2	4,0%	
2014	111,6	10,3%	
2015	127	13,8%	
2016	136,2	7,2%	
2017	149,4	9,7%	

Ainsi, d'après ce tableau, le taux de croissance moyen annuel de la puissance de pointe est de 9,4%. La figure ci-dessous nous permet de visualiser cette évolution.

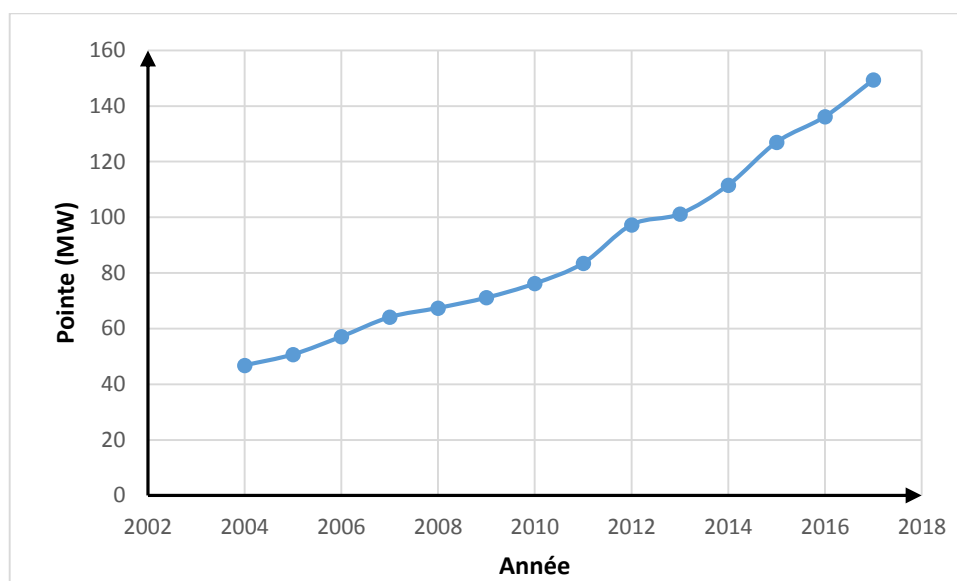


Figure 3 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2004-2017

A l'examen de la figure 3, nous remarquons que la puissance maximale mesurée est en constante croissance de 2004 à 2017.

Prévision de la puissance de pointe demandée par la ville sur la période 2018-2030

Avant ajustement (c'est-à-dire avec un TCMA de 9,4%) :

L'application de la relation (4) nous donne les résultats suivants :

Tableau 6 : Prévision de la demande de la ville de Niamey (sans les projets spéciaux)

Année	n (nombre d'années)	TCMA	Pointe (MW)
2017		9,4%	149,4
2018	1		163,4
2019	2		178,8
2020	3		195,6
2021	4		214,0
2022	5		234,1
2023	6		256,1
2024	7		280,1
2025	8		306,5
2026	9		335,3
2027	10		366,8
2028	11		401,2
2029	12		438,9
2030	13	480,2	

La figure ci-dessous nous permet de visualiser cette évolution.

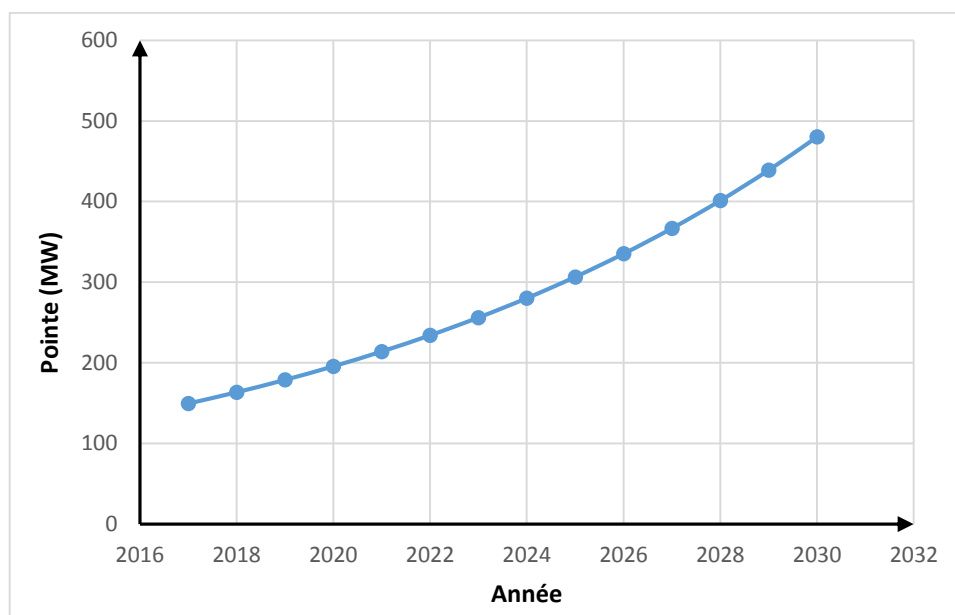


Figure 4 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2018-2030

Après ajustement (avec les projets spéciaux) :

En appliquant la relation (3) on obtient :

Tableau 7 : Prévission de la demande de la ville de Niamey (avec les projets spéciaux)

Année	Pointe avant ajustement (MW)	Puissance d'ajustement due aux projets de type 1 (MW)	Puissance d'ajustement due aux projets de type 2 (MW)	Pointe après ajustement (MW)
2017	149,4			149,4
2018	163,4			163,4
2019	178,8	4,1	6,5	189,4
2020	195,6	10,1	21,5	227,2
2021	214,0	18,7	24,5	257,2
2022	234,1	21,3	24,5	279,9
2023	256,1	22,1	24,5	302,7
2024	280,1	22,1	24,5	326,7
2025	306,5	22,1	24,5	353,0
2026	335,3	22,1	24,5	381,8
2027	366,8	22,1	24,5	413,3
2028	401,2	22,1	24,5	447,8
2029	438,9	22,1	24,5	485,5
2030	480,2	22,1	24,5	526,7

Voir annexe 3 pour plus de détails.

Prévision de la puissance de pointe demandée au niveau des postes sources

Demande au niveau des postes sources à l'année 2017

Le tableau ci-dessous donne la demande au niveau des postes sources à l'année 2017.

Tableau 8: Demande au niveau des postes sources à l'année 2017 [6]

Poste	JB	2017
Niamey 2	JB_20 kV	54,0
	Total	54,0
Niamey Nord	JB_20 kV T1	17,4
	JB_20 kV T2	8,0
	Total	25,4
Goudel	JB_20 kV	44,0
	JB_66 kV	6,0
	Total	50,0
Gorou banda	JB_20 kV	18,0
	JB_66 kV	2,0
	Total	20,0
Total Niamey		149,4

Répartition de charge par poste sur la période d'étude

Le tableau suivant donne la répartition de charge par poste sur la période d'étude

Tableau 9: Prévission de la puissance de pointe demandée au niveau des postes sur la période d'étude

Année		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Pointe Niamey (MW)		149,4	163,4	189,4	227,2	257,2	279,9	302,7	326,7	353,0	381,8	413,3	447,8	485,5	526,7	
Jeux de barres		%Pointe	Répartition de charge P (MW)													
Niamey 2	JB_20 kV	36,14%	54,0	59,1	68,4	82,1	93,0	101,2	109,4	118,1	127,6	138,0	149,4	161,9	175,5	190,4
	Total	36,14%	54,0	59,1	68,4	82,1	93,0	101,2	109,4	118,1	127,6	138,0	149,4	161,9	175,5	190,4
Goudel	JB_20 kV	29,45%	44,0	48,1	55,8	66,9	75,8	82,4	89,1	96,2	104,0	112,5	121,7	131,9	143,0	155,1
	JB_66 kV	4,02%	6,0	6,6	7,6	9,1	10,3	11,2	12,2	13,1	14,2	15,3	16,6	18,0	19,5	21,2
	Total	33,47%	50,0	54,7	63,4	76,0	86,1	93,7	101,3	109,3	118,2	127,8	138,3	149,9	162,5	176,3
Niamey Nord	JB_20 kV T1	11,65%	17,4	19,0	22,1	26,5	30,0	32,6	35,2	38,1	41,1	44,5	48,1	52,2	56,5	61,3
	JB_20 kV T2	5,35%	8,0	8,8	10,1	12,2	13,8	15,0	16,2	17,5	18,9	20,4	22,1	24,0	26,0	28,2
	Total	17,00%	25,4	27,8	32,2	38,6	43,7	47,6	51,5	55,5	60,0	64,9	70,3	76,1	82,5	89,6
Gorou banda	JB_20 kV	12,05%	18,0	19,7	22,8	27,4	31,0	33,7	36,5	39,4	42,5	46,0	49,8	54,0	58,5	63,5
	JB_66 kV	1,34%	2,0	2,2	2,5	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,1
	Total	13,39%	20,0	21,9	25,3	30,4	34,4	37,5	40,5	43,7	47,3	51,1	55,3	59,9	65,0	70,5

Après cette étude de la demande, voyons à présent le calcul d'écoulement de charge.

Chapitre IV : Calcul d'écoulement de charge

IV.1. Introduction partielle

Ce calcul a pour but de déterminer les conditions de fonctionnement d'un réseau en régime permanent équilibré. Cette étude sert de base aussi bien en planification qu'en exploitation (conduite et gestion prévisionnelle). Les résultats obtenus sont en effet utilisés pour les calculs d'analyse de sécurité, d'optimisation ou calculs de stabilité et ils constitueront l'outil d'aide aux planificateurs. Il nous permet de déterminer l'état électrique complet du réseau, à savoir les tensions à tous les nœuds, les transits de puissance dans toutes les branches, les pertes, à partir des consommations et des productions spécifiées en ses nœuds. On utilise couramment la terminologie anglo-saxonne "load-flow" ou "power-flow" [7].

Le load flow a pour objectifs entre autres :

- ✓ D'évaluer les conséquences d'une manœuvre (analyse de sécurité) charge des lignes, chute de tension ;
- ✓ De déterminer à l'avance un programme de production pour les centrales de sorte à optimiser certains critères (pertes, marges d'exploitation) ;
- ✓ D'évaluer différentes variantes d'extension du réseau (nouvelle ligne, nouveau poste de transformation) ;

Ces calculs de 'load flow' sont établis aussi bien à l'état normal de fonctionnement du réseau qu'à l'état perturbé, considéré avoir lieu à la suite d'un incident. Généralement l'étude des incidents se fait par application de la règle connue sous l'appellation règle 'N-1' qui consiste à supposer que tous les ouvrages sont en fonctionnement normal sauf un seul ouvrage supposé indisponible à la suite d'un incident.

L'objet de l'étude statique est d'analyser le fonctionnement des réseaux en régime établi (c'est-à-dire en régime stabilisé ou non transitoire), pour la période allant de 2018 jusqu'en 2030 et ce, en situation normale et en situation perturbée ('N-1'), lors de la période de la pointe de l'année.

La méthode que nous allons suivre pour arriver aux résultats de ces calculs consiste tout d'abord à définir les critères techniques de fonctionnement, à modéliser notre réseau électrique, puis faire la mise en équation et enfin le simuler.

IV.2. Critères techniques de fonctionnement

Les critères suivants sont utilisés pour définir les limites de performance permises, en condition normale d'exploitation et en condition de contingence ('N-1').

Horizon d'étude

Les composants sont à concevoir pour répondre à la charge escomptée à l'horizon prévu. L'étude de réseau est réalisée pour les étapes d'extension 2018 à 2030.

Composants standard

Pour limiter les coûts d'exploitation et de maintenance, les composants du réseau devraient être standardisés au sein du réseau.

C'est pourquoi, lorsqu'une extension de réseau impliquant l'installation de nouveaux équipements est nécessaire pour répondre aux critères de planification, il est préférable d'utiliser le même type d'équipements que ceux déjà en service.

Critères statiques

Situation normale

En situation normale, les critères de fonctionnement sont les suivants :

- ✓ **Limite de la tension** : la tension de l'ensemble des nœuds doit être à l'intérieur d'une plage admissible de $\pm 5\%$ de U_n ;
- ✓ **Limite de transit** : en régime normal de fonctionnement, le transit ne doit pas dépasser la capacité nominale de l'ouvrage (lignes, transformateurs HTB/HTA) ;

Situation N-1

En situation perturbée (N-1), les limites de tension sont de $\pm 10\%$ de U_n .

Une surcharge de 20% sur les liaisons (lignes ou câbles) et les transformateurs par rapport à la capacité nominale de l'ouvrage est considérée acceptable [8].

IV.3. Modélisation du réseau électrique de répartition HT de la ville de Niamey

Modéliser un réseau électrique, c'est représenter chaque élément et toutes les interconnexions entre ces éléments, par les équations traduisant les comportements électrique, magnétique et mécanique [9]. Son but est d'adopter des modèles pratiques pour analyser et dimensionner le réseau électrique. Il faudrait alors concevoir des modèles pour les différentes composantes du réseau que sont : l'alternateur, la ligne électrique, le transformateur et les charges [10].

IV.3.1. Modélisation des générateurs (alternateurs)

Peu importe la nature de la centrale, le générateur est modélisé par une source de tension constante et représenté par une machine synchrone lors de la simulation. Il injecte sa puissance active P_G et celle réactive Q_G au niveau du nœud auquel il est connecté. C'est l'élément fondamental du réseau électrique car c'est lui qui assure la production de l'énergie électrique demandée par les consommateurs [11].

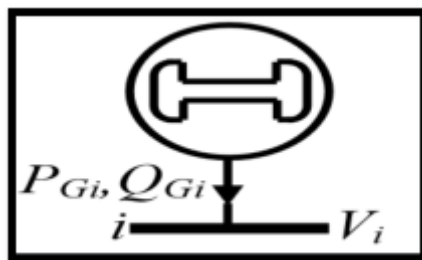


Figure 5 : Modélisation d'un générateur

IV.3.2. Modélisation des lignes

Le modèle mathématique d'une ligne aérienne ou souterraine peut, pour des longueurs de lignes pas trop élevées ($l \leq 100$ km) et à la fréquence du réseau, être représenté sous la forme d'un schéma 'π' (figure 2.2). Ce schéma en 'π' possède une impédance longitudinale comprenant la résistance linéique et la réactance linéique de la ligne et deux admittances transversales d'extrémité reprenant chacune la moitié de la susceptance totale. Ce schéma se met donc sous la forme [12] :

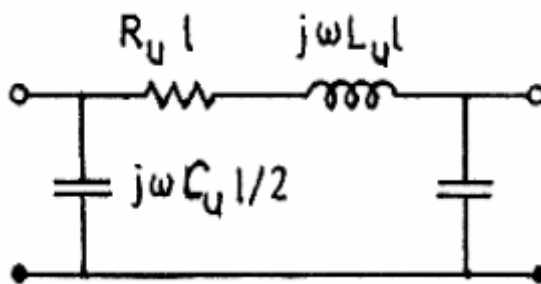


Figure 6 : Modélisation d'une ligne par un schéma en π

Où :

R_u est la résistance linéique de la ligne [Ω/m] ;

$X = \omega * L_u$ est la réactance longitudinale linéique de la ligne [Ω/m] ;

$Y/2 = \omega * C_u/2$ est l'admittance transversale linéique [$\mu S/m$] ;

L est la longueur de la ligne [m].

IV.3.3. Modélisation des transformateurs

A la fréquence du réseau (50 HZ), un transformateur est bien modélisé par un schéma équivalent monophasé faisant intervenir un transformateur idéal, des éléments en série (les résistances des enroulements primaire et secondaire et les inductances de fuites) et des éléments en parallèle (l'inductance de magnétisation et éventuellement une résistance modélisant les pertes "fer"). Ramené au même niveau de tension (primaire ou secondaire), ce schéma peut se réduire à un simple schéma en T. Ce schéma admet lui-même un équivalent en π [13].

Si nous négligeons les éléments en parallèle du schéma équivalent (ce qui est le cas pour la plupart des calculs de l'écoulement de charge), le schéma équivalent du transformateur, ramené au même niveau de tension, se réduit à une simple impédance "série" dont la résistance R représente la résistance totale des enroulements primaire et secondaire, et dont l'inductance L représente l'inductance totale entre enroulement primaire et enroulement secondaire.

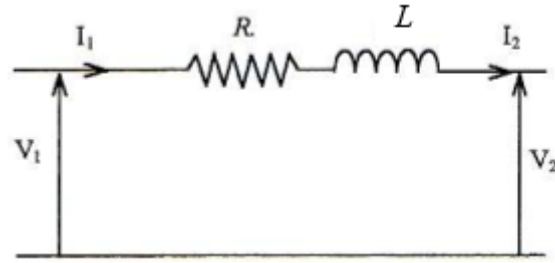


Figure 7 : Modélisation d'un transformateur

IV.3.4. Modélisation des charges

Les charges peuvent être modélisées en fonction des puissances actives P_L et réactives Q_L appelées et son admittance Y_L . [10]

$$Y_L = G_L - jB_L = \frac{P_L}{V^2} - j \frac{Q_L}{V^2} \quad (6)$$

Avec $G_L = \frac{P_L}{V^2}$ Représente la conductance

$B_L = \frac{Q_L}{V^2}$ Représente la susceptance

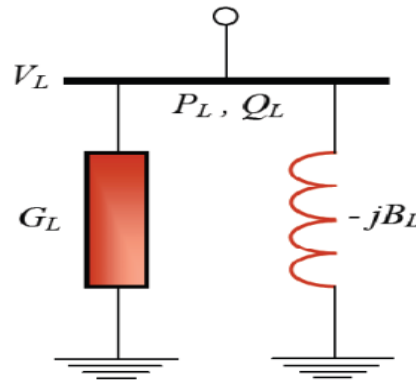


Figure 8 : Modélisation d'une charge

La puissance appelée par la charge varie avec la tension et la fréquence qui règnent au droit de cette charge. Toutefois, une analyse en régime stationnaire suppose la constance de la fréquence. Dans le cadre de ce mémoire, nous supposons qu'une charge peut être vue comme consommatrice de puissances active et réactive (P_L , Q_L) constantes. Q_L peut être positive (cas d'une charge inductive) ou négative (cas d'une charge capacitive).

IV.4. Mise en équation

Pour ce calcul, notre réseau électrique est décrit par $2N$ équations (7), (8). En chaque nœud i du réseau, ces équations font intervenir quatre grandeurs : le module V_i et la phase θ_i de la tension, la puissance active P_i et réactive Q_i .

$$P_i = f_i(\dots, V_i, \theta_i, \dots) \quad (7)$$

$$Q_i = g_i(\dots, V_i, \theta_i, \dots) \quad (8)$$

Pour qu'inconnues et équations de la modélisation du réseau électrique soient en nombre égal, il faut donc spécifier deux des quatre grandeurs (V , θ , P et Q) en chaque nœud. Pour se faire :

Nœud PQ

En un nœud auquel est connectée une charge, on spécifie les puissances active et réactive consommées par celle-ci, car ces informations sont disponibles au départ. Les équations relatives à un tel nœud sont données par (7), (8) où P_i , Q_i sont les consommations de la charge. En un tel nœud, les inconnues sont donc V_i , θ_i . Ces nœuds où l'on spécifie P et Q sont souvent désignés sous le vocable de "nœuds PQ".

Nœud PV

Comme les générateurs des centrales sont dotés de régulateurs de tension qui maintiennent constantes leurs tensions terminales ; en un tel jeu de barres, il est plus naturel de spécifier la tension que la puissance réactive. Les données sont donc P_i et V_i . Le module de la tension étant directement spécifié, il ne reste que θ_i comme inconnue. Ces nœuds où l'on spécifie P et V sont désignés sous le vocable de "nœuds PV".

NB : Certains jeux de barres peuvent recevoir une charge et un générateur. Dans ce cas, ce sont les données relatives au générateur qui dictent le type du nœud : PQ ou PV selon le cas.

Un nœud intermédiaire (poste d'aiguillage) qui n'est pas relié directement à une charge et/ou un générateur sera considéré comme un nœud « charge » dont les valeurs de P et Q sont nulles.

Nœud $V\theta$ ou nœud bilan

L'injection de puissance active P_i (resp. réactive Q_i) est évidemment la différence entre la puissance générée et la puissance consommée. A ce stade, deux remarques s'imposent :

- ✓ On ne peut spécifier les puissances P_i et Q_i à tous les nœuds. En effet, le bilan de puissance complexe du réseau s'écrit :

$$\sum_{i=1}^N P_i = p \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^N Q_i = q \quad (10)$$

Où p (resp. q) représente les pertes actives (resp. réactives) totales dans le réseau. Spécifier toutes les valeurs P_i et Q_i reviendrait donc à spécifier les pertes. Or, ces dernières sont fonction des courants dans les branches et donc des tensions aux nœuds, lesquelles ne sont pas connues à ce stade ;

- ✓ Seules des différences angulaires interviennent dans les équations (7), (8) (Voir [13] pour plus de détails) ; on peut ajouter une même constante à toutes les phases sans changer l'état électrique du réseau. Il convient en fait de calculer les déphasages de $N-1$ nœuds par rapport à l'un d'entre eux pris comme référence.

Pour satisfaire ces deux contraintes, un des jeux de barres du réseau se voit spécifier le module et la phase de sa tension, plutôt que les puissances. Ce jeu de barres sert de référence angulaire, la phase de sa tension étant arbitrairement posée égale à zéro. En ce nœud, aucune des équations (7) et (8) n'est utilisée et il n'y a aucune inconnue à déterminer. Ce jeu de barres est désigné sous le nom de balancier.

En pratique, on choisit comme balancier un jeu de barres où est connecté un générateur, ce qui est cohérent avec l'imposition de la tension. La relation (9) devienne :

$$P_N = - \sum_{i=1}^{N-1} P_i + p \quad (11)$$

Où les différents termes de la somme sont spécifiés dans les données, tandis que, comme indiqué précédemment, p n'est connu qu'à l'issue du calcul de load flow. La procédure est alors la suivante. Pour une charge totale donnée, on estime les pertes actives et l'on répartit la somme des deux sur les différents générateurs, en ce compris le balancier. A l'issue du calcul, on connaît les pertes p relatives à ce schéma de production. Si l'estimation des pertes était imprécise, la production du balancier est éloignée de ce qu'on a supposé lors de la répartition de la production sur les différents générateurs. Si l'écart est trop grand, on peut corriger cette répartition en prenant comme estimation des pertes la valeur qui vient d'être calculée. On peut itérer de la sorte jusqu'à ce que la production du balancier après calcul soit proche de l'estimation avant calcul. [7]

En résumé, on distingue pour résoudre les $2N$ équations représentées par (7) et (8) trois types de nœuds :

- ✓ Des nœuds PQ (ie : à P_i et Q_i connues) : ce sont les nœuds auxquels ne sont connectées que des charges, des bancs de capacités, ..., ou encore les nœuds de connexion simple ;
- ✓ Des nœuds PV (ie : à P_i et V_i connues) : ce sont ceux auxquels sont raccordés les alternateurs régulés en tension ;
- ✓ Un nœud V0 (ie : à V_i et θ_i connus) : c'est le nœud bilan.

Etant donnés tous ces points, nous passons à la simulation.

IV.5. Simulation

Simuler un réseau électrique, c'est résoudre simultanément toutes les équations du modèle. La mise en œuvre de la simulation sur ordinateur se fait par l'exécution d'un programme de calcul. Dans ce présent travail, nous avons choisi le logiciel de simulation NEPLAN pour simuler notre réseau. (Voir annexe 4 pour la présentation de ce logiciel).

IV.5.1. Méthode

Dans la présente partie, il s'agit de simuler le réseau électrique haute tension de Niamey en vue de définir les renforcements nécessaires pour son bon fonctionnement à court, moyen et long terme (de 2019 jusqu'à 2030). Cet objectif est atteint en analysant le comportement du réseau aux divers horizons de référence 2018, 2019, 2023, 2027 et 2030 et en dégagant une solution de renforcement qui s'intègre dans le cadre de son développement à long terme.

Il s'agit d'étudier le comportement du réseau durant les années horizons en régime normal (situation N) et perturbé (situation N-1). La règle dite 'N-1' est appliquée à tous les ouvrages haute tension. Dans une première étape et au-delà de l'analyse du comportement de ce réseau à l'état actuel (2018), on définit un réseau cible pour l'année 2030. Ce réseau cible comporte l'ensemble des renforcements nécessaires à cet horizon. Puis, on examine le réseau haute tension aux horizons allant de 2019 à 2027 pour dégager une solution de renforcement qui s'intègre dans une stratégie de développement du réseau à long terme.

Les études des années intermédiaires allant de 2019 à 2027, permettent de déterminer l'année de mise en service de chaque ouvrage, faisant partie des renforcements nécessaires en 2030.

Pour une situation donnée, on examine le fonctionnement du réseau en situation 'N' et en situation 'N-1'. On vérifie en outre, les critères techniques à respecter concernant la tension et les limites physiques des ouvrages de transport. Si les critères techniques ne sont pas respectés, alors des solutions de renforcement sont étudiées. Le réseau, ainsi renforcé, est testé de nouveau. Enfin, seule la solution de 'moindre coût' est retenue.

IV.5.2. Résultats

Les résultats détaillés issus de la simulation sont présentés en annexe 10. Néanmoins, dans la partie qui suit, nous présentons une synthèse de ces résultats qui nous paraissent les plus pertinentes en vue de l'analyse, de l'interprétation et de proposition des solutions.

Chapitre V : Plan de développement du réseau haute tension de Niamey

V.1. Analyse du comportement du réseau de Niamey en situation actuelle (2018)

V.1.1. Situation normale en 2018

La charge de pointe prévue au niveau du réseau de Niamey pour l'année 2018, est de **163,4 MW**. Cette charge se répartit entre les postes sources comme suit :

Tableau 10 : Répartition de la pointe sur les postes sources de Niamey en 2018

Poste	JB	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVar)
Niamey 2	JB_20 kV	59,1	28,6
Goudel	JB_20 kV	48,1	23,3
	JB_66 kV	6,6	3,2
Niamey Nord	JB_20 kV T1	19,0	9,2
	JB_20 kV T2	8,8	4,2
Gorou banda	JB_20 kV	19,7	9,5
	JB_66 kV	2,2	1,1
Total		163,4	79,2

Les moyens de production et le type des nœuds considérés pour la simulation de répartition de charge en situation 2018, sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 11 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2018

Centrale	Type de nœud	PGén (MW)
Goudel	PQ	9
Gorou Banda	PQ	80
Arrivée Birnin Kebbi	Nœud bilan	82

Le schéma unifilaire à l'état actuel (2018) du réseau simulé se trouve à l'annexe 5 et celui de l'écoulement de puissance à l'annexe 10.

En lançant la simulation, on voit qu'à la pointe et en fonctionnement normal, les éléments suivants sont surchargés :

- ✓ Transformateur T1 NY N (transformateur T1 de Niamey Nord) : **112,14%**
- ✓ Transformateur T2 NY N (transformateur T2 de Niamey Nord) : **102,23%**
- ✓ Transformateur T comp (transformateur T pour la compensation) : **111,27%**
- ✓ Ligne Rive Droite-Goudel : **152,62%**

On observe aussi des chutes de tension au niveau des nœuds des postes de Goudel et Niamey Nord qui dépassent la limite inférieure en situation normale (-5%)

- ✓ Jeu de barres Goudel_66 : **91,18%** soit **0,91 pu**

- ✓ Jeu de barres Goudel_20 : **88,05%** soit **0,88 pu**
- ✓ Jeu de barres NY N_66 : **91,29%** soit **0,91 pu**
- ✓ Jeu de barres NY N_T1 : **85,93%** soit **0,86 pu**
- ✓ Jeu de barres NY N_T2 : **87,089%** soit **0,87 pu**

Par contre sur le jeu de barres 20 kV là où passe la compensation shunt de Niamey 2 avant d'être injectée sur le jeu de barres 132 kV de Niamey 2, il y a une surtension à hauteur de **109,19%**.

Les pertes de puissance sont estimées à **7,7 MW**, soit **4,5%** de la puissance produite.

V.1.2. Situation de contingence N-1 en 2018

En cas de perte d'une ligne ou d'un transformateur, le comportement du réseau se dégrade encore plus. Le tableau ci-dessous donne un résumé des situations critiques les plus importantes engendrées en cas de régime perturbé (N-1) :

Tableau 12 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2018 (situation N-1)

N°	Ouvrage indisponible	Impacts
1	T1 NY N (transformateur T1 66/20 kV de Niamey Nord)	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure de la charge alimentée par ce transformateur
2	T2 NY N (transformateur T2 66/20 kV de Niamey Nord)	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure de la charge alimentée par ce transformateur
	T_CH_GB (transformateur T 66/20 kV de Gorou Banda)	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure de la charge alimentée par ce transformateur
3	T PNY2 (transformateur T 132/66 kV du poste Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de convergence • Ligne Gorou Banda-Rive Droite surchargée à 114,67% • Ligne Rive Droite-Goudel surchargée à 238,52%
4	T1 PNY2 (transformateur T1 132/20 kV du poste Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge du T2 PNY2 à 166,96%
5	T1 PGDL (transformateur T1 132/20 kV du poste Goudel)	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge du T2 PGDL à 153,93%
6	Ligne Gorou Banda-Niamey 2	<ul style="list-style-type: none"> • Ligne Gorou Banda-Rive Droite surchargée à 131,19% • Ligne Rive Droite-Goudel surchargée à 261,80% • Surtension sur presque tous les jeux de barres du réseau
7	Ligne Gorou Banda-Rive Droite ou Rive Droite-Goudel	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de convergence • Surcharge du transformateur 132/66 kV de Niamey 2 à 158,43% • Surcharge de la ligne Niamey 2-Niamey Nord à 133,89%

Les résultats de la simulation du réseau électrique haute tension de Niamey en situation normale et en situation perturbée pour l'année 2018 nous montrent qu'il y a des éléments qui ne respectent pas les critères techniques de fonctionnement (éléments surchargés, violation des limites inférieures, violation des limites supérieures). Ce qui veut dire qu'à la pointe, ce réseau contraint les exploitants à faire du délestage tant en situation normale qu'en situation de contingence (N-1). Et cela conduit à un coût de fonctionnement élevé, du fait du recours au délestage et du coût résultant de l'énergie non distribuée (END) en plus de la dégradation du niveau de qualité de service.

A partir de cette analyse, nous sommes convaincus que ce réseau ne pourra plus tenir dans les années à venir même en situation normale et en plus forte raison lorsqu'on se trouve dans une situation de contingence (N-1). Donc ça nous confirme une fois de plus, qu'il y a une urgence de faire une restructuration de ce réseau pour qu'il puisse satisfaire la demande jusqu'à l'horizon 2030.

V.2. Le réseau haute tension de Niamey en 2030 (plan cible)

V.2.1. Situation normale en 2030

La charge de pointe prévue au niveau du réseau de Niamey à l'horizon ultime de la période d'étude 2030, est estimée à 526,7 MW. La répartition de cette charge par poste source avant la restructuration est résumée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 : Répartition de la pointe sur les postes sources en 2030 (avant restructuration)

Poste	JB	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVA _r)
Niamey 2	JB_20 kV	190,4	92,2
Goudel	JB_20 kV	155,1	75,1
	JB_66 kV	21,2	10,2
Niamey Nord	JB_20 kV T1	61,3	29,7
	JB_20 kV T2	28,2	13,7
Gorou banda	JB_20 kV	63,5	30,7
	JB_66 kV	7,1	3,4
Total		526,7	255,1

Les postes sources à prévoir

Vu l'état actuel des postes sources existants ;

Vu la pointe de charge prévue au niveau des postes sources à l'horizon 2030 ;

Vu l'expansion géographique de la ville de Niamey ;

Vu que l'emplacement idéal pour un poste source est normalement le centre de gravité des charges à desservir ;

Vu tous ces points, pour alimenter la pointe de charge à l'horizon 2030 tout en assurant la qualité de la fourniture d'électricité, et aussi en maintenant les postes existants à une taille raisonnable, des postes sources supplémentaire doivent être créés. Or dans le cadre du projet de l'expansion de l'accès à l'électricité au Niger (NELACEP II), la NIGELEC compte créée trois postes sources 132/20 kV. Il s'agit de créer :

- ✓ Un poste blindé isolé au gaz (GIS) au centre-ville de Niamey. Ce poste permettra de positionner la source d'approvisionnement proche de la charge importante du centre-ville de Niamey pour réduire les pertes et fiabiliser le réseau ;
- ✓ Un poste source à la Rive Droite à l'emplacement de l'ancien poste déclassé ;
- ✓ Un poste source à Bangoula. Compte tenu de l'urbanisation et de la pression démographique associée, ce poste permettra de répondre à la charge croissante dans la partie Nord de Niamey.

Ainsi, en considérant la participation actuelle de chaque poste source à la pointe de charge, et aussi la répartition géographique des grands projets futures, la répartition de la pointe du réseau de Niamey à l'année 2030 par poste source après restructuration est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Répartition de la pointe sur les postes sources en 2030 (après restructuration)

Poste	Jeux de barres	P (MW)	Q (MVAr)	Postes sources rattachés
Niamey 2	JB_20 kV	80,4	38,9	
Goudel	JB_20 kV	95	46,0	
Niamey Nord	JB_20 kV	89,4	43,3	
Rive Droite	JB_20 kV	38,5	18,6	Gorou Banda
Gorou Banda	JB_20 kV	25	12,1	
	JB_66 kV	7,1	3,4	
Bangoula	JB_20 kV	60,1	29,1	Goudel
	JB_132 kV	21,2	10,3	
Centre-Ville	JB_20 kV	110	53,3	Niamey 2
Total		526,7	255,1	

Les transformateurs à utiliser

Par souci du respect des critères de standardisation des équipements, et pour des raisons d'économie et de facilité d'exploitation et de maintenance (interchangeabilité des équipements, conditions optimales de dépannage, ...), nous allons adopter un palier technique en ce qui concerne le choix des transformateurs à utiliser dans ces postes. Pour cela, nous considérons que les transformateurs HTB/HTA seront de tension 132 kV au primaire et 20 kV au secondaire, leurs puissances unitaires seront de 30 MVA, 40 MVA, 63 MVA ou 100 MVA.

Vu la situation actuelle des postes HTB/HTA, il est important de mettre en parallèle les transformateurs des différents postes sources afin que la charge d'un transformateur n'excède pas sa puissance nominale.

Pour cela, il faudrait que tous les transformateurs des postes sources soient de même indice horaire et respectent les conditions de mise en parallèle des transformateurs.

Le principe N-1 impose que dans les postes sources, le nombre minimum des transformateurs devra être de deux dont chacun fonctionnant à 50% de sa capacité nominale. En cas d'avarie d'un transformateur, le second reprend la charge de tout le poste sans provoquer des délestages chez les usagers [14].

Ci-dessous le tableau donnant les puissances à installer (capacité et nombre de transformateurs) dans les postes sources pour satisfaire la demande à l'horizon 2030 dans le cas du régime de fonctionnement normal.

Tableau 15 : Puissances à installer dans les postes sources à l'horizon 2030 (situation normale)

Poste	P (MW)	Q (MVA _r)	S (MVA)	Transformateur
Niamey 2	80,4	38,9	89,3	2x63
Goudel	95	46,0	105,6	2x63
Niamey Nord	89,4	43,3	99,3	2x63
Rive Droite	38,5	18,6	42,8	63
Gorou Banda_20	25	12,1	27,8	30
Gorou Banda_66	7,1	3,4	7,9	
Bangoula_20	60,1	29,1	66,8	2x40
Bangoula_132	21,2	10,3	23,6	
Centre-Ville	110	53,3	122,2	2x63
Total	526,7	255,1	585,2	

NB : Le principe N-1 concernant ces transformateurs sera pris en compte plus loin dans la partie 'situation de contingence N-1 en 2030'.

Les lignes

Dans le cadre du même projet NELECEP II, la NIGELEC prévoit le passage du niveau de tension de service en 132 kV de la boucle HTB de Niamey. Cela à travers :

- ✓ Le passage de la ligne 66 kV Rive droite-Goudel existante, longue de 8,8 km, en structure 132 kV double terne avec un conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;
- ✓ Le passage de la ligne 66 kV Niamey 2-Niamey Nord-Goudel existante, longue de 17,5 km, en structure 132 kV double terne avec un conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;

- ✓ L'équipement du second terne de la ligne 132 kV Gorou Banda-Rive Droite existante actuellement exploitée en 66 kV, longue de 9 km, avec un conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;
- ✓ L'équipement du second terne de la ligne 132 kV existante entre Niamey 2 et Gorou Banda avec un conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;
- ✓ La construction d'une ligne souterraine 132 kV en double circuit longue de 12 km entre le poste Niamey 2 et le poste blindé (GIS) du centre-ville avec un conducteur 300 mm² Alu ;

Afin d'assurer l'évacuation de l'énergie électrique entre les postes sources prévus pour desservir la ville de Niamey, cette configuration nous est intéressante vu la répartition de charge par poste et la capacité de transit des lignes en fonction de la section et de la tension (se référer à l'annexe 7). Donc nous allons les prendre en comptes tout en regardant les limites, et aussi en déterminant les périodes idéales pour la réalisation de chacun de ces ouvrages.

Pour assurer l'évacuation de l'énergie électrique jusqu'à Niamey des centrales programmées, il y a lieu de préciser qu'il est déjà prévu de construire les équipements suivants :

- ✓ Une ligne 132 kV double terne entre Kandadji et Gorou Banda (190 km) ;
- ✓ Une ligne 330 kV double terne entre Salkadamna et Gorou Banda (400 km) ;
- ✓ Une ligne 330 kV double terne entre Birnin Kebbi et Gorou Banda (projet WAPP) ;
- ✓ Un poste 330/132 kV-deux transformateurs de 200 MVA à Gorou banda (là où aboutissent les lignes Salkadamna et WAPP).

Les moyens de production prévus

Pour les simulations de répartition de charge en situation 2030, les moyens de production prévus et le type des nœuds, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2030

Centrale	Type de nœud	PGén (MW)
Godel	PQ	0
Gorou Banda	PQ	40
Arrivée Birnin Kebbi	PV	0
Kandadji	PV	40
Salkadamna	PV	400
WAPP	Nœud bilan	79

Les compensations à prévoir

En simulant le réseau avec cette configuration en régime normal d'exploitation, on voit qu'il reste à corriger les tensions au niveau des jeux de barres qui ne respectent pas les limites inférieures fixées en fonctionnement normal. Cette dégradation des tensions observée presque

au niveau de tous les jeux de barres des postes est dû non seulement au fait que l'alimentation de la ville de Niamey provient des centrales qui sont très éloignées de la ville (190 km, 264 km, 400 km), mais aussi parce que le site de Gorou Banda deviendra le seul point de convergence des futures lignes de transport en 132 kV (centrale hydroélectrique de Kandadji, centrale solaire, etc.) et en 330 kV (Salkadamna, Dorsale Nord du WAPP) à destination Niamey. Pour pallier à ce problème, il faut installer des batteries de condensateurs (en gradins) au plus proche de la charge afin d'éviter de transporter du réactif. Ce qui nous amène à installer à l'horizon 2030 les compensations résumées dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Compensation à prévoir à l'horizon 2030

Poste	Qn (MVar)	Un (kV)
Niamey 2	40	20
Goudel	45	20
Niamey Nord	36,7	20
Bangoula	30	20
Centre-ville	55	20
Rive Droite	15	20
Gorou Banda	60	132
	30	66

Le réseau ainsi constitué ne présente aucune contrainte, en régime normale d'exploitation.

V.2.2. Situation de contingence N-1 en 2030

En situation de fonctionnement 'perturbé' du réseau, on teste l'impact de l'ouverture d'une ligne ou d'un transformateur sur le comportement du réseau en régime permanent.

Le cas d'indisponibilité les plus contraignants sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2030 (situation N-1)

N°	Situation N-1	Contraintes	Solutions
1	T1 GB (transformateur T1 132/20 kV, 30 MVA de Gorou Banda)	<ul style="list-style-type: none"> Coupage de la charge alimentée par ce transformateur 	Installer deux transformateurs en parallèle de 30 MVA chacun au lieu d'un seul
2	T1 RD (transformateur T1 132/20 kV, 50 MVA de Rive Droite)	<ul style="list-style-type: none"> Coupage de la charge alimentée par ce transformateur 	Installer deux transformateurs en parallèle de 30 MVA chacun au lieu d'un seul de 50 MVA

N°	Situation N-1	Contraintes	Solutions
3	T1 Goudel (transformateur T1 132/20 kV, 63 MVA de Goudel)	<ul style="list-style-type: none"> Surcharge du transformateur T2 Goudel à 155% 	Il faut le décharger (afin de ne pas dépasser les 120%) sur le poste de Niamey Nord qui est chargé à 72% en exploitation normale
4	T1 Bangoula (transformateur T1 132/20 kV, 40 MVA de Bangoula)	<ul style="list-style-type: none"> Surcharge du transformateur T2 de Bangoula à 153% 	Il faut le secourir (afin de ne pas dépasser une surcharge de 120%) en prenant une partie de sa charge sur le poste de Goudel chargé à 76% en régime normal
5	T1 NY N (transformateur T1 132/20 kV, 63 MVA de Niamey Nord)	<ul style="list-style-type: none"> Surcharge du transformateur T2 de Niamey Nord à 147% 	Prendre une partie de sa charge sur le poste de Goudel afin de ne pas dépasser une surcharge de 120%
6	T1 NY 2 (transformateur T1 132/20 kV, 63 MVA de Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> Surcharge du transformateur T2 de Niamey 2 à 129,% 	Transférer une partie de sa charge (afin de ne pas dépasser une surcharge de 120%) au poste de centre-ville chargé à 56% en régime normal

Ainsi, les puissances à installer dans les postes sources à l'horizon 2030 pour satisfaire la règle N-1 sont récapitulées dans le tableau qui suit.

Tableau 19 : Puissances à installer dans les postes sources à l'horizon 2030 (situation N-1)

Poste	P (MW)	Q (MVA _r)	S (MVA)	Transfo
Niamey 2	80,4	38,9	89,3	2x63
Goudel	95	46,0	105,6	2x63
Niamey Nord	89,4	43,3	99,3	2x63
Rive Droite	38,5	18,6	42,8	2x30
Gorou Banda_20	25	12,1	27,8	2x30
Gorou Banda_66	7,1	3,4	7,9	
Bangoula_20	60,1	29,1	66,8	2x40
Bangoula_132	21,2	10,3	23,6	
Centre-Ville	110	53,3	122,2	2x100
Total	526,7	255,1	585,2	

En résumé, les renforcements nécessaires à réaliser avant l'année 2030 sont les suivants :

- ✓ Trois postes sources supplémentaires 132/20 kV à savoir :
 - Poste Centre-Ville : équipé de deux transformateurs 132/20 kV, 100 MVA chacun ;
 - Poste Rive Droite : équipé de deux transformateurs 132/20 kV, 30 MVA chacun ;
 - Poste Bangoula : équipé de deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA chacun.

- ✓ Equiper chacun des postes sources existants (Niamey 2, Niamey Nord, Goudel) de deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA chacun et celui de Gorou Banda avec un transformateur 66/20 kV, 30 MVA en parallèle avec l'existant ;
- ✓ Une ligne 132 kV double terne entre Rive droite et Goudel en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 (8,8 km) ;
- ✓ Une ligne 132 kV double terne Niamey 2-Niamey Nord-Goudel, longue de 17,5 km, en en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 (17,5 km) ;
- ✓ Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Rive Droite en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 (9 km) ;
- ✓ Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Niamey 2 et Gorou Banda avec un conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 (10 km) ;
- ✓ Une ligne souterraine 132 kV double circuit entre Niamey 2 et centre-ville en conducteur 300 mm² Alu (12 km).

Le schéma unifilaire final du réseau de Niamey en 2030 avec les renforcements cités plus haut est présenté à l'annexe 5 et celui de l'écoulement de puissance à l'annexe 10.

Voir aussi la situation géographique des postes sources en annexe 6 (y compris les coordonnées géographiques).

V.3. Le réseau haute tension de Niamey en 2019

V.3.1. Situation normale en 2019

En 2019, la charge de pointe prévue au niveau du réseau de Niamey est de 189,4 MW. Cette charge se répartit entre les postes sources comme suit :

Tableau 20 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2019

Poste	JB	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVar)
Niamey 2	JB_20 kV	68,4	33,1
Goudel	JB_20 kV	55,8	27,0
	JB_66 kV	7,6	3,7
Niamey Nord	JB_20 kV T1	22,1	10,7
	JB_20 kV T2	10,1	4,9
Gorou banda	JB_20 kV	22,8	11,0
	JB_66 kV	2,5	1,2
Total		189,4	91,7

Pour les simulations de répartition de charge en situation 2019, les moyens de production prévus et le type des nœuds, sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 21 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2019

Centrale	Type de nœud	PGén (MW)
Goudel	PQ	9
Gorou Banda	PQ	80
Arrivée Birnin Kebbi	Nœud bilan	85

NB : La somme de la production est de 174 MW. Cette valeur est inférieure à la pointe de charge prévue en 2019 (189,4 MW). Donc il y aura un problème de convergence, car l'équation (11) [Production = Consommation + Pertes] ne peut pas être vérifiable. Etant donné que le maximum de puissance qu'on peut tirer de la ligne 'arrivée Birnin Kebbi' est atteint, nous allons faire l'hypothèse qu'il y a une production dont la valeur devrait permettre de vérifier cette équation.

A partir du diagnostic du réseau actuel à l'année 2018 et vu que le niveau de tension de service va passer de 66 kV à 132 kV et vu aussi le temps que va prendre la construction d'une ligne haute tension, il nous faut donc trouver une solution urgente permettant de résoudre le problème de faiblesse que présente ce réseau afin de satisfaire la demande en 2019. Comme nous avons fait l'hypothèse qu'il faut ajouter une production supplémentaire, nous allons jouer aussi sur l'emplacement idéal de cette production (le poste auquel cette production sera injectée). Ainsi, en lançant la simulation, on voit qu'on a besoin d'une production à hauteur de 24 MW pour combler le déficit et son meilleur emplacement est que ça soit sur le site de Goudel pour qu'elle puisse être injectée sur le jeu de barres 20 kV du poste source de Goudel. Cette proposition est une solution stratégique car elle nous permet de résoudre plusieurs problèmes notamment :

- ✓ La ligne Rive Droite-Goudel qui était surchargée à la pointe à **152,62%** en 2018, sera maintenant chargée à **101,72%** à la pointe en 2019 ;
- ✓ Les tensions au niveau des différents nœuds ont été améliorées ;
- ✓ Le transformateur 132/66 kV, 50 MVA du poste de Niamey 2 qui était chargé à la pointe à **84%** en 2018 (et qui devrait être chargé à **110%** à la pointe de 2019), sera chargé maintenant à **62,36%** à la pointe en 2019 ;
- ✓ Les deux transformateurs 132/20 kV, 30 MVA du poste de Goudel qui devraient être chargés à la pointe à **103,33%** chacun en 2019, vont être chargés maintenant à **38,89%** chacun à la pointe de la même année 2019.

Donc il est aussi possible de soulager les deux transformateurs (T1 66/20, 20 MVA et T2 66/20 kV, 10 MVA) du poste de Niamey Nord à travers les départs 20 kV en transférant une partie de leurs charges sur le poste de Goudel. Il faut aussi noter que le poste de Gorou Banda présente une marge, mais vu la situation géographique du poste de Gorou Banda (c'est un poste excentré

par rapport à la charge), il est difficile de faire ce transfert de charge entre ce poste et celui de Niamey Nord. (Voir annexe 8, les charges par poste avec cette configuration).

Encore cette solution stratégique est complétée en répartissant la compensation 28 MVar (3x8 MVar + 1x4 MVar) de Niamey 2 entre les postes au plus près de la charge. Ce qui va nous permettre d'améliorer la tension et aussi d'éviter de transiter beaucoup de réactif (donc les éléments du réseau –lignes et transformateurs- seront soulager davantage). Cette répartition est la suivante :

- ✓ Ramener les 1x8 MVar + 1x4 MVar pour ajouter à la compensation 10 MVar, 20 kV qui se trouve sur le jeu de barres 20 kV du poste de Niamey2 ;
- ✓ Ramener le 1x8 MVar sur le jeu de barres 20 kV à la sortie du transformateur T1 du poste de Niamey Nord ;
- ✓ Ramener le 1x3,7 MVar de Goudel sur le jeu de barres 20 kV à la sortie du transformateur T2 du poste de Niamey Nord.
- ✓ Ramener le 1x8 MVar sur le jeu de barres 20 kV du poste de Godel.

Le réseau ainsi configuré, ne présente aucune contrainte en exploitation normale.

V.3.2. Situation de contingence N-1 en 2019

En situation 'perturbée', toutes les lignes et les transformateurs sont coupés un à un et nous analysons le comportement du réseau pour chaque cas.

Le cas d'indisponibilité les plus contraignants sont récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 22 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2019 (situation N-1)

N°	Ouvrage indisponible	Contraintes	Solutions
1	L-GB_NY 2 (ligne Gorou Banda-Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge de la ligne Gorou Bnada-Rive Droite à 121% • Surcharge de la ligne Rive Droite-Goudel à 144% 	Equiper le second terne de la ligne Gorou Banda-Niamey 2 en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40
2	T NY 2 (transformateur T 132/66 kV, 50 MVA de Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de convergence • Surcharge de la ligne Rive Droite-Goudel à 143% 	Installer un deuxième transformateur 132/66 kV 50 MVA à Niamey 2 en parallèle avec l'existant
3	T1 GB (transformateur T1 66/20 kV, 30 MVA de Gorou Banda)	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure de la charge alimentée par ce transformateur 	Installer un deuxième transformateur 66/20 kV 30 MVA à Gorou Banda en parallèle avec l'existant

En conclusion, en tenant compte de l'état actuel du réseau (en 2018), et en considérant le plan cible, nous proposons de faire les actions suivantes pour consolider le plan de développement ciblé à l'horizon de l'étude :

- ✓ Ajouter une production supplémentaire de 24 MW sur le site de Goudel ;
- ✓ Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Niamey 2 en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;
- ✓ Répartir les compensations existantes sur le réseau entre les postes sources de la manière suivante :

Tableau 23 : Nouveaux emplacements des compensations existantes sur le réseau

Poste		Qn (MVar)_20 kV	Commentaires
Niamey 2		22	Il y avait déjà 10 MVar installé auquel on ajoute les 1x8 MVar + 1x4 MAVr de Niamey 2 qui passe par le transformateur élévateur
Goudel		8	Il y avait 3,7 MVar déjà installé mais doit être ramené à Niamey Nord et remplacer par le 1x8 MVar de Niamey 2 qui passe par le transformateur élévateur
Niamey Nord	T1	8	On ramène le 1x8 MVar de Niamey 2 qui passe par le transformateur élévateur
	T2	3,7	On ramène le 1x3,7 MVar de Goudel
Gorou Banda		Les 2x15 MVar_66 kV sont toujours maintenus à leurs anciens emplacement	

Cette solution comme nous l'avons dit plus haut ne permet pas de faire face à toutes les situations de contingences N-1, mais à certaines d'entre elles et cela pour ne pas faire des investissements lourds dont leurs résultats ne cadrent pas avec le plan cible. Néanmoins elle permet de faire face à tous les problèmes en exploitation normale.

Le schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2019 pour l'écoulement de puissance avec les renforcements cités plus haut se trouve à l'annexe 10.

V.4. Le réseau haute tension de Niamey en 2023

V.4.1. Situation normale en 2023

En 2023, la charge de pointe prévue au niveau du réseau de Niamey est de 302,7 MW. Cette charge se répartit entre les postes sources comme suit :

Tableau 24 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2023

Poste	JB	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVA _r)
Niamey 2	JB_20 kV	109,4	53,0
Goudel	JB_20 kV	89,1	43,2
	JB_66 kV	12,2	5,9
Niamey Nord	JB_20 kV T1	35,2	17,1
	JB_20 kV T2	16,2	7,8
Gorou banda	JB_20 kV	36,5	17,7
	JB_66 kV	4,1	2,0
Total		302,7	146,6

Pour l'année 2023, le parc de production va connaître les renforcements suivant :

- ✓ Arrivée de la ligne double terre 330 kV Salkadamna-Niamey à partir de la centrale thermique à charbon de Salkadamna (capacité 200 MW extensible à 600 MW) ;
- ✓ Arrivée de la ligne double terre 132 kV Kandadji-Niamey pour l'évacuation de l'énergie à partir de la centrale hydroélectrique de Kandadji (capacité 130 MW) ;
- ✓ Mise en service de la centrale solaire de 30 MWc sur le site de Gorou Banda ;
- ✓ Arrivée de la ligne double terre 330 kV Birnin Kebbi-Niamey dans le cadre du projet WAPP.

Pour les simulations de répartition de charge en situation 2023, le plan de démarrage des moyens de production et le type des nœuds, sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 25 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2023

Centrale	Type de nœud	PGén (MW)
Goudel	PQ	0
Gorou Banda	PQ	40
Arrivée Birnin Kebbi	PV	0
Kandadji	PV	40
Salkadamna	PV	100
WAPP	Nœud bilan	129

Pour le réseau, nous démarrons les simulations avec la configuration du réseau renforcé de l'année 2019. Ainsi, en utilisant cette configuration et tout en tenant compte du développement du réseau de Niamey à l'année cible, il est nécessaire de réaliser les renforcements suivants avant l'arrivée de la pointe de l'année 2023.

- ✓ Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Rive Droite en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 ;
- ✓ Faire passer la ligne 66 kV simple terne entre Rive Droite et Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes ;
- ✓ Faire passer la ligne 66 kV double terne Niamey 2-Niamey Nord-Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes ;
- ✓ Ramener un des deux transformateurs 66/20, 30 MVA du poste de Goudel et le placer en parallèle avec le transformateur 66/20 kV, 30 MVA existant au poste de Gorou Banda ;
- ✓ Installer deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA en parallèle au poste de Goudel ;
- ✓ Remplacer les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey 2 par deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA en parallèle ;
- ✓ Ramener les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey 2 au poste de Niamey Nord ;

Quant à la compensation, elle doit être aussi renforcée de la façon dont résumée dans le tableau suivant :

Tableau 26 : Compensations à réaliser à l'horizon 2023

Poste	Qn (MVA _r)_20 kV	Commentaires
Niamey 2	42	Ajouter 20 MVA _r au 22 MVA _r existant
Goudel	40	Ajouter 32 MVA _r au 8 MVA _r existant
Niamey Nord	21,7	Ajouter 10 MVA _r au 11,7 MVA _r existant
Gorou Banda	Les 2x15 MVA _r _66 kV sont toujours maintenus à leurs anciens emplacement	

Le réseau ainsi configuré, ne présente aucune contrainte en exploitation normale.

V.4.2. Situation de contingence N-1 en 2023

En régime perturbé (N-1), on enregistre plusieurs situations contraignantes dont les plus importantes sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau 27 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2023 (situation N-1)

N°	Ouvrage indisponible	Contraintes	Solutions
1	T1 NY2 (transformateur T1 132/20 kV, 63 MVA du poste de Niamey 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge du transformateur T2 NY2 à 185,61% 	Installer deux transformateurs en parallèle de 100 MVA chacun

N°	Ouvrage indisponible	Contraintes	Solutions
2	T1 Goudel (transformateur T1 132/20 kV, 63 MVA du poste de Goudel)	<ul style="list-style-type: none"> Surcharge du transformateur T2 Goudel à 145,31% 	Transférer une partie de sa charge sur le poste de Niamey Nord qui présente de la marge à travers les départs 20 kV

Pour respecter la règle d'exploitation 'N-1', le système doit être donc renforcé davantage par l'installation de deux transformateurs 132/20, 100 MVA aux postes de Niamey 2.

En conclusion, les renforcements à réaliser à l'horizon 2023 pour sécuriser l'alimentation en énergie électrique de la ville de Niamey, en tenant compte à la fois des investissements du régime normal et ceux du régime perturbé, sont tels que décrit plus haut (situation normale en 2023) tout en installant 2x100 MVA au niveau du poste de Niamey 2 au lieu de 2x63 MVA.

Les pertes de puissance sont estimées à **6,38 MW**, soit **2,06%** de la puissance produite.

Le schéma unifilaire final du réseau de Niamey en 2023 pour l'écoulement de puissance est à l'annexe 10.

V.5. Le réseau haute tension de Niamey en 2027

V.5.3. Situation normale en 2027

La charge de pointe prévue au niveau du réseau de Niamey à l'année 2027 est de 413,3 MW.

Cette charge se répartit entre les postes sources comme suit :

Tableau 28 : Répartition de la pointe entre les postes sources de Niamey en 2027

Poste	JB	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVar)
Niamey 2	JB_20 kV	149,4	72,4
Goudel	JB_20 kV	121,7	59,0
	JB_66 kV	16,6	8,0
Niamey Nord	JB_20 kV T1	48,1	23,3
	JB_20 kV T2	22,1	10,7
Gorou banda	JB_20 kV	49,8	24,1
	JB_66 kV	5,5	2,7
Total		413,3	200,2

Compte tenu des fortes puissances demandées en 2027 à Niamey 2 et à Goudel, on pourra injecter le nouveau poste source de Bangoula. Ce nouveau poste nous permet de décharger le poste de Goudel. Aussi, comme le poste de Gorou Banda (66/20 kV) est presque saturé et en plus c'est un poste excentré par rapport à la charge à desservir, la création du nouveau poste de Rive Droite s'avère nécessaire à ce stade pour le décharger.

La charge de chaque nouveau poste et des postes sources existants déchargés en 2027 est fixée comme consigné dans le tableau ci-dessous.

Tableau 29 : Charge des nouveaux postes sources et postes sources existants déchargés en 2027

Poste	P (MW)	Q (MVAr)
Niamey 2	149,4	72,4
Gourel	76,7	37,1
Niamey Nord	70,3	34,0
Rive Droite	20,0	9,7
Gorou Banda_20	29,8	14,4
Gorou Banda_66	5,5	2,7
Bangoula_20	45,0	21,8
Bangoula_132	16,6	8,0
Total	413,3	200,2

Donc à ce niveau va intervenir la construction d'une ligne 132 kV double terre entre Gourel et Bangoula tout en équipant un terre en conducteur 291 mm² JLX/G1A-250/40 et aussi en utilisant les emprises existantes de l'ancienne ligne qui part à direction de Tillabéry.

Pour les simulations de répartition de charge en situation 2027, le plan de démarrage des moyens de production et le type des nœuds, sont résumés dans le tableau ci-dessous

Tableau 30 : Moyens de production et type des nœuds à la pointe en 2027

Centrale	Type de nœud	PGén (MW)
Gourel	PQ	0
Gorou Banda	PQ	40
Arrivée Birnin Kebbi	PV	0
Kandadji	PV	40
Salkadamna	PV	200
WAPP	Nœud bilan	146

Pour le réseau, les simulations ont été démarrées avec la configuration du réseau renforcé de l'année 2023 tout en tenant compte aussi des renforcements nécessaires que nous venons de citer. Suite à cette simulation, on voit qu'il est nécessaire d'ajouter des batteries de condensateurs comme récapitulé dans le tableau ci-dessous.

Tableau 31 : Compensations à réaliser à l'horizon 2027

Poste	Qn (MVAr)_20 kV	Commentaires
Niamey 2	67	Ajouter 25 MVAr au 42 MVAr existant
Gourel	60	Ajouter 20 MVAr au 40 MVAr existant
Niamey Nord	31,7	Ajouter 10 MVAr au 21,7 MVAr existant
Bangoula	20	Installer 20 MVAr

Gorou Banda	Les 2x15 MVar_66 kV sont toujours maintenus à leurs anciens emplacements
-------------	--

En somme, le réseau devrait subir les modifications suivantes à l'horizon 2027 en lui introduisant :

- ✓ Un poste à Bangoula équipé de deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA chacun ;
- ✓ Un poste à Rive Droite équipé d'un transformateur 132/20 kV, 30 MVA ;
- ✓ Une ligne 132 kV double terne entre Goudel et Bangoula dont un terne équipé ;
- ✓ Des batteries de condensateurs comme mentionné dans le tableau ci-dessus.

Le réseau ainsi configuré, ne présente aucune contrainte en exploitation normale.

V.5.4. Situation de contingence N-1 en 2027

Toutes les coupures de lignes et de transformateurs ont été simulées et analysées une à une. Les situations les plus contraignantes sont celles consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 32 : Cas d'indisponibilités les plus contraignants en 2027 (situation N-1)

N°	Ouvrage indisponible	Contraintes	Solutions
1	T1 NY2	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge du transformateur T2 NY2 à 156,54% 	Transférer une partie de sa charge sur le poste de Goudel qui présente de la marge à travers les départs 20 kV
2	T1 NY N (transformateur T1 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey Nord)	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge du transformateur T2 NY N à 183,89% 	Remplacer les deux transformateurs 2x40 MVA par 2x63 MVA
3	T1 RD (transformateur T1 132/20 kV, 30 MVA du poste de Rive Droite)	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure de la charge alimenté par ce transformateur 	Installer un deuxième transformateur T2 RD 132/20 kV, 30 MVA en parallèle avec T1 RD Ou Secourir la charge à partir du poste de Gorou Banda à travers les départs 20 kV
4	L-Goudel_Bangoula (ligne Goudel-Bangoula)	<ul style="list-style-type: none"> • Le poste Bnagoula est isolé 	Equiper le second terne de la ligne

En conclusion, en réalisant les ouvrages et les opérations mentionnées du tableau ci-dessus, le système se comportera normalement en régime normal d'exploitation et en régime dégradé. Ces actions sont récapitulées comme suit :

- ✓ Remplacer les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey Nord par deux autres 132/20 kV, 63 MVA chacun ;

- ✓ Construire un poste source 132/20 kV à Bangoula tout en l'équipant de deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA (c'est-à-dire qu'on ramène les deux transformateurs déposés du poste de Niamey Nord) ;
- ✓ Décharger le poste de Niamey 2 sur Goudel en cas de perte d'un de ses deux transformateurs ;
- ✓ Secourir le poste Rive Droite par celui de Gorou Banda si la perte de son transformateur survient.

Les pertes de puissance, après les renforcements sus-indiqués, sont estimées à **12,3 MW**, soit **2,8%** de la puissance produite.

Le schéma unifilaire du réseau ainsi renforcé se trouve à l'annexe 10 (pour l'écoulement de puissance).

V.6. Programme d'équipement

Le tableau ci-dessous présente le programme d'équipement dans le cadre du développement du réseau de répartition de Niamey sur toute la période 2019-2030.

Tableau 33 : Récapitulatif du programme d'équipement dans le cadre du développement du réseau haute tension de Niamey sur la période 2019-2030

Ouvrage	Linéaire approximatif (km)	Horizon
Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Niamey 2 en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40.	10	2019
Ajouter une production supplémentaire de 24 MW sur le site de Goudel.	-	2019
Répartir les compensations existantes sur le réseau entre les postes sources de la manière dont nous l'avons décrit plus haut (voir tableau 23).	-	2019
Equiper le second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Rive Droite en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40	9	2023
Remplacer la ligne 66 kV simple terne entre Rive Droite et Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes.	8,8	2023
Remplacer la ligne 66 kV double terne Niamey 2-Niamey Nord-Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes.	17	2023
Ramener un des deux transformateurs 66/20, 30 MVA du poste de Goudel et le placer en parallèle avec le transformateur 66/20 kV, 30 MVA existant au poste de Gorou Banda.	-	2023
Installer deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA en parallèle au poste de Goudel.	-	2023
Remplacer les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey 2 par deux transformateurs 132/20 kV, 100 MVA en parallèle.	-	2023

Ouvrage	Linéaire approximatif (km)	Horizon
Ramener les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey 2 au poste de Niamey Nord.	-	2023
Ajouter des batteries de condensateurs de 62 MVA _r réparties sur le réseau comme décrit au tableau 26	-	2023
Remplacer les deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA du poste de Niamey Nord par deux autres 132/20 kV, 63 MVA chacun.	-	2027
Construire un poste source 132/20 kV à Bangoula équipé de deux transformateurs 132/20 kV, 40 MVA (c'est-à-dire qu'on ramène les deux transformateurs déposés du poste de Niamey Nord).	-	2027
Construire un poste source à Rive Droite équipé d'un transformateur 132/20 kV, 30 MVA.	-	2027
Construire une ligne 132 kV double terne entre Goudel et Bangoula en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes.	12	2027
Ajouter des batteries de condensateurs de 75 MVA _r réparties sur le réseau comme décrit au tableau 31	-	2027
Construire un poste blindé isolé au gaz (GIS) au centre-ville de Niamey et l'équiper avec les deux transformateurs 132/20 kV, 100 MVA du poste de Niamey 2	-	2030
Installer deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA chacun au poste de Niamey 2.	-	2030
Installer un deuxième transformateur 132/20 kV, 30 MVA en parallèle avec l'existant au poste Rive Droite.	-	2030
Construire une ligne souterraine 132 kV double circuit entre Niamey 2 et centre-ville en conducteur 300 mm ² Alu.	12	2030
Ajouter des batteries de condensateurs de 103 MVA _r réparties sur le réseau comme mentionné dans le tableau 17	-	2030

Chapitre VI : Evaluation des coûts : Investissements

La garantie d'alimentation de la charge de Niamey et la qualité de service ne seront possibles que sur base d'investissements importants pour la mise à niveau et le renforcement du réseau électrique de cette ville. Cette étape consiste à définir et à déterminer les différents coûts que devrait engendrer notre projet. C'est-à-dire les investissements à réaliser, en vue d'atteindre les objectifs ainsi visés. Les coûts considérés sont tirés principalement du bordereau des prix en usage à la NIGELEC ainsi que des résultats d'appels d'offres dans le cadre du projet de la centrale thermique 100 MW de Gorou banda.

Les coûts présentés ci-dessous sont des coûts hors TVA.

VI.1. Estimation budgétaire

Les investissements nécessaires jusqu'à l'horizon 2030 sont estimés à **22, 4 milliards de FCFA** selon l'échéancier ci-dessous.

Tableau 34 : Investissements nécessaires et échéancier

Années	2019	2023	2027	2030	Total
Investissement (kF CFA)	300 456	9 604 520	5 001 402	7 509 597	22 415 975

Le récapitulatif des budgets estimatifs respectivement pour 2019, 2023, 2027 et 2030 est présenté par lots, sur les tableaux ci-après.

VI.1.1. Investissement 2019

Tableau 35 : Budget estimatif de l'investissement en 2019

N°	Désignation	Montant (kF CFA)
1	Équipement du second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Niamey 2 en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 (10 km).	300 456
2	Ajout d'une production supplémentaire de 24 MW sur le site de Goudel.	
	Total	300 456

VI.1.2. Investissement 2023

Tableau 36 : Budget estimatif de l'investissement en 2023

N°	Désignation	Montant (kF CFA)
1	Equipement du second terne de la ligne 132 kV existante entre Gorou Banda et Rive Droite en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 (9 km)	270 410
2	Remplacement de la ligne 66 kV simple terne entre Rive Droite et Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes (8,8 km).	904 607
3	Remplacement de la ligne 66 kV double terne Niamey 2-Niamey Nord-Goudel par une ligne 132 kV double terne en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40 en utilisant les emprises existantes (17,5 km).	1 767 216
4	Travées transformateur 66/20, 30 MVA au poste de Gorou Banda.	447 554
5	Installation de deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA au poste de Goudel et remplacement des travées transformateurs.	2 363 188
6	Installation de deux transformateurs 132/20 kV, 100 MVA au poste de Niamey 2 et remplacement des travées transformateurs.	3 831 269
7	Ajout des batteries de condensateurs de 62 MVAr, 20 kV.	20 276
	Total	9 604 520

VI.1.3. Investissement 2027

Tableau 37 : Budget estimatif de l'investissement en 2027

N°	Désignation	Montant (kF CFA)
1	Installation de deux 132/20 kV, 63 MVA au poste de Niamey Nord et remplacement des travées transformateurs.	2 363 188
2	Construction d'un poste source 132/20 kV à Bangoula	433 000
3	Construction d'un poste source à Rive Droite équipé d'un transformateur 132/20 kV, 30 MVA	958 798
4	Construction d'une ligne 132 kV double terne entre Goudel et Bangoula en conducteur 291 mm ² JLX/G1A-250/40.	1 221 888
5	Ajout des batteries de condensateurs de 75 MVAr, 20 kV.	24 528
	Total	5 001 402

VI.1.4. Investissement 2030

Tableau 38 : Budget estimatif de l'investissement en 2030

N°	Désignation	Montant (kF CFA)
1	Construction d'un poste blindé isolé au gaz (GIS) au centre-ville de Niamey	557 460
2	Installation de deux transformateurs 132/20 kV, 63 MVA au poste de Niamey 2 et remplacement des travées transformateurs.	2 363 188
3	Installation d'un deuxième transformateur 132/20 kV, 30 MVA en parallèle avec l'existant au poste Rive Droite.	973 352
4	Construction d'une ligne souterraine 132 kV double circuit entre Niamey 2 et centre-ville en conducteur 300 mm ² Alu.	3 581 912
5	Ajout des batteries de condensateurs de 43 MVar, 20 kV et 60 MVar, 132 kV	33 685
	Total	7 509 597

VI.2. Hypothèses des coûts

Au regard des différents coûts exposés plus haut, les hypothèses suivantes ont été retenues :

Désignation	Prix	Unité
Ligne 132 kV double terre	99 150	kF CFA/km
Ligne souterraine 132 kV double circuit	298 493	kF CFA/km
Équipement d'un terre d'une ligne 132 kV	30 046	kF CFA/km
Poste 132/20 kV hors transformateur	433 000	kF CFA
Transformateur 132/20 kV, 100 MVA	1 468 081	kF CFA
Transformateur 132/20 kV, 63 MVA	734 040	kF CFA
Transformateur 132/20 kV, 40 MVA	587 232	kF CFA
Transformateur 132/20, 30 MVA	525 798	kF CFA
Capacité	327	kF CFA/MVar

Chapitre VII : Etude d'impact environnemental et social

VII.1. Introduction partielle

L'électricité est, sans conteste, un levier essentiel pour promouvoir le développement socio-économique d'un pays. Sa mise à la disposition des consommateurs en quantité et en qualité suffisantes et à moindre coût demeure une préoccupation constante des autorités. Mais cela doit se faire tout en prenant en compte les préoccupations environnementales et les effets susceptibles d'être générés pendant toutes les phases de sa mise en œuvre. C'est pourquoi nous avons jugé utile d'intégrer cette partie intitulée *“étude d'impact environnemental et social”* dans le présent projet. Dans ce qui suit, nous allons d'abord définir le cadre législatif régissant le projet ; ensuite faire une analyse de l'état initial du site ; puis identifier, évaluer et analyser les impacts ; et enfin proposer des mesures d'atténuation, de compensation ou de bonification.

VII.2. Cadre législatif régissant le projet

La mise en œuvre du volet environnemental du projet est régit au niveau national par un certain nombre de politiques et stratégies en matière de protection de l'environnement, ainsi que les dispositions des textes juridiques (internationaux et nationaux) et le cadre institutionnel qui peuvent être concernés par le projet.

Au nombre des textes législatifs et réglementaires en vigueur au Niger et dont l'application et le respect sont nécessaires lors de la mise en œuvre du projet, on peut citer :

- ✓ *Constitution du 25 Novembre 2010 de la république du Niger : Au sens de l'article 35 : « L'État a l'obligation de protéger l'environnement dans l'intérêt des générations présentes et futures. Chacun est tenu de contribuer à la sauvegarde et à l'amélioration de l'environnement dans lequel il vit [...] L'État veille à l'évaluation et au contrôle des impacts de tout projet et programme de développement sur l'environnement » ;*
- ✓ *Loi n°98-56 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement ;*
- ✓ *Ordonnance n°97-001 du 10 janvier 1997 portant institutionnalisation des études d'impacts ;*
- ✓ *Loi n° 2004-040 du 8 juin 2004 portant régime forestier au Niger.*

Le Ministère de l'Energie, la Direction Générale du Développement Durable et des Normes Environnementales, la Direction Générale de l'Hydraulique et de l'Assainissement (DGH/A), la Direction Nationale de la Santé Publique (DN/SP), la Direction de la Sécurité et Santé au Travail (DS/ST), la Direction Générale de l'Agriculture (DG/A), les collectivités, les représentants des personnes affectées participent à la commission d'évaluation et de suivi et font partie des acteurs de suivi externe.

NB : Le tribunal intervient dans le règlement des conflits en dernier recours.

Les textes législatifs et réglementaires en vigueur au Niger et dont l'application et le respect sont nécessaires lors de la mise en œuvre du projet sont synthétisés dans le tableau de l'annexe 9.

VII.3. Analyse de l'état initial du site

Les lignes électriques prévues dans le cadre du présent projet traversent la zone d'étude de la façon suivante :

La ligne qui lie le poste de la rive droite de Niamey et le poste de Niamey 2 en passant par le poste de Goudel prend origine dans la Commune 5 de Niamey, remonte dans la commune 1 et continue dans la commune 4 puis descend sur dans la commune 2 ;

La ligne Goudel-Bangoula lie le poste de Goudel et le nouveau poste de Bangoula dans la commune de Karma.

La ligne souterraine qui relie le nouveau poste de Niamey (ACG, NIGELEC) au poste existant de Niamey 2 reste dans le centre-ville de Niamey. Cette ligne souterraine quitte l'enceinte de l'ACG de la NIGELEC passe par le carrefour du rond-point justice, longe le mur du Trésor national pour passer devant l'hôtel de ville et le carrefour de l'assemblée Générale avant de prendre le boulevard des officiels pour regagner le poste Niamey 2.

Pour la description du site, voir plus haut la présentation de la zone d'étude.

VII.4. Identification, évaluation et Analyse des impacts du projet

VII.4.1. Identification des impacts du projet

Activités sources d'impacts

Les activités sources d'impacts se définissent comme étant l'ensemble des activités prévues dans le cadre d'un projet, et qui sont susceptibles d'avoir des effets préjudiciables sur les éléments de l'environnement biophysique et humain (voir le tableau 39 ci-dessous).

Composantes affectées

Les composantes pouvant être affectées par la mise en œuvre du projet sont :

- ✓ Composantes biophysiques (Sol, Air, Eau, Faune, Flore).
- ✓ Composantes humaines (Sécurité et santé, Emploi/revenu et conditions de vie, Ambiance sonore, Foncier et activités agricoles, Mobilité, Paysage).

Ci-dessous la matrice d'interrelation (Matrice de Léopold) qui met en exergue les impacts potentiels liés à la mise en œuvre du projet selon leur nature positive ou négative.

Tableau 39 : Matrice d'interrelation (Matrice de Léopold)

Phases	Activités sources d'impacts	Composantes environnementales										
		Composantes biophysiques					Composantes humaines					
		Sol	Air	Eau	Faune	Flore	Sécurité et santé	Emploi et revenu et conditions de vie	Ambiance sonore	Foncier et activités agricoles	Mobilité	Paysage
Préparation et construction	Acquisitions des terres	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	(-)	NA	NA
	Recrutement de la main d'œuvre et sa présence sur les sites des travaux	(-)	NA	NA	NA	NA	NA	(+)	NA	NA	NA	NA
	Préparation des sites et installation des chantiers (pour la construction des postes, la pose des pylônes et des lignes souterraines) et le stockage des matériels et matériaux	(-)	(-)		(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Exploitation des carrières et des emprunts (pour les graviers et sable)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	NA	(-)
	Mouvement des véhicules et des camions pour l'approvisionnement des chantiers en matériaux et matériels et engins pour les travaux (piquetage, démontage des équipements existants, pose des pylônes, construction des postes, etc.)	(-)	(-)	NA	NA	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	NA	(-)
	Travaux de démontage des équipements existants (pylônes et câbles électriques)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+/-)	NA	(-)	(-)	(-)
	Travaux de construction des postes et des pylônes (fouilles, béton pour fondation, coulage de béton, construction du bâtiment abritant les équipements du poste, etc.)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+/-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Montage et pose des équipements du poste de transformation, montage et pose des pylônes, opération de déroulage des câbles électriques, montage et tirage des câbles électriques, etc.	(-)	NA	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	NA	NA	(-)
	Pose des lignes souterraines (fouilles, pose des câbles, etc.)	(-)	(-)	NA	NA	(-)	(-)	(+)	NA	NA	(-)	(-)
	Nettoyage et remise en état des sites perturbés après les travaux	(+)	(-)	NA	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	NA	NA	(+)
Exploitation	Présence et exploitation des lignes électriques et des postes	NA	NA	(-)	(-)	NA	(-)	(+)	(-)	NA	NA	NA
	Travaux d'entretien (infrastructures et emprises)	(-)	(-)	NA	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(-)	NA	NA

Légende : - Impact négatif + Impact positif NA Non applicable

VII.4.2. Evaluation de l'importance des impacts du projet

Ci-dessous la matrice évaluant l'importance des impacts du projet. Cette évaluation est faite sur l'intensité, la portée et la durée des impacts avant de juger le niveau de leur importance. Cette matrice est connue sous le nom de la " matrice de Fecteau".

Tableau 40 : Evaluation de l'importance des impacts du projet (matrice de Fecteau)

Impacts	Intensité	Portée	Durée	Importance
Sur le sol	Moyenne	Ponctuelle	Courte	Mineure
Sur l'air	Faible	Locale	Courte	Mineure
Sur l'eau	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
Sur la flore	Moyenne	Ponctuelle	Moyenne	Majeure
Sur la faune	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure
Sur la sécurité et la santé humaine	Moyenne	Locale	Moyenne	Moyenne
Sur l'ambiance sonore	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure
Sur l'emploi, le revenu et les conditions de vie	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
Sur le foncier et les activités agricoles	Moyenne	Locale	Longue	Majeure
Sur la mobilité	Moyenne	Locale	Courte	Moyenne
Sur le paysage	Faible	Ponctuelle	Courte	Mineure

VII.4.3. Analyse des impacts du projet

Analyse des impacts en phase préparation/construction

Le tableau 41 nous donne le récapitulatif de l'analyse des impacts sur les éléments de l'environnement biophysique et humain pendant la phase préparatoire/construction.

Tableau 41 : Récapitulatif des impacts-Phase préparation/construction

Composantes de l'environnement	Éléments pouvant être impactés	Impacts potentiels
Physique	Sol	Modification de la structure du sol et exposition à l'érosion hydrique
		Pollution par les déchets solides et liquides
	Air	Perturbation de la qualité de l'air par les émissions polluantes (poussières et les gaz d'échappement des véhicules et engins)
	Eau	Pollution par les déchets solides et liquides
Dégradation des berges des koris et du fleuve pouvant conduire au comblement et/ou ensablement des cours d'eau et modification du sens d'écoulement des eaux		
Biologique	Flore	Destruction et perturbation de la photosynthèse
	Faune	Destruction des habitats de la faune (Sol et végétation)
Humaine	Sécurité et santé	Risques d'accidents et des blessures,
		Risques de violences basées sur le genre,
		Risques d'infections sexuellement transmissibles
	Ambiance sonore	Modification de l'ambiance sonore
	Emploi, revenu et conditions de vie	Création d'emploi, réduction du chômage et amélioration des revenus et des conditions de vie
		Perturbation des activités commerciales et baisse des revenus pour les personnes concernées
	Mobilité	Perturbation de la mobilité
	Foncier et activités agricoles	Perte du foncier par l'acquisition des terres
Perturbation des activités agricoles		
Paysage	Perturbation de la qualité visuelle du paysage	

Analyse des impacts en phase d'exploitation

Le tableau 42 ci-dessous donne un résumé des impacts sur les éléments de l'environnement biophysique et humain au cours de la phase exploitation du projet.

Tableau 42 : Récapitulatif des impacts-Phase préparation/construction

Composantes de l'environnement	Éléments pouvant être impactés	Impacts potentiels
Physique	Sol	Perturbation de la structure du sol
		Contamination par les déchets solides et liquides
	Air	Modification sensible de la qualité de l'air
	Eau	Contamination par les déchets solides et liquides
Biologique	Flore	Destruction et perturbation de la photosynthèse
	Faune	Amincissement et destruction de l'habitat (sol et végétation)
		Risques de collision et d'électrocution
Humaine	Sécurité et santé	Risque d'électrocution
		Risques d'accidents et des blessures
		Nuisances pour les ménages à proximité des lignes électriques et des postes.
		Exposition au champ électromagnétique (CEM)
	Ambiance sonore	Modification de l'ambiance sonore liée aux travaux d'entretien et à la présence et l'exploitation des installations (lignes électriques, postes, pylônes, isolateurs)
	Foncier et activités agricoles	Restriction de l'utilisation des terres (arbres de plus de 4 mètres à maturité interdits sous les lignes)
		Perturbation des cultures au cours des travaux d'entretien des installations et des emprises
	Emploi, revenu et conditions de vie	Création d'emplois liée aux multiples opportunités
		Promotion des activités génératrices de revenus et amélioration des conditions de vie des personnes concernées

VII.5. Mesures d'atténuation, de compensation ou de bonification

Le tableau ci-dessous nous donne un récapitulatif des impacts et de mesures d'atténuation et/ou de bonification au cours des différentes phases de la mise en œuvre du projet.

Tableau 43 : Récapitulatif des impacts et mesures

Phases	Éléments pouvant être impactés	Impacts potentiels	Mesures d'atténuation et/ou de bonification des impacts
Préparation et construction	Sol	Perturbation de la structure du sol et exposition à l'érosion	Remise en état des sites perturbés (emprises, emprunts et carrières, sites de stockage des matériaux et matériels, etc.) après les travaux
			Limitation autant que possible de la circulation des véhicules, camions et engins aux routes existantes et/ou accès identifiés
	Air	Perturbation de la qualité de l'air par les poussières et les gaz d'échappement	Maintien de la machinerie en bon état de fonctionnement au cours des travaux
			Couverture des matériaux transportés par des bâches
	Eau	Perturbation des berges des koris et de cours d'eau (fleuve)	Réalisation des travaux pendant la saison sèche afin de minimiser les perturbations des berges des koris et du fleuve
			Utilisation de la machinerie à partir de la terre ferme de façon à minimiser la perturbation des berges des koris et du fleuve
	Flore	Destruction et perturbation de la photosynthèse	Inventaire des arbres pouvant être affectés par les travaux
			Païement de la taxe d'abattage
	Faune	<ul style="list-style-type: none"> - Destruction des habitats de la faune (Sol et végétation) - Perturbation des habitats de la faune 	Respect des zones sensibles au cours des travaux
			Information et sensibilisation des travailleurs sur l'importance de la faune et la nécessité de préserver son habitat
	Sécurité et santé	Risques d'accidents et des blessures,	Formation et sensibilisation en matière de sécurité et santé au travail
			Dotation des travailleurs en Équipements de Protection Individuelle (EPI) adéquats et leur port obligatoire

			Mise en place des panneaux d'indication et des consignes de sécurité ainsi que la délimitation des chantiers (au niveau des postes et pour les pylônes) par le ruban de sécurité
Ambiance sonore	Modification de l'ambiance sonore		Suivi de l'ambiance sonore au cours des travaux
			Maintien des équipements et machinerie en bon état de fonctionnement
Emploi, revenu et conditions de vie	Création d'emploi, réduction du chômage et amélioration des conditions de vie		Priorisation de la population locale lors du recrutement de la main d'œuvre locale non qualifiée
			Priorisation des entreprises locales dans l'exécution de certaines prestations
			Approvisionnement en produits et services au niveau local lorsque cela est possible
	Perturbation des activités commerciales et baisse des revenus pour les personnes concernées		Indemnisation des propriétaires des infrastructures et commerces qui seront affectés avant le démarrage des travaux
Mobilité	Perturbation de la mobilité		Information des populations avant le démarrage des travaux
			Mise en place des panneaux de signalisation des travaux
Foncier et activités agricoles	Perte du foncier par l'acquisition des terres		Indemnisation des propriétaires des
	Perturbation des activités agricoles notamment la destruction des cultures ou le retard dans le démarrage de la campagne		Indemnisations de toutes les personnes qui seront
			Implication des autorités administratives et coutumières dans le processus d'indemnisation des personnes qui seront affectées par les travaux
			Démarrage des travaux à la fin de la saison afin de minimiser la destruction des cultures particulièrement au niveau de la section Goudel (NIGELEC Centrale) – Bangoula
		Utilisation de l'emprise en tant que route d'accès afin de minimiser les dommages aux exploitations agricoles	
Paysage	Perturbation de la qualité visuelle du paysage		Délimitation et respect des aires destinées aux travaux
			Remise en état des sites perturbés au cours des travaux

Exploitation	Sol	Perturbation de la structure du sol	Remise en état des sites perturbés au cours des travaux d'entretien des installations et des emprises
		Contamination par les déchets solides et liquides	Élaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion des déchets solides et liquides
	Air	Modification sensible de la qualité de l'air	Maintien des véhicules en bon état de fonctionnement
	Eau	Contamination par les déchets solides et liquides	Élaboration et mise en œuvre d'un plan de gestion des déchets solides et liquides
	Flore	Destruction de la végétation et perturbation de la photosynthèse	Maintien des véhicules en bon état de fonctionnement pour minimiser les émissions polluantes. Implication des services compétents des eaux et des forêts des localités concernées au cours des travaux d'entretien des emprises notamment la coupe de la végétation
	Faune	Amincissement et destruction de l'habitat (sol et végétation)	Réalisation des plantations de compensation au niveau des communes traversées/concernées par le projet
			Mise en œuvre des mesures et consignes nécessaires pour réduire l'empiètement sur les habitats naturels adjacents
		Risques de collision et d'électrocution	Mise en place d'un système d'avertissement visuel constitué de spirales blanches ou rouges pour éviter les collisions avec l'avifaune
	Sécurité et santé	Risque d'électrocution	Sensibilisation des populations sur les dangers liés à la présence des lignes électriques et des postes
		Risques d'accidents et des blessures	Formation à l'intention du personnel de maintenance sur des aspects sécuritaires, afin de prévenir certains accidents inattendus de travail
			Mise en place d'équipements de protection individuelle (tenue de sécurité, bottes, casques, gants)
			Mise en place des grillages et des panneaux signalisant le danger au niveau des postes pour informer et prévenir certains accidents

		Exposition au champ électromagnétique (CEM) et aux nuisances pour les ménages à proximité des lignes électriques et des postes.	Sensibilisation des populations sur les effets liés au CEM Interdiction stricte des lieux habités et autres établissements communs et commerciaux dans l'emprise du tracé afin de minimiser l'exposition aux CEM et aux nuisances sonores
	Ambiance sonore	Modification de l'ambiance sonore au cours liée aux travaux d'entretien et à la présence et l'exploitation des installations (lignes électriques, poste)	Suivi de l'ambiance sonore au cours des travaux. Maintien des équipements et machinerie en bon état de fonctionnement
	Emploi, revenu et conditions de vie	Création d'emplois liée aux multiples opportunités Promotion des activités génératrices de revenus et amélioration des conditions de vie des personnes concernées	Organisation de campagne de branchement promotionnel afin de permettre aux plus vulnérables d'accéder à l'électricité

VII.6. Conclusion partiel

Le volet (EIES) que nous venons juste d'étudier est une partie essentielle de notre étude. Car ça nous a permis de mettre en exergue les impacts positifs et négatifs qu'engendrera notre projet pendant les phases d'études, de construction et d'exploitation. Pour la réussite globale de ce projet, nous recommandons fortement de :

- ✓ Associer davantage les populations à toutes les phases de progression du projet, dans sa mise en œuvre et son suivi-évaluation ;
- ✓ Indemniser les personnes affectées en tenant compte des pertes réelles.

Conclusion générale et perspectives

Le travail présenté dans ce mémoire est une contribution à remédier au problème de transit de puissance dans le réseau haute tension de la ville de Niamey. Il a été fait pour permettre à la NIGELEC d'assurer de manière satisfaisante l'évacuation du flux d'énergie qui sera mise en jeu dans les années à venir et aussi de faire face à la demande en énergie électrique de cette ville qui de nos jours est sans cesse croissante.

L'approche proposée s'est concentrée en particulier dans un premier temps, à faire un diagnostic du réseau actuel, en faisant ressortir ses faiblesses, vis-à-vis de la demande actuelle et celle projetée à l'horizon 2030. Puis trouver des solutions adéquates à travers des simulations. Dans ce contexte, plusieurs simulations ont été faites jusqu'à trouver les meilleures solutions qui répondent à l'objectif fixé qui était de faire une restructuration du réseau de répartition de la ville de Niamey afin de satisfaire la demande à l'horizon 2030 tout en minimisant les pertes et en améliorant la fiabilité de la fourniture. A l'issue de cette étude, nous sommes parvenus à proposer un plan de développement de ce réseau sur la période 2019-2030 tout en prenant en compte le volet environnemental et social. Et le coût estimatif de ce projet s'élève à **22, 4 milliards de FCFA**.

L'intérêt de ces études ainsi validés, réside dans le fait qu'elles permettent de remédier à plusieurs insuffisances telles que : la non connaissance des périodes sur lesquelles chaque équipement doit être installé, la non prise en compte de la situation de contingence (N-1), la non optimisation de l'utilisation des batteries de condensateurs et aux meilleurs emplacements, la non prise en compte des impacts environnementaux et sociaux, etc.

Au-delà de cela, nous espérons qu'avec nos approches de solutions, notre travail servira de document de base à la NIGELEC dans l'élaboration des travaux de ce projet en vue d'une amélioration de la qualité de service à la clientèle.

Concernant mon stage à la NIGELEC, je ne peux que me réjouir de la qualité de l'étude et des connaissances acquises dans le domaine des réseaux électriques. Tout d'abord il m'a servi de cadre pour me familiariser au monde du travail et surtout avec des réalités techniques sur le terrain, et d'acquérir les aptitudes pouvant m'aider à accomplir mes tâches dans l'exercice de ma fonction. Ensuite, il m'a permis de vérifier, de compléter et de maîtriser mes connaissances théoriques et pratiques acquises en classe dans le domaine du Génie Electrique et Energétique à travers le thème : « *Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension de la ville de Niamey* ».

Reste à dire que, quel que soit l'effort dépensé, une étude n'est jamais à terme, pas mal de points restent à traiter, pas mal de précisions à apporter, dans les futurs travaux et ceux en cours.

A ce titre, je cite un axe qui peut être développé, dans la continuité de notre travail :
« Automatisation du réseau électrique haute tension de la ville de Niamey ou Amélioration du transit de puissance en utilisant des FACTS ».

En attendant, que ce présent travail soit d'un bon appui et d'une pertinente orientation pour toute étude se portant dans ce même contexte.

Bibliographie

- [1] INS-NIGER, «*Le Niger en Chiffres*» Institut Nationale de la statistique, Niamey, 2013.
- [2] STRA-DPT, «*Transfo-lignes et génératrices existant*» Direction de la production et du Transport de la NIGELEC, fichier Excel, 2018.
- [3] ARTELIA-IRAF, «*Etude d'un plan directeur de distribution d'énergie électrique de la ville de Niamey 2015 – 2030*, Rapport définitif, Niamey, Août 2016.
- [4] R. Y. DJOSSOU, «*Etude et dimensionnement d'un poste source HTB/HTA dans le grand PORTO-NOVO à l'horizon 2030*,» Ecole polytechnique d'Abomey-Calavi, 2015.
- [5] SPRO-DPT, «*Courbes de charges traitées (2004-2017)*,» Direction de la Production et de Transport de la NIGELEC, fichier Excel, 2018.
- [6] STRA-DPT, «*Charges des postes*,» Direction de la Production et du Transport de la NIGELEC, fichier Excel, 2018.
- [7] B. Mallem, «*Modélisation, analyse et commande des grands systèmes électriques interconnectés*,» Thèse de doctorat de l'école normale supérieure de CACHAN, 2010.
- [8] G. STUDI-WSP, «*Etude d'un schéma directeur de production-transport de l'énergie électrique au Niger*, 2017, p. 37.
- [9] A. I. LEKA, «*Amélioration du transit de puissance par les facts et simulation sur Matlab/Simulink d'un réseau électrique*,» Douala, 2008.
- [10] M. TAJAYOUTI, «*Réseau électrique, power quality et étude de l'impact de l'injection de l'énergie électrique PV*,» Salé, 2015.
- [11] H. S. Bouba, «*Etude et optimisation des pertes techniques du réseau électrique de la SONABEL*,» Ouagadougou, 2016.
- [12] J.-L. LILIEN, «*Transport et Distribution de l'Energie Electrique-Manuel de travaux pratiques*,» Liège, 1999/2000.
- [13] P. BASTARD, «*Fonctionnement et réglage des systèmes de transport et de distribution d'énergie électrique*,» école supérieure d'électricité Supélec, 1998.
- [14] IWANDZA Pegguy Rachel, «*L'amélioration de la distribution électrique à Brazzaville : le socle nécessaire pour l'optimisation de la distribution électrique en république du CONGO*,» HEC MONTREAL, 2015.

[15] DEI-NIGELEC, «*Liste des grands projets escomptés dans 3 ans,*» Direction des Etudes et de l'Ingénierie de la NIGELEC, 2018.

[16] BEEI-ME/DD, «*Recueil des textes en évaluation environnementale,*» Ministère de l'Environnement (Bureau d'Evaluation Environnementale et des Etudes d'Impacts).

Annexes

Annexe 1 : Organigramme de la NIGELEC	62
Annexe 2 : Tableau des caractéristiques des lignes du réseau HTB de Niamey.....	63
Annexe 3 : Puissance d'ajustement due aux grands projets.....	64
Annexe 4 : Présentation du logiciel de simulation NEPLAN	66
Annexe 5 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018 et en 2030.....	67
Annexe 7 : Capacité de transit des lignes en fonction de la section et de la tension [8].....	71
Annexe 8 : Charge par poste avant et après l'ajout du groupe (2019).....	72
Annexe 9 : Cadre juridique national [16].....	73
Annexe 10 : Résultats des simulations.....	75

Annexe 1 : Organigramme de la NIGELEC

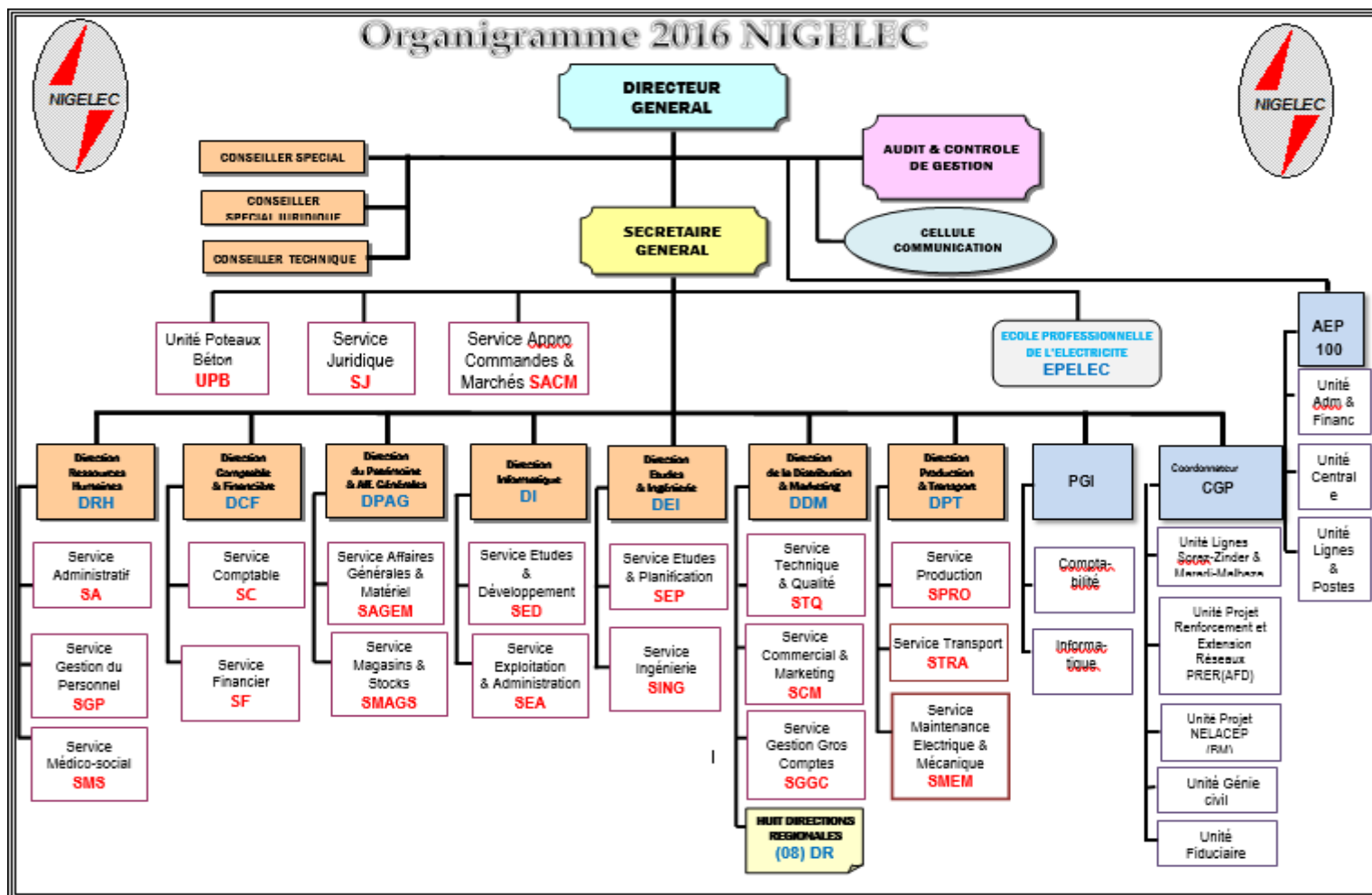


Figure 9 : Organigramme de la NIGELEC

Annexe 2 : Tableau des caractéristiques des lignes du réseau HTB de Niamey

Troçon	Tension (kV)	Longueur (km)	Structure	Conducteur	Capacité (MVA)	R' (Ohm/km)	X' (Ohm/km)	C' (μF/km)	RO' (Ohm/km)	XO' (Ohm/km)	CO' (μF/km)	Limite de charge normale (A)
Gorou Banda-Niamey 2	132	10	132 kV double terne, un terne équipé	291 mm ² JLX/G1-250/40 (deux conducteurs par phase)	126	0,1394	0,4008	0,00913	0,3223	1,4131	0,00548	550
Gorou Banda Centrale-Poste Gorou banda	132	1	132 kV double terne, un terne équipé	291 mm ² JLX/G1-250/40 (deux conducteurs par phase)	2*126	0,1394	0,4008	0,00913	0,3223	1,4131	0,00548	550
Gorou Banda-Rive Droite	66	9	132 kV double terne, un terne équipé et exploité en 66 kV	291 mm ² JLX/G1A-250/40	63	0,1394	0,4008	0,00913	0,3223	1,4131	0,00548	550
Rive Droite-Goudel	66	8,8	66 kV simple terne	AACSR 147 mm ²	31	0,2489	0,4208	0,00730	0,5497	1,1212	0,00370	276
Goudel-Niamey Nord	66	4	66 kV double terne	AAC Aster 117 mm ²	2*29	0,3145	0,3994	0,00731	0,5249	1,4584	0,00731	252
Niamey Nord-Niamey 2	66	13	66 kV double terne	AAC Aster 117 mm ²	2*29	0,3145	0,3994	0,00731	0,5249	1,4584	0,00731	252

Annexe 3 : Puissance d'ajustement due aux grands projets

Tableau 1 : Liste des grands projets énergivores escomptés dans 3 ans (Projet de type 2) [15]

Projets	Puissance (MW)	Période	Observations
Centre commercial de la BID	3	2020	Face Ecobank
Hôtel Radisson Blu-Niamey	2	2019	Face SONIDEP
Hôtel Loom-Niamey	1	2019	Collé à la SONIDEP
Hôtel BRAVIA Plateau-Niamey	1,5	2019	Château 1
Usine FER AFRIQUE	6	2020	Route Tillabéry après Bangoula
Université des Jeunes Filles	2	2020	Face Hôpital de Référenc
Hôtel Mangal Niamey	0,5	2020	Face Issa Korombé
Centre de Conférence Mahatma Gandhi	1	2020	Face Hôpital Niamey
Cité Administrative-Niamey	1,2	2020	4 Blocs au Château 1
Projet 4 000 logements sociaux Niamey	3	2021	Route Tillabéry vers Bangoula
Centre commercial Route Tondibiah	0,5	2020	Gabagoura après Goudel
Siège AREVA	0,5	2019	Zone industrielle (Route aéroport)
Nouvelle Ambassade USA	1	2019	Zone des ambassades
Ambassade Arabie Saoudite	0,8	2020	Zone des ambassades
Villa Conférence UA 2019	0,5	2019	

La puissance additionnelle d'une année est obtenue en faisant la somme des puissances des grands projets prévus dans cette année. Puis, pour avoir la puissance d'ajustement à la demande d'une année, on fait la somme de la puissance additionnelle de cette année et de l'année qui la précède. Et cela jusqu'à l'année 2021. Ensuite, cette puissance d'ajustement est maintenue constante jusqu'à 2030, étant donné qu'on n'a aucune information sur les grands projets de ces genres au-delà de 2021. Ainsi les puissances obtenues sont ci-dessous :

Tableau 2 : Puissance d'ajustement due aux grands projets (Projet de type 2)

Année	Puissance additionnelle (MW)	Puissance d'ajustement à la demande (MW)
2019	6,5	6,5
2020	15	21,5
2021	3	24,5

Tableau 3 : Projets destinés aux abonnés domestiques 2019-2023 (Projet de type 1) [15]

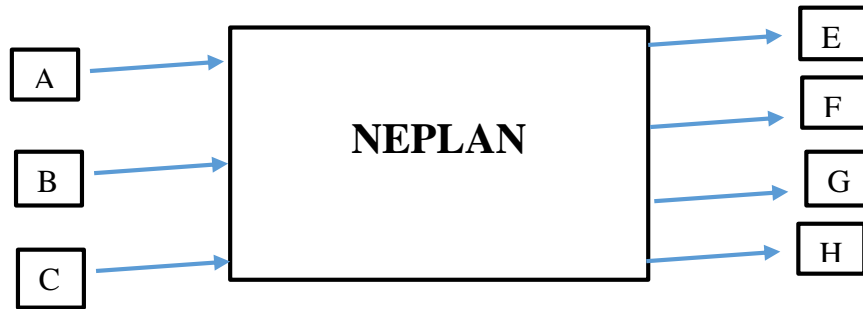
Projets	Nombre d'abonnés total prévu par le projet	Nombre d'abonnés prévu à Niamey	A Niamey				
			2019	2020	2021	2022	2023
Projet CNE 1157	63500	45000	13000	16000	16000	0	0
Projet NELACEP1	60000	36120	7320	14400	14400	0	0
Projet PEPERN	46000	9920	0	0	4960	4960	0
Projet NELACEP2	100000	19500	0	0	7767	7800	3933
Total	269500	110540	20320	30400	43127	12760	3933

Conso. Moy d'un abonné (kWh/an)	2500						
Puissance Moy d'un abonné (kW)	0,285						
Puissance totale des abonnés (kW/an)			5799,1	8675,8	12307,9	3641,6	1122,4
Facteur de contribution à la pointe	70%						
Contribution à la pointe (kW)			4059,4	6073,1	8615,6	2549,1	785,7
Puissance additionnelle (kW)			4059,4	10132,4	18748,0	21297,1	22082,8

En connaissant la consommation moyenne d'un abonné domestique, on détermine la puissance moyenne de cet abonné. Puis on multiplie cette puissance par le nombre d'abonnés total d'une année pour trouver la puissance totale des abonnés prévus dans cette année. Ensuite cette valeur est ajustée en la multipliant par le facteur de contribution à la pointe des abonnés domestiques pour avoir la puissance d'ajustement. Ce qui nous amène à aboutir aux résultats ci-dessus.

Annexe 4 : Présentation du logiciel de simulation NEPLAN

Le logiciel NEPLAN est très convivial pour les utilisateurs de système de planification et d'information des réseaux électriques, de gaz, ainsi que des réseaux d'adduction d'eau. Il permet de suivre le fonctionnement en temps réel et d'évaluer les perturbations des réseaux aux points de livraison ou aux points de connexion au moyen de tableaux et graphiques. De façon générale, nous pouvons représenter le principe du logiciel comme suit :



Légende

Entrées

- A : Source
- B : Caractéristiques de la ligne
- C : Puissance des transformateurs

Sorties

- E : Chute de tension
- F : Taux de charge de ligne
- G : Puissance transitée
- H : Perte en puissance dans le réseau

Caractéristiques générales du NEPLAN

- ✓ Puissants algorithmes de calcul et récents (la méthode de Newton-Raphson et de Hardy-Cross) ;
- ✓ Simulation de toute sorte de taille, pas de restriction sur le nombre de nœuds et d'éléments ;
- ✓ Calcul de la répartition de puissance avec ou sans profils de charge ;
- ✓ Calcul d'optimisation des points de sectionnement et des Réseaux de Distribution, calcul des Harmoniques, calcul des protections et de court-circuit ;
- ✓ Importation de données de consommation relevées ;
- ✓ Changement de demande à travers des facteurs de charges globaux, régionaux ou simultanés.

Annexe 5 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018 et en 2030

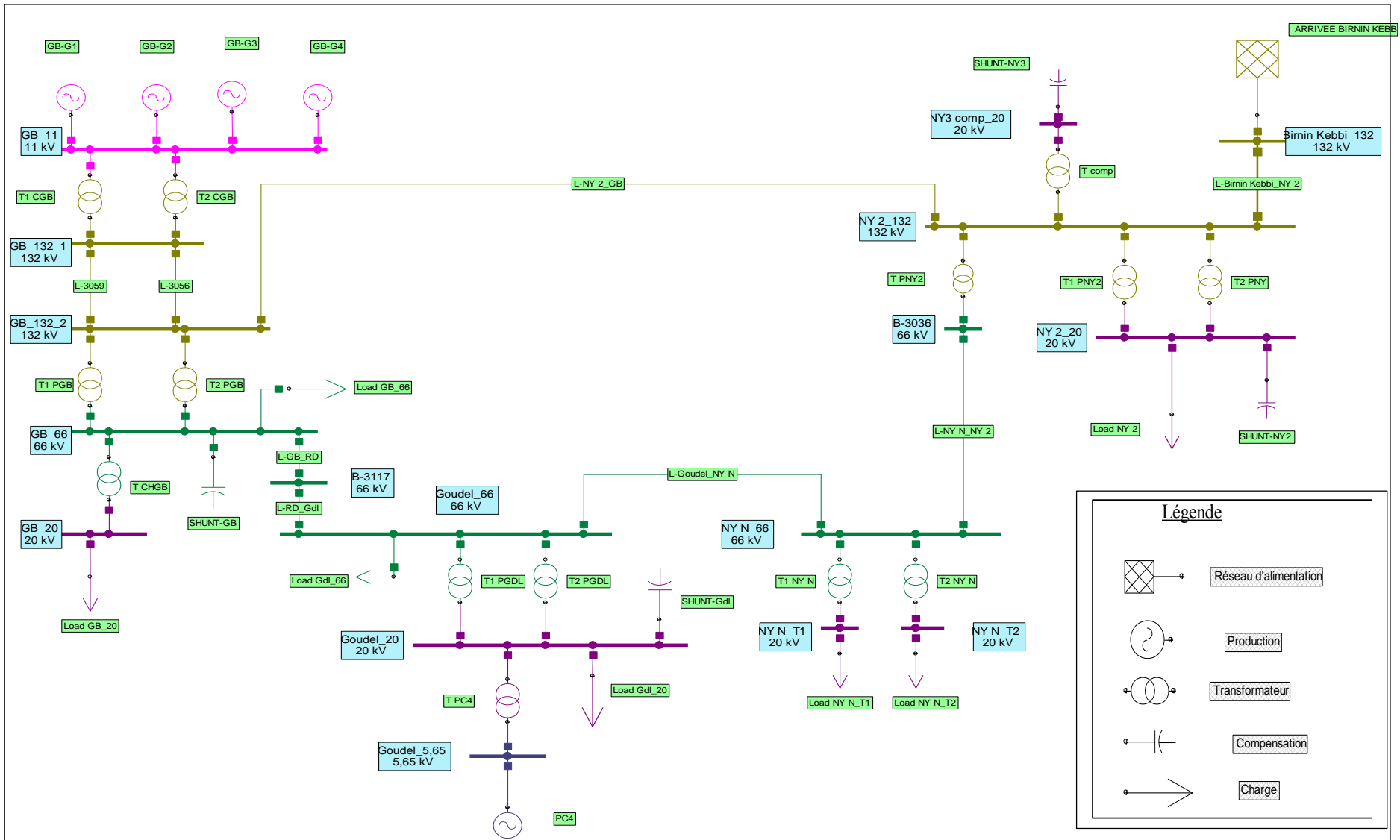


Figure 10 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018

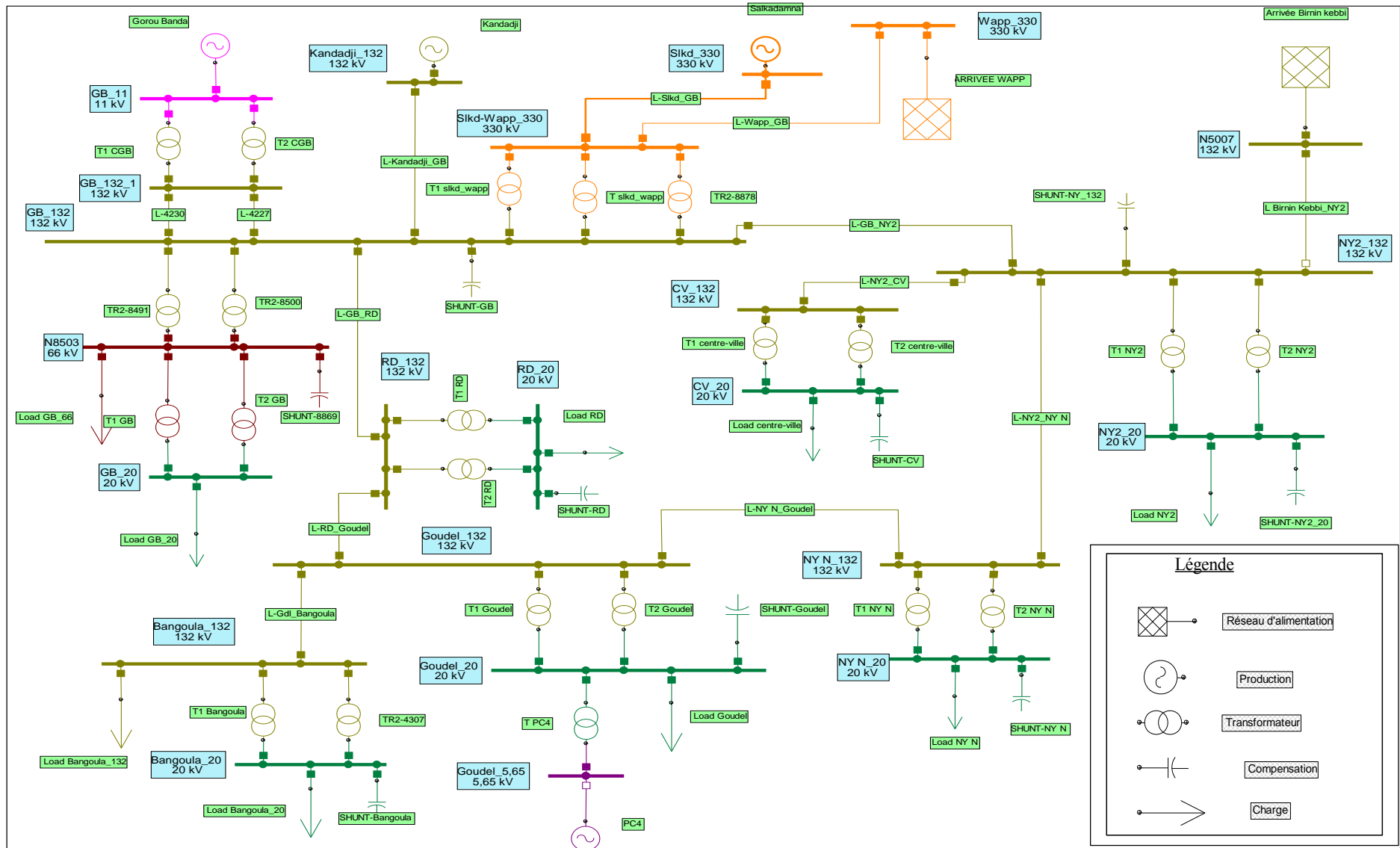


Figure 11 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018

Annexe 6 : Situation géographique des postes et leurs coordonnées

Tableau : Coordonnées des postes sources

Poste	Coordonnées	
	X	Y
Niamey 2	406266.25 m E	1492049.51 m N
Goudel	399360.00 m E	1497501.00 m N
Niamey Nord	403266.22 m E	1499967.80 m N
Gorou Banda	404688.00 m E	1484984.00 m N
Rive Droite	400846.00 m E	1490525.00 m N
Centre-ville	402912.00 m E	1494672.00 m N
Bangoula	391582.00 m E	1503784.00 m N

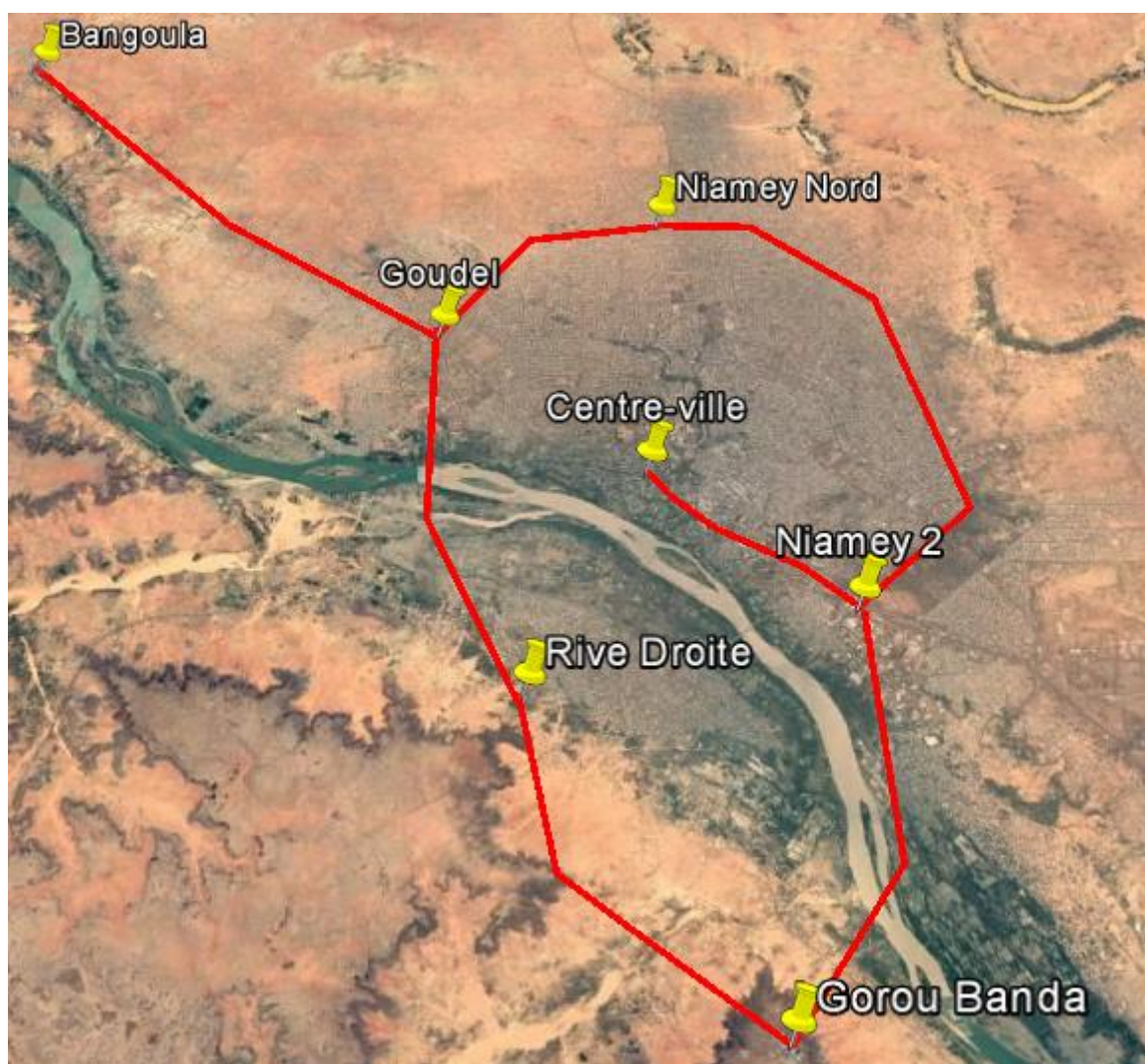


Figure 12 : Situation géographique des postes sources

Annexe 7 : Capacité de transit des lignes en fonction de la section et de la tension [8]

Section des lignes	Intensité max (A)	Puissance maximale des lignes (MVA)		
		66 kV	132 kV	330 kV
117 mm ² AAAC	252	29	58	144
147 mm ² AACSR	276	31	63	158
242 mm ² AEROZ	450	51	103	257
291 mm ² JLX/G1A-250/40	550	63	126	315

Annexe 8 : Charge par poste avant et après l'ajout du groupe (2019)

Tableau 1 : Charge par poste avant l'ajout du groupe

Poste		P (MW)	Q (MVAr)	S (MVA)
Niamey 2		68,4	33,1	76,0
Goudel		55,8	27,0	62,0
Niamey	T1	22,1	10,7	24,6
Nord	T2	10,1	4,9	11,2
Gorou Banda		22,8	11,0	25,3

Tableau 2 : Charge par poste après l'ajout du groupe

Poste		P (MW)	Q (MVAr)	S (MVA)
Niamey 2		68,4	33,1	76,0
Goudel		65,0	31,5	72,2
Niamey	T1	16,0	7,7	17,8
Nord	T2	7,0	3,4	7,8
Gorou Banda		22,8	11,0	25,3

Annexe 9 : Cadre juridique national [16]

Intitulé du texte	Dates d'adoption	Domaine	Références contextuelles
Constitution du 25 Novembre 2010 de la république du Niger	25 novembre 2010	Protection de l'environnement et des ressources naturelles	<p>Aux termes de l'article 28 : « Toute personne a droit à la propriété. Nul ne peut être privé de sa propriété que pour cause d'utilité publique sous réserve d'une juste et préalable indemnisation ».</p> <p>L'article 35 précise : « L'État a l'obligation de protéger l'environnement dans l'intérêt des générations présentes et futures. Chacun est tenu de contribuer à la sauvegarde et à l'amélioration de l'environnement dans lequel il vit [...] L'État veille à l'évaluation et au contrôle des impacts de tout projet et programme de développement sur l'environnement ».</p> <p>Par ailleurs, aux termes de l'article 37 : « Les entreprises nationales et internationales ont l'obligation de respecter la législation en vigueur en matière environnementale. Elles sont tenues de protéger la santé humaine et de contribuer à la sauvegarde ainsi qu'à l'amélioration de l'environnement ».</p>
Loi n°98-56 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement	29 décembre 1998	Gestion de l'environnement et EIE	Article 31 : « Les activités, projets et programmes de développement qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur les milieux naturel et humain, peuvent porter atteinte à ces derniers sont soumis à une autorisation préalable du ministre chargé de l'environnement [...] ».
Loi n°2001-32 portant orientation de la Politique d'Aménagement du Territoire	31 décembre 2001	Aménagement du territoire	Au sens de l'article 34 « L'Etat veille à la prise en compte de la dimension environnementale lors de la formulation des programmes et des projets en y incluant notamment des études d'impact environnemental intégrant les aspects écologiques, socio-économiques et culturels.
Ordonnance n°97-001 du 10 janvier 1997 portant institutionnalisation des études d'impacts	10 janvier 1997	Études d'Impact sur l'Environnement (ÉIE)	Article 4 : « Les activités, projets ou programmes de développement qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur les milieux naturel et humain, peuvent porter atteinte à ces derniers, sont soumises à une autorisation préalable du Ministre chargé de l'Environnement. Cette autorisation est accordée sur la base d'une appréciation des conséquences des activités, du projet ou du programme mis à jour par une ÉIE élaborée par le Promoteur ».
Ordonnance N°99-50 du 22 novembre 1999 portant fixation des tarifs d'aliénation et d'occupation des terres domaniales de la République du Niger	22 novembre 1999	Terres domaniales	Article premier fixe les prix de base d'aliénation des terrains urbains à usage d'habitat (résidentiel et traditionnel), industriel, artisanal ou commercial, faisant partie des centres urbains et agglomérations loties ou non loties, et des terrains ruraux

Intitulé du texte	Dates d'adoption	Domaine	Références contextuelles
<p>Décret N°2012-317/PRN/ME/P portant organisation du contrôle des ouvrages de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique, de l'éclairage public, des consignes lumineuses et des feux optiques</p>	<p>25 juillet 2012</p>	<p>Energie électrique</p>	<p>Le décret définit le champ d'application et les conditions du contrôle des ouvrages électriques sur toute l'étendue du territoire. Le contrôle porte sur les ouvrages existants et les travaux neufs de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique installés et exploités. Il stipule en son article 5 que le contrôle des ouvrages électriques porte sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ pour les travaux neufs jusqu'à la réception de l'ouvrage : la conception, la réalisation et la mise en service. Il porte sur la qualité du matériel utilisé et sa conformité aux normes en vigueur au Niger et aux prescriptions du constructeur, aux conditions d'installation des équipements, à la sécurité des personnes et des biens, à la préservation de l'environnement ; ○ pour les ouvrages en cours d'exploitation : la qualité de l'énergie fournie aux usagers (tensions, courants, fréquence), les conditions d'exploitation et de maintenance (état physique, isolement etc.) et d'une manière générale la sécurité des personnes et des biens et la préservation de l'environnement ; <p>- pour les ouvrages à déclasser : la régularité du déclassement, la sécurité des personnes et des biens et la préservation de l'environnement.</p>
<p>Arrêté n°0009/MESU/DD/SG/BEEEEI/DL du 05 Août 2015, portant organisation et fonctionnement du Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'Impacts (BÉEÉI) et déterminant les attributions de son Directeur</p>	<p>05 Août 2015</p>	<p>Evaluation environnementale et étude d'impacts</p>	<p><i>Article 4 : « Sous l'autorité du Secrétaire Général du Ministère et en collaboration avec la Direction Générale de l'Environnement et des Eaux et Forêts (DGE/EF), le Directeur du Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'Impact (BEEEEI), qui peut être secondé d'un Adjoint, est chargé, en relation avec les autres structures du ministère ainsi que les Institutions concernées, de :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>faire connaître et respecter les procédures administratives d'évaluation environnementale et études d'impact ;</i> - <i>assurer la validation des termes de référence des évaluations environnementales et les études d'impact de tout projet et programme de développement éligible ;</i> - <i>assurer l'analyse de recevabilité des rapports d'évaluation environnementale et études d'impact soumis à l'appréciation du Ministère ;</i> - <i>assurer la validation par des Comités Ad hoc, dûment mis en place, des rapports d'évaluation environnementale et études d'impact, en relation avec les promoteurs des projets et programmes de développement.</i>

Annexe 10 : Résultats des simulations

Résultats 2018

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		7,704	36,074	82,204	-26,27	171,204	40,48	163,5	79,1	0	74,694
9	Région 1		7,704	36,074	0	0	171,204	40,48	163,5	79,1	0	74,694
10	Zone 1		7,704	36,074	0	0	171,204	40,48	163,5	79,1	0	74,694
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	20		0	0	0	0,577						
15	66		2,704	4,523	0	9,43						
16	132		5	-1,826	0	23,371						
17												
18	Surchar											
19	Noeuds	%										
20	GoudeL_2	88,05										
21	NY N_T2	87,08										
22	NY N_T1	85,93										
23	Elément	%	Type									
24	L-RD_Gdl	152,75	Ligne									
25	T1 NY N	112,14	Transfor									
26	T comp	111,27	Transfor									
27	T2 NY N	102,23	Transfor									
28												
29	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
30		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
31	3013	GB_11	11,487	104,42	-4,5	0	0	80	60	0	0	0
32	3016	GB_132	131,666	99,75	-8,2	0	0	0	0	0	0	0
33	3017	GB_132	131,544	99,65	-8,2	0	0	0	0	0	0	0
34	3018	GB_66	65,128	98,68	-11,4	2,2	1,1	0	0	-29,213	0	0
35	3022	GB_20	18,99	94,95	-15,6	19,7	9,5	0	0	0	0	0
36	3023	GoudeL_6	60,181	91,18	-14,4	6,6	3,2	0	0	0	0	0
37	3024	GoudeL_2	17,61	88,05	-19,2	48,1	23,3	0	0	-2,869	0	0
38	3025	GoudeL_5	5,128	90,77	-16,8	0	0	9	6,75	0	0	0
39	3029	NY N_66	60,25	91,29	-14,2	0	0	0	0	0	0	0
40	3030	NY N_T1	17,185	85,93	-20,5	19	9,2	0	0	0	0	0
41	3031	NY N_T2	17,415	87,08	-19,3	8,8	4,2	0	0	0	0	0
42	3034	NY 2_13	130,14	98,59	-8,3	0	0	0	0	0	0	0
43	3036	B-3036	62,157	94,18	-13,3	0	0	0	0	0	0	0
44	3037	NY3 com	21,838	109,19	-8,3	0	0	0	0	-33,382	0	0
45	3038	NY 2_20	19,215	96,07	-12,3	59,1	28,6	0	0	-9,23	0	0
46	3117	B-3117	62,945	95,37	-13	0	0	0	0	0	0	0
47	3137	Birin Ke	132	100	0	0	26,27	82,204	0	0	0	0

		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
50													
51	3014	GB_11	T1 CGB	Transfor	40	30	2,513	-41,3	94,34			0	3,9019
52	3014	GB_132_	T1 CGB	Transfor	-40	-26,098	0,209	138,7	90,12			0	3,9019
53	3015	GB_132_	T2 CGB	Transfor	-40	-26,098	0,209	138,7	90,12			0	3,9019
54	3020	GB_132_	T1 PGB	Transfor	30,816	6,353	0,138	-19,9	49,94			0	1,7627
55	3019	GB_132_	T2 PGB	Transfor	30,816	6,353	0,138	-19,9	49,94			0	1,7627
56	3019	GB_66	T2 PGB	Transfor	-30,816	-4,59	0,276	160,1	49,45			0	1,7627
57	3020	GB_66	T1 PGB	Transfor	-30,816	-4,59	0,276	160,1	49,45			0	1,7627
58	3021	GB_66	T CHGB	Transfor	19,7	11,339	0,202	-41,3	75,77			0	1,8394
59	3021	GB_20	T CHGB	Transfor	-19,7	-9,5	0,665	138,7	72,9			0	1,8394
60	3027	Goudel_6	T1 PGDL	Transfor	19,55	9,065	0,207	-39,2	71,83			0	1,9362
61	3028	Goudel_6	T2 PGDL	Transfor	19,55	9,065	0,207	-39,2	71,83			0	1,9362
62	3056	GB_132_	L-3056	Ligne	40	26,098	0,209	-41,3	48,37			0,0184	0,0031
63	3056	GB_132_	L-3056	Ligne	-39,982	-26,095	0,21	138,6	48,39			0,0184	0,0031
64	3059	GB_132_	L-3059	Ligne	40	26,098	0,209	-41,3	48,37			0,0184	0,0031
65	3059	GB_132_	L-3059	Ligne	-39,982	-26,095	0,21	138,6	48,39			0,0184	0,0031
66	3035	NY 2_13	T PNY2	Transfor	36,471	21,094	0,187	-38,3	84,26			0	4,076
67	3035	B-3036	T PNY2	Transfor	-36,471	-17,018	0,374	141,7	80,49			0	4,076
68	3043	NY 2_20	T1 PNY2	Transfor	-29,55	-9,685	0,934	149,5	77,74			0	2,3625
69	3033	NY N_T1	T1 NY N	Transfor	-19	-9,2	0,709	133,7	105,55			0	2,7161
70	3033	NY N_66	T1 NY N	Transfor	19	11,916	0,215	-46,3	112,14			0	2,7161
71	3032	NY N_66	T2 NY N	Transfor	8,8	5,202	0,098	-44,8	102,23			0	1,0019
72	3032	NY N_T2	T2 NY N	Transfor	-8,8	-4,2	0,323	135,2	97,51			0	1,0019
73	3070	NY 2_13	L-NY 2_	Ligne	-18,176	-39,531	0,193	106,4	35,1			0,1542	-0,0476
74	3070	GB_132_	L-NY 2_	Ligne	18,33	39,484	0,191	-73,3	34,74			0,1542	-0,0476
75	3073	GB_20	Load GB	Charge	19,7	9,5	0,665	-41,3	0	1	1		
76	3076	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-29,213	0,259	78,6	0				
77	3080	Goudel_2	SHUNT-G	Shunt	0	-2,869	0,094	70,8	0				
78	3082	NY N_T2	Load NY	Charge	8,8	4,2	0,323	-44,8	0	1	1		
79	3083	NY N_T1	Load NY	Charge	19	9,2	0,709	-46,3	0	1	1		
80	3088	Goudel_5	PC4	Machine	-9	-6,75	1,267	126,4	0	1	1		
81	3087	NY 2_20	Load NY	Charge	59,1	28,6	1,973	-38,2	0	1	1		
82	3094	B-3036	L-NY N_	Ligne	36,471	17,018	0,374	-38,3	74,17			0,8591	0,8673
83	3094	NY N_66	L-NY N_	Ligne	-35,612	-16,15	0,375	141,4	74,35			0,8591	0,8673
84	3097	NY N_66	L-Goudel	Ligne	7,812	-0,968	0,075	-7,2	14,97			0,0107	-0,053
85	3097	Goudel_6	L-Goudel	Ligne	-7,801	0,915	0,075	172,3	14,95			0,0107	-0,053
86	3026	Goudel_2	T PC4	Transfor	-9	-6,173	0,358	126,4	68,21			0	0,5771
87	3026	Goudel_5	T PC4	Transfor	9	6,75	1,267	-53,6	70,31			0	0,5771
88	3079	Goudel_2	Load Gdl	Charge	48,1	23,3	1,752	-45	0	1	1		
89	3086	NY3 com	SHUNT-N	Shunt	0	-33,382	0,883	81,7	0				
90	3108	NY 2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-9,23	0,277	77,7	0				
91	3075	GB_66	Load GB	Charge	2,2	1,1	0,022	-38	0	1	1		
92	3043	NY 2_13	T1 PNY2	Transfor	29,55	12,047	0,142	-30,5	79,78			0	2,3625
93	3113	NY 2_13	T2 PNY	Transfor	29,55	12,047	0,142	-30,5	79,78			0	2,3625
94	3113	NY 2_20	T2 PNY	Transfor	-29,55	-9,685	0,934	149,5	77,74			0	2,3625
95	3078	Goudel_6	Load Gdl	Charge	6,6	3,2	0,07	-40,2	0	1	1		
96	3118	GB_66	L-GB_RD	Ligne	39,733	25,954	0,421	-44,6	76,49			0,667	1,8119
97	3118	B-3117	L-GB_RD	Ligne	-39,066	-24,142	0,421	135,3	76,59			0,667	1,8119
98	3121	B-3117	L-RD_Gdl	Ligne	39,066	24,142	0,421	-44,7	152,62			1,1669	1,8964
99	3121	Goudel_6	L-RD_Gdl	Ligne	-37,899	-22,246	0,422	135,2	152,75			1,1669	1,8964
100	3044	NY 2_13	T comp	Transfor	0	-30,142	0,134	81,7	100,47			0	3,2403
101	3044	NY3 com	T comp	Transfor	0	33,382	0,883	-98,3	111,27			0	3,2403
102	3027	Goudel_2	T1 PGDL	Transfor	-19,55	-7,129	0,682	140,8	69,36			0	1,9362
103	3028	Goudel_2	T2 PGDL	Transfor	-19,55	-7,129	0,682	140,8	69,36			0	1,9362
104	3015	GB_11	T2 CGB	Transfor	40	30	2,513	-41,3	94,34			0	3,9019
105	3090	GB_11	GB-G2	Machine	-20	-15	1,257	138,7	0	1	1		
106	3133	GB_11	GB-G1	Machine	-20	-15	1,257	138,7	0	1	1		
107	3132	GB_11	GB-G4	Machine	-20	-15	1,257	138,7	0	1	1		
108	3131	GB_11	GB-G3	Machine	-20	-15	1,257	138,7	0	1	1		
109	3138	Birin Ke	L-Birin	Ligne	82,204	-26,27	0,377	17,7	40,07			4,809	-1,785
110	3138	NY 2_13	L-Birin	Ligne	-77,395	24,485	0,36	-170,7	38,23			4,809	-1,785
111	3128	Birin Ke	ARRIVEE	Réseau d:	-82,204	26,27	0,377	-162,3	0				

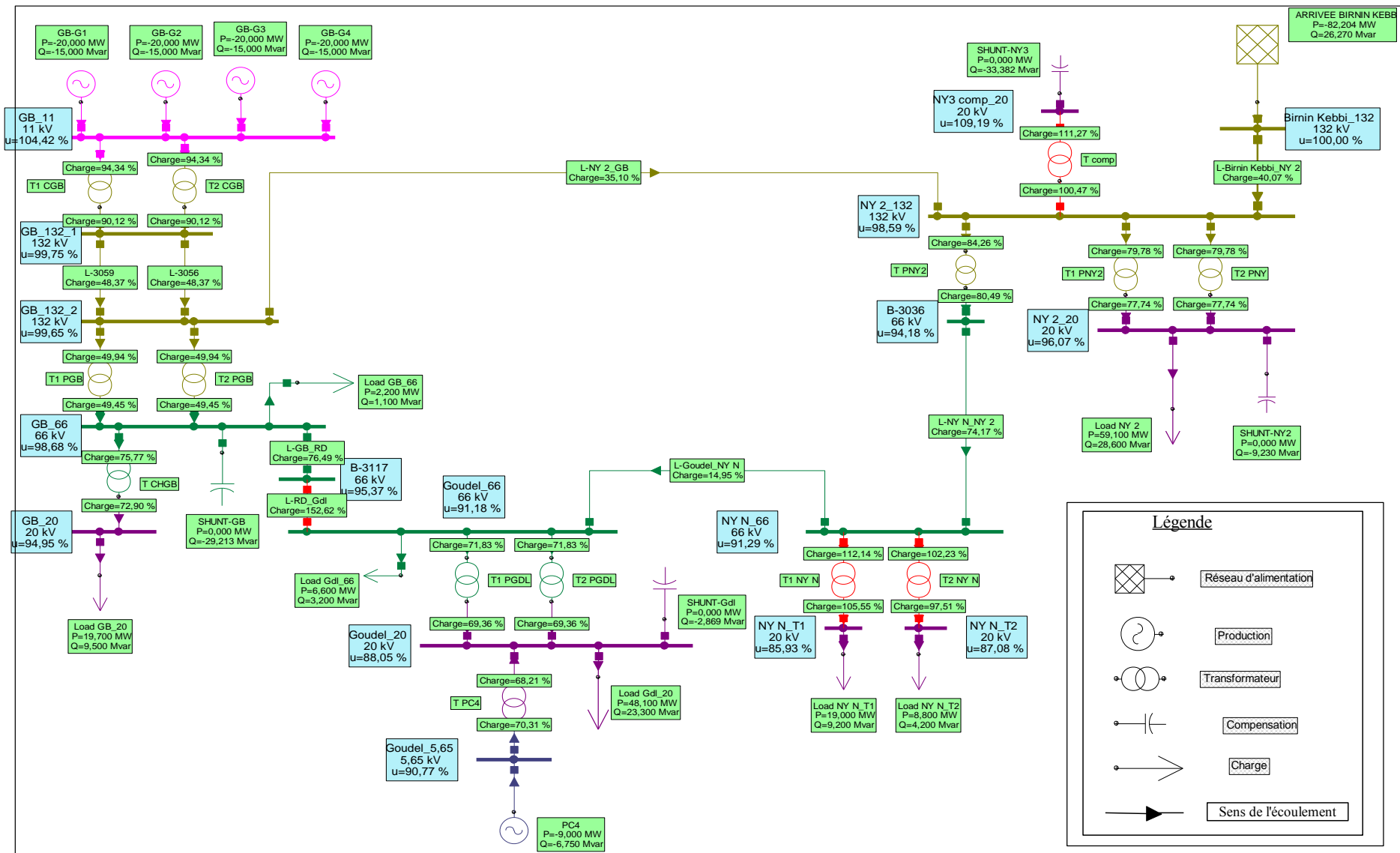


Figure 13 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018 pour l'écoulement de puissance

Résultats 2030

Situation normale

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		31,374	40,488	78,074	-42,381	558,074	-67,54	526,7	255	0	363,029
9	Région 1		31,374	40,488	0	0	558,074	-67,54	526,7	255	0	363,029
10	Zone 1		31,374	40,488	0	0	558,074	-67,54	526,7	255	0	363,029
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	2,423						
15	132		4,975	-12,766	0	41,698						
16	330		26,399	-24,108	0	33,241						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	8503	N8503	67,225	101,86	-7,9	7,1	3,4	0	0	-31,124	0	0
21	5007	N5007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	4207	GoudeL_5	5,633	99,7	-12,8	0	0	0	0	0	0	0
23	4206	GoudeL_2	19,94	99,7	-12,8	95	46	0	0	-44,73	0	0
24	4205	GoudeL_1	132,226	100,17	-7,9	0	0	0	0	0	0	0
25	4204	GB_20	19,57	97,85	-12,3	25	12,1	0	0	0	0	0
26	4201	GB_132	133,259	100,95	-6,6	0	0	0	0	-61,15	0	0
27	4200	GB_132_	133,323	101	-6,6	0	0	0	0	0	0	0
28	4197	GB_11	11,335	103,05	-5,1	0	0	40	30	0	0	0
29	4216	NY2_20	20,094	100,47	-11,6	80,4	38,9	0	0	-40,379	0	0
30	4215	NY2_132	132,783	100,59	-7,5	0	0	0	0	-50,595	0	0
31	4212	NY N_20	19,829	99,14	-12,6	89,4	43,3	0	0	-36,074	0	0
32	4211	NY N_13	132,148	100,11	-8	0	0	0	0	0	0	0
33	4287	CV_132	131,907	99,93	-8,3	0	0	0	0	0	0	0
34	4286	CV_20	19,911	99,55	-14	110	53,3	0	0	-54,51	0	0
35	4302	Bangoula	131,438	99,57	-8,5	21,2	10,3	0	0	0	0	0
36	4316	RD_20	19,932	99,66	-10,5	38,5	18,6	0	0	-14,898	0	0
37	4315	RD_132	132,454	100,34	-7,3	0	0	0	0	0	0	0
38	4306	Bangoula	19,856	99,28	-13,4	60,1	29,1	0	0	-29,569	0	0
39	4333	Kandadji	132	100	-1	0	25,518	40	0	0	0	0
40	4332	Sikd-Wap	329,736	99,92	-2,5	0	0	0	0	0	0	0
41	4331	Sikd_330	330	100	25,7	0	29,641	400	0	0	0	0
42	4342	Wapp_33	330	100	0	0	42,381	78,074	0	0	0	0

44	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
45		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
46	4248	NY2_132	SHUNT-N	Shunt	0	-50,595	0,22	82,5	0				
47	4364	RD_20	SHUNT-R	Shunt	0	-14,898	0,432	79,5	0				
48	4362	Bangoula	SHUNT-B	Shunt	0	-29,569	0,86	76,6	0				
49	4359	GB_20	T1 GB	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
50	4357	Bangoula	Load Ban	Charge	21,2	10,3	0,104	-34,4	0	1	1		
51	4343	Wapp_33	ARRIVEE	Réseau d	-78,074	42,381	0,155	-151,5	0				
52	4347	Sikd-Wap	T1 sikd_	Transfor	150,558	-15,972	0,265	3,5	75,7			0	11,0803
53	4371	NY N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-36,074	1,05	77,4	0				
54	4369	GB_132	SHUNT-G	Shunt	0	-61,15	0,265	83,4	0				
55	4367	CV_20	SHUNT-C	Shunt	0	-54,51	1,581	76	0				
56	8491	GB_132	TR2-849	Transfor	16,05	-6,185	0,075	14,4	27,3			0	0,4156
57	8500	GB_132	TR2-850	Transfor	16,05	-6,185	0,075	14,4	27,3			0	0,4156
58	4243	N8503	Load GB	Charge	7,1	3,4	0,068	-33,5	0	1	1		
59	4359	N8503	T1 GB	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
60	4203	N8503	T2 GB	Transfor	25	14,523	0,248	-38,1	96,37			0	2,4225
61	8491	N8503	TR2-849	Transfor	-16,05	6,601	0,149	-165,6	27,55			0	0,4156
62	8500	N8503	TR2-850	Transfor	-16,05	6,601	0,149	-165,6	27,55			0	0,4156
63	4278	N5007	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0				
64	5010	NY2_132	L Birnin K	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
65	5010	N5007	L Birnin K	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
66	4198	GB_132_	T1 CGB	Transfor	-20	-14,157	0,106	138,1	38,89			0	0,8427
67	4198	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,273	-41,9	39,68			0	0,8427
68	4238	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-252,451	25,689	1,103	178,3	50,15			1,2738	1,6323
69	4213	NY N_13	T2 NY N	Transfor	44,7	7,251	0,198	-17,2	71,88			0	3,6374
70	4214	NY N_13	T1 NY N	Transfor	44,7	7,251	0,198	-17,2	71,88			0	3,6374
71	4214	NY N_20	T1 NY N	Transfor	-44,7	-3,613	1,306	162,8	71,18			0	3,6374
72	4221	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-40,2	0,739	1,155	169,5	63,82			0	2,847
73	4230	GB_132	L-4230	Ligne	-19,995	-14,195	0,106	138	24,54			0,0047	-0,0374
74	4230	GB_132_	L-4230	Ligne	20	14,157	0,106	-41,9	24,51			0,0047	-0,0374
75	4227	GB_132	L-4227	Ligne	-19,995	-14,195	0,106	138	24,54			0,0047	-0,0374
76	4227	GB_132_	L-4227	Ligne	20	14,157	0,106	-41,9	24,51			0,0047	-0,0374

77	4210	Goude1_1	T2 Goud	Transfor	47,5	4,671	0,208	-13,5	75,76			0	4,0361
78	4209	Goude1_1	T1 Goud	Transfor	47,5	4,671	0,208	-13,5	75,76			0	4,0361
79	4199	GB_132_	T2 CGB	Transfor	-20	-14,157	0,106	138,1	38,89			0	0,8427
80	4249	NY2_20	Load NY	Charge	80,4	38,9	2,566	-37,4	0	1	1		
81	4250	Goude1_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0	1	1		
82	4245	Goude1_2	SHUNT-G	Shunt	0	-44,73	1,295	77,2	0				
83	4241	GB_20	Load GB	Charge	25	12,1	0,819	-38,1	0	1	1		
84	4238	GB_132	L-GB_NY	Ligne	253,725	-24,057	1,104	-1,2	50,19			1,2738	1,6323
85	8869	N8503	SHUNT-8	Shunt	0	-31,124	0,267	82,1	0				
86	4270	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-40,379	1,16	78,4	0				
87	4244	Goude1_2	Load Go	Charge	95	46	3,056	-38,6	0	1	1		
88	4208	Goude1_5	T PC4	Transfor	0	0	0	90	0			0	0
89	4208	Goude1_2	T PC4	Transfor	0	0	0	-90	0			0	0
90	4259	Goude1_1	L-NY N_	Ligne	28,148	2,836	0,124	-13,7	11,23			0,0128	-0,3642
91	4259	NY N_13	L-NY N_	Ligne	-28,135	-3,2	0,124	165,5	11,25			0,0128	-0,3642
92	4256	NY2_132	L-NY2_N	Ligne	61,466	10,569	0,271	-17,3	24,65			0,2006	-0,7317
93	4256	NY N_13	L-NY2_N	Ligne	-61,265	-11,301	0,272	161,6	24,74			0,2006	-0,7317
94	8878	Sikd-Wap	TR2-887	Transfor	150,558	-15,972	0,265	3,5	75,7			0	11,0803
95	8878	GB_132	TR2-887	Transfor	-150,558	27,052	0,663	-176,5	76,48			0	11,0803
96	4247	NY N_20	Load NY	Charge	89,4	43,3	2,892	-38,4	0	1	1		
97	4213	NY N_20	T2 NY N	Transfor	-44,7	-3,613	1,306	162,8	71,18			0	3,6374
98	4252	GB_11	Gorou Ba	Machine	-40	-30	2,547	138,1	0	1	1		
99	4199	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,273	-41,9	39,68			0	0,8427
100	4210	Goude1_2	T2 Goud	Transfor	-47,5	-0,635	1,375	166,5	75,4			0	4,0361
101	4209	Goude1_2	T1 Goud	Transfor	-47,5	-0,635	1,375	166,5	75,4			0	4,0361
102	4273	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-40,2	0,739	1,155	169,5	63,82			0	2,847
103	4273	NY2_132	T2 NY2	Transfor	40,2	2,108	0,175	-10,5	63,9			0	2,847
104	4221	NY2_132	T1 NY2	Transfor	40,2	2,108	0,175	-10,5	63,9			0	2,847
105	4203	GB_20	T2 GB	Transfor	-25	-12,1	0,819	141,9	92,58			0	2,4225
106	4297	CV_20	Load cen	Charge	110	53,3	3,544	-39,8	0	1	1		
107	4292	CV_132	T1 centre	Transfor	55	4,822	0,242	-13,3	87,64			0	5,4268
108	4292	CV_20	T1 centre	Transfor	-55	0,605	1,595	166,7	87,31			0	5,4268
109	4291	CV_20	T2 centre	Transfor	-55	0,605	1,595	166,7	87,31			0	5,4268

110	4291	CV_132	T2 centre	Transfor	55	4,822	0,242	-13,3	87,64			0	5,4268
111	4288	NY2_132	L-NY2_C	Ligne	110,586	10,122	0,483	-12,7	46,16			0,5856	0,4779
112	4288	CV_132	L-NY2_C	Ligne	-110	-9,644	0,483	166,7	46,21			0,5856	0,4779
113	4313	Bangoula	Load Ban	Charge	60,1	29,1	1,942	-39,2	0	1	1		
114	4308	Bangoula	T1 Bangou	Transfor	-30,05	0,235	0,874	167	75,13			0	2,5654
115	4308	Bangoula	T1 Bangou	Transfor	30,05	2,331	0,132	-13	75,35			0	2,5654
116	4307	Bangoula	TR2-430	Transfor	-30,05	0,235	0,874	167	75,13			0	2,5654
117	4307	Bangoula	TR2-430	Transfor	30,05	2,331	0,132	-13	75,35			0	2,5654
118	4303	GoudeL_1	L-Gdl_Ba	Ligne	81,63	14,714	0,362	-18,1	32,92			0,33	-0,2476
119	4303	Bangoula	L-Gdl_Ba	Ligne	-81,3	-14,962	0,363	161,1	33,01			0,33	-0,2476
120	4283	Kandadji	Kandadji	Machine	-40	25,518	0,208	-148,4	0	1	1		
121	4328	RD_132	L-RD_Go	Ligne	204,853	27,273	0,901	-14,9	40,95			0,0747	0,3809
122	4328	GoudeL_1	L-RD_Go	Ligne	-204,778	-26,892	0,902	164,6	40,99			0,0747	0,3809
123	4325	RD_132	L-GB_RD	Ligne	-243,353	-33,131	1,071	164,9	48,66			1,0773	1,275
124	4325	GB_132	L-GB_RD	Ligne	244,43	34,406	1,069	-14,7	48,61			1,0773	1,275
125	4317	RD_132	T2 RD	Transfor	38,5	5,858	0,17	-16	61,81			0	2,1565
126	4318	RD_132	T1 RD	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
127	4317	RD_20	T2 RD	Transfor	-38,5	-3,702	1,12	164	61,39			0	2,1565
128	4318	RD_20	T1 RD	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
129	4319	RD_20	Load RD	Charge	38,5	18,6	1,239	-36,3	0	1	1		
130	4347	GB_132	T1 silkd	Transfor	-150,558	27,052	0,663	-176,5	76,48			0	11,0803
131	4348	GB_132	T silkd_w	Transfor	-150,558	27,052	0,663	-176,5	76,48			0	11,0803
132	4348	Sikd-Wap	T silkd_w	Transfor	150,558	-15,972	0,265	3,5	75,7			0	11,0803
133	4344	Sikd-Wap	L-Wapp_	Ligne	-77,619	-24,443	0,142	160	10,71			0,4549	-66,8239
134	4344	Wapp_33	L-Wapp_	Ligne	78,074	-42,381	0,155	28,5	11,69			0,4549	-66,8239
135	4282	Sikd_330	Salkadam	Machine	-400	29,641	0,702	-150,1	0	1	1		
136	4338	Sikd-Wap	L-Sikd_G	Ligne	-374,056	72,357	0,667	-171,6	50,16			25,9437	42,7162
137	4338	Sikd_330	L-Sikd_G	Ligne	400	-29,641	0,702	29,9	52,76			25,9437	42,7162
138	4335	GB_132	L-Kanda	Ligne	-38,589	10,404	0,173	-171,6	15,74			1,4112	-15,1135
139	4335	Kandadji	L-Kanda	Ligne	40	-25,518	0,208	31,6	18,87			1,4112	-15,1135

Situation de contingence (N-1)

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		31,359	33,67	78,059	-48,332	558,059	-78,434	526,7	255	0	367,105
9	Région 1		31,359	33,67	0	0	558,059	-78,434	526,7	255	0	367,105
10	Zone 1		31,359	33,67	0	0	558,059	-78,434	526,7	255	0	367,105
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	1,147						
15	132		4,993	-12,917	0	37,381						
16	330		26,365	-25,096	0	33,155						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	8503	N8503	67,596	102,42	-7,9	7,1	3,4	0	0	-31,468	0	0
21	5007	N5007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	4207	GoudeL_5	5,663	100,22	-12,7	0	0	0	0	0	0	0
23	4206	GoudeL_2	20,045	100,22	-12,7	95	46	0	0	-45,202	0	0
24	4205	GoudeL_1	132,856	100,65	-7,9	0	0	0	0	0	0	0
25	4204	GB_20	20,108	100,54	-10	25	12,1	0	0	0	0	0
26	4201	GB_132	133,857	101,41	-6,6	0	0	0	0	-61,7	0	0
27	4200	GB_132_	133,92	101,45	-6,6	0	0	0	0	0	0	0
28	4197	GB_11	11,384	103,49	-5	0	0	40	30	0	0	0
29	4216	NY2_20	20,2	101	-11,5	80,4	38,9	0	0	-40,804	0	0
30	4215	NY2_132	133,426	101,08	-7,5	0	0	0	0	-51,086	0	0
31	4212	NY N_20	19,933	99,67	-12,5	89,4	43,3	0	0	-36,456	0	0
32	4211	NY N_13	132,784	100,59	-8	0	0	0	0	0	0	0
33	4287	CV_132	132,646	100,49	-8,3	0	0	0	0	0	0	0
34	4286	CV_20	20,085	100,42	-11,8	110	53,3	0	0	-55,466	0	0
35	4302	Bangoula	132,079	100,06	-8,5	21,2	10,3	0	0	0	0	0
36	4316	RD_20	20,022	100,11	-10,6	38,5	18,6	0	0	-15,033	0	0
37	4315	RD_132	133,07	100,81	-7,3	0	0	0	0	0	0	0
38	4306	Bangoula	19,963	99,81	-13,3	60,1	29,1	0	0	-29,889	0	0
39	4333	Kandadji	132	100	-0,9	0	27,532	40	0	0	0	0
40	4332	Sikd-Wap	330,832	100,25	-2,5	0	0	0	0	0	0	0
41	4331	Sikd_330	330	100	25,6	0	32,57	400	0	0	0	0
42	4342	Wapp_33	330	100	0	0	48,332	78,059	0	0	0	0

44	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
45		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
46	4248	NY2_132	SHUNT-N	Shunt	0	-51,086	0,221	82,5	0				
47	4364	RD_20	SHUNT-R	Shunt	0	-15,033	0,433	79,4	0				
48	4362	Bangoula	SHUNT-B	Shunt	0	-29,889	0,864	76,7	0				
49	4359	GB_20	T1 GB	Transfor	-12,5	-6,05	0,399	144,2	46,29			0	0,5736
50	4357	Bangoula	Load Ban	Charge	21,2	10,3	0,103	-34,4	0	1	1		
51	4343	Wapp_33	ARRIVEE	Réseau d	-78,059	48,332	0,161	-148,2	0				
52	4347	Sikd-Wap	T1 sikd_	Transfor	150,564	-18,602	0,265	4,5	75,85			0	11,0516
53	4371	NY N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-36,456	1,056	77,5	0				
54	4369	GB_132	SHUNT-G	Shunt	0	-61,7	0,266	83,4	0				
55	4367	CV_20	SHUNT-C	Shunt	0	-55,466	1,594	78,2	0				
56	8491	GB_132	TR2-849	Transfor	16,05	-6,984	0,075	16,9	27,78			0	0,4266
57	8500	GB_132	TR2-850	Transfor	16,05	-6,984	0,075	16,9	27,78			0	0,4266
58	4243	N8503	Load GB	Charge	7,1	3,4	0,067	-33,5	0	1	1		
59	4359	N8503	T1 GB	Transfor	12,5	6,624	0,121	-35,8	47,15			0	0,5736
60	4203	N8503	T2 GB	Transfor	12,5	6,624	0,121	-35,8	47,15			0	0,5736
61	8491	N8503	TR2-849	Transfor	-16,05	7,411	0,151	-163,1	28,06			0	0,4266
62	8500	N8503	TR2-850	Transfor	-16,05	7,411	0,151	-163,1	28,06			0	0,4266
63	4278	N5007	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0				
64	5010	NY2_132	L Birnin K	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
65	5010	N5007	L Birnin K	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
66	4198	GB_132_1	T1 CGB	Transfor	-20	-14,165	0,106	138,1	38,9			0	0,8355
67	4198	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,268	-41,9	39,68			0	0,8355
68	4238	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-252,373	31,281	1,1	179,6	50,02			1,2673	1,5945
69	4213	NY N_132	T2 NY N	Transfor	44,7	7,019	0,197	-16,9	71,82			0	3,5969
70	4214	NY N_132	T1 NY N	Transfor	44,7	7,019	0,197	-16,9	71,82			0	3,5969
71	4214	NY N_20	T1 NY N	Transfor	-44,7	-3,422	1,298	163,1	71,16			0	3,5969
72	4221	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-40,2	0,952	1,149	169,9	63,83			0	2,8179
73	4230	GB_132	L-4230	Ligne	-19,995	-14,203	0,106	138	24,43			0,0047	-0,038
74	4230	GB_132_1	L-4230	Ligne	20	14,165	0,106	-41,9	24,4			0,0047	-0,038
75	4227	GB_132	L-4227	Ligne	-19,995	-14,203	0,106	138	24,43			0,0047	-0,038
76	4227	GB_132_1	L-4227	Ligne	20	14,165	0,106	-41,9	24,4			0,0047	-0,038
77	4210	Goudel_1	T2 Goud	Transfor	47,5	4,392	0,207	-13,2	75,72			0	3,9935
78	4209	Goudel_1	T1 Goud	Transfor	47,5	4,392	0,207	-13,2	75,72			0	3,9935
79	4199	GB_132_1	T2 CGB	Transfor	-20	-14,165	0,106	138,1	38,9			0	0,8355
80	4249	NY2_20	Load NY	Charge	80,4	38,9	2,553	-37,3	0	1	1		
81	4250	Goudel_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0	1	1		
82	4245	Goudel_2	SHUNT-G	Shunt	0	-45,202	1,302	77,3	0				
83	4241	GB_20	Load GB	Charge	25	12,1	0,797	-35,8	0	1	1		
84	4238	GB_132	L-GB_NY	Ligne	253,64	-29,686	1,101	0	50,07			1,2673	1,5945
85	8869	N8503	SHUNT-8	Shunt	0	-31,468	0,269	82,1	0				
86	4270	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-40,804	1,166	78,5	0				
87	4244	Goudel_2	Load Go	Charge	95	46	3,04	-38,5	0	1	1		
88	4208	Goudel_5	T PC4	Transfor	0	0	0	-90	0			0	0
89	4208	Goudel_2	T PC4	Transfor	0	0	0	-90	0			0	0
90	4259	Goudel_1	L-NY_N_	Ligne	28,215	1,839	0,123	-11,6	11,17			0,0126	-0,3684
91	4259	NY N_132	L-NY_N_	Ligne	-28,202	-2,208	0,123	167,6	11,18			0,0126	-0,3684
92	4256	NY2_132	L-NY2_N	Ligne	61,397	11,08	0,27	-17,7	24,54			0,1989	-0,7494
93	4256	NY N_132	L-NY2_N	Ligne	-61,198	-11,83	0,271	161,1	24,64			0,1989	-0,7494
94	8878	Sikd-Wap	TR2-887	Transfor	150,564	-18,602	0,265	4,5	75,85			0	11,0516
95	8878	GB_132	TR2-887	Transfor	-150,564	29,654	0,662	-175,5	76,73			0	11,0516
96	4247	NY N_20	Load NY	Charge	89,4	43,3	2,877	-38,4	0	1	1		
97	4213	NY N_20	T2 NY N	Transfor	-44,7	-3,422	1,298	163,1	71,16			0	3,5969
98	4252	GB_11	Gorou Ba	Machine	-40	-30	2,536	138,1	0	1	1		
99	4199	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,268	-41,9	39,68			0	0,8355
100	4210	Goudel_2	T2 Goud	Transfor	-47,5	-0,399	1,368	166,8	75,4			0	3,9935
101	4209	Goudel_2	T1 Goud	Transfor	-47,5	-0,399	1,368	166,8	75,4			0	3,9935
102	4273	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-40,2	0,952	1,149	169,9	63,83			0	2,8179
103	4273	NY2_132	T2 NY2	Transfor	40,2	1,866	0,174	-10,1	63,88			0	2,8179
104	4221	NY2_132	T1 NY2	Transfor	40,2	1,866	0,174	-10,1	63,88			0	2,8179
105	4203	GB_20	T2 GB	Transfor	-12,5	-6,05	0,399	144,2	46,29			0	0,5736
106	4297	CV_20	Load cen	Charge	110	53,3	3,514	-37,7	0	1	1		

Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension (HT) de la ville de Niamey

107	4292	CV_132	T1 centre	Transfor	55	2,278	0,24	-10,7	55,05			0	3,3608
108	4292	CV_20	T1 centre	Transfor	-55	1,083	1,581	169,3	55,01			0	3,3608
109	4291	CV_20	T2 centre	Transfor	-55	1,083	1,581	169,3	55,01			0	3,3608
110	4291	CV_132	T2 centre	Transfor	55	2,278	0,24	-10,7	55,05			0	3,3608
111	4288	NY2_132	L-NY2_C	Ligne	110,576	4,993	0,479	-10,1	45,79			0,5759	0,4375
112	4288	CV_132	L-NY2_C	Ligne	-110	-4,555	0,479	169,3	45,81			0,5759	0,4375
113	4313	Bangoula	Load Ban	Charge	60,1	29,1	1,931	-39,2	0	1	1		
114	4308	Bangoula	T1 Bango	Transfor	-30,05	0,394	0,869	167,4	75,13			0	2,5382
115	4308	Bangoula	T1 Bango	Transfor	30,05	2,144	0,132	-12,6	75,32			0	2,5382
116	4307	Bangoula	TR2-430	Transfor	-30,05	0,394	0,869	167,4	75,13			0	2,5382
117	4307	Bangoula	TR2-430	Transfor	30,05	2,144	0,132	-12,6	75,32			0	2,5382
118	4303	Goudel_1	L-Gdl_Ba	Ligne	81,626	14,318	0,36	-17,8	32,74			0,3263	-0,2698
119	4303	Bangoula	L-Gdl_Ba	Ligne	-81,3	-14,587	0,361	161,3	32,82			0,3263	-0,2698
120	4283	Kandadji	Kandadji	Machine	-40	27,532	0,212	-146,4	0	1	1		
121	4328	RD_132	L-RD_Go	Ligne	204,915	25,282	0,896	-14,3	40,72			0,0739	0,3403
122	4328	Goudel_1	L-RD_Go	Ligne	-204,841	-24,942	0,897	165,2	40,76			0,0739	0,3403
123	4325	RD_132	L-GB_RD	Ligne	-243,415	-31,092	1,065	165,4	48,39			1,0656	1,2248
124	4325	GB_132	L-GB_RD	Ligne	244,481	32,317	1,064	-14,2	48,35			1,0656	1,2248
125	4317	RD_132	T2 RD	Transfor	19,25	2,905	0,084	-15,9	64,89			0	1,1213
126	4318	RD_132	T1 RD	Transfor	19,25	2,905	0,084	-15,9	64,89			0	1,1213
127	4317	RD_20	T2 RD	Transfor	-19,25	-1,784	0,557	164,1	64,44			0	1,1213
128	4318	RD_20	T1 RD	Transfor	-19,25	-1,784	0,557	164,1	64,44			0	1,1213
129	4319	RD_20	Load RD	Charge	38,5	18,6	1,233	-36,4	0	1	1		
130	4347	GB_132	T1 slkd	Transfor	-150,564	29,654	0,662	-175,5	76,73			0	11,0516
131	4348	GB_132	T slkd_w	Transfor	-150,564	29,654	0,662	-175,5	76,73			0	11,0516
132	4348	Sikd-Wap	T slkd_w	Transfor	150,564	-18,602	0,265	4,5	75,85			0	11,0516
133	4344	Sikd-Wap	L-Wapp	Ligne	-77,595	-18,66	0,139	163,9	10,47			0,4638	-66,9914
134	4344	Wapp_33	L-Wapp	Ligne	78,059	-48,332	0,161	31,8	12,08			0,4638	-66,9914
135	4282	Sikd_330	Salkadam	Machine	-400	32,57	0,702	-149,7	0	1	1		
136	4338	Sikd-Wap	L-Sikd_G	Ligne	-374,098	74,466	0,666	-171,3	50,05			25,9017	41,8957
137	4338	Sikd_330	L-Sikd_G	Ligne	400	-32,57	0,702	30,3	52,79			25,9017	41,8957
138	4335	GB_132	L-Kanda	Ligne	-38,537	12,481	0,175	-168,7	15,88			1,4634	-15,0507
139	4335	Kandadji	L-Kanda	Ligne	40	-27,532	0,212	33,6	19,31			1,4634	-15,0507

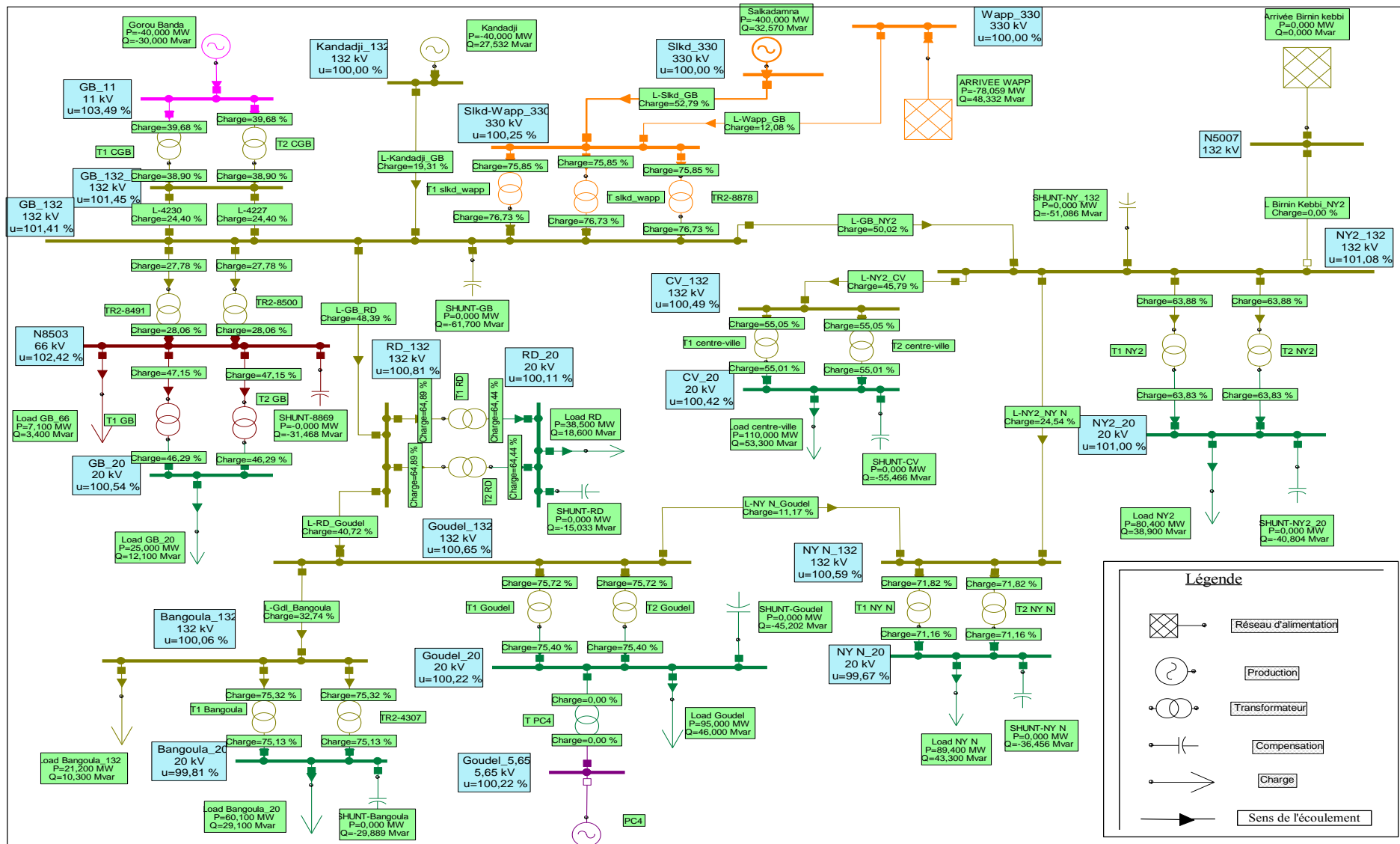


Figure 14 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2030 pour l'écoulement de puissance

Résultats 2019

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg			
7	Région/Zone	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar			
8	Réseau		13,036	38,559	113,336	4,508	202,336	71,258	189,3	91,6			
9	Région 1		13,036	38,559	0	0	202,336	71,258	189,3	91,6			
10	Zone 1		13,036	38,559	0	0	202,336	71,258	189,3	91,6			
11													
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte							
13	kV		MW	MVar	MW	MVar							
14	20		0	0	0	0,85							
15	66		5,679	9,989	0	19,939							
16	132		7,357	-27,421	0	35,202							
17													
18	Surcharges												
19	Noeuds (inférieure)	%											
20	GB_66	87,99											
21	NY2 20	86,92											
22	B-9478	83,09											
23	GB_20	82,87											
24	B-9418	81,93											
25	NY N_66	77,28											
26	Goudel_66	77,01											
27	B-9408	74,77											
28	Goudel_20	71,52											
29	NY N T2_20	69,86											
30	NY N T1_20	68,94											
31	Eléments	%	Type										
32	L-Goudel_RD	216,13	Ligne										
33	T1 NY N	137,63	Transfor										
34	T2 NY N	124,17	Transfor										
35	T NY2	117,61	Transfor										
36	L-NY2_NY N	112,76	Ligne										
37	L-RD_GB	108,4	Ligne										
38													
39	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ	Descrip
40		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar			
41	9521	B-9521	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	9407	Goudel_2	14,304	71,52	-27,3	55,8	27	0	0	-1,892	0	0	0
43	9406	Goudel_6	50,828	77,01	-18,9	7,6	3,7	0	0	0	0	0	0
44	9405	GB_20	16,573	82,87	-20,7	22,8	11	0	0	0	0	0	0
45	9401	GB_66	58,072	87,99	-14,5	2,5	1,2	0	0	-23,225	0	0	0
46	9400	GB_132	120,289	91,13	-9,9	0	0	0	0	0	0	0	0
47	9399	GB_132'	120,42	91,23	-9,8	0	0	0	0	0	0	0	0
48	9396	GB_11	10,588	96,26	-5,4	0	0	80	60	0	0	0	0
49	9419	NY2 20	17,385	86,92	-15,5	68,4	33,1	0	0	-7,556	0	0	0
50	9418	B-9418	54,076	81,93	-17,6	0	0	0	0	0	0	0	0
51	9416	NY2 132	119,689	90,67	-9,9	0	0	0	0	0	0	0	0
52	9413	NY N T2_	13,973	69,86	-28,4	10,1	4,9	0	0	0	0	0	0
53	9412	NY N_66	51,004	77,28	-18,7	0	0	0	0	0	0	0	0
54	9408	B-9408	4,224	74,77	-23,7	0	0	9	6,75	0	0	0	0
55	9478	B-9478	54,837	83,09	-16,8	0	0	0	0	0	0	0	0
56	9502	NY N T1_	13,787	68,94	-29,5	22,1	10,7	0	0	0	0	0	0
57	9497	Birnin Ke	132	100	0	0	0	113,336	4,508	0	0	0	0
58	9510	B-9510	19,357	96,78	-9,9	0	0	0	0	-26,228	0	0	0
59													

60	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
61		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
62	9520	GoudeL_2	TR2-952	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
63	9520	B-9521	TR2-952	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
64	9519	B-9521	SM-9519	Machine	0	0	0	0	0				
65	9398	GB_132'	T2 CGB	Transfor	-40	-25,408	0,227	137,8	89,41			0	4,592
66	9397	GB_132'	T1 CGB	Transfor	-40	-25,408	0,227	137,8	89,41			0	4,592
67	9397	GB_11	T1 CGB	Transfor	40	30	2,726	-42,2	94,34			0	4,592
68	9417	B-9418	T NY2	Transfor	-44,459	-29,102	0,567	129,2	106,27			0	9,387
69	9417	NY2 132	T NY2	Transfor	44,459	38,489	0,284	-50,8	117,61			0	9,387
70	9435	GB_132	L-9435	Ligne	-39,978	-25,387	0,227	137,7	52,5			0,0216	0,0205
71	9435	GB_132'	L-9435	Ligne	40	25,408	0,227	-42,2	52,47			0,0216	0,0205
72	9432	GB_132	L-9432	Ligne	-39,978	-25,387	0,227	137,7	52,5			0,0216	0,0205
73	9432	GB_132'	L-9432	Ligne	40	25,408	0,227	-42,2	52,47			0,0216	0,0205
74	9411	GoudeL_6	T2 Goud	Transfor	23,4	13,94	0,309	-49,6	90,79			0	4,3359
75	9410	GoudeL_6	T1 Goud	Transfor	23,4	13,94	0,309	-49,6	90,79			0	4,3359
76	9404	GB_20	T1 GB	Transfor	-22,8	-11	0,882	133,5	84,38			0	3,2351
77	9404	GB_66	T1 GB	Transfor	22,8	14,235	0,267	-46,5	89,6			0	3,2351
78	9403	GB_66	T1 PGB	Transfor	-36,56	-14,154	0,39	144,3	62,23			0	3,5102
79	9402	GB_66	T2 PGB	Transfor	-36,56	-14,154	0,39	144,3	62,23			0	3,5102
80	9402	GB_132	T2 PGB	Transfor	36,56	17,665	0,195	-35,7	64,45			0	3,5102
81	9403	GB_132	T1 PGB	Transfor	36,56	17,665	0,195	-35,7	64,45			0	3,5102
82	9453	GoudeL_2	SHUNT-G	Shunt	0	-1,892	0,076	62,7	0				
83	9449	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-23,225	0,231	75,5	0				
84	9446	GB_20	Load GB	Charge	22,8	11	0,882	-46,5	0	1	1		
85	9443	NY2 132	L- GB_N	Ligne	-6,809	-15,778	0,083	103,5	15,07			0,0281	-0,3322
86	9443	GB_132	L- GB_N	Ligne	6,837	15,446	0,081	-76	14,74			0,0281	-0,3322
87	9414	NY N_66	T2 NY N	Transfor	10,1	7,223	0,141	-54,3	124,17			0	2,3234
88	9415	NY N_66	T1 NY N	Transfor	22,1	16,408	0,312	-55,3	137,63			0	5,7083
89	9420	NY2 20	T1 NY 2	Transfor	-34,2	-12,772	1,212	144	91,27			0	3,9774
90	9470	NY2 20	SHUNT-N	Shunt	0	-7,556	0,251	74,5	0				
91	9452	GoudeL_2	Load Go	Charge	55,8	27	2,502	-53,2	0	1	1		
92	9409	B-9408	T PC4	Transfor	9	6,75	1,538	-60,6	70,31			0	0,8504
95	9464	NY N_66	L- NY N	Ligne	10,282	3,124	0,122	-35,6	24,13			0,028	-0,0121
96	9461	B-9418	L-NY2_N	Ligne	44,459	29,102	0,567	-50,8	112,56			1,9772	2,346
97	9461	NY N_66	L-NY2_N	Ligne	-42,482	-26,756	0,568	129,1	112,76			1,9772	2,346
98	9456	NY2 20	Load NY	Charge	68,4	33,1	2,524	-41,3	0	1	1		
99	9457	B-9408	PC4	Machine	-9	-6,75	1,538	119,4	0	1	1		
100	9411	GoudeL_2	T2 Goud	Transfor	-23,4	-9,604	1,021	130,4	84,31			0	4,3359
101	9410	GoudeL_2	T1 Goud	Transfor	-23,4	-9,604	1,021	130,4	84,31			0	4,3359
102	9482	GoudeL_6	L-GoudeL	Ligne	-44,146	-28,444	0,597	128,3	216,13			2,3367	3,8942
103	9482	B-9478	L-GoudeL	Ligne	46,483	32,338	0,596	-51,6	216,01			2,3367	3,8942
104	9479	GB_66	L-RD_GB	Ligne	47,82	36,099	0,596	-51,5	108,31			1,3366	3,7606
105	9479	B-9478	L-RD_GB	Ligne	-46,483	-32,338	0,596	128,4	108,4			1,3366	3,7606
106	9451	GoudeL_6	Load Go	Charge	7,6	3,7	0,096	-44,8	0	1	1		
107	9474	NY2 20	T2 NY 2	Transfor	-34,2	-12,772	1,212	144	91,27			0	3,9774
108	9474	NY2 132	T2 NY 2	Transfor	34,2	16,75	0,184	-36	95,2			0	3,9774
109	9420	NY2 132	T1 NY 2	Transfor	34,2	16,75	0,184	-36	95,2			0	3,9774
110	9448	GB_66	Load GB	Charge	2,5	1,2	0,028	-40,1	0	1	1		
111	9415	NY N T1	T1 NY N	Transfor	-22,1	-10,7	1,028	124,7	122,77			0	5,7083
112	9487	Birnin Ke	Arrivée B	Réseau d	-113,336	-4,508	0,496	177,7	0				
113	9498	NY2 132	L-9498	Ligne	-106,05	-31,638	0,534	153,5	29,66			7,2857	-27,1297
114	9498	Birnin Ke	L-9498	Ligne	113,336	4,508	0,496	-2,3	27,56			7,2857	-27,1297
115	9414	NY N T2	T2 NY N	Transfor	-10,1	-4,9	0,464	125,7	112,26			0	2,3234
116	9490	GB_11	GB_G3	Machine	-20	-15	1,363	137,8	0	1	1		
117	9491	GB_11	GB_G4	Machine	-20	-15	1,363	137,8	0	1	1		
118	9492	GB_11	GB_G1	Machine	-20	-15	1,363	137,8	0	1	1		
119	9459	GB_11	GB_G2	Machine	-20	-15	1,363	137,8	0	1	1		
120	9398	GB_11	T2 CGB	Transfor	40	30	2,726	-42,2	94,34			0	4,592
121	9517	NY2 132	SHUNT-9	Shunt	0	0	0	0	0			0	0
122	9515	NY N T2	SHUNT-9	Shunt	0	0	0	0	0			0	0
123	9513	NY N T1	SHUNT-9	Shunt	0	0	0	0	0			0	0
124	9507	B-9510	T comp	Transfor	0	26,228	0,782	-99,9	65,57			0	1,656
125	9509	B-9510	SHUNT-N	Shunt	0	-26,228	0,782	80,1	0				
126	9507	NY2 132	T comp	Transfor	0	-24,572	0,119	80,1	61,43			0	1,656
127	9505	NY N T2	Load T2	Charge	10,1	4,9	0,464	-54,3	0	1	1		
128	9455	NY N T1	Load T1	Charge	22,1	10,7	1,028	-55,3	0	1	1		

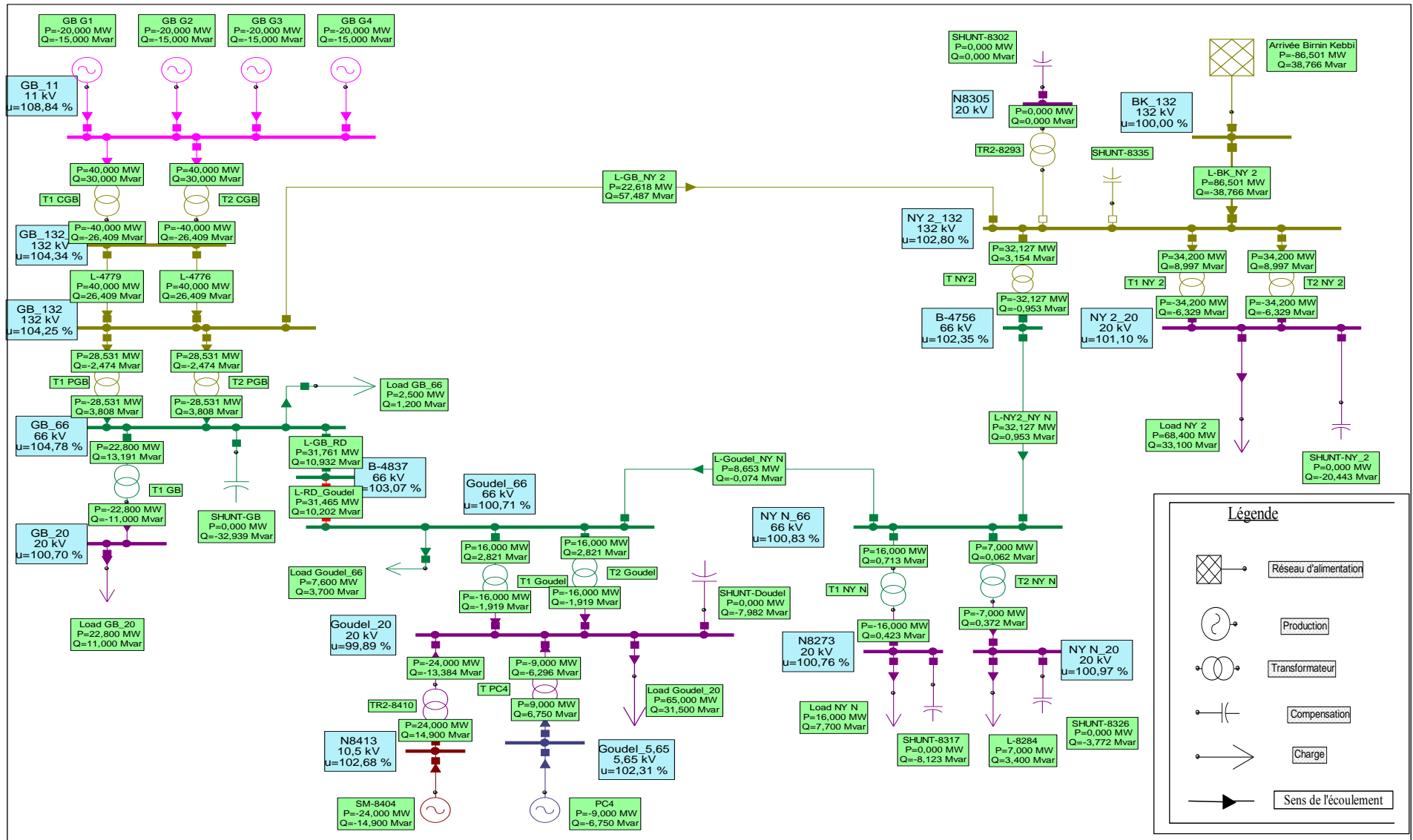


Figure 15 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2019 pour l'écoulement de puissance

Résultats 2023

Situation normale

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		6,336	-177,086	128,936	-72,642	308,936	-161,765	302,6	146,7	0	131,379
9	Région 1		6,336	-177,086	0	0	308,936	-161,765	302,6	146,7	0	131,379
10	Zone 1		6,336	-177,086	0	0	308,936	-161,765	302,6	146,7	0	131,379
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	2,555						
15	132		3,346	-14,076	0	25,136						
16	330		2,991	-202,979	0	12,278						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	8714	GB_66	66,829	101,26	-8,9	4,1	2	0	0	-30,759	0	0
21	8705	GB_20	19,68	98,4	-12,1	36,5	17,7	0	0	0	0	0
22	7645	Kandadji	132	100	-1,6	0	24,374	40	0	0	0	0
23	7644	Sikd-WA	334,619	101,4	-4,2	0	0	0	0	0	0	0
24	7643	Sikd_330	330	100	2,8	0	94,749	100	0	0	0	0
25	7654	WAPP_3	330	100	0	0	72,642	128,936	0	0	0	0
26	7679	BK_132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	7533	GoudeL_5	5,582	98,8	-13,1	0	0	0	0	0	0	0
28	7532	GoudeL_2	19,761	98,8	-13,1	89	43,2	0	0	-39,049	0	0
29	7531	GoudeL_1	131,34	99,5	-8,5	12,2	5,9	0	0	0	0	0
30	7528	GB_132'	132,919	100,7	-7,3	0	0	0	0	0	0	0
31	7527	GB_132	132,983	100,74	-7,2	0	0	0	0	0	0	0
32	7524	GB_11	11,307	102,8	-5,7	0	0	40	30	0	0	0
33	7542	NY2_20	19,626	98,13	-13,9	109,4	53	0	0	-40,445	0	0
34	7541	NY2_132	131,685	99,76	-8,2	0	0	0	0	0	0	0
35	7538	NY_N_20	19,734	98,67	-12,7	51,4	24,9	0	0	-21,127	0	0
36	7537	NY_N_13	131,306	99,47	-8,5	0	0	0	0	0	0	0

38	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
39		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
40	8708	GB_66	Load GB	Charge	4,1	2	0,039	-34,9	0	1	1		
41	8710	GB_66	T1 GB	Transfor	18,25	10,127	0,18	-37,9	69,57			0	1,2775
42	8704	GB_66	T2 GB	Transfor	18,25	10,127	0,18	-37,9	69,57			0	1,2775
43	8712	GB_66	T1 PGB	Transfor	-20,3	4,252	0,179	-177,1	32,92			0	0,6007
44	8713	GB_66	T2 PGB	Transfor	-20,3	4,252	0,179	-177,1	32,92			0	0,6007
45	8710	GB_20	T1 GB	Transfor	-18,25	-8,85	0,595	142,1	67,61			0	1,2775
46	8704	GB_20	T2 GB	Transfor	-18,25	-8,85	0,595	142,1	67,61			0	1,2775
47	8706	GB_20	Load GB	Charge	36,5	17,7	1,19	-37,9	0	1	1		
48	7596	Kandadji	Kandadji	Machine	-40	24,374	0,205	-150,3	0	1	1		
49	7636	Goudel_1	L-GB_Go	Ligne	-111,767	-19,024	0,498	161,8	45,31			0,9221	0,8687
50	7636	GB_132'	L-GB_Go	Ligne	112,689	19,892	0,497	-17,3	45,19			0,9221	0,8687
51	8713	GB_132'	T2 PGB	Transfor	20,3	-3,651	0,09	2,9	32,74			0	0,6007
52	7659	GB_132'	T1 Slkd-	Transfor	-112,973	-11,655	0,493	166,8	56,79			0	6,1391
53	7660	GB_132'	T2 Slkd-	Transfor	-112,973	-11,655	0,493	166,8	56,79			0	6,1391
54	7660	Slkd-WA	T2 Slkd-	Transfor	112,973	17,794	0,197	-13,2	57,18			0	6,1391
55	7656	Slkd-WA	L-WAPP_	Ligne	-127,602	11,366	0,221	-179,1	16,62			1,3343	-61,276
56	7656	WAPP_3	L-WAPP_	Ligne	128,936	-72,642	0,259	29,4	19,47			1,3343	-61,276
57	7595	Slkd_330	Salkadam	Machine	-100	94,749	0,241	-133,8	0	1	1		
58	7650	Slkd-WA	L-Slkd_G	Ligne	-98,344	-46,954	0,188	150,3	14,14			1,6563	-141,703
59	7650	Slkd_330	L-Slkd_G	Ligne	100	-94,749	0,241	46,2	18,12			1,6563	-141,703
60	7647	GB_132'	L-Kanda	Ligne	-38,616	9,233	0,172	-173,8	15,68			1,3843	-15,1415
61	7647	Kandadji	L-Kanda	Ligne	40	-24,374	0,205	29,7	18,63			1,3843	-15,1415
62	8712	GB_132'	T1 PGB	Transfor	20,3	-3,651	0,09	2,9	32,74			0	0,6007
63	7677	NY_N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-21,127	0,618	77,3	0				
64	7655	WAPP_3	Arrivée	Réseau d	-128,936	72,642	0,259	-150,6	0				
65	7659	Slkd-WA	T1 Slkd-	Transfor	112,973	17,794	0,197	-13,2	57,18			0	6,1391
66	8769	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-30,759	0,266	81,1	0				
67	7692	Goudel_1	Load Go	Charge	12,2	5,9	0,06	-34,3	0	1	1		
68	7681	NY2_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
69	7681	BK_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
70	7592	BK_132	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0				
71	7549	GB_132'	L-7549	Ligne	-19,995	-14,19	0,107	137,4	24,6			0,0047	-0,0371

72	7549	GB_132	L-7549	Ligne	20	14,153	0,106	-42,5	24,57			0,0047	-0,0371
73	7536	Goudel_1	T2 Goud	Transfor	44,5	5,69	0,197	-15,8	71,21			0	3,614
74	7535	Goudel_1	T1 Goud	Transfor	44,5	5,69	0,197	-15,8	71,21			0	3,614
75	7526	GB_132	T2 CGB	Transfor	-20	-14,153	0,106	137,5	38,89			0	0,8468
76	7525	GB_132	T1 CGB	Transfor	-20	-14,153	0,106	137,5	38,89			0	0,8468
77	7525	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,276	-42,5	39,68			0	0,8468
78	7566	Goudel_2	SHUNT-G	Shunt	0	-39,049	1,141	76,9	0				
79	7559	GB_132'	L-GB_NY	Ligne	151,262	29,868	0,67	-18,4	60,88			0,939	1,6958
80	7559	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-150,323	-28,172	0,671	161,2	60,96			0,939	1,6958
81	7539	NY_N_13	T2 NY N	Transfor	25,7	3,796	0,114	-16,9	64,95			0	1,9098
82	7540	NY_N_13	T1 NY N	Transfor	25,7	3,796	0,114	-16,9	64,95			0	1,9098
83	7540	NY_N_20	T1 NY N	Transfor	-25,7	-1,886	0,754	163,1	64,42			0	1,9098
84	7543	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-54,7	-6,278	1,62	159,6	87,4			0	5,5966
85	7552	GB_132'	L-7552	Ligne	-19,995	-14,19	0,107	137,4	24,6			0,0047	-0,0371
86	7552	GB_132	L-7552	Ligne	20	14,153	0,106	-42,5	24,57			0,0047	-0,0371
87	7565	Goudel_2	Load Go	Charge	89	43,2	2,89	-39	0	1	1		
88	7534	Goudel_5	T PC4	Transfor	0	0	0	90	0			0	0
89	7534	Goudel_2	T PC4	Transfor	0	0	0	-90	0			0	0
90	7578	Goudel_1	L-Goudel	Ligne	10,567	1,744	0,047	-17,9	4,28			0,0019	-0,3903
91	7578	NY_N_13	L-Goudel	Ligne	-10,566	-2,135	0,047	160,1	4,31			0,0019	-0,3903
92	7575	NY2_132	L-NY_N_	Ligne	40,923	4,424	0,18	-14,4	16,41			0,0888	-1,034
93	7575	NY_N_13	L-NY_N_	Ligne	-40,834	-5,458	0,181	163,9	16,47			0,0888	-1,034
94	7570	NY2_20	Load NY	Charge	109,4	53	3,576	-39,7	0	1	1		
95	7571	Goudel_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0	1	1		
96	7568	NY_N_20	Load NY	Charge	51,4	24,9	1,671	-38,6	0	1	1		
97	7539	NY_N_20	T2 NY N	Transfor	-25,7	-1,886	0,754	163,1	64,42			0	1,9098
98	7573	GB_11	GB	Machine	-40	-30	2,553	137,5	0	1	1		
99	7526	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,276	-42,5	39,68			0	0,8468
100	7536	Goudel_2	T2 Goud	Transfor	-44,5	-2,076	1,302	164,2	70,71			0	3,614
101	7535	Goudel_2	T1 Goud	Transfor	-44,5	-2,076	1,302	164,2	70,71			0	3,614
102	7587	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-54,7	-6,278	1,62	159,6	87,4			0	5,5966
103	7587	NY2_132	T2 NY2	Transfor	54,7	11,874	0,245	-20,4	88,85			0	5,5966
104	7543	NY2_132	T1 NY2	Transfor	54,7	11,874	0,245	-20,4	88,85			0	5,5966
105	7584	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-40,445	1,19	76,1	0				

Situation de contingence (N-1)

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		6,374	-181,921	128,974	-76,109	308,974	-168,209	302,6	146,7	0	132,988
9	Région 1		6,374	-181,921	0	0	308,974	-168,209	302,6	146,7	0	132,988
10	Zone 1		6,374	-181,921	0	0	308,974	-168,209	302,6	146,7	0	132,988
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	2,538						
15	132		3,352	-14,147	0	20,716						
16	330		3,021	-203,185	0	12,157						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	8714	GB_66	67,043	101,58	-8,9	4,1	2	0	0	-30,956	0	0
21	8705	GB_20	19,747	98,73	-12	36,5	17,7	0	0	0	0	0
22	7645	Kandadji	132	100	-1,6	0	25,751	40	0	0	0	0
23	7644	Sikd-WA	335,258	101,59	-4,2	0	0	0	0	0	0	0
24	7643	Sikd_330	330	100	2,8	0	96,349	100	0	0	0	0
25	7654	WAPP_3	330	100	0	0	76,109	128,974	0	0	0	0
26	7679	BK_132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	7533	GoudeL_5	5,604	99,18	-13,1	0	0	0	0	0	0	0
28	7532	GoudeL_2	19,836	99,18	-13,1	89	43,2	0	0	-39,347	0	0
29	7531	GoudeL_1	131,795	99,84	-8,5	12,2	5,9	0	0	0	0	0
30	7528	GB_132'	133,328	101,01	-7,3	0	0	0	0	0	0	0
31	7527	GB_132	133,392	101,05	-7,2	0	0	0	0	0	0	0
32	7524	GB_11	11,341	103,1	-5,7	0	0	40	30	0	0	0
33	7542	NY2_20	19,856	99,28	-11,7	109,4	53	0	0	-41,397	0	0
34	7541	NY2_132	132,164	100,12	-8,2	0	0	0	0	0	0	0
35	7538	NY_N_20	19,81	99,05	-12,7	51,4	24,9	0	0	-21,289	0	0
36	7537	NY_N_13	131,767	99,82	-8,5	0	0	0	0	0	0	0

38	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
39		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
40	8708	GB_66	Load GB	Charge	4,1	2	0,039	-34,9	0	1	1	0	1,2688
41	8710	GB_66	T1 GB	Transfor	18,25	10,119	0,18	-37,9	69,56			0	1,2688
42	8704	GB_66	T2 GB	Transfor	18,25	10,119	0,18	-37,9	69,56			0	1,2688
43	8712	GB_66	T1 PGB	Transfor	-20,3	4,359	0,179	-176,8	32,96			0	0,5982
44	8713	GB_66	T2 PGB	Transfor	-20,3	4,359	0,179	-176,8	32,96			0	0,5982
45	8710	GB_20	T1 GB	Transfor	-18,25	-8,85	0,593	142,1	67,61			0	1,2688
46	8704	GB_20	T2 GB	Transfor	-18,25	-8,85	0,593	142,1	67,61			0	1,2688
47	8706	GB_20	Load GB	Charge	36,5	17,7	1,186	-37,9	0	1	1	0	1,2688
48	7596	Kandadji	Kandadji	Machine	-40	25,751	0,208	-148,8	0	1	1		
49	7636	GoudeL_1	L-GB_Go	Ligne	-111,755	-17,537	0,496	162,6	45,05			0,9119	0,8275
50	7636	GB_132'	L-GB_Go	Ligne	112,667	18,364	0,494	-16,5	44,94			0,9119	0,8275
51	8713	GB_132'	T2 PGB	Transfor	20,3	-3,761	0,089	3,2	32,77			0	0,5982
52	7659	GB_132'	T1 Sikd-	Transfor	-112,976	-9,285	0,491	168	56,68			0	6,0784
53	7660	GB_132'	T2 Sikd-	Transfor	-112,976	-9,285	0,491	168	56,68			0	6,0784
54	7660	Sikd-WA	T2 Sikd-	Transfor	112,976	15,363	0,196	-12	57,01			0	6,0784
55	7656	Sikd-WA	L-WAPP_	Ligne	-127,619	14,851	0,221	-177,6	16,64			1,3551	-61,2578
56	7656	WAPP_3	L-WAPP_	Ligne	128,974	-76,109	0,262	30,5	19,7			1,3551	-61,2578
57	7595	Sikd_330	Salkadam	Machine	-100	96,349	0,243	-133,3	0	1	1		
58	7650	Sikd-WA	L-Sikd_G	Ligne	-98,334	-45,578	0,187	150,9	14,03			1,6663	-141,926
59	7650	Sikd_330	L-Sikd_G	Ligne	100	-96,349	0,243	46,7	18,27			1,6663	-141,926
60	7647	GB_132'	L-Kanda	Ligne	-38,583	10,644	0,173	-171,8	15,76			1,4169	-15,1072
61	7647	Kandadji	L-Kanda	Ligne	40	-25,751	0,208	31,2	18,92			1,4169	-15,1072
62	8712	GB_132'	T1 PGB	Transfor	20,3	-3,761	0,089	3,2	32,77			0	0,5982
63	7677	NY_N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-21,289	0,62	77,3	0			0	0
64	7655	WAPP_3	Arrivée	Réseau d	-128,974	76,109	0,262	-149,5	0			0	0
65	7659	Sikd-WA	T1 Sikd-	Transfor	112,976	15,363	0,196	-12	57,01			0	6,0784
66	8769	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-30,956	0,267	81,1	0			0	0
67	7692	GoudeL_1	Load Go	Charge	12,2	5,9	0,059	-34,3	0	1	1	0	0
68	7681	NY2_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
69	7681	BK_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0

Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension (HT) de la ville de Niamey

70	7592	BK_132	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0						
71	7549	GB_132	L-7549	Ligne	-19,995	-14,196	0,106	137,4	24,52				0,0047	-0,0375	
72	7549	GB_132	L-7549	Ligne	20	14,158	0,106	-42,5	24,49				0,0047	-0,0375	
73	7536	GoudeL_1	T2 Goud	Transfor	44,5	5,512	0,196	-15,6	71,17				0	3,5856	
74	7535	GoudeL_1	T1 Goud	Transfor	44,5	5,512	0,196	-15,6	71,17				0	3,5856	
75	7526	GB_132	T2 CGB	Transfor	-20	-14,158	0,106	137,5	38,9				0	0,8419	
76	7525	GB_132	T1 CGB	Transfor	-20	-14,158	0,106	137,5	38,9				0	0,8419	
77	7525	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,273	-42,5	39,68				0	0,8419	
78	7566	GoudeL_2	SHUNT-G	Shunt	0	-39,347	1,145	76,9	0						
79	7559	GB_132	L-GB_NY	Ligne	151,259	25,475	0,664	-16,8	60,38				0,9236	1,6445	
80	7559	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-150,336	-23,83	0,665	162,8	60,45				0,9236	1,6445	
81	7539	NY_N_13	T2 NY N	Transfor	25,7	3,7	0,114	-16,7	64,91				0	1,8944	
82	7540	NY_N_13	T1 NY N	Transfor	25,7	3,7	0,114	-16,7	64,91				0	1,8944	
83	7540	NY_N_20	T1 NY N	Transfor	-25,7	-1,805	0,751	163,3	64,41				0	1,8944	
84	7543	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-54,7	-5,801	1,599	162,2	55,01				0	3,4382	
85	7552	GB_132	L-7552	Ligne	-19,995	-14,196	0,106	137,4	24,52				0,0047	-0,0375	
86	7552	GB_132	L-7552	Ligne	20	14,158	0,106	-42,5	24,49				0,0047	-0,0375	
87	7565	GoudeL_2	Load Go	Charge	89	43,2	2,879	-39	0	1	1				
88	7534	GoudeL_5	T PC4	Transfor	0	0	0	90	0				0	0	
89	7534	GoudeL_2	T PC4	Transfor	0	0	0	-90	0				0	0	
90	7578	GoudeL_1	L-GoudeL	Ligne	10,555	0,612	0,046	-11,8	4,21				0,0018	-0,3933	
91	7578	NY_N_13	L-GoudeL	Ligne	-10,553	-1,005	0,046	166	4,22				0,0018	-0,3933	
92	7575	NY2_132	L-NY_N_	Ligne	40,936	5,351	0,18	-15,6	16,4				0,0888	-1,0434	
93	7575	NY_N_13	L-NY_N_	Ligne	-40,847	-6,394	0,181	162,6	16,47				0,0888	-1,0434	
94	7570	NY2_20	Load NY	Charge	109,4	53	3,535	-37,6	0	1	1				
95	7571	GoudeL_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0	1	1				
96	7568	NY_N_20	Load NY	Charge	51,4	24,9	1,665	-38,5	0	1	1				
97	7539	NY_N_20	T2 NY N	Transfor	-25,7	-1,805	0,751	163,3	64,41				0	1,8944	
98	7573	GB_11	GB	Machine	-40	-30	2,545	137,5	0	1	1				
99	7526	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,273	-42,5	39,68				0	0,8419	
100	7536	GoudeL_2	T2 Goud	Transfor	-44,5	-1,927	1,296	164,4	70,7				0	3,5856	
101	7535	GoudeL_2	T1 Goud	Transfor	-44,5	-1,927	1,296	164,4	70,7				0	3,5856	
102	7587	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-54,7	-5,801	1,599	162,2	55,01				0	3,4382	
103	7587	NY2_132	T2 NY2	Transfor	54,7	9,24	0,242	-17,8	55,47				0	3,4382	
104	7543	NY2_132	T1 NY2	Transfor	54,7	9,24	0,242	-17,8	55,47				0	3,4382	
105	7584	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-41,397	1,204	78,3	0						

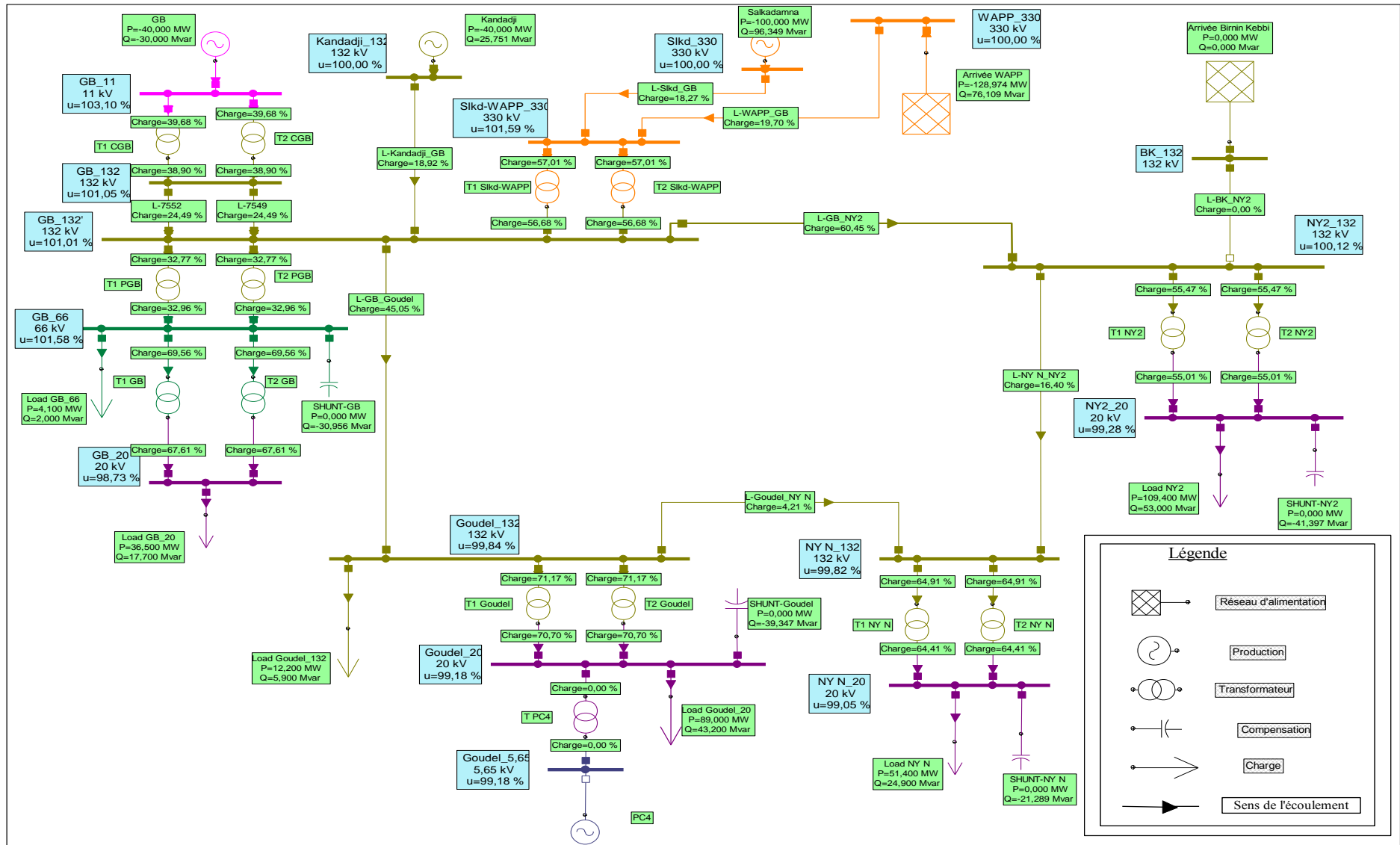


Figure 16 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2023 pour l'écoulement de puissance

Résultats 2027

Situation normale

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		12,341	-113,016	145,541	-49,061	425,541	-116,689	413,2	200,1	0	203,773
9	Région 1		12,341	-113,016	0	0	425,541	-116,689	413,2	200,1	0	203,773
10	Zone 1		12,341	-113,016	0	0	425,541	-116,689	413,2	200,1	0	203,773
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	1,715						
15	132		4,358	-12,98	0	32,948						
16	330		7,983	-162,472	0	27,773						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	9002	RD_20	19,294	96,47	-12,9	20	9,7	0	0	0	0	0
21	9001	RD_132	130,478	98,85	-10,2	0	0	0	0	0	0	0
22	7999	GB_11	11,181	101,64	-7,7	0	0	40	30	0	0	0
23	8002	GB_132	131,433	99,57	-9,4	0	0	0	0	0	0	0
24	8003	GB_132'	131,368	99,52	-9,4	0	0	0	0	0	0	0
25	8006	Goudel_1	129,861	98,38	-10,9	0	0	0	0	0	0	0
26	8007	Goudel_2	20,039	100,2	-14,9	76,7	37,1	0	0	-60,236	0	0
27	8008	Goudel_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	8012	NY_N_13	129,854	98,37	-10,9	0	0	0	0	0	0	0
29	8013	NY_N_20	19,456	97,28	-16,8	70,2	34	0	0	-29,998	0	0
30	8016	NY2_132	130,541	98,89	-10,1	0	0	0	0	0	0	0
31	8017	NY2_20	19,614	98,07	-15,1	149,4	72,4	0	0	-64,44	0	0
32	8838	GB_20	19,597	97,99	-13,4	29,8	14,4	0	0	0	0	0
33	8847	GB_66	66,198	100,3	-10,8	5,5	2,7	0	0	-30,181	0	0
34	8077	Sikd_330	330	100	9,2	0	78,48	200	0	0	0	0
35	8078	Sikd-WA	330,1	100,03	-4,7	0	0	0	0	0	0	0
36	8079	Kandadji	132	100	-3,9	0	19,148	40	0	0	0	0
37	8088	WAPP_3	330	100	0	0	49,061	145,541	0	0	0	0
38	8102	BK_132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	8940	Bangoula	129,21	97,89	-11,4	16,6	8	0	0	0	0	0
40	8944	BG_20	19,451	97,26	-15,2	45	21,8	0	0	-18,918	0	0

Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension (HT) de la ville de Niamey

	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
42													
43													
44	9005	RD_20	Load RD	Charge	20	9,7	0,665	-38,8	0	1	1		
45	9020	RD_132	L-RD_Go	Ligne	123,031	3,187	0,545	-11,7	49,51			0,5458	0,714
46	9020	Goudel_1	L-RD_Go	Ligne	-122,486	-2,473	0,545	167,9	49,52			0,5458	0,714
47	9003	RD_132	T1 RD	Transfor	20	10,897	0,101	-38,8	56,94			0	1,1972
48	9003	RD_20	T1 RD	Transfor	-20	-9,7	0,665	141,2	55,57			0	1,1972
49	8000	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,291	-44,6	39,68			0	0,8661
50	8000	GB_132	T1 CGB	Transfor	-20	-14,134	0,108	135,4	38,87			0	0,8661
51	8001	GB_132	T2 CGB	Transfor	-20	-14,134	0,108	135,4	38,87			0	0,8661
52	8010	Goudel_1	T1 Goud	Transfor	38,35	-8,727	0,175	1,9	62,43			0	2,8413
53	8011	Goudel_1	T2 Goud	Transfor	38,35	-8,727	0,175	1,9	62,43			0	2,8413
54	8024	GB_132	L-8024	Ligne	20	14,134	0,108	-44,6	24,85			0,0048	-0,0356
55	8024	GB_132'	L-8024	Ligne	-19,995	-14,169	0,108	135,3	24,87			0,0048	-0,0356
56	8027	GB_132	L-8027	Ligne	20	14,134	0,108	-44,6	24,85			0,0048	-0,0356
57	8027	GB_132'	L-8027	Ligne	-19,995	-14,169	0,108	135,3	24,87			0,0048	-0,0356
58	8018	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-74,7	-3,98	2,202	161,9	74,81			0	6,5164
59	8015	NY N_20	T1 NY N	Transfor	-35,1	-2,001	1,043	159,9	87,89			0	3,6572
60	8839	GB_20	Load GB	Charge	29,8	14,4	0,975	-39,2	0	1	1		
61	8837	GB_20	T2 GB	Transfor	-14,9	-7,2	0,488	140,8	55,16			0	0,8576
62	8843	GB_20	T1 GB	Transfor	-14,9	-7,2	0,488	140,8	55,16			0	0,8576
63	8015	NY N_13	T1 NY N	Transfor	35,1	5,658	0,158	-20,1	88,88			0	3,6572
64	8014	NY N_13	T2 NY N	Transfor	35,1	5,658	0,158	-20,1	88,88			0	3,6572
65	8034	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-236,019	-25,205	1,05	163,8	47,72			1,1512	1,3424
66	8034	GB_132'	L-GB_NY	Ligne	237,17	26,548	1,049	-15,8	47,67			1,1512	1,3424
67	8041	Goudel_2	SHUNT-G	Shunt	0	-60,236	1,735	75,1	0				
68	8045	Goudel_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0			0	0
69	8846	GB_66	T2 PGB	Transfor	-17,65	5,683	0,162	-173	29,43			0	0,4893
70	8845	GB_66	T1 PGB	Transfor	-17,65	5,683	0,162	-173	29,43			0	0,4893
71	8837	GB_66	T2 GB	Transfor	14,9	8,058	0,148	-39,2	56,46			0	0,8576
72	8843	GB_66	T1 GB	Transfor	14,9	8,058	0,148	-39,2	56,46			0	0,8576
73	8841	GB_66	Load GB	Charge	5,5	2,7	0,053	-37	0	1	1		
74	8853	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-30,181	0,263	79,2	0				
75	8845	GB_132'	T1 PGB	Transfor	17,65	-5,193	0,081	7	29,2			0	0,4893
76	8846	GB_132'	T2 PGB	Transfor	17,65	-5,193	0,081	7	29,2			0	0,4893
77	8044	NY2_20	Load NY	Charge	149,4	72,4	4,887	-40,9	0	1	1		
78	8049	NY N_13	L-NY N	Ligne	-86,218	-4,326	0,384	166,2	34,89			0,4002	-0,1135
79	8049	NY2_132	L-NY N	Ligne	86,619	4,213	0,384	-12,9	34,87			0,4002	-0,1135
80	8052	NY N_13	L-Goudel	Ligne	16,018	-6,991	0,078	12,7	7,06			0,005	-0,3725
81	8052	Goudel_1	L-Goudel	Ligne	-16,013	6,618	0,077	-168,5	7			0,005	-0,3725
82	8009	Goudel_2	TR2-800	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
83	8009	Goudel_5	TR2-800	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
84	8040	Goudel_2	Load Go	Charge	76,7	37,1	2,455	-40,7	0	1	1		
85	8058	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-64,44	1,897	74,9	0				
86	8018	NY2_132	T1 NY2	Transfor	74,7	10,496	0,334	-18,1	75,43			0	6,5164
87	8061	NY2_132	T2 NY2	Transfor	74,7	10,496	0,334	-18,1	75,43			0	6,5164
88	8061	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-74,7	-3,98	2,202	161,9	74,81			0	6,5164
89	8010	Goudel_2	T1 Goud	Transfor	-38,35	11,568	1,154	-178,1	63,58			0	2,8413
90	8011	Goudel_2	T2 Goud	Transfor	-38,35	11,568	1,154	-178,1	63,58			0	2,8413
91	8001	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,291	-44,6	39,68			0	0,8661
92	8047	GB_11	Gorou Ba	Machine	-40	-30	2,582	135,4	0	1	1		
93	8014	NY N_20	T2 NY N	Transfor	-35,1	-2,001	1,043	159,9	87,89			0	3,6572
94	8043	NY N_20	Load NY	Charge	70,2	34	2,315	-42,6	0	1	1		
95	8074	GB_132'	L-GB_RD	Ligne	143,792	15,387	0,636	-15,5	57,78			0,7607	1,3022
96	8074	RD_132	L-GB_RD	Ligne	-143,031	-14,084	0,636	164,2	57,81			0,7607	1,3022
97	8070	Kandadji	Kandadji	Machine	-40	19,148	0,194	-158,3	0	1	1		
98	8081	Kandadji	Kandadji	Ligne	40	-19,148	0,194	21,7	17,63			1,2869	-15,1983
99	8081	GB_132'	Kandadji	Ligne	-38,713	3,95	0,171	176,4	15,55			1,2869	-15,1983
100	8084	Slkd_330	L-Slkd_G	Ligne	200	-78,48	0,376	30,6	28,26			6,401	-104,021
101	8084	Slkd-WA	L-Slkd_G	Ligne	-193,599	-25,541	0,342	167,8	25,68			6,401	-104,021
102	8069	Slkd_330	Slakadam	Machine	-200	78,48	0,376	-149,4	0	1	1		
103	8090	WAPP_3	L-WAPP	Ligne	145,541	-49,061	0,269	18,6	20,2			1,5818	-58,4499
104	8090	Slkd-WA	L-WAPP	Ligne	-143,959	-9,389	0,252	171,6	18,97			1,5818	-58,4499
105	8094	Slkd-WA	T2 Slkd-	Transfor	168,779	17,465	0,297	-10,6	84,84			0	13,8863
106	8094	GB_132'	T2 Slkd-	Transfor	-168,779	-3,579	0,742	169,4	84,41			0	13,8863
107	8093	GB_132'	T1 Slkd-	Transfor	-168,779	-3,579	0,742	169,4	84,41			0	13,8863
108	8093	Slkd-WA	T1 Slkd-	Transfor	168,779	17,465	0,297	-10,6	84,84			0	13,8863

109	8089	WAPP_3	Arrivée	Réseau d	-145,541	49,061	0,269	-161,4	0				
110	8100	NY_N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-29,998	0,89	73,2	0				
111	8066	BK_132	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0				
112	8104	BK_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
113	8104	NY2_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
114	8941	GoudeL_1	L-GoudeL	Ligne	61,799	13,309	0,281	-23,1	25,55			0,199	-0,583
115	8941	Bangoula	L-GoudeL	Ligne	-61,6	-13,892	0,282	155,9	25,65			0,199	-0,583
116	8946	Bangoula	T1 BG	Transfor	22,5	2,946	0,101	-18,9	56,73			0	1,5047
117	8945	Bangoula	T2 BG	Transfor	22,5	2,946	0,101	-18,9	56,73			0	1,5047
118	8946	BG_20	T1 BG	Transfor	-22,5	-1,441	0,669	161,1	56,37			0	1,5047
119	8945	BG_20	T2 BG	Transfor	-22,5	-1,441	0,669	161,1	56,37			0	1,5047
120	8951	BG_20	Load BG	Charge	45	21,8	1,484	-41,1	0	1	1		
121	8953	Bangoula	Load BG	Charge	16,6	8	0,082	-37,1	0	1	1		
122	8955	BG_20	SHUNT-B	Shunt	0	-18,918	0,562	74,8	0				

Situation (N-1)

6	De	A	P perte	Q perte	P imp	Q imp	P gén	Q gén	P charg	Q charg	Coûts g	Qc shun
7	Région/	Région/	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	MW	MVar	Unités	MVar
8	Réseau		12,343	-116,422	145,543	-51,714	425,543	-121,62	413,2	200,1	0	205,297
9	Région 1		12,343	-116,422	0	0	425,543	-121,62	413,2	200,1	0	205,297
10	Zone 1		12,343	-116,422	0	0	425,543	-121,62	413,2	200,1	0	205,297
11												
12	Un		P perte	Q perte	P perte	Q perte						
13	kV		MW	MVar	MW	MVar						
14	66		0	0	0	1,706						
15	132		4,353	-13,075	0	30,061						
16	330		7,99	-162,747	0	27,632						

18	ID	Noeud	U	u	Angle U	P charg	Q charg	P gén	Q gén	Shunt Q	dPL/dP	dPL/dQ
19		Nom	kV	%	°	MW	MVar	MW	MVar	MVar		
20	9002	RD_20	19,346	96,73	-12,9	20	9,7	0	0	0	0	0
21	9001	RD_132	130,816	99,1	-10,2	0	0	0	0	0	0	0
22	7999	GB_11	11,206	101,87	-7,7	0	0	40	30	0	0	0
23	8002	GB_132	131,742	99,8	-9,4	0	0	0	0	0	0	0
24	8003	GB_132'	131,678	99,76	-9,4	0	0	0	0	0	0	0
25	8006	GoudeL_1	130,226	98,66	-10,9	0	0	0	0	0	0	0
26	8007	GoudeL_2	20,1	100,5	-14,9	76,7	37,1	0	0	-60,603	0	0
27	8008	GoudeL_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	8012	NY_N_13	130,226	98,66	-10,9	0	0	0	0	0	0	0
29	8013	NY_N_20	19,627	98,14	-14,6	70,2	34	0	0	-30,53	0	0
30	8016	NY2_132	130,871	99,14	-10,1	0	0	0	0	0	0	0
31	8017	NY2_20	19,669	98,35	-15,1	149,4	72,4	0	0	-64,803	0	0
32	8838	GB_20	19,648	98,24	-13,4	29,8	14,4	0	0	0	0	0
33	8847	GB_66	66,36	100,54	-10,8	5,5	2,7	0	0	-30,328	0	0
34	8077	Sikd_330	330	100	9,2	0	79,713	200	0	0	0	0
35	8078	Sikd-WA	330,59	100,18	-4,7	0	0	0	0	0	0	0
36	8079	Kandadji	132	100	-3,9	0	20,192	40	0	0	0	0
37	8088	WAPP_3	330	100	0	0	51,714	145,543	0	0	0	0
38	8102	BK_132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	8940	Bangoula	129,579	98,17	-11,4	16,6	8	0	0	0	0	0
40	8944	BG_20	19,511	97,56	-15,2	45	21,8	0	0	-19,035	0	0

42	ID	Noeud	Elément	Type	P	Q	I	Angle I	Charge	Facteur	Facteur	P perte	Q perte
43		Nom	Nom		MW	MVar	kA	°	%			MW	MVar
44	9005	RD_20	Load RD	Charge	20	9,7	0,663	-38,8	0	1	1		
45	9020	RD_132	L-RD_Go	Ligne	123,027	1,338	0,543	-10,8	49,36			0,5426	0,7002
46	9020	GoudeL_1	L-RD_Go	Ligne	-122,485	-0,638	0,543	168,8	49,37			0,5426	0,7002
47	9003	RD_132	T1 RD	Transfor	20	10,891	0,101	-38,8	56,93			0	1,1907
48	9003	RD_20	T1 RD	Transfor	-20	-9,7	0,663	141,2	55,57			0	1,1907
49	8000	GB_11	T1 CGB	Transfor	20	15	1,288	-44,6	39,68			0	0,8622
50	8000	GB_132	T1 CGB	Transfor	-20	-14,138	0,107	135,4	38,88			0	0,8622
51	8001	GB_132	T2 CGB	Transfor	-20	-14,138	0,107	135,4	38,88			0	0,8622
52	8010	GoudeL_1	T1 Goud	Transfor	38,35	-8,92	0,175	2,2	62,5			0	2,8317
53	8011	GoudeL_1	T2 Goud	Transfor	38,35	-8,92	0,175	2,2	62,5			0	2,8317
54	8024	GB_132	L-8024	Ligne	20	14,138	0,107	-44,6	24,79			0,0048	-0,0359
55	8024	GB_132'	L-8024	Ligne	-19,995	-14,174	0,107	135,3	24,82			0,0048	-0,0359
56	8027	GB_132	L-8027	Ligne	20	14,138	0,107	-44,6	24,79			0,0048	-0,0359
57	8027	GB_132'	L-8027	Ligne	-19,995	-14,174	0,107	135,3	24,82			0,0048	-0,0359
58	8018	NY2_20	T1 NY2	Transfor	-74,7	-3,799	2,195	162	74,8			0	6,4783
59	8015	NY_N_20	T1 NY N	Transfor	-35,1	-1,735	1,034	162,6	55,78			0	2,2798
60	8839	GB_20	Load GB	Charge	29,8	14,4	0,973	-39,2	0	1	1		
61	8837	GB_20	T2 GB	Transfor	-14,9	-7,2	0,486	140,8	55,16			0	0,8532
62	8843	GB_20	T1 GB	Transfor	-14,9	-7,2	0,486	140,8	55,16			0	0,8532
63	8015	NY_N_13	T1 NY N	Transfor	35,1	4,015	0,157	-17,4	56,08			0	2,2798
64	8014	NY_N_13	T2 NY N	Transfor	35,1	4,015	0,157	-17,4	56,08			0	2,2798
65	8034	NY2_132	L-GB_NY	Ligne	-236,015	-22,765	1,046	164,4	47,55			1,1431	1,3094
66	8034	GB_132'	L-GB_NY	Ligne	237,158	24,074	1,045	-15,2	47,51			1,1431	1,3094
67	8041	GoudeL_2	SHUNT-G	Shunt	0	-60,603	1,741	75,1	0				
68	8045	GoudeL_5	PC4	Machine	0	0	0	0	0			0	0
69	8846	GB_66	T2 PGB	Transfor	-17,65	5,761	0,162	-172,7	29,47			0	0,4882
70	8845	GB_66	T1 PGB	Transfor	-17,65	5,761	0,162	-172,7	29,47			0	0,4882
71	8837	GB_66	T2 GB	Transfor	14,9	8,053	0,147	-39,2	56,46			0	0,8532
72	8843	GB_66	T1 GB	Transfor	14,9	8,053	0,147	-39,2	56,46			0	0,8532
73	8841	GB_66	Load GB	Charge	5,5	2,7	0,053	-37	0	1	1		
74	8853	GB_66	SHUNT-G	Shunt	0	-30,328	0,264	79,2	0				
75	8845	GB_132'	T1 PGB	Transfor	17,65	-5,273	0,081	7,3	29,24			0	0,4882
76	8846	GB_132'	T2 PGB	Transfor	17,65	-5,273	0,081	7,3	29,24			0	0,4882
77	8044	NY2_20	Load NY	Charge	149,4	72,4	4,873	-40,9	0	1	1		
78	8049	NY_N_13	L-NY_N_	Ligne	-86,217	-2,339	0,382	167,6	34,76			0,3973	-0,1286
79	8049	NY2_132	L-NY_N_	Ligne	86,615	2,211	0,382	-11,6	34,75			0,3973	-0,1286
80	8052	NY_N_13	L-GoudeL	Ligne	16,017	-5,69	0,075	8,7	6,85			0,0047	-0,3756
81	8052	GoudeL_1	L-GoudeL	Ligne	-16,013	5,315	0,075	-172,6	6,8			0,0047	-0,3756
82	8009	GoudeL_2	TR2-800	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
83	8009	GoudeL_5	TR2-800	Transfor	0	0	0	0	0			0	0
84	8040	GoudeL_2	Load Go	Charge	76,7	37,1	2,447	-40,7	0	1	1		
85	8058	NY2_20	SHUNT-N	Shunt	0	-64,803	1,902	74,9	0				
86	8018	NY2_132	T1 NY2	Transfor	74,7	10,277	0,333	-18	75,4			0	6,4783
87	8061	NY2_132	T2 NY2	Transfor	74,7	10,277	0,333	-18	75,4			0	6,4783
88	8061	NY2_20	T2 NY2	Transfor	-74,7	-3,799	2,195	162	74,8			0	6,4783
89	8010	GoudeL_2	T1 Goud	Transfor	-38,35	11,751	1,152	-177,8	63,67			0	2,8317
90	8011	GoudeL_2	T2 Goud	Transfor	-38,35	11,751	1,152	-177,8	63,67			0	2,8317
91	8001	GB_11	T2 CGB	Transfor	20	15	1,288	-44,6	39,68			0	0,8622
92	8047	GB_11	Gorou Ba	Machine	-40	-30	2,576	135,4	0	1	1		
93	8014	NY_N_20	T2 NY N	Transfor	-35,1	-1,735	1,034	162,6	55,78			0	2,2798
94	8043	NY_N_20	Load NY	Charge	70,2	34	2,294	-40,4	0	1	1		
95	8074	GB_132'	L-GB_RD	Ligne	143,782	13,51	0,633	-14,7	57,56			0,755	1,2814
96	8074	RD_132	L-GB_RD	Ligne	-143,027	-12,229	0,634	164,9	57,6			0,755	1,2814
97	8070	Kandadj	Kandadj	Machine	-40	20,192	0,196	-157,1	0	1	1		
98	8081	Kandadj	Kandadj	Ligne	40	-20,192	0,196	22,9	17,82			1,3031	-15,1963
99	8081	GB_132'	Kandadj	Ligne	-38,697	4,996	0,171	178	15,55			1,3031	-15,1963
100	8084	Slkd_330	L-Slkd_G	Ligne	200	-79,713	0,377	30,9	28,32			6,4022	-104,238
101	8084	Slkd-WA	L-Slkd_G	Ligne	-193,598	-24,525	0,341	168,1	25,62			6,4022	-104,238
102	8069	Slkd_330	Slakadam	Machine	-200	79,713	0,377	-149,1	0	1	1		
103	8090	WAPP_3	L-WAPP_	Ligne	145,543	-51,714	0,27	19,6	20,32			1,5878	-58,5091
104	8090	Slkd-WA	L-WAPP_	Ligne	-143,955	-6,795	0,252	172,6	18,92			1,5878	-58,5091
105	8094	Slkd-WA	T2 Slkd-	Transfor	168,777	15,66	0,296	-10	84,75			0	13,816
106	8094	GB_132'	T2 Slkd-	Transfor	-168,777	-1,844	0,74	170	84,39			0	13,816
107	8093	GB_132'	T1 Slkd-	Transfor	-168,777	-1,844	0,74	170	84,39			0	13,816

Amélioration de la capacité d'évacuation d'énergie du réseau de répartition haute tension (HT) de la ville de Niamey

108	8093	Slkd-WA	T1 Slkd	Transfor	168,777	15,66	0,296	-10	84,75			0	13,816
109	8089	WAPP_3	Arrivée	Réseau d	-145,543	51,714	0,27	-160,4	0				
110	8100	NY_N_20	SHUNT-N	Shunt	0	-30,53	0,898	75,4	0				
111	8066	BK_132	Arrivée B	Réseau d	0	0	0	0	0				
112	8104	BK_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
113	8104	NY2_132	L-BK_NY	Ligne	0	0	0	0	0			0	0
114	8941	Goudel_1	L-Goudel	Ligne	61,798	13,162	0,28	-23	25,47			0,1977	-0,5933
115	8941	Bangoula	L-Goudel	Ligne	-61,6	-13,755	0,281	156	25,57			0,1977	-0,5933
116	8946	Bangoula	T1 BG	Transfor	22,5	2,878	0,101	-18,7	56,71			0	1,495
117	8945	Bangoula	T2 BG	Transfor	22,5	2,878	0,101	-18,7	56,71			0	1,495
118	8946	BG_20	T1 BG	Transfor	-22,5	-1,383	0,667	161,3	56,36			0	1,495
119	8945	BG_20	T2 BG	Transfor	-22,5	-1,383	0,667	161,3	56,36			0	1,495
120	8951	BG_20	Load BG	Charge	45	21,8	1,48	-41	0	1	1		
121	8953	Bangoula	Load BG	Charge	16,6	8	0,082	-37,1	0	1	1		
122	8955	BG_20	SHUNT-B	Shunt	0	-19,035	0,563	74,8	0				

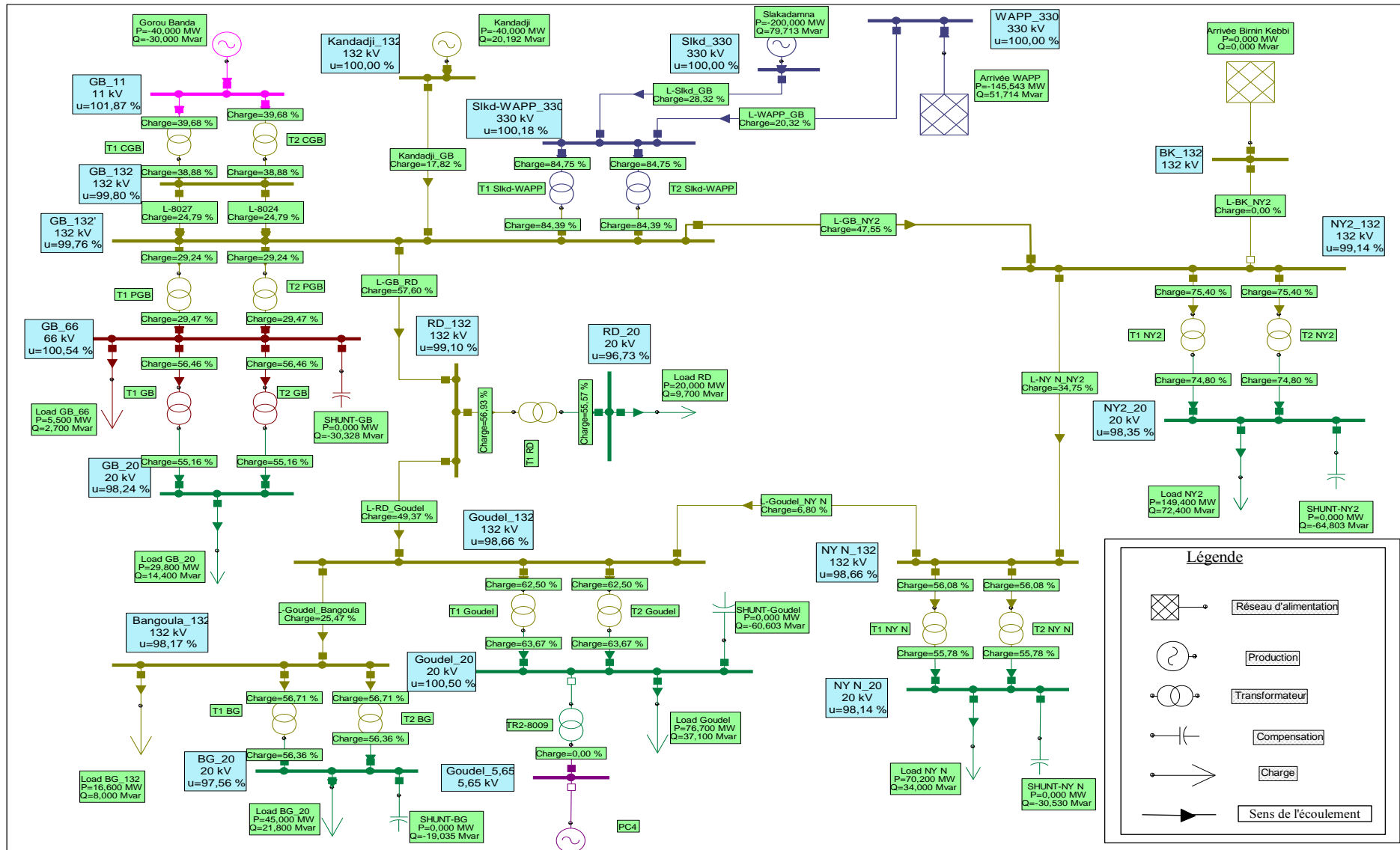


Figure 17 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2027 pour l'écoulement de puissance