



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 : Prévission de la demande de la ville de Niamey (sans les projets spéciaux)..... | 12 |
| Tableau 7 : Prévission 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: Prévission 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.

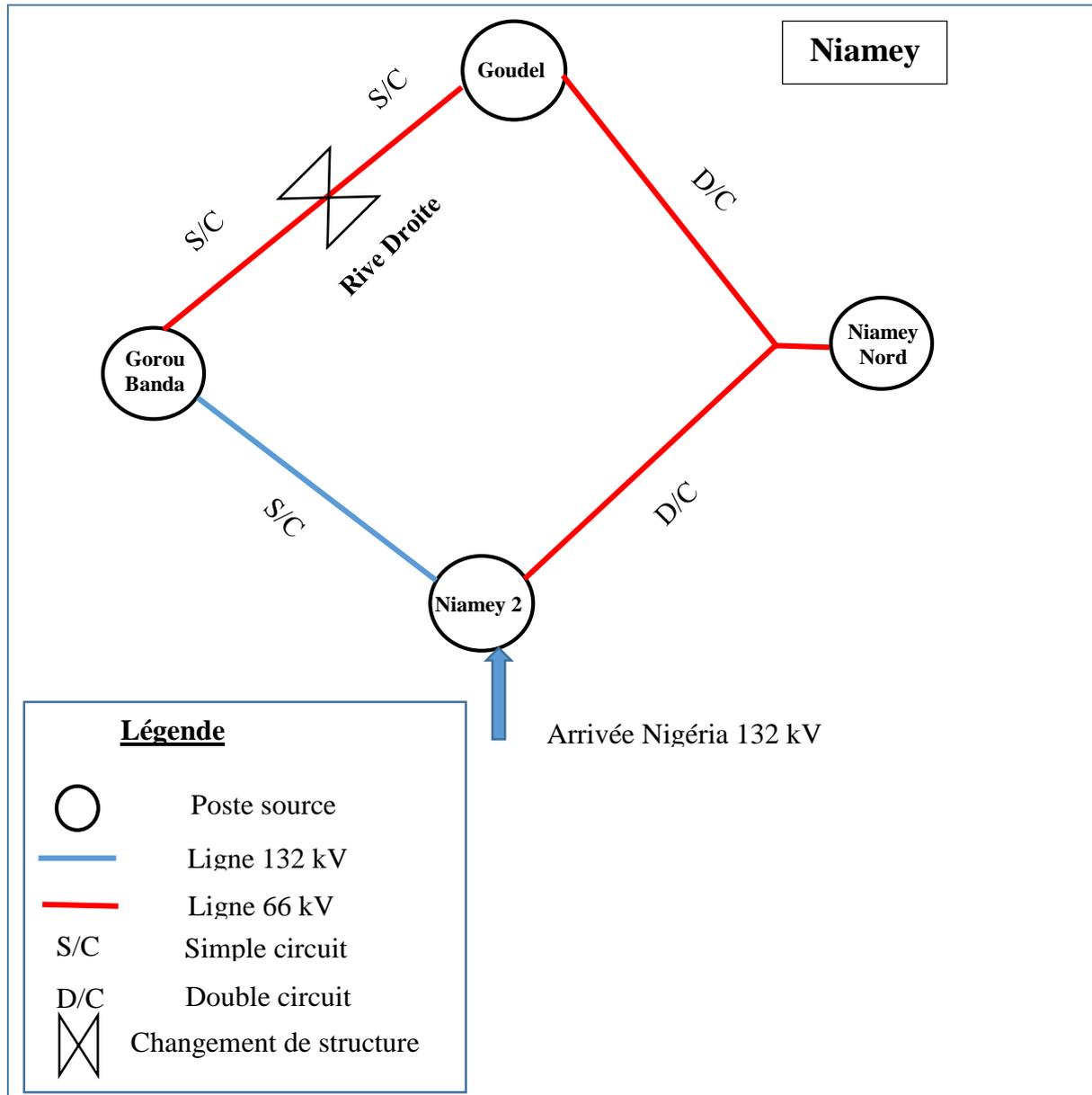


Figure 2 : Schéma synoptique du réseau HTB de Niamey en 2018

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.

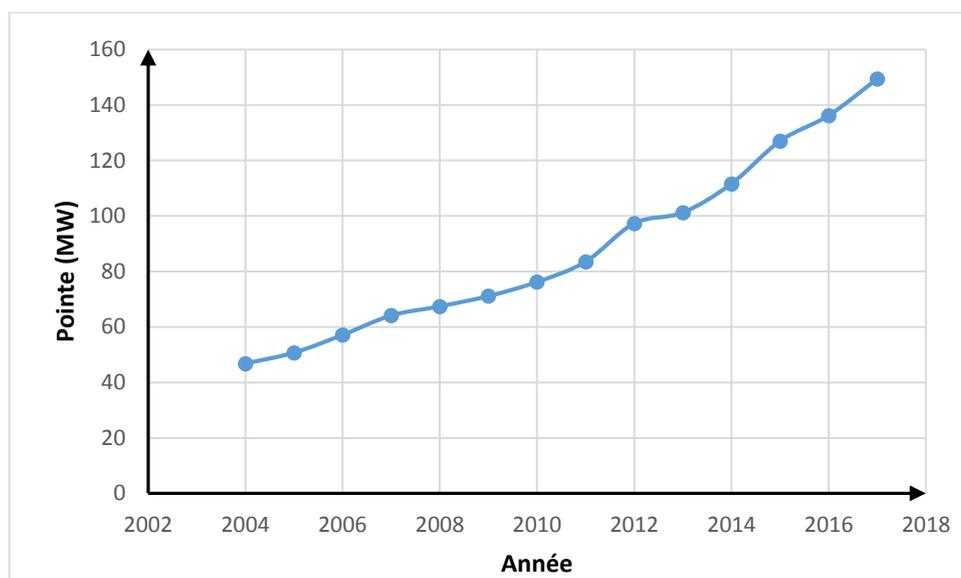


Figure 3 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2004-2017

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.

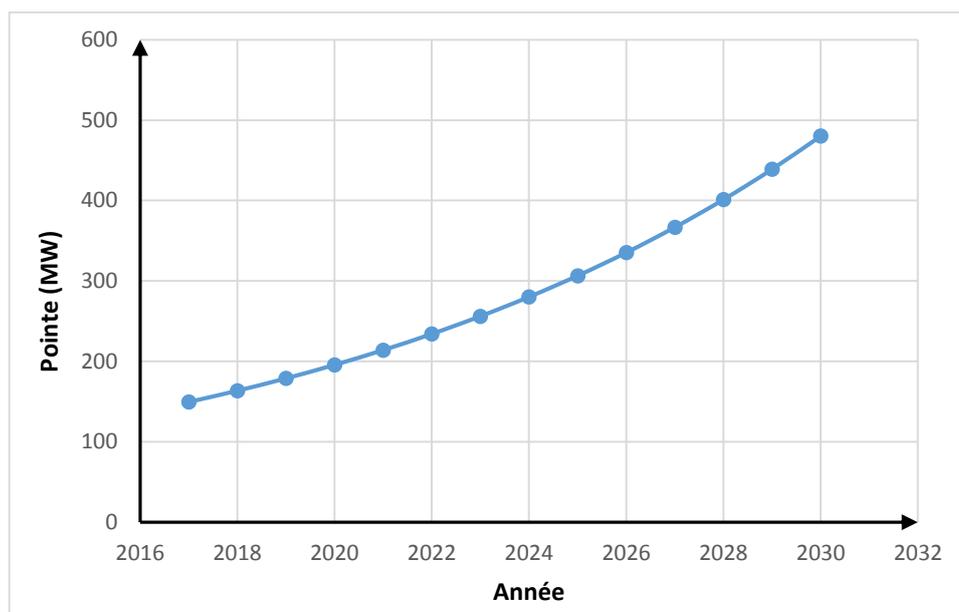


Figure 4 : Evolution de la demande de Niamey sur la période 2018-2030

Après ajustement (avec les projets spéciaux) :

En appliquant la relation (3) on obtient :

Tableau 7 : Prévision 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].

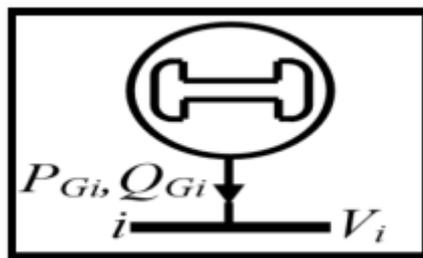


Figure 5 : Modélisation d'un générateur

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] :

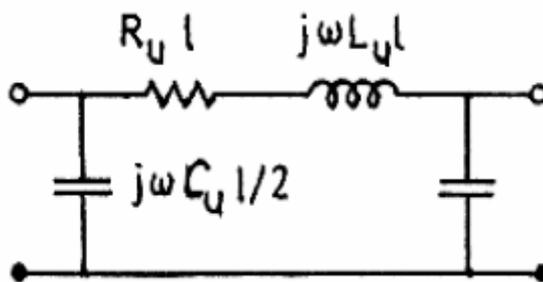


Figure 6 : Modélisation d'une ligne par un schéma en π

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.

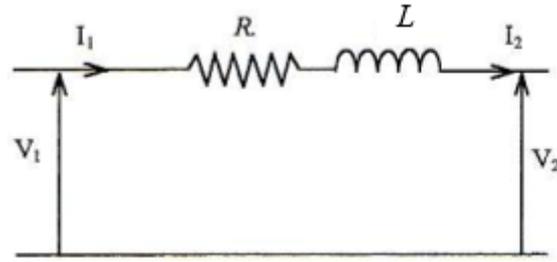


Figure 7 : Modélisation d'un transformateur

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

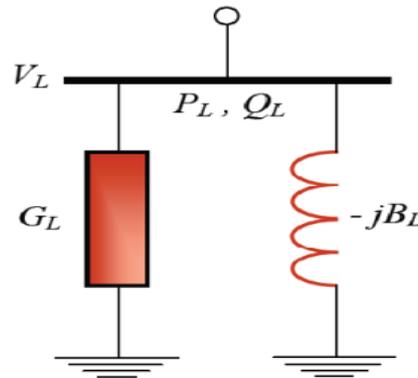


Figure 8 : Modélisation d'une charge

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 129,9% | 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 |
| Goudel | 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 Goudel 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) |
|----------------------|--------------|-----------|
| Goudel | 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 |
| Goudel | 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

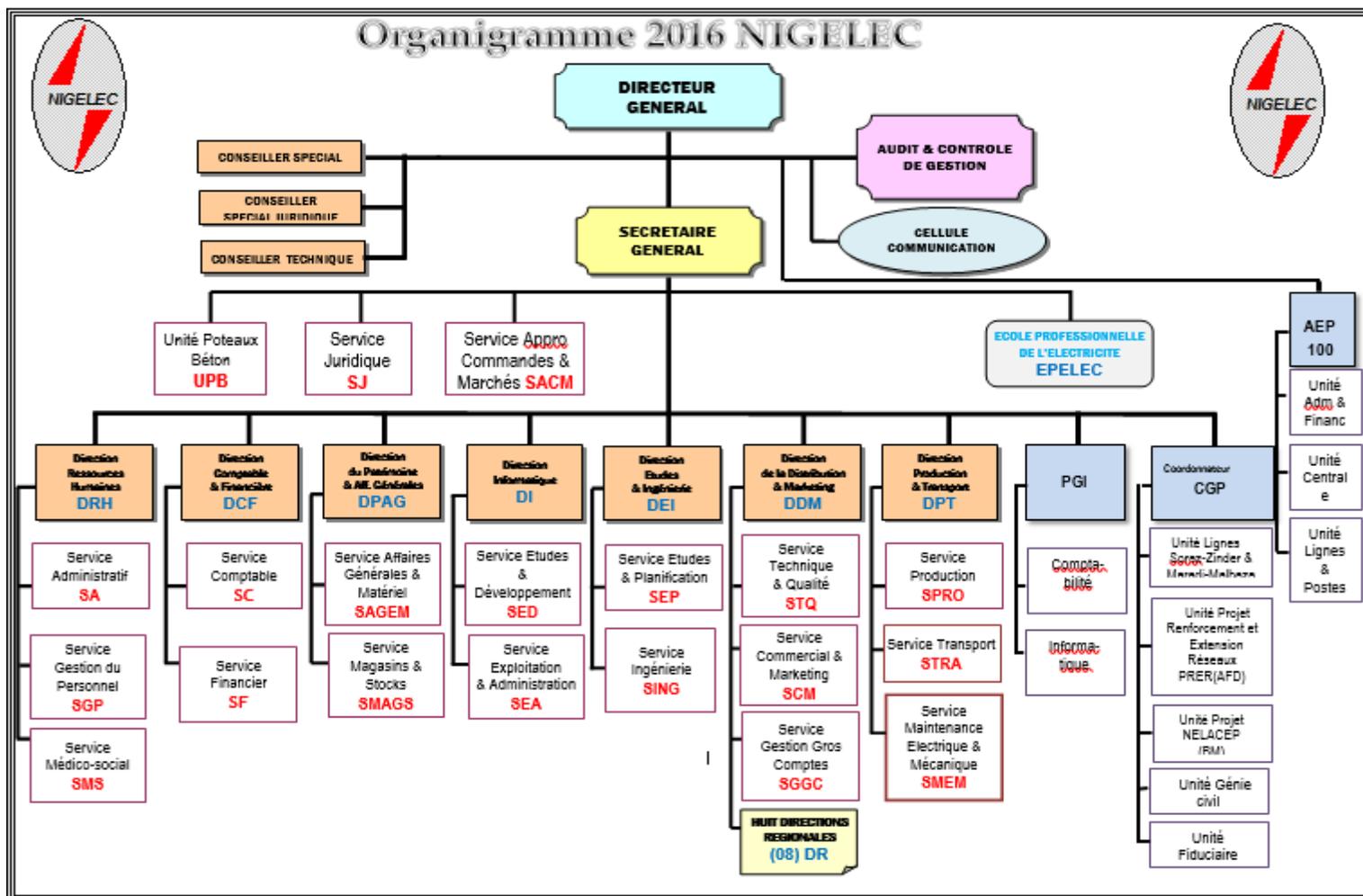


Figure 9 : Organigramme de la NIGELEC

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 Référénc |
| 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]

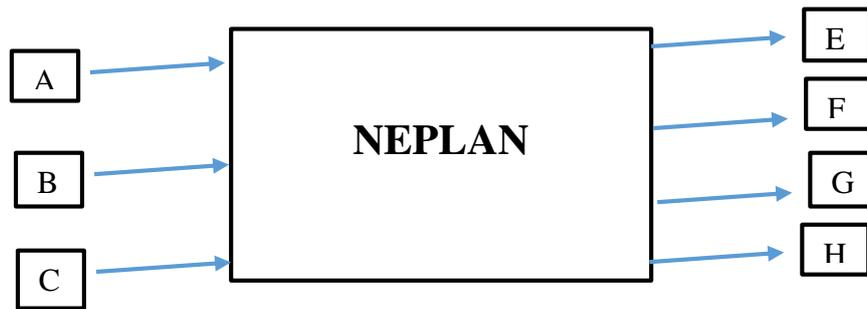
| Projets | Nombre d'abonnés total prévu par le projet | Nombre d'abonnés prévu à Niamey | A Niamey | | | | |
|-----------------|--|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | | | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| Projet CNE 1157 | 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

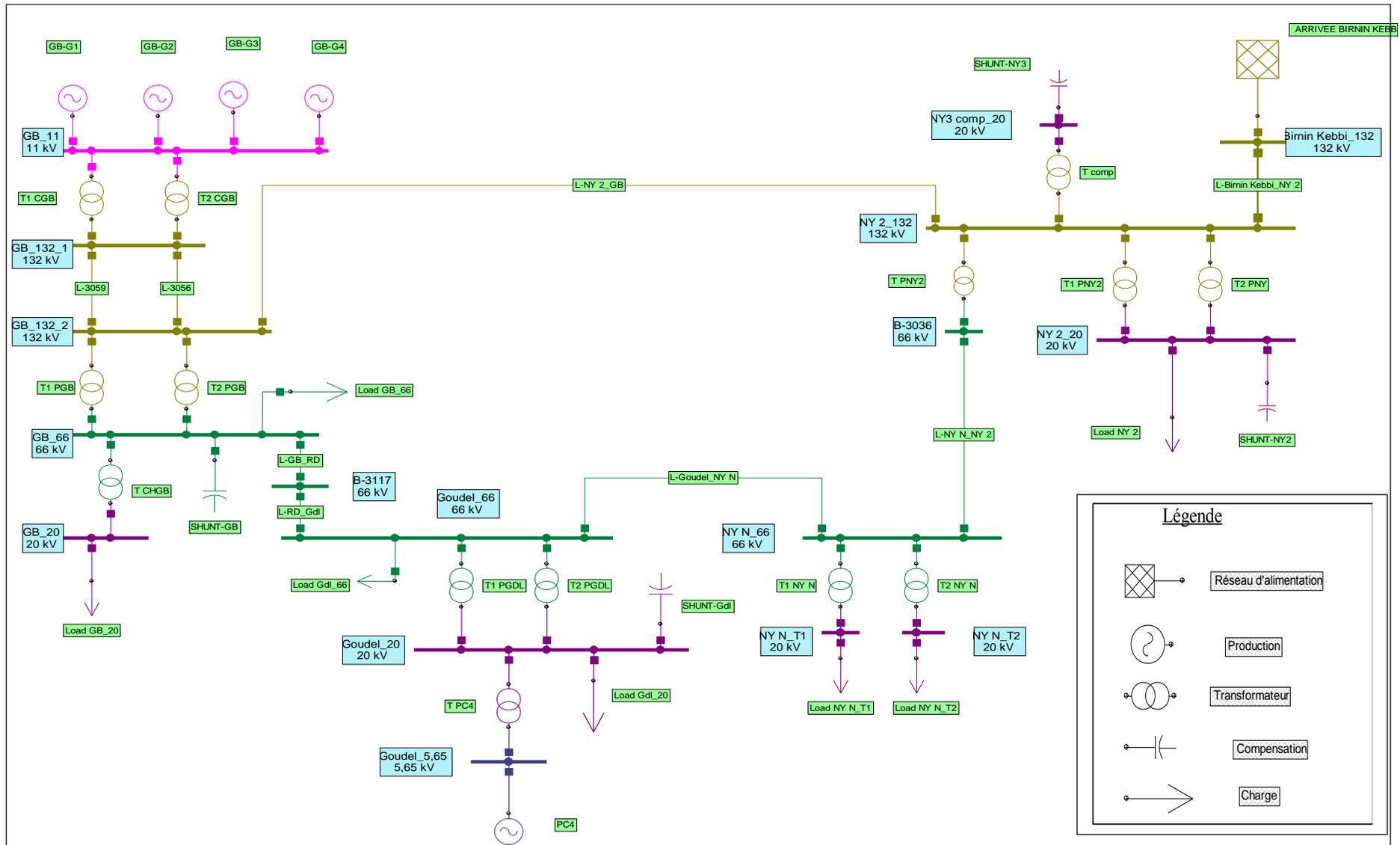


Figure 10 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018

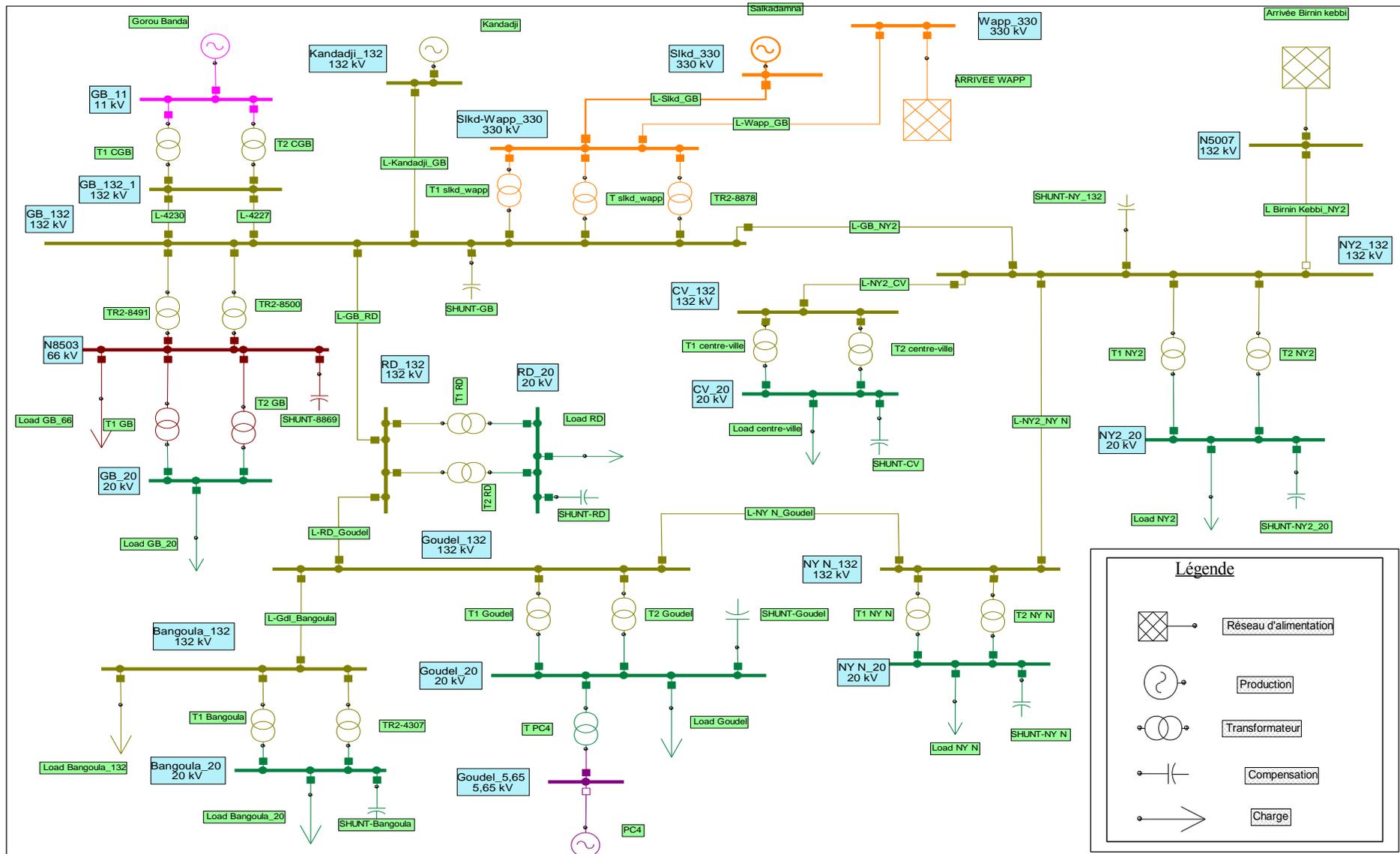


Figure 11 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018

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 |

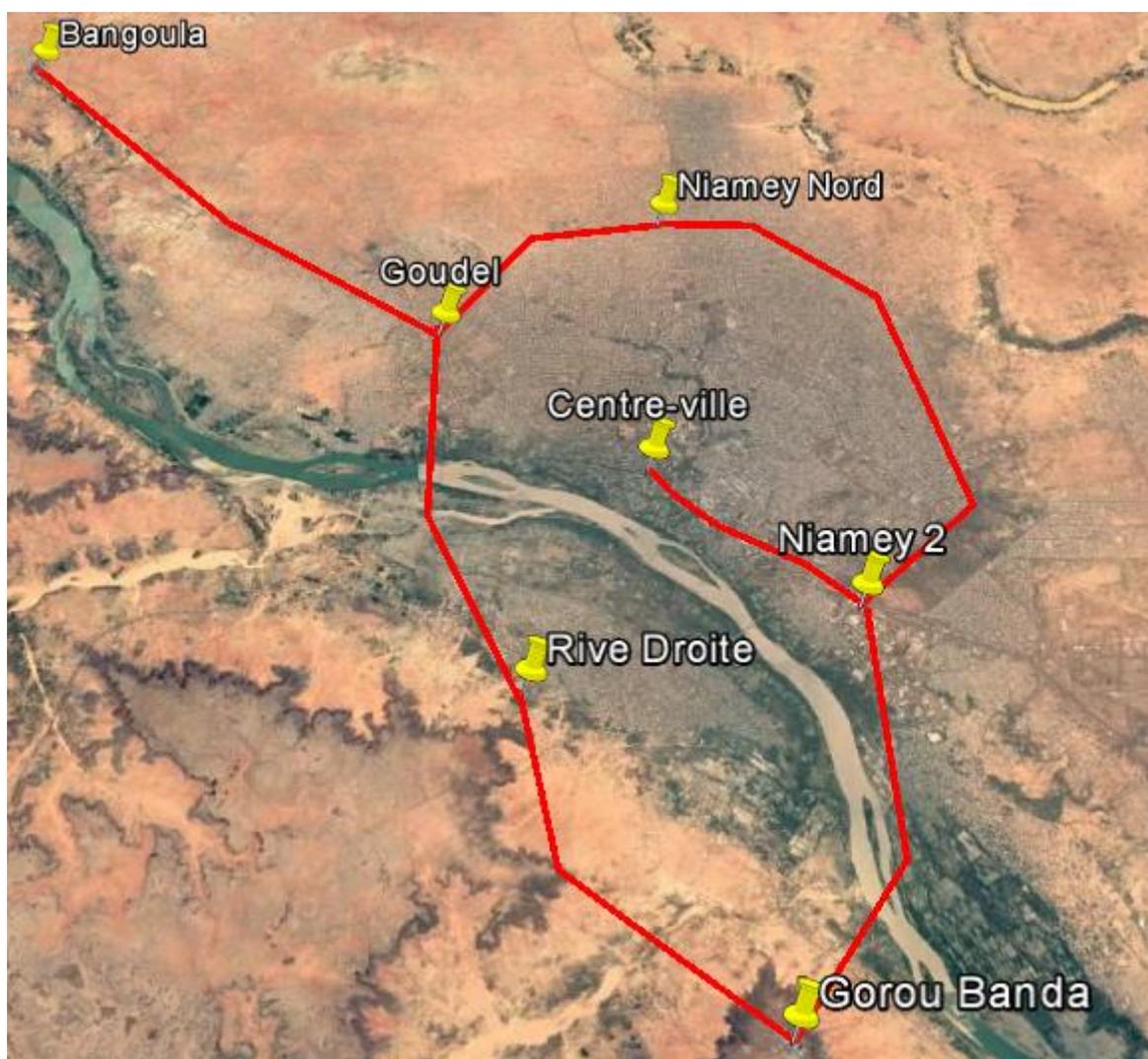


Figure 12 : Situation géographique des postes sources

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/BEEEE/DL du 05 Août 2015, portant organisation et fonctionnement du Bureau d'Évaluation Environnementale et des Études d'Impacts (BÉÉÉI) 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 (BÉÉÉI), 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 | | | | |

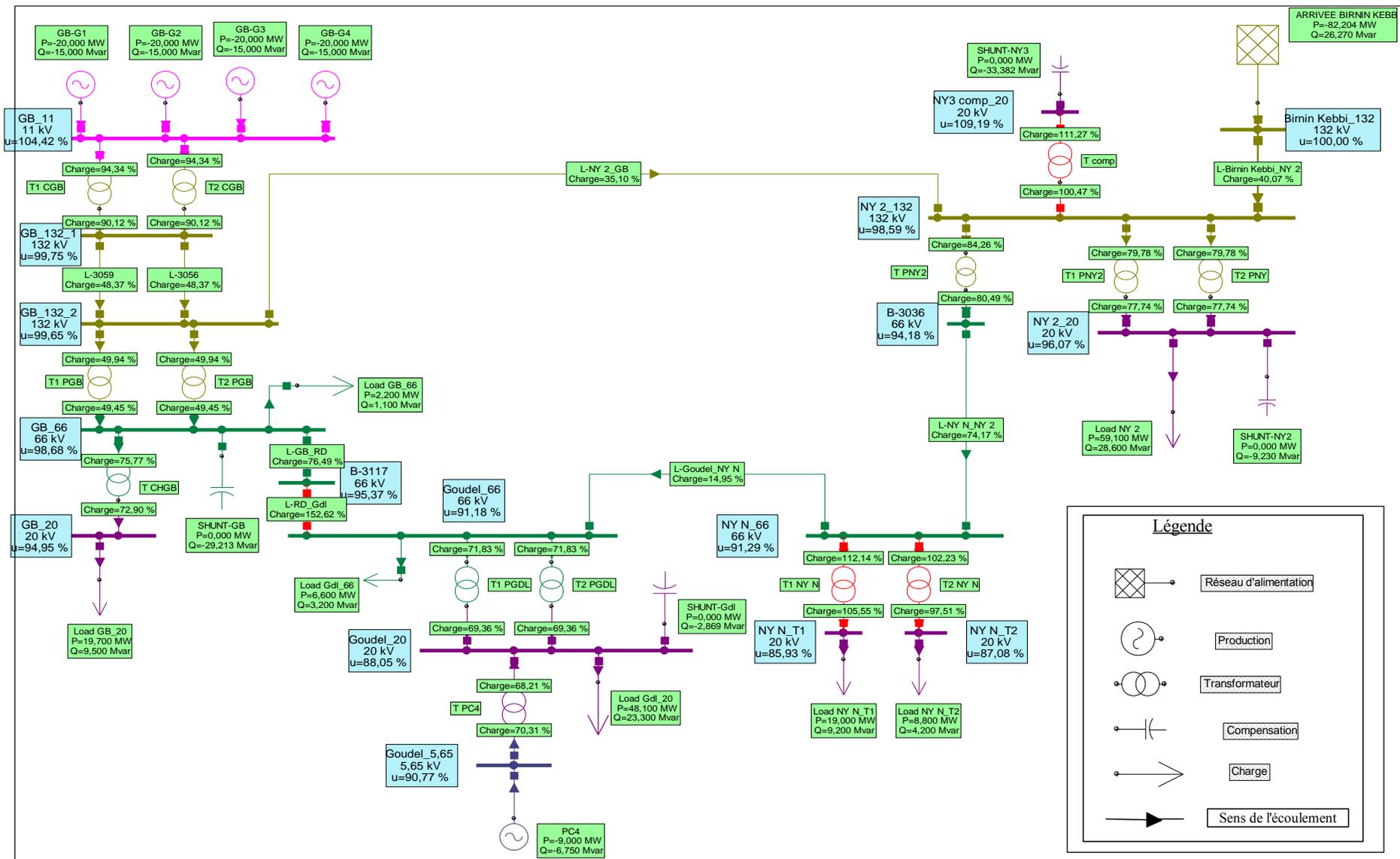


Figure 13 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2018 pour l'écoulement de puissance

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 |

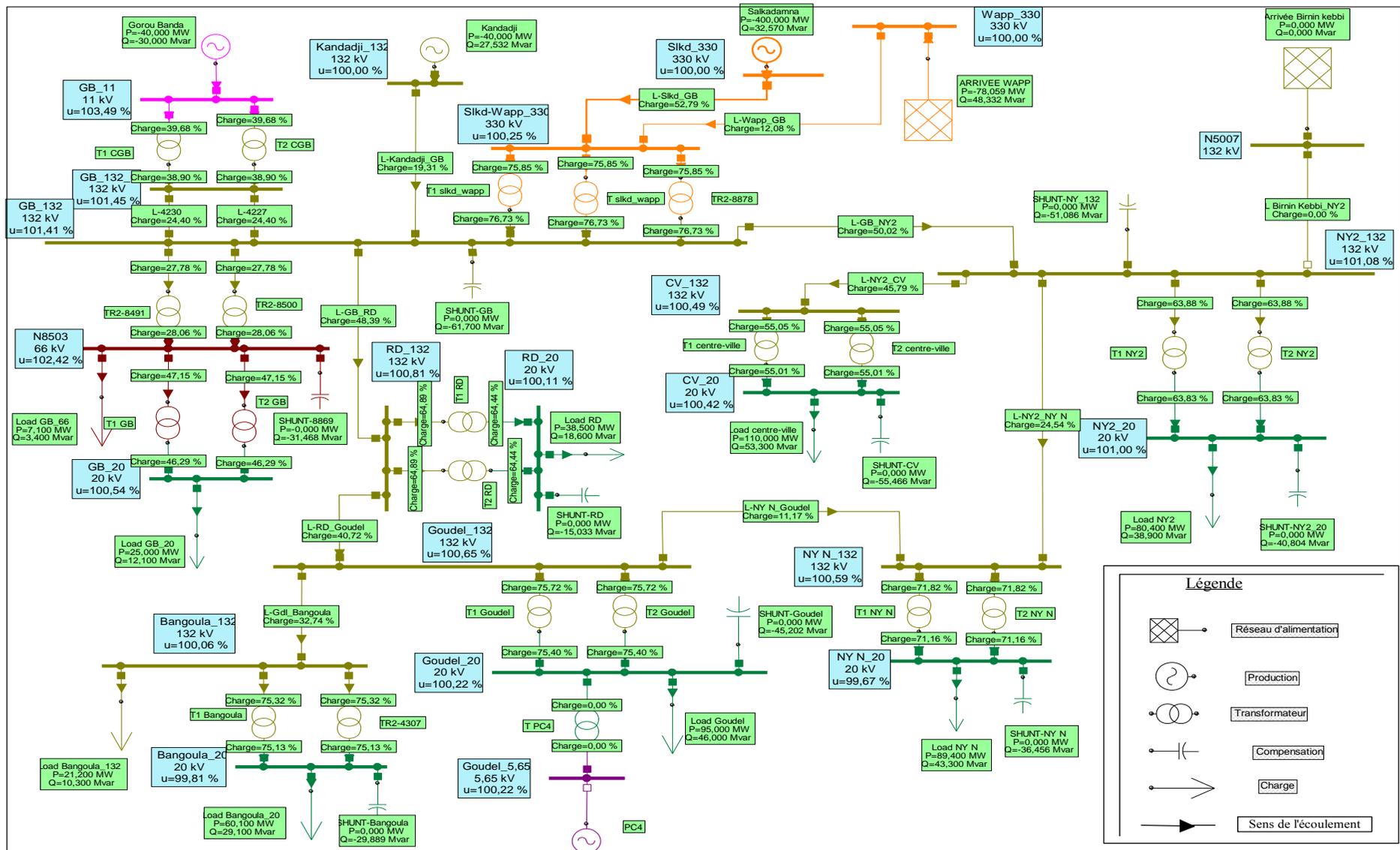


Figure 14 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2030 pour l'écoulement de puissance

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 | | |

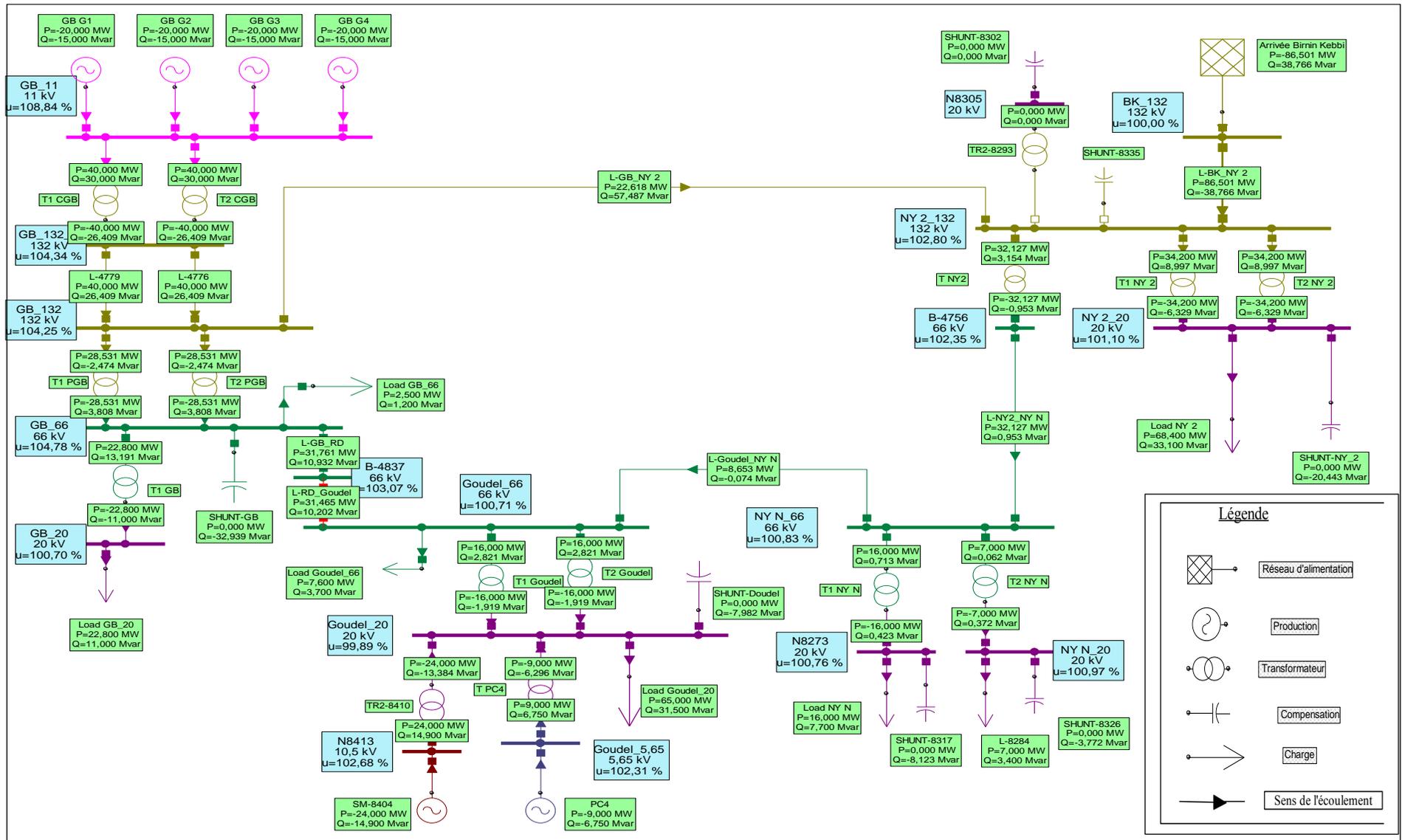


Figure 15 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2019 pour l'écoulement de puissance

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 |

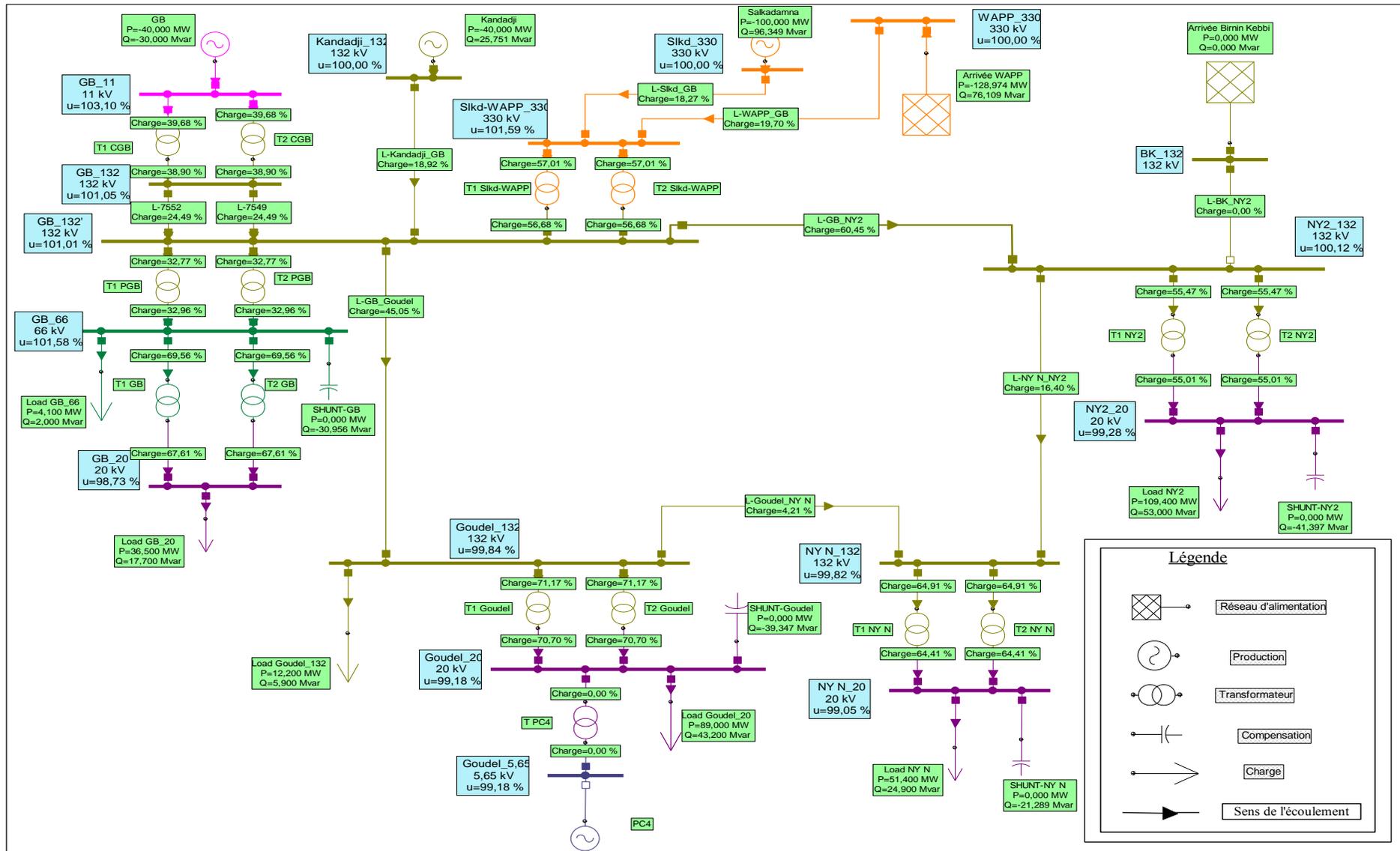


Figure 16 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2023 pour l'écoulement de puissance

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 |

| 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 | 0,665 | -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 | | | | |

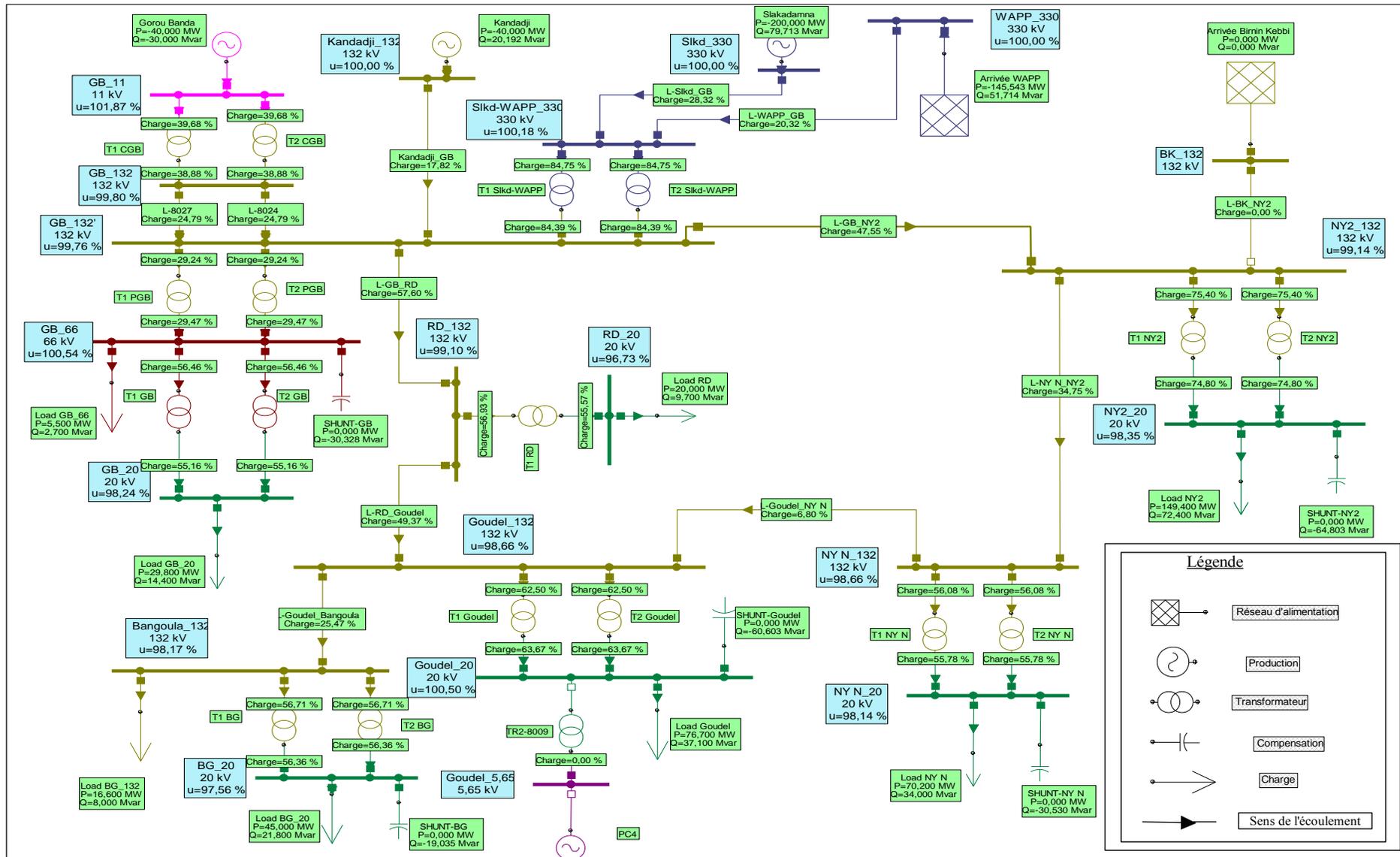


Figure 17 : Schéma unifilaire du réseau de Niamey en 2027 pour l'écoulement de puissance