



**CONSTRUCTION D'UNE LIGNE DE DISTRIBUTION
ELECTRIQUE HTA 15 kV ET RESTRUCTURATION
D'UN RESEAU ELECTRIQUE BTA AU SECTEUR 30
DE BOBO-DIOULASSO**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 05 juillet 2019 par :

Julie Rosine YE (2012 0652)

Encadrant 2iE : **M. Sani Mahaman KADRI MOUSSA**, Assistant d'enseignement et de
recherche au Département Génie Electrique et Energétique à 2iE

Maitre de stage : **M. Etienne OUANGRAOUA**, Chef de Département Lignes Electriques à
PPI-BF SA

Structure d'accueil du stage : Projet Production International, PPI-BF SA

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. Moussa SORO**

Membres et correcteurs : **M. Sani Mahaman KADRI MOUSSA**

M. Ahmed ZONGO

Promotion [2018/2019]

Citation

J'ai appris que le courage n'est pas l'absence de peur, mais la capacité à vaincre.

Nelson Rolihlahla **MANDELA**.

Premier homme d'Etat noir Sud-africain (1918 – 2003).

Dédicace

Ce mémoire est dédié aux êtres chers à notre cœur :

- au Seigneur tout puissant, pour toutes ses grâces ;
- à notre famille, pour toute son affection ;
- à notre marraine, pour son cœur généreux ;
- à nos proches et amis pour leur soutien.

Que le Seigneur les bénisse et leur accorde grâces sur grâces !

Remerciements

Ce mémoire de fin d'études de Master d'ingénierie au 2iE voit le jour à l'issue d'innombrables soutiens dont nous avons bénéficié tout au long de ces études.

Au terme de la rédaction de ce mémoire, nous sommes particulièrement touchés par tout le soutien, la patience et la pertinence dont a fait preuve notre encadreur à 2iE, M. Sani Mahaman MOUSSA KADRI. Un grand merci à lui sans qui ce document n'aurait pas vu le jour.

Nous tenons spécialement à exprimer notre gratitude et nos remerciements sincères au Dr Moussa SORO, Chef du département GEE, au Dr Marie SAWADOGO, chef du LEDES et à M. Ahmed ZONGO, Assistant d'enseignement et de recherche, tous au département GEE à 2iE, pour le grand soutien dont ils ont fait preuve. Leurs conseils ne sauraient trouver une oreille plus attentive que la nôtre.

Nous tenons à remercier vivement M. Etienne OUANGRAOUA pour nous avoir ouvert les portes de l'entreprise PPI-BF. Son accueil des plus chaleureuses nous a permis une immersion complète. Nos capacités ont été décuplées auprès de lui et de son équipe. Grand merci à lui !

Nos vifs remerciements à tous ceux qui ont facilité nos travaux d'apprentissage et de recherche.

Que Dieu bénisse toutes ces personnes !

Résumé

Soucieux du faible taux d'électrification, le Ministère de l'Energie du Burkina Faso a développé des projets d'extension des réseaux électriques péri-urbains. Ayant soumissionné à un appel d'offres du projet PEPU pour la construction de réseaux HTA/BTA, l'entreprise PPI-BF SA a été attributaire des Lots 02 et 03.

Cette entreprise, qui nous a accueilli pour notre stage de fin d'études, nous a soumis l'étude des travaux du Lot 02. Ces travaux comprennent la construction d'une ligne 15 kV et la restructuration d'un réseau BT au Secteur 30 de Bobo Dioulasso. L'étude vise à proposer une solution d'électrification, sur la base de calculs électriques et mécaniques, et fournir une estimation du coût et un planning de réalisation.

Suivant les normes et pratiques à la SONABEL, notre proposition consiste en une ligne aérienne en 15 kV longue de 0,60 km, comme attendu, avec un conducteur Aster 75,5 mm², des supports métalliques type H, des armements en bras inclinés disposés en drapeau et quelques herses d'ancrage horizontales, un interrupteur aérien IACM.

Cette ligne est à raccorder à un poste, 15/0,4 kV, 400 kVA en cabine métallique préfabriquée, prévu pour alimenter 24% des parcelles par un réseau BTA à construire sur les sections de lotissement LP, LA et LB du secteur 30.

La restructuration du réseau BTA existant totalise 84,8 km de lignes en câble de 70 mm² et 13 km de lignes en câble de 35 mm². Nous préconisons la création plus tard de postes 400 kVA pour remplacer les postes existants bientôt surchargés.

Le coût de réalisation s'élève à 1.032.750.000 FCFA et l'exécution des travaux devrait durer 6 mois, même si un dépassement pourrait survenir, dû aux aléas de terrain.

Mots clés :

- 1- Audit de consommation
- 2- Ligne BTA
- 3- Ligne HTA
- 4- Poste de transformation
- 5- Restructuration de ligne

Abstract

As very concerned by low electrification rate, Burkina Faso Ministry of Energy is implementing projects for extension of sub-urban electric networks. Having submitted a bid for a tender call by project PEPU for construction of HVA/LVA networks, the contractor PPI-BF SA was awarded Lots 02 and 03.

This contractor welcomed us for our end of studies internship and assigned to us as the engineering for works of lot 02. The works consisted of construction of a 15 kV line and restructuring of LVA networks in Sector 30 in Bobo Dioulasso. The engineering is to propose an electrification scheme, based on electrical and mechanical calculations, and to provide implementation cost estimate and works schedule.

Taking into account standardization and practice in SONABEL, our proposal consisted of an overhead 15 kV line of 0.60 km long, as expected, with an Aster 75.5 mm² conductor, metallic type H poles, cross arms in vertical configuration, and a couple of line stopping horizontal arms, and outdoor manual switch.

The line is to be connected to a 15/0.4 kV 400 kVA in a factory made metallic cabinet, needed to let 24% of places be supplied by a LVA network to be constructed in sections LP, LA and LB in Sector30.

Restructuring of the existing LVA network led to a total of 84.8 km of lines with 70 mm² cable and 13 km of lines with 35 mm² cable. We suggested construction later of 400 kVA substations to replace existing substations getting overloaded.

The implementation cost is estimated to be FCFA 1,032,750,000 and works duration should be 6 months, although there may be aa delay, due to unforeseen site hazards.

Key words:

- 1- Consumer audit*
- 2- LVA line*
- 3- HVA line*
- 4- Transformer substation*
- 4- restructuring of line*

Liste des abréviations

2IE : Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

A : Ampère

BTA : Basse Tension A

DAO : Documents d'Appel d'Offres ou Dossiers d'Appel d'Offres

HTA : Haute tension catégorie A

IACM : Interrupteur Aérien à Commande Manuelle

kV: kilo Volt

kVA : kilo Volt Ampère

MALT : Mise A La Terre

PEPU : Projet d'Electrification des zones Péri-Urbaines de Ouagadougou et de Bobo-Dioulasso

PGES : Plan de Gestion Environnemental et Social

PPI-BF SA : Projet Production Internationale – Burkina Faso Société Anonyme

SONABEL : Société Nationale d'Electricité du Burkina

TUR : Tableau Urbain Réduit

U : Tension

Table des matières

Citation	i
Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract.....	v
Liste des abréviations	vi
Table des matières	vii
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	x
Introduction	1
I. Contexte du projet.....	2
I.1. Présentation de la structure d'accueil	2
I.2. Problématique du projet.....	2
I.3. Objectifs de l'étude.....	3
I.4. Travaux attendus.....	3
I.5. Méthodologie adoptée	4
II. Généralité sur les réseaux de distribution électrique.....	5
II.1. Niveaux de tension	5
II.2. Fonctions des réseaux électriques.....	5
II.3. Architecture des réseaux de distribution	6
II.4. Composants des réseaux de distribution aériens	8
II.4.1. Les supports.....	8
II.4.2. Les conducteurs	9
II.4.3. Les armements.....	10
II.4.4. Les isolateurs	11
II.4.5. Les matériels de fixation ou accessoires de ligne.....	12
II.4.6. Les fondations des supports	12
II.4.7. Les postes de transformation du réseau de distribution	12
II.4.8. Les dispositifs de protection du réseau de distribution	12
III. Etat du réseau électrique existant	14
III.1. Relief et sol	14
III.2. Démographie	15
III.3. Lignes de distribution	17

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

III.3.1.	Les conducteurs électriques.....	17
III.3.2.	Les supports implantés	19
III.4.	Postes de transformation HTA/BT.....	20
III.5.	Protections utilisées	21
III.6.	Synthèse :	21
IV.	Extension du réseau.....	23
IV.1.	Création d'un poste de transformation.....	23
IV.1.1.	Emplacement du poste de transformation	23
IV.1.2.	Détermination de la charge	24
IV.1.3.	Choix du tableau urbain réduit	25
IV.1.4.	Caractéristiques du Poste de transformation :	25
IV.2.	Conception du réseau BT isolé alimenté par le poste de transformation.....	26
IV.2.1.	Tracé du réseau BT.....	26
IV.2.2.	Vérification des contraintes techniques	26
V.	La ligne HTA	28
V.1.	Le tracé de la ligne.....	28
V.2.	Calcul électrique de la ligne	28
V.3.	Calculs mécaniques de la ligne HTA	32
V.3.1.	Hypothèses de calculs	32
V.3.2.	Définitions des éléments de calculs	33
V.3.3.	Calcul des efforts s'exerçant sur les conducteurs.....	34
V.3.4.	Calcul de la variation de la tension mécanique et de la flèche.....	35
V.3.5.	Calcul des efforts s'exerçant sur les supports	36
VI.	Le réseau BT existant à restructurer.....	39
II.4.9.	Vérification de certaines contraintes techniques	41
VII.	Estimations financières de réalisation des travaux.....	43
VIII.	Exécution des travaux :.....	44
	Conclusion.....	45
	Bibliographie.....	46
	Annexes.....	47

Liste des tableaux

Tableau 1:	classification des reseaux en fonction de la tension selon la norme nf c 11-201 . 5
TABLEAU 2:	différents types de reseaux, selon schneider electric..... 6
Tableau 3:	formes et dimension de fouilles de quelques fondations selon la sonabel 12
Tableau 4:	synthese des donnees demographiques du lot 2 16
Tableau 5:	coefficients de ponderation ks apres revision de la c15-100 16
Tableau 6:	caracteristiques relevees pour les conducteurs electriques aeriens installes 18
Tableau 7:	caracteristiques relevees pour les supports de ligne aerienne 19
Tableau 8:	taux d'utilisation des transformateurs. 20
Tableau 9:	determination de la puissance p de la charge 24
Tableau 10:	intensite admissible pour l'aluminium en regime permanent a 30°C, catalogue nexans 25
Tableau 11:	extrait des chutes de tension cumulees pour le tronçon le plus long..... 27
Tableau 12:	determination de la section de cable par calcul des intensites 31
Tableau 13:	les hypotheses climatiques de calcul electriques au burkina faso 32
Tableau 14:	caracteristiques du conducteur almelec 75,5 mm ² 32
Tableau 15:	tableau : forces de traction dans un le conducteur almelec 75,5 36
Tableau 16:	quantite et type de support 38
Tableau 17:	appel de puissance actuel au niveau des transformateurs. 40
Tableau 18:	tableau : raccordement possible entre sections. 41
Tableau 19:	extrait de valeurs de chutes de tension calculees 41
Tableau 20:	estimation des couts de la ligne 43

Liste des figures

Figure 1: le reseau de distribution électrique.....	6
Figure 2: un reseau arborescent	7
Figure 3: un reseau boucle.....	7
Figure 4: un reseau maille	7
Figure 5: composantes d'une ligne électrique	8
Figure 6: conducteur aluminium	9
Figure 7: comparaison entre conducteurs.....	10
Figure 8: types d'armements des supports électriques, source catalogue retis solutions	11
Figure 9: isolateur composite	11
Figure 10: interrupteur sectionneur hta aerien	13
Figure 11: plan des installations électriques du lot 2.....	14
Figure 12: crevasses, sol rouge et sol hydrophobe difficiles pour l'implantation de supports 15	
Figure 13: elements d'estimation de la puissance d'un menage selon sonabel	16
Figure 14: graphique du taux de desserte électrique du lot 2	16
Figure 15: schema synoptique des installations existantes.....	17
Figure 16: reseau électrique existant de la section de lotissement lc.....	18
Figure 17: ligne mixte avec armements type bras inclinés rigides sur une rue réduite.	19
Figure 18: graphique de repartition des parcelles	21
Figure 19: supports et lignes endommagés.....	21
Figure 20: figure : détermination de l'implantation du transformateur	24
Figure 21: trace de la ligne hta.....	28
Figure 22: paramètres de la ligne.....	33
Figure 23: transformateurs et rayons d'action respectifs.....	39
Figure 24: graphique de repartition des parcelles par transformateur	40
Figure 25: reseau restructure de la section de lotissement lo.....	42
Figure 26: programme d'exécution des travaux.	44

Introduction

De nos jours, la plupart des activités nécessitent la présence d'électricité. L'électricité est même devenue un indice de développement pour les pays. Les populations, notamment africaines, s'ouvrent de plus en plus à l'industrialisation, à la sécurité sanitaire et au confort dans l'habitat. Une forte demande d'électricité se fait ressentir. Alors les Etats sont à pied d'œuvre pour faciliter l'accès à l'électricité. Les projets d'extensions et d'interconnexions électriques, de création de parc solaire connecté réseau, d'efficacité énergétique des installations, de promotion de kits solaires individuels, sont autant de mesures visant à créer un mix énergétique efficace et à répondre aux besoins en électricité.

Au Burkina Faso, le taux d'électrification est estimé à 66% en milieu urbain mais le taux de couverture national n'est que de 36%. Soucieuse de cette situation, le Gouvernement burkinabè décide, entre autres programmes, de la mise en place du Projet d'Accès au Service Energétique (PASE), avec des travaux d'extension des réseaux électriques dans différentes localités du pays, et le Projet d'Electrification Péri-Urbaine (PEPU), à Ouagadougou et Bobo-Dioulasso. Ces villes ont connu un important développement démographique au cours des dix dernières années mais ne bénéficient toujours pas d'accès conséquent à l'électricité.

Le PEPU initié par la Société National d'Electricité du Burkina (SONABEL) consiste en l'extensions des réseaux électriques et en la restructuration de réseaux existants. L'entreprise PPI-BF SA a été retenue pour la réalisation d'une partie de ce projet dont l'objectif est de toucher le maximum de population.

La conception des lignes HTA et BT varie selon les zones d'implantation et selon les hypothèses de construction. Plusieurs études sont disponibles en matière de construction de réseaux neufs au Burkina Faso, mais très peu traite de la restructuration d'un réseau BTA existant

Notre étude portera sur la conception d'un réseau BT alimenté par un poste de transformation, puis la construction d'une ligne HTA raccordée à ce poste. Aussi nous proposerons une restructuration objective du réseau BT existant. Une estimation des couts financiers et de la durée des travaux sera également proposée.

I. Contexte du projet

I.1. Présentation de la structure d'accueil

Projet Production Internationale (PPI-BF SA) est une société anonyme burkinabè créée le 15 juin 1988, puis inscrite au registre du commerce sous le numéro BF OUA 2012 M 1978.

Ses activités, qui étaient le commerce général, le pompage d'eau, la réalisation d'installations photovoltaïques et d'autres activités diverses, ont évolué vers les installations électriques et, en particulier, la construction de centrales de production électrique et de réseaux de distribution électrique, avec finalement un agrément de catégorie C3 délivré le 7 juillet 2014 pour entrepreneur de réseaux et de centrales électriques.

L'entreprise est structurée en 5 grands départements dont le département lignes électriques.

Son chiffre d'affaires annuel atteint 20 milliards de FCFA, dont la moitié dans la construction de lignes électriques, et elle dispose d'un personnel, d'un équipement, de fournisseurs et de partenaires tels qu'elle occupe à ce jour une place de choix parmi les entreprises de travaux électriques du Burkina Faso, avec de nombreuses réalisations de centrales de production électrique et de réseaux de distribution électrique. Elle dispose d'un siège social sis au secteur n°10 de Ouagadougou et développe ses capacités pour l'exécution de grands chantiers au Burkina, au Mali ainsi qu'au Niger.

I.2. Problématique du projet

Le PEPU à Bobo-Dioulasso consiste en la construction des lignes HTA et BT et en la restructuration du réseau BT existant au secteur 30 de la ville. La problématique est comment réaliser des installations fiables, économiques et satisfaisant le maximum de population. Dans la zone il existe déjà un réseau BT mais il est de façon partielle et parsemée d'habitations non couverte par les lignes électriques. A cela s'ajoutent des poches d'habitations non loties et des crevasses représentant des zones d'accès difficiles. Les activités économiques de la zone sont en plein essor et une solution pour alimenter cette zone est de mise pour promouvoir ces activités.

I.3. Objectifs de l'étude

Notre étude se focalise sur l'extension et le renforcement du réseau électrique dans les sections LA-LB-LC-LD-LE-LH-LI-LK-LL-LM-LN-LO-LP-MD couvrant le lot 2 de Bobo-Dioulasso. A partir de données fournies par le DAO et des visites de terrain, l'objectif est de mener une étude détaillée de conception et réaliser un plan de montage des lignes HT et BT (étude mécanique, plan du réseau). Ensuite il s'agira de mener une étude de l'appareillage nécessaire au raccordement et à la protection des lignes. Enfin, il faudra trouver une solution technique et économique adéquate, pour couvrir l'extension de la charge électrique, à travers un tracé optimal et l'utilisation des équipements appropriés.

I.4. Travaux attendus

Le dossier d'appel d'offres (DAO) du PEPU indique que les prestations consistent en la réalisation des études d'ingénierie détaillées, la fourniture, l'installation et la mise en service des équipements relatifs aux ouvrages du lot 2. Ces prestations sont :

- fourniture et pose d'un interrupteur aérien à commande manuelle (IACM) ;
- construction de 0,6 km de ligne aérienne 15 kV avec du conducteur almélec 75,5 mm² ;
- fourniture et pose d'un poste en cabine métallique préfabriqué 15/0,4 kV – 400 kVA ;
- construction de 81 km de ligne BT en câble torsadé (3*70+54.6+16) mm² ;
- construction de 12 km de ligne BT en câble torsadé (3*35+54.6+16) mm² ;
- création d'un poste en cabine métallique préfabriqué 15/0,4 kV – 400 kVA.

I.5. Méthodologie adoptée

La restructuration d'un réseau électrique aérien de distribution nécessite une méthodologie, afin d'assurer un réseau fonctionnel et sécurisé. Nous suivrons les étapes suivantes :

1. Analyse du réseau existant

- *Collecte de données démographique, environnementale, architecture et appareillages électriques ;*
- *Estimation de la consommation et besoin actuel en électricité ;*

2. L'extension du réseau BTA

- *Création d'un poste de transformation et son emplacement stratégique,*
- *Tracé de la ligne sur un plan et profil en long*
- *Caractéristiques électriques et choix des conducteurs et supports à installer*

3. Conception de la ligne HTA

- *Tracé de la ligne sur un plan et profil en long*
- *Caractéristiques électriques de la ligne*

La section de conducteur résistant aux différentes intensités la traversant

- *Caractéristiques mécaniques de la ligne*

Détermination des efforts que doivent supporter les supports

- *Protection de la ligne.*

Les dispositifs de protection et de coupure à installer

4. Restructuration du réseau BTA

- *Tracé optimal de la ligne sur un plan et profil en long*
- *Caractéristiques électriques et choix des appareillages*

5. Estimation financière des travaux

- *Coûts d'achat des matériels*
- *Coûts de réalisation de l'étude et exécution des travaux*

6. Phase d'exécution des travaux des lignes

- *Planning d'exécution du chantier*

II. Généralité sur les réseaux de distribution électrique

II.1. Niveaux de tension

Un réseau électrique se définit comme un ensemble d'appareils destinés à faire transiter ou à transporter l'énergie électrique des centres de production vers les centres de consommation. La valeur de tension nominale pouvant être attribuée à un réseau se présente comme suit :

Tableau 1: Classification des réseaux en fonction de la tension selon la norme NF C 11-201

Appellation actuelle	BTA	BTA	BTB	HTA	HTB
Appellation ancienne	TBT	BT	BT	MT	HT et THT
Alternatif (V)	$U \leq 50$	$50 < U \leq 500$	$500 < U \leq 1.000$	$1.000 < U \leq 50.000$	$U > 50.000$
continu (V)	$U \leq 120$	$120 < U \leq 750$	$750 < U \leq 1.500$	$1.500 < U \leq 75.000$	$U > 75.000$

II.2. Fonctions des réseaux électriques

On distingue 3 grandes catégories de réseaux correspondant à des niveaux de tension :

- **Les réseaux de transport** permettent le transport du courant électrique sous très haute tension allant des centres de production vers les centres de consommation, avec le minimum de perte d'énergie possible. Les distances s'estiment en centaines de kilomètres.
- **Les réseaux de répartition** sous haute ou moyenne tension assurent la répartition de l'énergie à une échelle locale,
- **Les réseaux de distribution** sous moyenne ou basse tension alimentent l'utilisateur à travers les postes de transformation.

Toutefois, on distingue aussi :

- **Les réseaux d'interconnexion**, parmi les réseaux de transport, qui permettent un partage d'énergie entre deux ou plusieurs pays.
- **Les réseaux d'utilisation** qui sont privés aux consommateurs et qui alimentent directement leurs appareils domestiques.

Tableau 2: Différents types de réseaux, selon Schneider Electric.

Tension normalisées nouvelles	Catégori	Types de réseaux	Puissances de livraison (kVA)
230 V /400 V	BT	Réseau de distribution	$P \leq 250$
15/20/33 kV	MT	Réseau de distribution	$250 < P \leq 10.000$
63/90/110 kV	HT	Réseau de répartition	$10.000 < P \leq 40.000$
225 /380 kV	THT	Réseau de transport	$40.0 < P$

Au Burkina Faso ces catégories de puissances sont d'un niveau beaucoup moindre reflété par le niveau de consommation électrique.

II.3. Architecture des réseaux de distribution

La figure ci-après présente l'architecture d'un réseau de distribution.

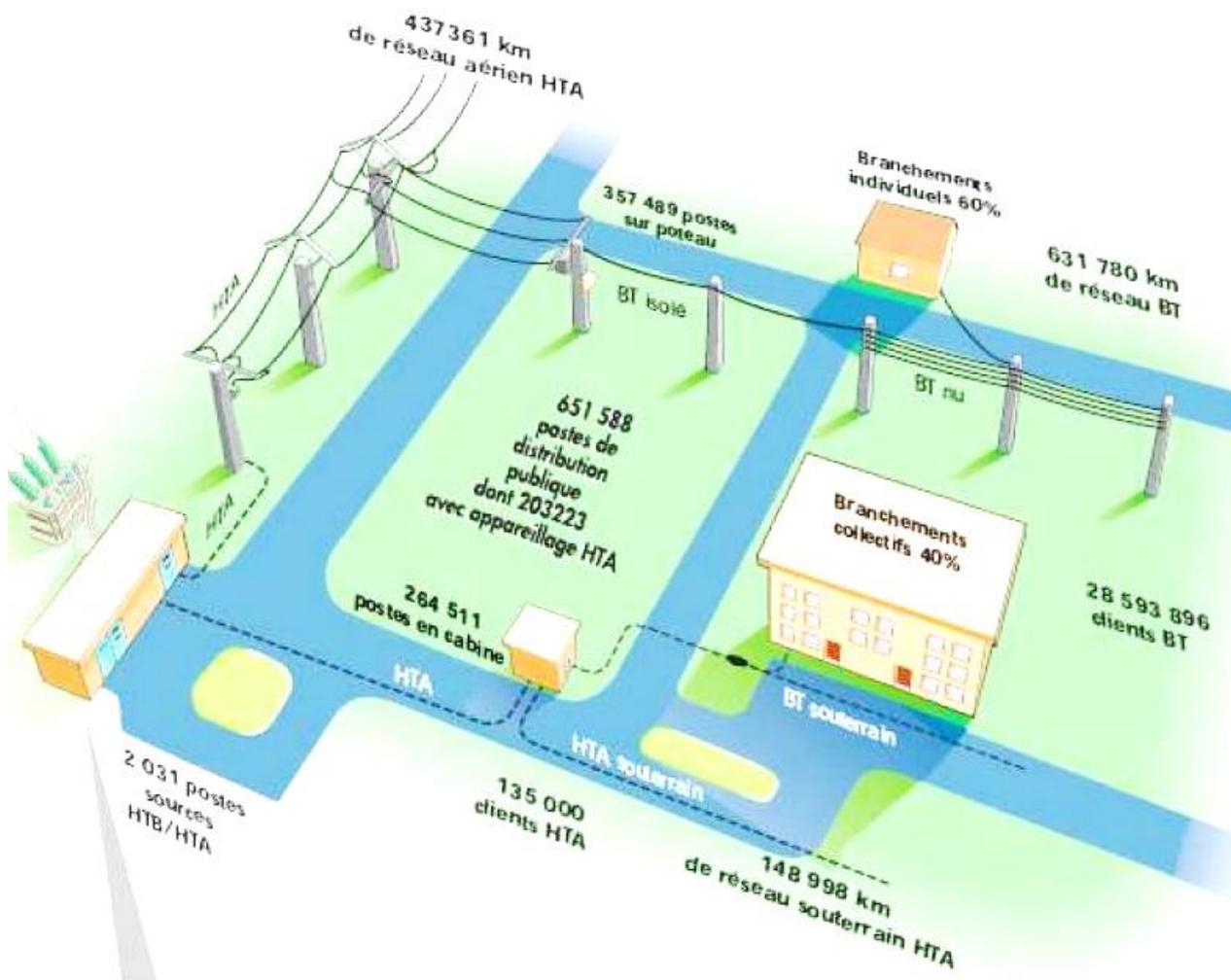


Figure 1: Le réseau de distribution électrique

La conception du réseau électrique implique des choix, en termes de coût et d'architecture, pour permettre une desserte maximale, tout en tenant rigoureusement compte des critères techniques et économiques, et en cherchant à garantir la sécurité et la continuité du service électrique.

On distingue trois types d'architecture de réseau :

Les réseaux arborescents ou en antenne :

Ces réseaux sont constitués de plusieurs artères se ramifiant, mais sans jamais retrouver de point commun. Lorsqu'un défaut survient, l'ensemble des clients en aval sont coupés.

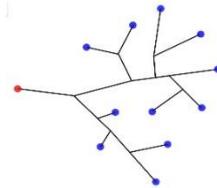


Figure 2: Un réseau arborescent

Les réseaux bouclés ou en coupure d'artère :

Les charges sont alimentées par différentes sources pouvant servir immédiatement de secours en cas d'indisponibilité d'une source. Ils s'appliquent principalement aux réseaux de transports et de répartition.

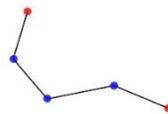


Figure 3: Un réseau bouclé

Les réseaux maillés :

Les réseaux maillés sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées. Les postes sont reliés entre eux par de nombreuses lignes, apportant une grande sécurité d'alimentation.

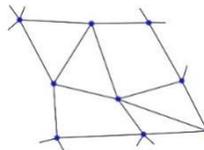


Figure 4: Un réseau maillé

Pour notre cas d'étude, la continuité de service étant faible, une structure arborescente convient.

II.4. Composants des réseaux de distribution aériens

Un réseau électrique est constitué d'éléments tous importants qui s'aménagent et jouent un rôle précis. On peut citer les indispensables suivant : les conducteurs, les organes de coupures, les postes de transformation, les supports, les armements.

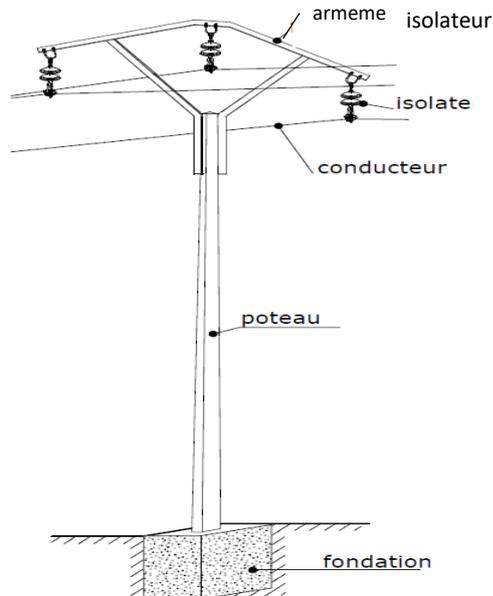
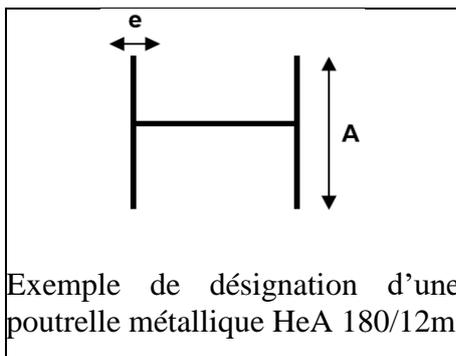


Figure 5: Composantes d'une ligne électrique

II.4.1. Les supports

Il existe des supports en bois, en béton et en métal. Le support en métal est historiquement le plus courant au Burkina Faso, mais le support en bois et le support en béton sont de plus en plus utilisés aussi. Ces supports métalliques sont surtout des profilés type H.

Le support métallique type H présente une face de grande inertie ayant l'effort le plus élevé (tenant la résultante des efforts ainsi que les efforts individuels) et une face de petite inertie ayant l'effort le moins élevé (tenant uniquement la résultante des efforts).



H = Type de profil (section en forme de H)
e = Epaisseur des ailes
A = catégorie de section carré (ou B pour rectangle)
180 = Largeur de l'aile A (A = 180 mm dans ce cas)
12 m = Longueur totale du support

II.4.2. Les conducteurs

Le choix des conducteurs tient compte de la conductibilité électrique, du cout de revient en fonctionnement, des qualités mécaniques et des qualités chimiques du matériau. Les matériaux conducteurs utilisés pour les lignes sont :



Figure 6: Conducteur aluminium

Le cuivre (Cu), bon conducteur mais présentement abandonné du fait de l'augmentation progressive des sections dans la construction des lignes aériennes, ce qui le rend lourd.

- Résistivité : $\rho = 18 \Omega / \text{mm}^2$
- Charge de rupture : $R = 40 \text{ kN} / \text{mm}^2$
- Masse volumique : $M_r = 8,89 \text{ kg} / \text{dm}^3$

L'Aluminium (Alu) moins bon conducteur que le cuivre (2,5 fois moins) présente l'avantage d'être plus léger. Sa tenue mécanique est plus faible, ce qui fait que sa mise en œuvre délicate constitue une autre difficulté.

- Résistivité : $\rho = 23 \Omega / \text{mm}^2$
- Charge de rupture : $R = 16 \text{ kN} / \text{mm}^2$
- Masse volumique : $M_r = 2,7 \text{ kg} / \text{dm}^3$

Les alliages d'aluminium (Almélec)

Le recours aux alliages a permis la généralisation de l'aluminium dans la construction des lignes de transport et de distribution. C'est principalement un mélange d'aluminium, de magnésium et de silicium, avec un traitement thermique spécifique permettant d'accroître la tenue mécanique du conducteur. Le câble du neutre en BT est généralement constitué de cet alliage du fait de son poids et de sa faible conductivité

- Résistivité : $\rho = 33 \Omega / \text{mm}^2$
- Charge de rupture : $R = 32 \text{ kN} / \text{mm}^2$
- Masse volumique : $M_r = 2,7 \text{ kg} / \text{dm}^3$

L'acier

L'acier est utilisé pour ses caractéristiques mécaniques dans la construction des câbles mixtes et des fils de garde des lignes électriques.

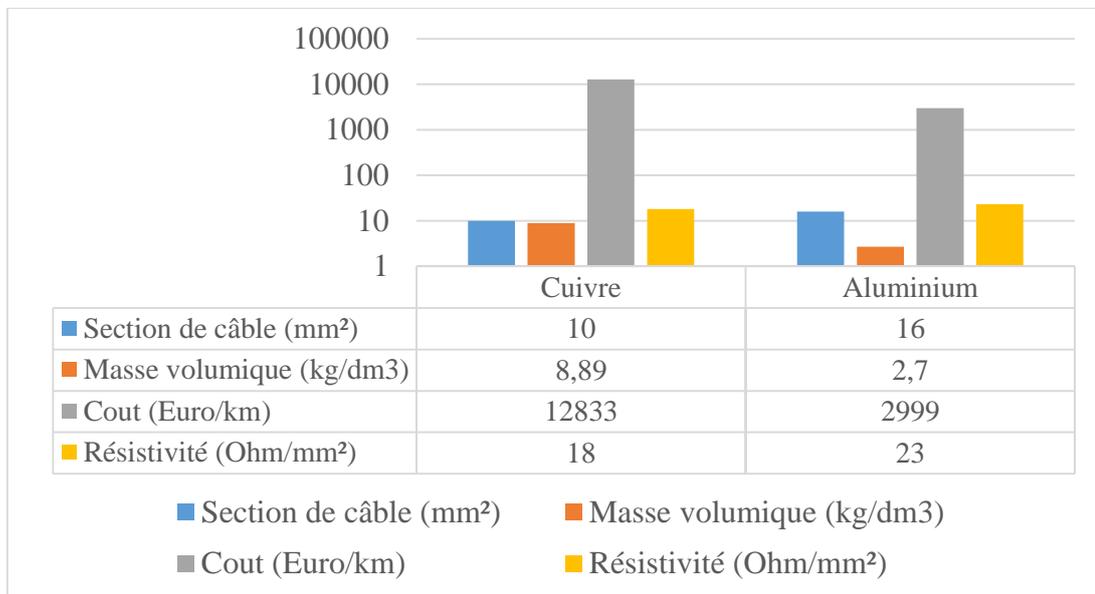


Figure 7: Comparaison entre conducteurs

La comparaison entre le cuivre et l'aluminium montre que dans les réseaux de distribution, les câbles en cuivre sont les moins prisés du fait du coût et de la masse élevée contrairement à l'aluminium. Privilégié pour sa légèreté.

II.4.3. Les armements

Un armement est un ensemble d'accessoires permettant la fixation du conducteur sur un support. Il a une fonction électrique, empêchant le contact entre les conducteurs nus et le support et une fonction mécanique, lui permettant de résister à l'effort du câble (poids / pression du vent). Ferrures, herses, matériels de fixation, etc., sont autant d'éléments qui composent l'armement. D'une manière générale, on rencontre plusieurs types de ferrures d'armement de différentes formes et dimensions. Ils se caractérisent par leur fonction ou par l'écartement des conducteurs. On peut en citer :

- Les armements **en nappe-voûte** : NV1, NV2, NW. Ils sont utilisés comme armements des supports d'alignement ou d'angles faibles d'inférieur à 10 gr dans les zones avec assez d'espace, en rase campagne par exemple ;

- Les armements **en alternés** : Ils sont généralement utilisés dans des agglomérations en system suspendu ou rigide, et permettent de restreindre l'espace qu'occupent les conducteurs ;
- Les armements **en drapeau** : Ils sont également utilisés dans des agglomérations près des bâtiments, en system suspendu ou rigide, et permettent de réduire l'espace qu'occupent les conducteurs.

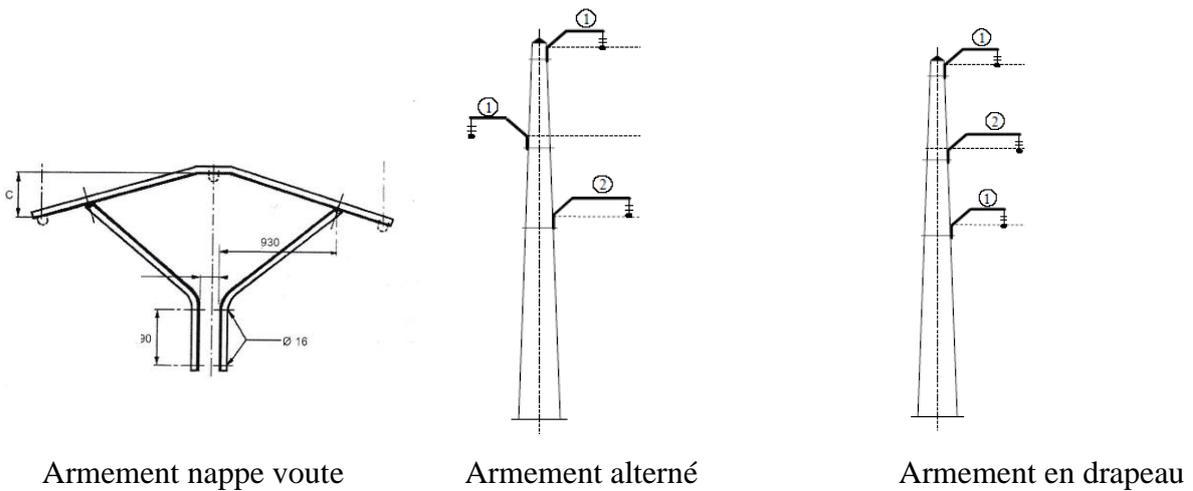


Figure 8: Types d'armements des supports électriques, source Catalogue RétiS Solutions

II.4.4. Les isolateurs

Ils ont un rôle de fixation des conducteurs et d'isolation protégeant contre les lignes de fuite. Ceux-ci sont réalisés en verre, en céramique (composite), ou encore en porcelaine. Ils ont généralement la forme d'un empilement d'assiettes avec un nombre variant selon le niveau de tension :

- Les isolateurs rigides, constitués d'assiettes colées pouvant être utilisés en position verticale, horizontale ou oblique ;
- Les isolateurs suspendus ou chaînes d'isolateurs constitués d'assiettes emboîtées, offrant l'avantage d'établir une liaison souple entre les conducteurs et leurs supports et permettant ainsi de mieux répartir les efforts entre les portées.



Figure 9: Isolateur composite

II.4.5. Les matériels de fixation ou accessoires de ligne

Ce sont des accessoires permettant la fixation des conducteurs ou des ferrures sur des supports. Ils ont essentiellement une fonction mécanique. On rencontre plus couramment les pinces, les consoles, les connecteurs, les renvoi d'angle, etc.

II.4.6. Les fondations des supports

Les dimensions des fondations selon le type de support sont déterminées par l'un des rapports suivants :

Tableau 3: Formes et dimension de fouilles de quelques fondations selon la SONABEL

Type de support	Position du support		
	Angle	Arrêt	Alignement
Support rond bois ou métallique	Cercle 2 x \emptyset (m)	Cercle 2 x \emptyset (m)	Cercle 2 x \emptyset (m)
Support métallique H simple	Rectangle 0,6 x 0,4 (m)	Rectangle 0,6 x 0,4 (m)	Rectangle 0,4 x 0,4 (m)
Support métallique H jumelé	Rectangle 0,6 x 0,4 (m)	Rectangle 0,6 x 0,4 (m)	Rectangle 0,6 x 0,4 (m)

II.4.7. Les postes de transformation du réseau de distribution

Les postes de transformation HTA/BTA du réseau de distribution permettent de passer d'une valeur de tension haute à une plus basse, pour l'utilisation prévue. Selon leur taille ou leur utilisation on distingue les postes en cabine maçonnée ou préfabriquée, codifiés H59 par la SONABEL, avec des transformateurs de 100 kVA à 630 kVA, et les postes haut de poteau, codifiés H61, avec des transformateurs de 50 kVA à 160 kVA. L'ensemble des équipements et appareils électriques doivent satisfaire les contraintes électriques, mécaniques et environnementales du lieu d'implantation du poste.

II.4.8. Les dispositifs de protection du réseau de distribution

Afin de veiller à une bonne continuité du service électrique et de protection des équipements électriques, on utilise des appareils de coupures installés dans les postes de transformation ou le long des lignes électriques de sorte à ouvrir une ligne en cas de défaut ou d'intervention.

Sur les lignes électriques, on distingue les appareils de coupure et de protection suivants :

- Les **Interrupteurs Aériens à Commande Manuelle (IACM)** et **Interrupteurs Aériens à Creux de tension (IACT)** assure la coupure et l'isolement du réseau mais ne protège pas le réseau.
- Les **parafoudres**, utilisés pour la protection contre les surtensions d'origine atmosphériques, sont placés sur chaque phase de transformateur ou support de transformateur, ainsi que sur chaque point de changement de nature de câble à l'exemple des descentes aérien/souterrain ;
- Les **mises à la terre** (Neutre à la Terre et Masses métalliques à la Terre) écoulent les décharges vers la terre et protègent les installations contre les contacts malencontreux ;
- Les **disjoncteurs** compacts / électromagnétiques / modulaires limitent le courant qui peut être appelé dans les postes ou dans les installations des consommateurs et protègent contre les surintensités de courant ;
- Les **disjoncteurs haut de poteau** équipés d'un déclencheur thermique protègent les transformateurs contre les court-circuit BT et les surcharges en zone rurale. ;
- Les **fusibles HTA** et **BTA** sont pour la protection du transformateur en zone urbaine, ou parfois les fusibles éjectables pour les postes haut de poteau en zone rurale

La coordination de ces différentes protections est assurée au moyen d'un choix judicieux des calibres afin de respecter une bonne sélectivité.

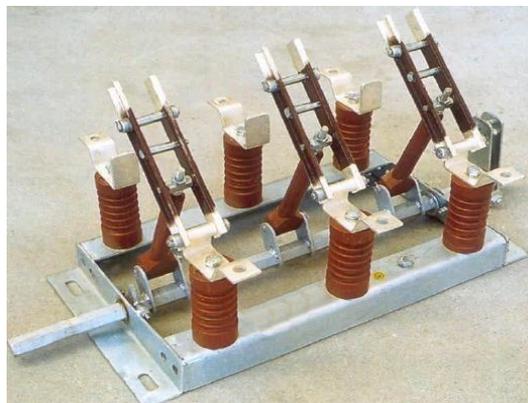


Figure 10: Interrupteur sectionneur HTA aérien

III. Etat du réseau électrique existant

Toute étude d'extension et/ou de restructuration, pour une zone donnée, nécessite au préalable la connaissance de la charge et du besoin en électricité actuel, ainsi que l'étude détaillée des installations électriques existantes auxquelles il faut se raccorder.

L'analyse de l'état du réseau existant du lot 2 a nécessité une collecte de données sur le terrain (enquêtes, relevé de positions d'équipements électriques) ainsi que l'utilisation des bibliographies de PPI-SA et de la SONABEL (plan de lotissement, transformateurs). Ainsi nous avons pu dégager assez de données pour réaliser l'étude du projet.

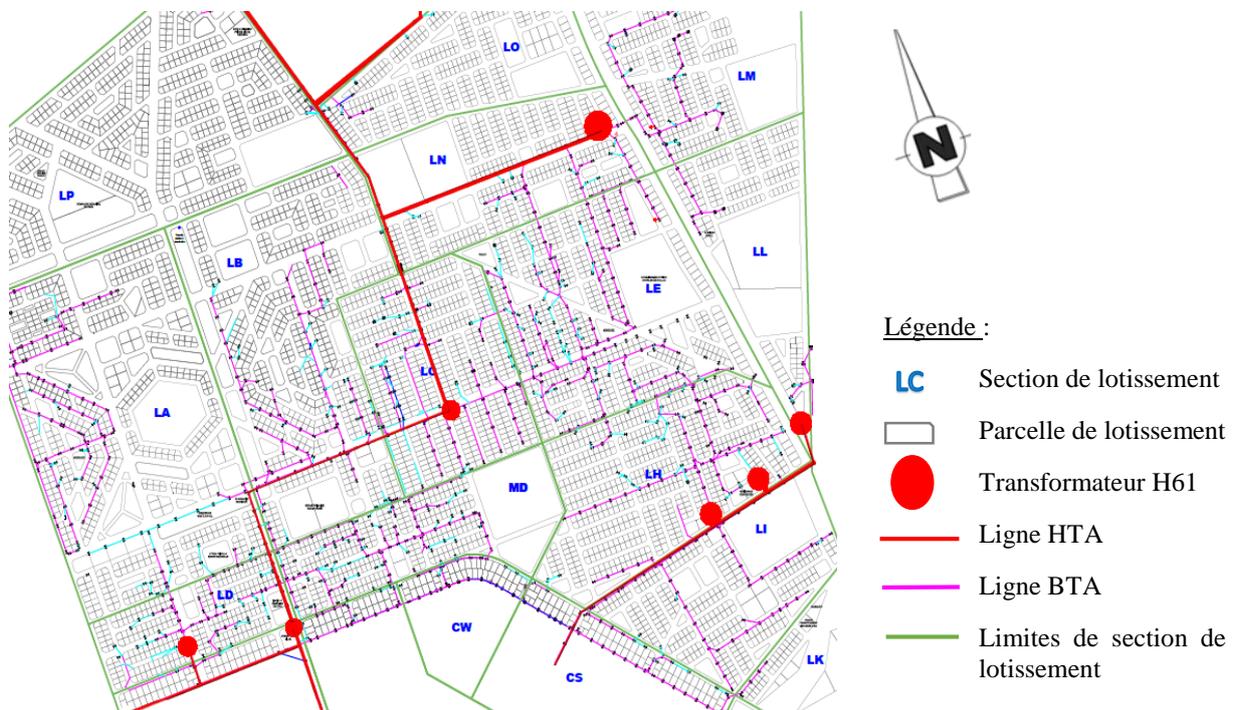


Figure 11: Plan des installations électriques du lot 2

III.1. Relief et sol

Le relief de Bobo Dioulasso est constitué de deux principales unités topographiques, les plateaux et les plaines. La commune repose dans sa quasi-totalité sur un plateau gréseux primaire.

Au niveau du lot 2 particulièrement, le résumé du Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) du PEPU (p.8) décrit la présence de sols ferrugineux tropicaux riches en oxydes et en hydroxydes de fer et de manganèse leur donnant une couleur rouge ou ocre.

On rencontre également les sols hydrophobes en bordures des marigots caractérisés par un excès d'eau temporaire.

Ces derniers nécessitent un coffrage pour consolider la pose du support électrique, tandis que l'autre rend le creusage de la fosse ardu. Certaines parties sont très arborées ou ont des crevasses, ce qui rend difficile tout accès ou toute implantation de supports électriques.



Figure 12: Crevasses, sol rouge et sol hydrophobe difficiles pour l'implantation de supports

III.2. Démographie

La zone d'étude se situe au voisinage du lotissement Bobo 2010, quartier résidentiel de la ville de Bobo-Dioulasso. Cependant elle était, il y a peu, encore une zone non lotie. Alors, on retrouve encore des poches qui ne suivent pas le lotissement, avec des maisonnettes en quinconce. Les parcelles sont majoritairement à usage d'habitation.

En outre, on note la présence de centres de santé, d'écoles, de pharmacies et de lieux de cultes pour les parties déjà alimentées en électricité. Pour le reste de la zone d'étude, on compte de nombreux petits commerces de quartier comme des kiosques à café, des boutiques, des épiceries, des moulins, des petites étales de vente de légumes.

Le lot 2 comprend au total **5909** parcelles réparties sur **15** sections de lotissement. Le site est parcellé et habité par une population de classe moyenne, voire défavorisée avec un taux de croissance estimé à 7,23% pour 50,40% de proportion féminine selon le PGES (p.9).

Les parcelles sont en majorité de type ménages standard avec un disjoncteur réglé à 5A pour 1,1 kW de puissance souscrite et une plus petite proportion d'abonnés 3A dit ménages sociaux. On dénombre 2264 abonnés représentant un taux de desserte électrique de 38.31%. En détails la répartition des abonnés est donnée en annexe 2.

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

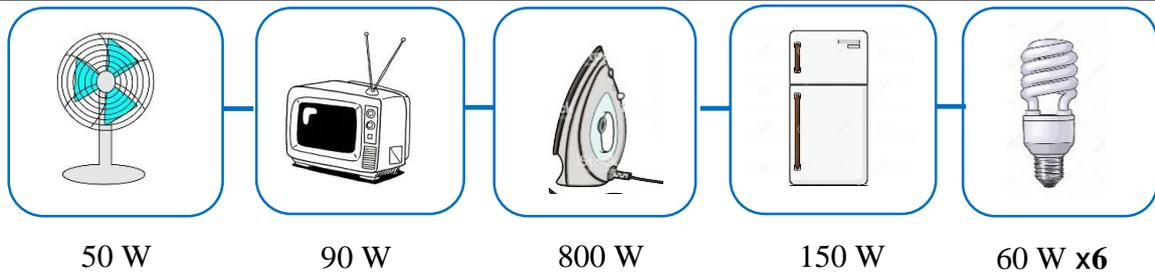


Figure 13: Eléments d'estimation de la puissance d'un ménage selon SONABEL

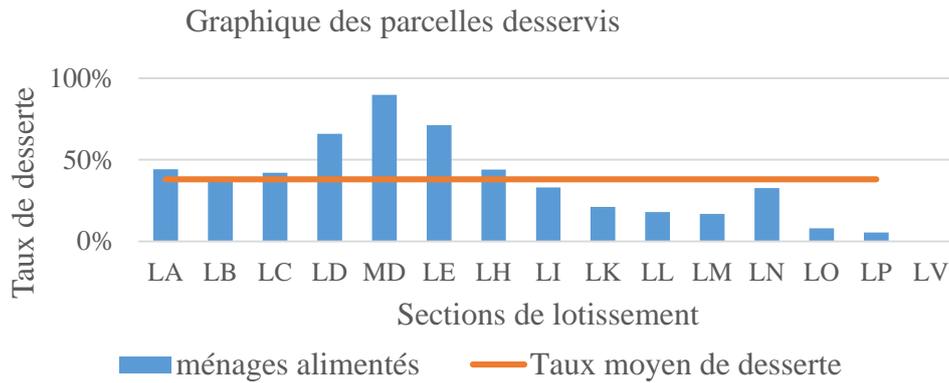


Figure 14: Graphique du taux de desserte électrique du lot 2

Le tableau suivant donne une synthèse de l'évaluation appréciative auquel s'applique un coefficient de pondération k_s (relevant de la simultanéité de consommation des parcelles) afin d'estimer la puissance spécifique pour chaque parcelle.

Tableau 4: Synthèse des données démographiques du lot 2

Désignation	Nombre (%)	Disjoncteur (A)	Puissance souscrite (kW)
Petits Consommateurs	30	3	0,66
Consommateurs Standards	60	5	1,1
Consommateurs de Luxe	3	10	2,2
Commerces	5	3	0,66

Tableau 5: Coefficients de pondération k_s après révision de la C15-100

Nombre d'utilisateurs en aval de la section considérée	Nombre d'utilisateurs									
	2 à 4	5 à 9	10 à 14	15 à 19	20 à 24	25 à 29	30 à 34	35 à 39	40 à 49	> 50
Coefficient de pondération k_s	1	0,75	0,56	0,48	0,43	0,40	0,38	0,38	0,36	0,34

On obtient ainsi une puissance moyenne de 0,33 kW par parcelle, mais on gardera la valeur spécifique de **0,66 kW** correspondant à un abonnement minimal de **3A**.

Puissance spécifique = 0,66 kW et **Une parcelle = Un consommateur**

III.3. Lignes de distribution

Le lot 2 comporte un réseau électrique existant, HTA en 15 kV et BT, en configuration arborescente représenté ci-après.

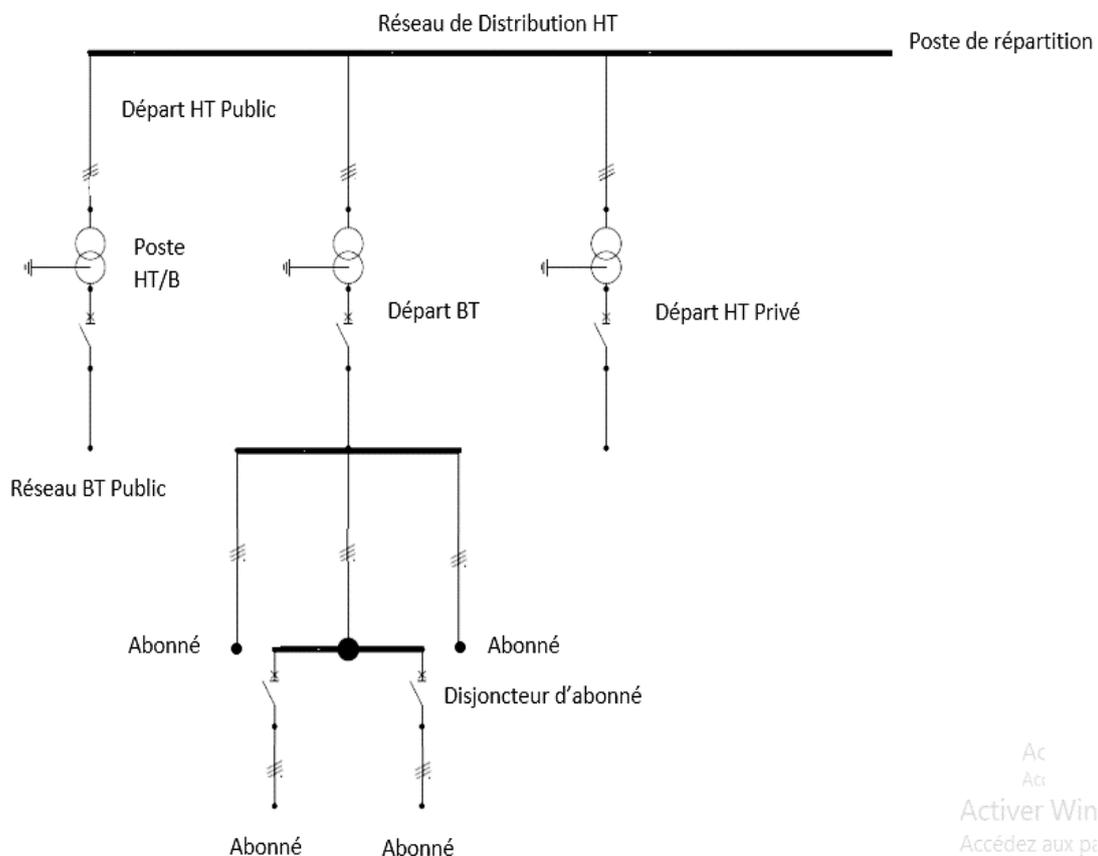


Figure 15: Schéma synoptique des installations existantes

III.3.1. Les conducteurs électriques

Le réseau BTA est constitué de trois conducteurs de phase, avec parfois un conducteur d'éclairage public 16 mm², torsadés autour d'un neutre porteur de section 54.6 mm². Les conducteurs de branchement aux abonnés sont de section 16mm².

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

Certaines lignes ont été installées grâce à des projets d'électrification antérieurs et d'autres résultent de demandes privées. Pour notre étude, la consigne était de ne pas effectuer de dépose de câble.

Tableau 6: Caractéristiques relevées pour les conducteurs électriques aériens installés

Type de Ligne et Tension nominale	Nature de l'âme du conducteur	Sections (mm ²)
HTA (15 kV)	Almélec nu	75.5
BT (400V)	Aluminium isolé et torsadé	3*70+ 16 + 54.6
		3*35 + 16 + 54.6
		4*16 ou 2*16
Mixte HTA/BT (15kV et 400V)	Les deux ci-dessus	

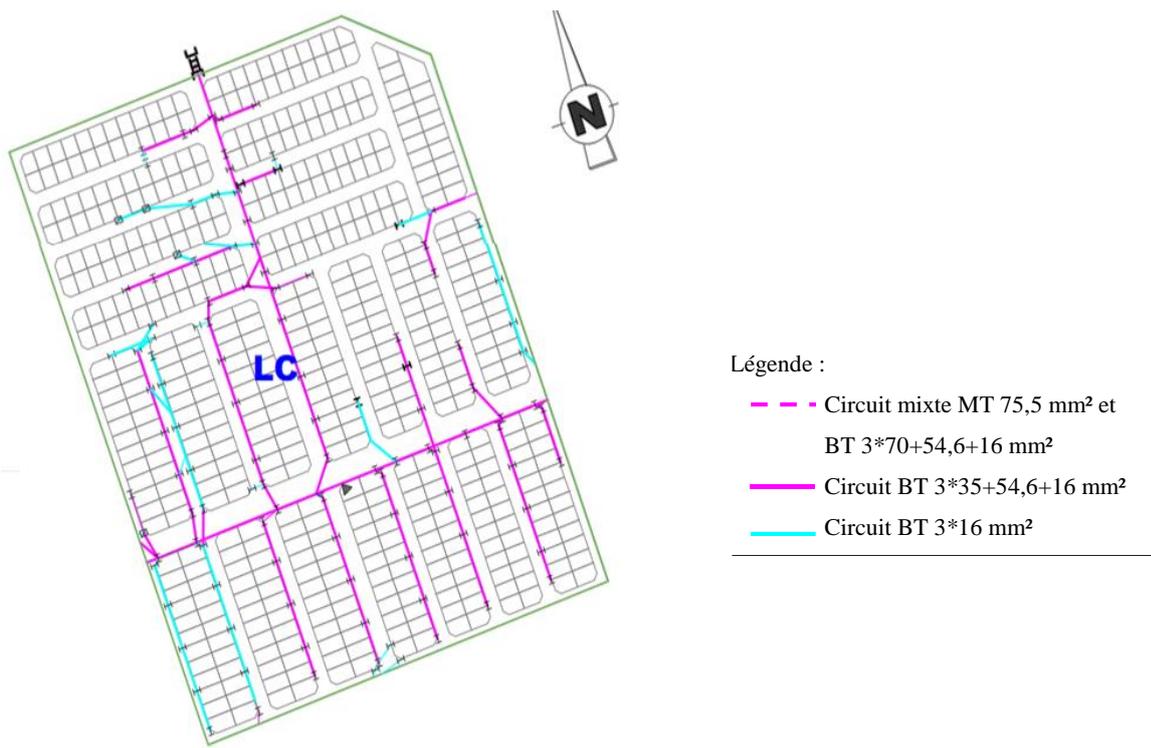


Figure 16: Réseau électrique existant de la section de lotissement LC

III.3.2. Les supports implantés

Les supports sont utilisés en alignement, en angle, en arrêt, en dérivation ou en traversée de voie. Ces supports sont en béton et plus généralement en métal désignés ci-après.

Tableau 7: Caractéristiques relevées pour les supports de ligne aérienne

	Plage de tension	Utilisation
HEA 120/9m	BT	Alignement
HEA 140/9m		Arrêt canton
HEA 160/9m		Arrêt canton
HEA 160/12m		Traversé de voie
HEA 160/12m	MT	Alignement
HEA 180/12m		IACM et Arrêt canton
HEA 200/12m		Support poste H61
Supports en béton	BT	Support d'effort

On distingue de nombreux arrêts de cantons dus aux angles des lots de lotissement. Le grand nombre de cantons explique le grand nombre de supports. Les armements utilisés sur les supports MT sont en drapeau avec des bras inclinés rigides, compte tenu de l'espace réduit des rues.



Figure 17: Ligne mixte avec armements type bras inclinés rigides sur une rue réduite.

III.4. Postes de transformation HTA/BT

Dans la zone d'étude, le réseau de distribution HTA de 15 kV alimente des transformateurs haut de poteaux (H61). Ces transformateurs respectent les spécifications suivantes :

- Fréquence (f) : 50 Hz
- Tension nominale primaire/secondaire (U) : 15 kV / 400 V
- Tension primaire assignée (U_{max}) : 18 kV
- Tension de court-circuit (U_{cc}) : 4%

En appliquant un coefficient de pondération de 0,34 à la charge par transformateur, suivant le nombre d'abonnés, on déduit le taux de charge assigné à chaque transformateur.

Le taux de charge $T = \frac{n \times P_a \times k_s}{P_n}$

Avec P_n = Puissance nominale

P_a = Puissance absorbée moyenne

n = nombre d'abonnés

Tableau 8: Taux d'utilisation des transformateurs.

Poste de transformation	Type	Puissance nominale (kVA)	Section de lotissement	Abonnés actuels	Parcelles non desservies attenantes	Taux de charge
TF1	H61 Public	100	LN	177	1104	50%
TF2	H61 Public	160	LC	557	388	98%
TF3	H61 Privé	50	LH	1	0	<i>Inconnu</i>
TF4	H61 Public	160	LH	531	650	93%
TF5	H61 Public	160	LD	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>
TF6	H61 Privé	50	LD	1	0	<i>Inconnu</i>
TF7	H61 Public	100	LL	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>	<i>Inconnu</i>

Les transformateurs privés relevés appartiennent à des établissements religieux ou de santé. On déduit des données ci-dessus le graphique suivant :

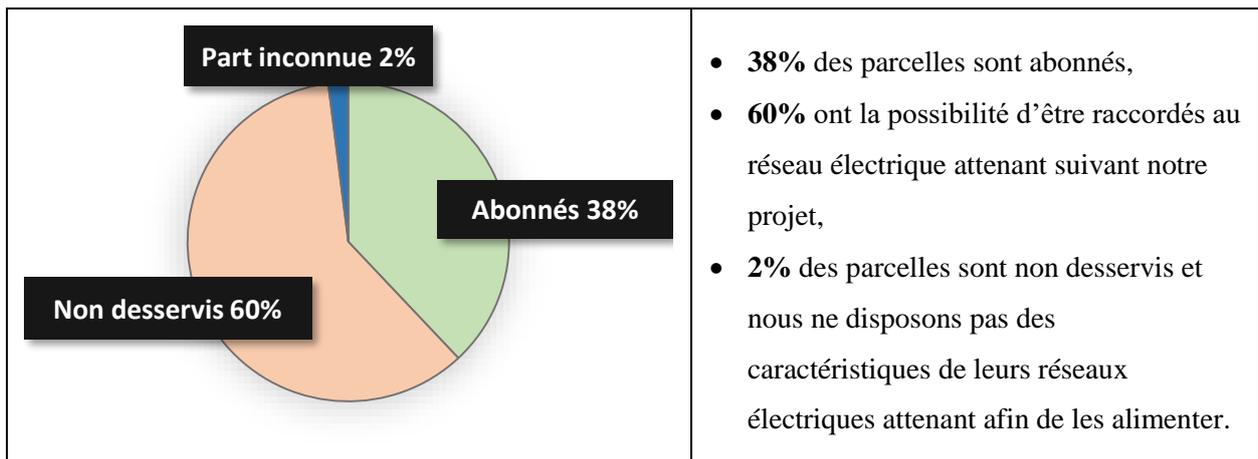


Figure 18: Graphique de répartition des parcelles

III.5. Protections utilisées

Les protections utilisées relevées sont les MALT des supports des lignes MT, les parafoudres 15 kV, les MALT des masses des IACM et des postes, parfois les fusibles MT, les disjoncteurs haut de poteau et aussi le neutre du réseau BT.

III.6. Synthèse :

Il en ressort de cet état des installations électriques que les contraintes du réseau sont respectées et que les transformateurs sont pleinement opérationnels à ce jour.

De manière générale le réseau réalisé respecte les normes de conception et de réalisation. Nous avons noté certains incidents dues à des intempéries ou à des accidents de circulations (supports inclinés, câbles décrochés, flèche importante, etc.) en attente de réparation par la SONABEL.



Figure 19: Supports et lignes endommagés.

Notre analyse a dégagé les données suivantes :

- Nous nous trouvons dans une zone en partie déjà électrifiée
- Les circuit BT sont installés sans délimitation stricte de zone
- Les closes du marché stipule que la dépose de câble est proscrite.

Une proposition de solution est de renforcer la puissance installée par la création d'un poste de transformation alimentée par une ligne HTA 15 kV, puis de restructurer le réseau existant par raccordement de nouvelles lignes BT. Il a fallu trouver une alternative pour couvrir les habitations non desservies et répondre à la croissance de la demande dans la zone.

IV. Extension du réseau

L'état des lieux des existants nous a relevé **1393** parcelles non desservies étant bien trop éloignées d'un poste de transformation existant. Elles se situent sur les sections **LA**, **LB** et **LP** et représentent **24%** de la totalité des parcelles. D'où la nécessité de création d'un nouveau poste de transformation et la conception d'un réseau BT isolé afin de combler le besoin pressant.

IV.1. Création d'un poste de transformation

Le rayon d'action d'un poste neuf varie fortement en fonction des consommateurs à alimentés. Il sera donc placé de façon à desservir au mieux toutes les charges des sections **LA**, **LB** et **LP**.

IV.1.1. Emplacement du poste de transformation

Nous disposons des coordonnées (x_i, y_i) des sommets (a, b, c et d) du polygone représentant cette zone à desservir. Nous déterminerons l'emplacement du transformateur par un calcul du centre de gravité :

L'aire du polygone A se calcule par la formule

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Les coordonnées (G_x, G_y) du centre de gravité G sont calculées :

$$G_x = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

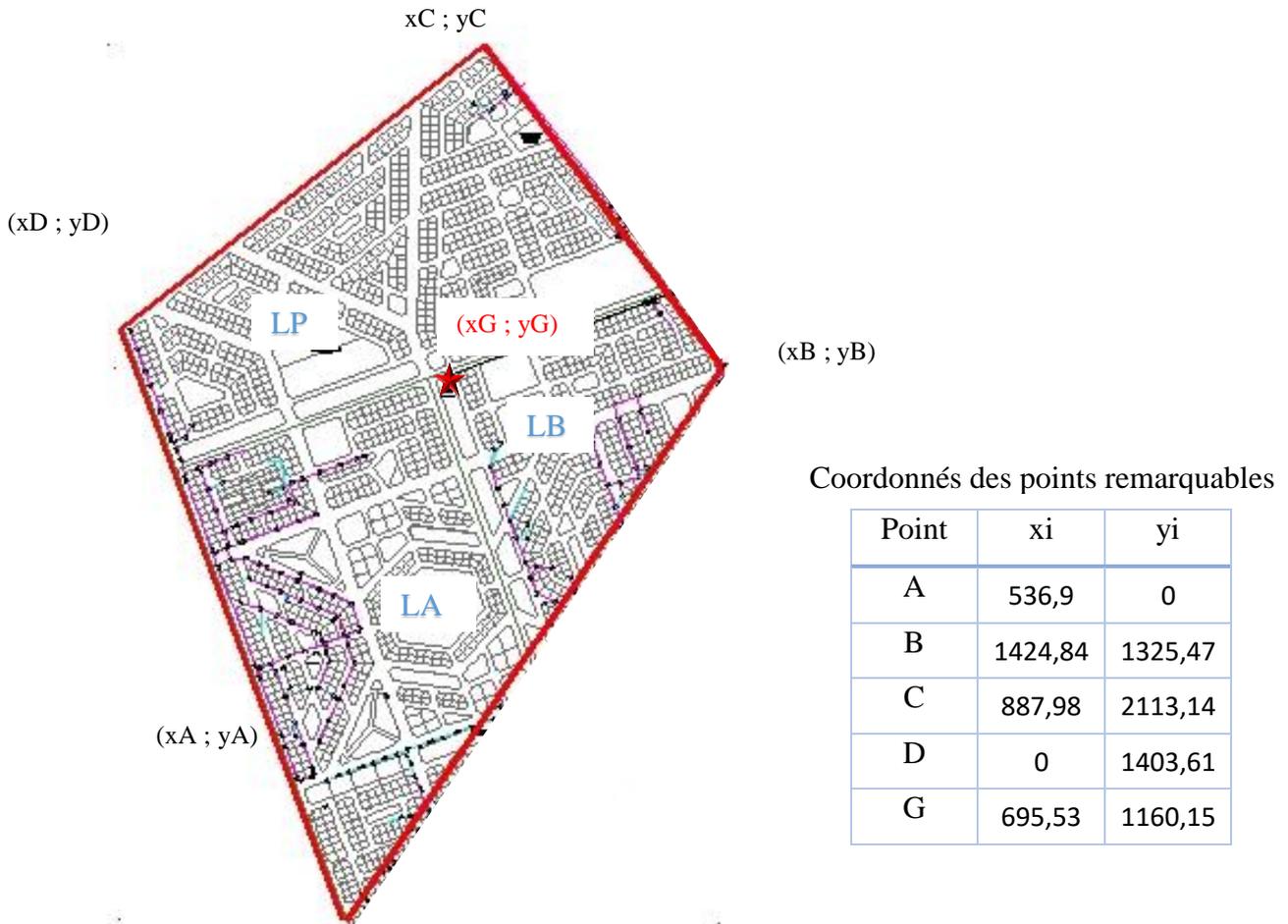
$$G_y = \frac{1}{6A} \sum_{i=0}^{n-1} (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)$$

Avec : I=a, b, c et d

x_i et y_i : coordonnées des sommets du polygone

G_x et G_y : Les coordonnées d'implantation du poste

Les résultats nous situent en plein milieu de parcelle. De façon pratique nous avons disposé le transformateur en bordure de voie (domaine public), à proximité de son centre de gravité.



★ Nouvel emplacement

Figure 20: Figure : détermination de l'implantation du transformateur

IV.1.2. Détermination de la charge

Ce trouvant dans une même zone d'étude, le besoin par consommateur est estimé être la même charge spécifique des abonnés actuels mentionné dans l'état des existants. Ainsi la moyenne de **0,66 kW** servira de base de calcul.

Tableau 9: Détermination de la puissance P de la charge

Nombre de parcelles (n)	Puissance spécifique P_u (kW)	k_s	Puissance foisonnée P_f (kW)
1393	0,66	0,34	312,6

Avec $P_f = n \times P_u \times k_s$

On obtient une charge de **312,6 kW**. Ce qui correspond à un poste de transformation de **400 kVA**. Le dimensionnement est fait sur la base d'un taux de solvabilité de 100% dès la première année. Cependant nous savons qu'à la première année, tous les ménages seront loin d'être abonnées.

IV.1.3. Choix du tableau urbain réduit

Regardant l'emplacement du transformateur, nous pouvons délimiter quatre zones de distribution.

Le courant nominale au secondaire du transformateur est $I_n = 577.35$ A dans chaque phase. Nous supposons qu'il y a une égale répartition entre les types de ménages dans toutes les zones. Nous utilisons un tableau urbain réduit (TUR) pour répartir le courant du transformateur et s'assurer que le courant admissible des câbles usuels pour le réseau BT n'est pas dépassé. On obtient par départ triphasé 144,34 A pour le TUR à 4 départs et 72,17 A pour celui à 8 départs.

Le tableau ci-dessous nous donne les courants admissibles en fonction des sections usuelles de la SONABEL :

Tableau 10: Intensité admissible pour l'Aluminium en régime permanent à 30°C, catalogue Nexans

Section (mm ²)	Courant admissible (A)
70	213
35	138

Nous choisissons le TUR à quatre (4) départs au vu des sections usuelles de la SONABEL et du courant supporté par chaque section.

Les puissances cumulées sur chaque tronçon nous permettent de déterminer les valeurs précises du courant dans chaque départ du TUR.

IV.1.4. Caractéristiques du Poste de transformation :

Le poste de transformation choisi est de type en cabine métallique préfabriqué avec un transformateur de puissance 400 k VA. Le poste comprend deux cellules de départs de lignes et une cellule d'arrivée transformateur. Il est équipé d'un TUR 4 départs.

IV.2. Conception du réseau BT isolé alimenté par le poste de transformation

IV.2.1. Tracé du réseau BT

Selon le cahier des charges, les portées ne doivent excéder 50m. Le réseau étant établie dans un lotissement parcellé, nous sommes obligés de placer les supports aux bornes inter-parcellaires de distance inférieure ou égale à 50m. Les prescriptions du DAO interdisent le chevauchement des lignes ainsi que la dépose de câbles. De plus l'implantation des supports se fera à **1 m** des limites des lotissements selon la norme NFC 11-201.

IV.2.2. Vérification des contraintes techniques

Les sections des câbles : selon la norme NF C 15-100

- Détermination des courants d'emplois par tronçon I_b

$$I_b = \frac{P}{U_n \times \cos\varphi \times \sqrt{3}}$$

Avec P : Puissance transitée (W)

U_n : tension composée du réseau (V)

- Détermination des courants admissibles par tronçon $I'z$:

$$I_z = \frac{I_R}{K_{aérien}} \quad \text{et} \quad K_{aérien} = k_1 \times k_2 \times k_3$$

Avec I_R : calibre du disjoncteur de protection immédiatement supérieur à I_b

k_1 : facteur de correction selon le mode de pose **PR 17 F**, $k_1=1$

k_2 : facteur de correction selon la température ambiante maximale 45°C, $k_2 = 0,87$

k_3 : facteur de correction selon le nombre de conducteurs (5), $k_3 = 0,8$

Le cahier de charge stipule que le projet ne tient pas compte du branchement individuel des abonnés. De plus il nous est imposé l'utilisation des sections de câbles usuels 35 mm² et 70 mm². Les caractéristiques des conducteurs choisis sont donnés en annexe 3 par la fiche technique du fabricant Nexans.

- **Les chutes de tensions :**

Détermination de la chute de tension par la relation ne devant pas excéder 5% selon la norme NFC 15-100.

$$\frac{\Delta U}{U} \% = \sqrt{3} \times I_B \times (R \frac{L}{S} \cos\varphi + X L \sin\varphi) \times \frac{100}{U_n}$$

Avec R : résistivité du tronçon 0,036 Ωmm²/m pour l'aluminium

X : réactance linéique des conducteur 0,08 mΩ/m

cosφ : facteur de puissance supposée du réseau = 0,8 (sinφ=0,6)

L : longueur simple du tronçon (m)

S : section du tronçon (mm²)

Tableau 11: Extrait des chutes de tension cumulées pour le tronçon le plus long

Tronçon	Longueur (m)	Puissance cumulées (kW)	Courant d'emplois (A)	Courant admissible (A)	Section usuelle (mm ²)	Chute de tension (%)
132	513,36	12,12	21,9	43,1	70	4,99
138	561,26	13,69	24,7	86,2	70	

V. La ligne HTA

V.1. Le tracé de la ligne

Selon la norme NFC 11-201, les portées des lignes HTA ne doivent excéder 80 m en agglomération. Nous avons respecté au mieux les règles de l'art suivantes :

- Réaliser des portées aussi égales que possible et en évitant des angles.
- Tenir compte du nombre des portées qui ne doivent pas dépasser 15 par canton.
- Éviter les surplombs des habitations en milieu des portées

Pour cette étude en zone lotie, les supports armés en drapeau sont implantés à 1,5 m des limites des lotissements, tout en respectant les distances règlementaires entre de garde hors sol qui sont de 6 m en terrain dit ordinaire ou normal et de 8 m pour les traversées des routes.

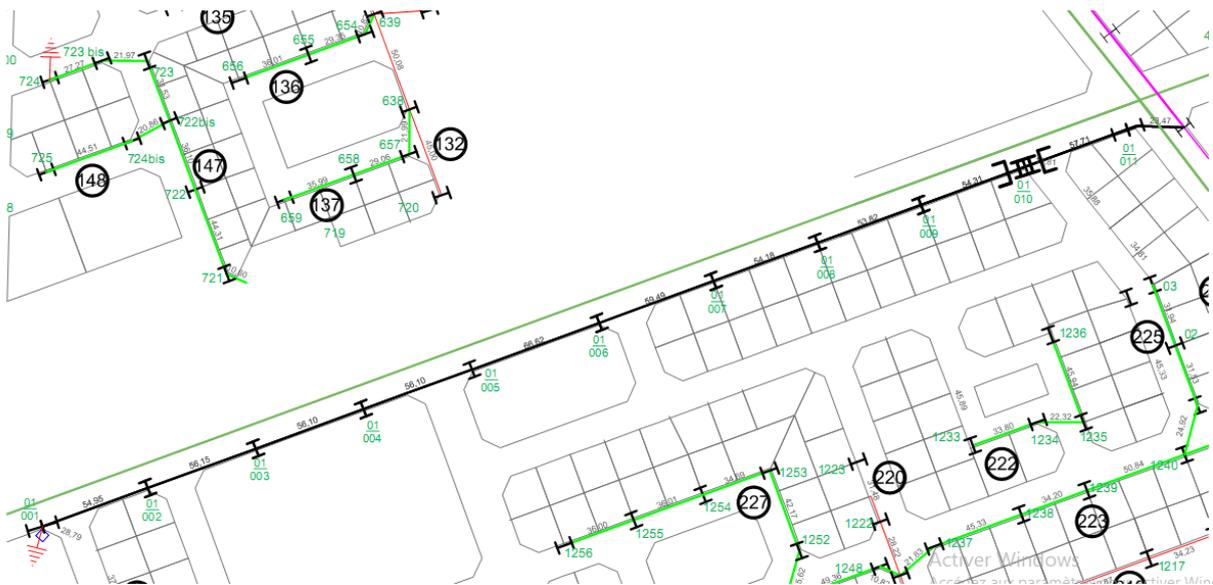


Figure 21: Tracé de la ligne HTA

V.2. Calcul électrique de la ligne

Le calcul électrique des lignes en HTA devient un calcul de chutes de tension visant à vérifier et choisir les sections de conducteurs convenables parmi les sections imposées, ou pour déterminer la longueur maximale de réseau acceptable et éviter des pertes en ligne importantes. Pour ce, les différents paramètres à déterminer sont les suivants :

➤ **Le courant nominal I_n est :**

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n}$$

Avec S_n : Puissance nominale
 U_n : Tension nominale

➤ **Le courant admissible I_z est :**

$$I_z = k * S^{0,62}$$

Avec S : Section du câble
 k : coefficient due à la nature de l'âme conductrice

Ainsi on détermine le courant admissible pour les différentes sections normalisées.

Tableau : Coefficient k due à la nature de l'âme conductrice

Matériaux	Almélec	Alu-Acier	Cuivre
k	17,1	16,4	21

➤ **Le courant de court-circuit triphasé symétrique dans le conducteur :**

Ce calcul se fait par la méthode des impédances consistant à déterminer l'impédance Z_T équivalente la ligne parcourue par le courant de court-circuit.

$$I_{cc} = \frac{m * c * U_n}{Z_T * \sqrt{3}} \quad \text{et} \quad Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2}$$

Avec I_{cc} : Courant de court-circuit au point de défaut présumé (A)
 U_n : Tension entre phase à vide au secondaire du TF7 (V)
 Z_T : Impédance totale par phase du réseau en amont du défaut (Ω)
 R_T : Résistance totale du réseau (Ω)
 X_T : Réactance totale du réseau (Ω)

Les impédances intervenantes sont celles du réseau amont et du conducteur :

- L'impédance dans le réseau amont Z_a :

$$Z_a = \frac{U^2}{P_{cc}}$$

Avec U : Tension nominale = 15000 V
 P_{cc} : Puissance de court-circuit du réseau HTA amont donnée par la SONABEL = **200MVA**

Selon la norme CEI 909, on pose les rapports suivant pour les lignes 15 kV

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{R_a}{Z_a} \approx 0,3 \\ X_a = \sqrt{Z_a^2 + R_a^2} \end{array} \right. \quad (1) \quad (2)$$

X_a : réactance du réseau amont

R_a : résistance des conducteurs

- L'impédance des conducteurs Z_c :

$$R_c = \rho * \frac{L}{S}$$

Avec L : longueur de canalisation 0,593 (km)

S : section des conducteurs (3 conducteurs) (mm²)

X_c : réactance conducteurs = 0,08 mΩ/m

R_c : résistance des conducteurs

ρ : résistivité des conducteurs : almélec = 0,33Ω/km/100mm² à 20°C

Pour une résistance de conducteur à une température autre que la température de référence, le coefficient (k) de correction de température s'applique

$$R_\theta = [1 + \alpha (\theta - \theta_0)]R_{\theta_0}$$

Avec $\alpha = 0,004$ pour l'almélec

θ = température du conducteur 45°C

θ_0 = température de référence 20°C

$R_0 = 0,363\Omega/\text{km}/100\text{mm}^2$ pour l'almélec à 20°C

➤ Le courant maximal traversant le conducteur

$$I_{max} = \frac{S * a}{\sqrt{t_{cc}}}$$

Avec I_{max} : Intensité maximale dans le réseaux (A)

S : section minimale du conducteur (mm²)

a : paramètre du conducteur 76,4 pour l'almélec

t_{cc} : temps de survenue du court-circuit = 1 seconde (s)

Tableau 12: Détermination de la section de câble par calcul des intensités

Section mm ²	34,4	54,6	75,5
Courant admissible Iz (A)	153,34	204,20	249,65
Courant nominale In(A)	15,4	15,4	15,4
Courant de court-circuit Icc (kA)	5,143	5,540	5,715
Courant maximale I _{max} (kA)	2,628	4,171	5,768

Pour la section de câble 75, 5 mm², nous remarquons que In < Iz et Icc (5,715) < I_{max} (5,768).

➤ **La chute de tension :**

La chute de tension sur réseau HTA doit être limitée à 5% selon NF C 11-201 :

$$\frac{\Delta U}{U} = (R + X \cdot \tan\varphi) \frac{PL}{U^2}$$

Avec R = résistance linéique (Ω/km), R = 0,438

X = réactance linéique en (Ω/km), X = 0,3

Tanφ = facteur de puissance = 0,75

P = puissance (MW)

L = longueur de la ligne (km)

U = tension en (kV)

Nous obtenons une chute de tension $\frac{\Delta U}{U} \% = 0,06\%$. Nous maintiendrons alors la section de câble **75,5 mm²**. Les caractéristiques du conducteur sont donnés en annexe 4.

V.3. Calculs mécaniques de la ligne HTA

Dans la conception d'une ligne, l'étude mécanique se fait tenant compte de différents paramètres, conditions et hypothèses climatiques. Le calcul manuel étant long et fastidieux, les entreprises aujourd'hui utilisent des logiciels comme Camélia pour exécuter l'étude des lignes. Pour le besoin de rigueur nous effectuons nos calculs par la méthode manuelle afin de déterminer les supports adéquats pour tenir la ligne.

V.3.1. Hypothèses de calculs

S'appuyant sur le DAO, nous dégagons les hypothèses climatiques suivantes :

Tableau 13: Les hypothèses climatiques de calcul électriques au Burkina Faso

Hypothèses	Température	Vitesse du vent	Pression du vent sur :	
			Conducteurs et isolateurs	Supports et armements
	(°C)	(m/s)	(Pa)	(Pa)
A1	15	8	30	90
A2	25	29	200	505
A3	25	34	585	1450

L'hypothèse A1 tient compte de l'influence prédominante du vent froid à la température minimale de la région

L'hypothèse A2 tient compte de l'influence prédominante du vent à la température moyenne ambiante de la région

L'hypothèse A3 est l'hypothèse de vents exceptionnels.

Un paramètre P de **1200 m** a été donné par le DAO pour calculer la ligne.

Tableau 14: Caractéristiques du conducteur Almélec 75,5 mm²

module d'élasticité	portée équivalente	poids spécifique	diamètre extérieur
daN/mm ²	m	kg/(mm ² xm)	mm
6000	56,35	0,00273	11,25

V.3.2. Définitions des éléments de calculs

- **La portée (a) et la flèche (f) :**

C'est la distance horizontale "a" comprise entre deux supports consécutifs. Elle est fonction du type de ligne (en agglomération ou hors agglomération). Elle est exprimée en mètres.

Un **canton** est une succession de portées, tant que les armements sont en alignement ou en double ancrage. Il permet d'éviter une rupture en cascade de toute la ligne en cas d'incident. Sa longueur maximale est 2 km avec un nombre de portées limité à 15 pour les lignes principales et 12 pour les secondaires.

La flèche est la distance verticale maximale entre la droite joignant les deux attaches et les conducteurs.

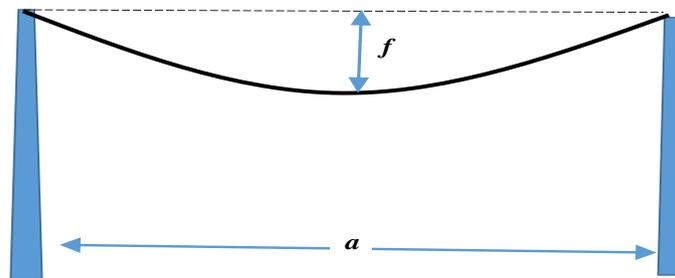


Figure 22: Paramètres de la ligne

- Coefficient de sécurité de l'installation à ne pas dépasser : $K = \frac{\text{Charge de rupture}}{\text{Tension unitaire maximale}}$

Avec Charge de rupture du conducteur (daN/mm²)

Tension unitaire maximale (daN/mm²)

K= 3 pour conducteurs, chaînes d'isolateurs, accessoires, haubans, etc.).

K = 2,1 pour les supports métalliques

Il détermine la tension mécanique à ne pas dépasser dans le conducteur. Si la charge de rupture est 32,52 dan/mm² et k est 3, alors la tension unitaire maximale est 10,84 dan/mm².

- La tension unitaire t à la température maximale de 55°C sans vent: $t = P \times \omega$

Avec P : le paramètre P

ω : poids spécifique de l'almélec ($\omega=0,00273 \text{ kg}/(\text{mm}^2\text{xm})$)

- La portée équivalente du canton $a_e = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}}$
- La flèche maximale du conducteur : $f = \frac{a^2}{8P}$
- L'écartement minimal e entre phases : $e = K_c \times \left(\frac{U}{150} + K_z \times \sqrt{f + L}\right)$

Avec L : longueur libre de la chaîne d'isolateur

U : la tension entre phase (15 kV)

K_c : coefficient suivant la disposition des conducteurs (0,8 pour armement en drapeau)

K_z : coefficient suivant les hypothèses climatiques (0,9 pour les zones à vent normal)

L'écart minimal devant être inférieur à 220 mm pour les lignes 15 kV

- La portée maximale de la ligne $a_m = \sqrt{8P \times \left(\frac{\frac{e}{K_z} - \frac{U}{150}}{K_c}\right)^2} - L$
- La profondeur d'encastrement des supports avec $k=1,2$: $He : He = \frac{H}{10} + 0,5$
- La hauteur du support

$$H = G + He + f + Lc + Hc + Dc - Hbi$$

Avec G : garde hors sol (6m pour terrain normal)

He : Profondeur d'encastrement du support

Lc : longueur de la chaîne de suspension (isolateur composite =

Hbi : distance de niveau entre l'accrochage des armements et celui de la chaîne d'isolateurs

Dc : différence entre le niveau d'accrochage du conducteur supérieur et celui inférieur

Hc : distance libre entre le conducteur supérieur et le sommet du support=0.25

V.3.3. Calcul des efforts s'exerçant sur les conducteurs

- Effort dû à la traction : $T = T \cdot S$ (daN)

Avec T = tension unitaire (daN/mm²)

S = section du conducteur (mm²).

- Effort dû au vent : $F = V \cdot \emptyset \cdot L$ (daN)

Avec V : poussée du vent en (Pa)

\emptyset : diamètre extérieur du conducteur (m)

L : longueur du conducteur (m)

- Effort dû au poids du conducteur : $P = \omega \cdot S \cdot L$ (daN)

Avec ω : poids spécifique du conducteur almélec en daN/m/mm²

S : section du conducteur (mm²)

L : longueur du conducteur (m)

V.3.4. Calcul de la variation de la tension mécanique et de la flèche

Sous l'effet de la variation de la température, il se produit une dilatation du métal conducteur faisant varier la tension mécanique dans le conducteur. Cette variation de tension entraîne une déformation élastique impactant la longueur du conducteur.

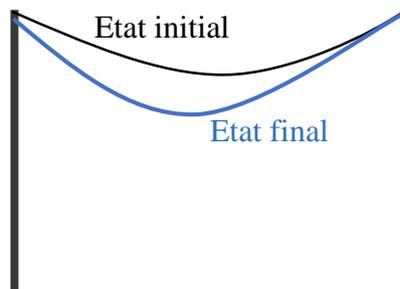


Figure : Changement d'état du conducteur

La variation de la tension mécanique doit être déterminée suivant des hypothèses climatiques et cette variation se calcule en utilisant une équation de changement d'état dont l'expression est la suivante :

$$t_f^3 + t_f^2 \left[\frac{m_i^2 \times \alpha_e^2 \times \omega^2 \times E}{t_i^2 \times 24} - t_i + E \times \alpha (\theta_f - \theta_i) \right] = \frac{m_f^2 \times \alpha_e^2 \times \omega^2 \times E}{24}$$

Avec t_f = tension finale horizontale du câble au point bas

t_i = tension initiale horizontale du câble

m_i : coefficient de surcharge initial

m_f : coefficient de surcharge final

E : module d'élasticité

α : coefficient de dilatation

θ_f : température finale

θ_i : température initiale

α_e : la portée équivalente

ω : poids spécifique de l'almélec

$$\text{Posons : } A = \left[\frac{m_i^2 \times \alpha_e^2 \times \omega^2 \times E}{t_i^2 \times 24} - t_i + E \times \alpha (\theta_f - \theta_i) \right] \text{ et } B = \frac{m_f^2 \times \alpha_e^2 \times \omega^2 \times E}{24}$$

Alors la formule peut s'écrire sous la forme suivante : $t_f^2(t_f + A) = B \leftrightarrow t_f = \sqrt{\frac{B}{t_f + A}}$

$$\text{Posons encore : } y_1 = t_f \text{ et } y_2 = \sqrt{\frac{B}{t_f + A}}$$

On utilise un calcul par itération pour la résolution de cette équation du 3e degré avec pour valeur de départ $t_{f0} = m_f t_i$.

Tableau : détermination itérative donnant les tensions de câble

Calculs dans l'hypothèse A1

A	B
-2,72	6,07

y1	y2
3,287	3,287

Calculs dans l'hypothèse A3

A	B
-2,72	66,23

y1	y2
5,187	5,187

Ainsi nous obtenons, les valeurs recensées dans le tableau suivant :

Tableau 15: Tableau : forces de traction dans un le conducteur almélec 75,5

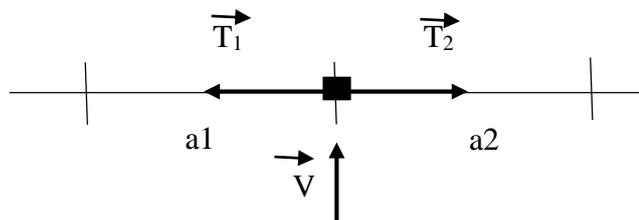
Portée équivalente	Force de traction maximale	
	A1 (15°C, 30 Pa)	A3(25°C, 585 Pa)
56,35 m	3,287 daN/mm ²	5,187 daN/mm ²

V.3.5. Calcul des efforts s'exerçant sur les supports

Ce calcul a pour objectif de déterminer les caractéristiques nécessaires au support, afin qu'il résiste aux efforts qui lui sont appliqués. La dénivelée est considérée négligeable, car le site est loti. Il s'agit, pour le cas étudié, de déterminer :

- les efforts exercés par le vent sur les supports, déjà définie par le fabricant pour déduire l'effort nominal
- les efforts exercés par les conducteurs sur le support due à la l'action du vent sur les conducteurs
- les efforts exercés par les conducteurs sur le support due à leur tension mécanique des conducteurs.

➤ **Supports d'alignement en suspension**



V : vent sur les conducteurs

T tension mécanique du câble

a_i : portée unitaire

- effort dû au vent sur les conducteurs pour l'hypothèse la plus défavorable A3

$$T_1 = T_2 \text{ alors } F = V = n\vartheta\sigma \frac{a_1+a_2}{2}$$

Avec n : nombre de conducteurs (3)

ϑ : Pression du vent sur les conducteurs pour l'hypothèse défavorable A3 (daN/m²)

σ : Diamètre extérieur du câble 11,25 mm

a_1 et a_2 : portées adjacentes (m)

- effort due à la traction des conducteurs $T_1 = T_2$
- la résultante s'exprime par la relation : $F_R = F$

➤ **Support d'angle de portées inégales**

- Effort due au vent sur le conducteur : $F = F_V \times \cos^2\left(\frac{a}{2}\right)$ avec $F_V = n\vartheta\sigma \frac{a_1+a_2}{2}$

Avec ϑ : pression du vent sur les conducteur pour l'hypothèse défavorable A3 (daN.m²)

- Effort due à la traction du conducteur : $F = 2 \times T \times \sin\left(\frac{a}{2}\right)$ et $T = n \times t_f \times S$

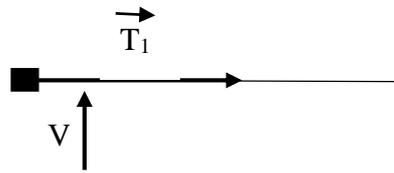
Avec t : tension mécanique dans le conducteur à l'hypothèse défavorable A3 (daN.mm²)

S : section du conducteur (mm²)

a : angle de piquetage (24,44 grades)

- L'effort résultant est la somme des deux efforts : $F_R = \sum F$

➤ **Support d'arrêt**



- Effort due au vent sur le conducteur $F = F_v \times \left(\frac{a}{2}\right)$ avec $F_v = n \vartheta \sigma$
- Effort due à la traction du conducteur $F = n \times S \times T_f$

Avec S : section du câble (75,5)

N : nombre de conducteur

T : force de traction de l'hypothèse défavorable

- L'effort résultant est renvoyée à l'expression suivante : $F_R = \sqrt{\sum F^2}$

Les caractéristiques des supports obtenus sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau 16: Quantité et type de support

Numéro de support	Effort calculé	DESIGNATION
1	1176,11	2 HEA 200/12 m jumelés
2	109,68	HEA 160/12 m
3	110,81	HEA 160/12 m
4	110,76	HEA 160/12 m
5	121,15	HEA 160/12 m
6	124,49	HEA 160/12 m
7	112,21	HEA 160/12 m
8	106,62	HEA 160/12 m
9	106,74	HEA 160/12 m
10	857,47	2 HEA 180/12 m jumelés
11	731,30	2 HEA 180/12 m jumelés

VI. Le réseau BT existant à restructurer

Pour ce qui est de la restructuration du réseau BT existant, le rayon d'action de chaque transformateur a été déterminé de façon appréciative suivant la disposition géographique des ménages. Seuls les transformateurs **1**, **2** et **6** ont un réseau dont nous connaissons toutes les caractéristiques. Ils permettraient à eux trois, de couvrir **2142** parcelles soit 54% des parcelles non desservis.

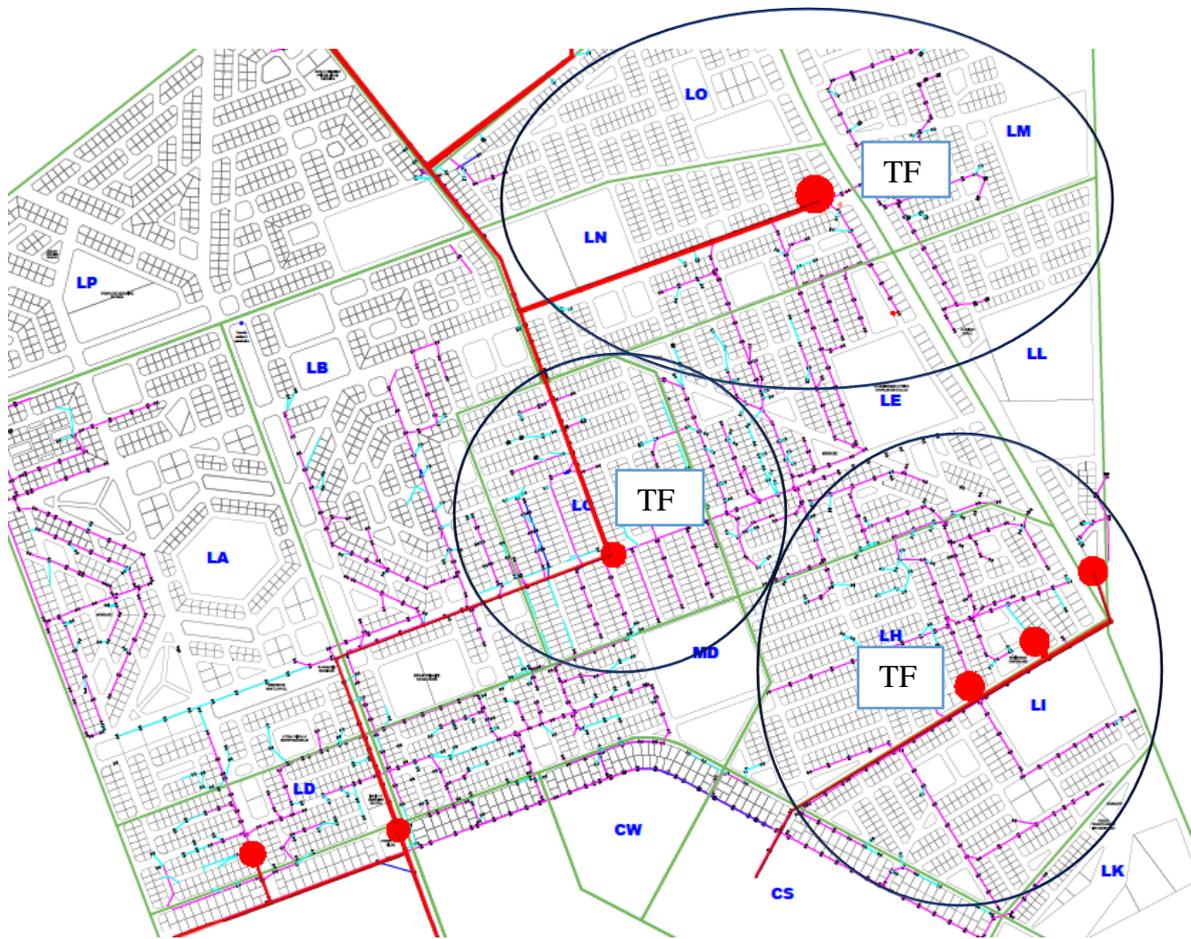
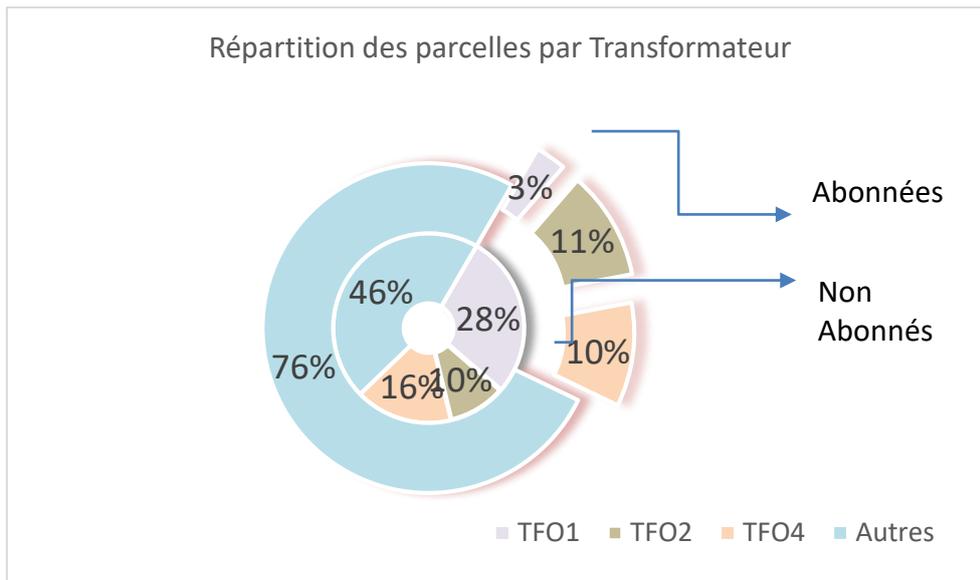


Figure 23: Transformateurs et rayons d'action respectifs.



Légende :

TFO_i : Transformateur n°i

Autres : ci désigné pour toute autres parcelles dans la zone

Figure 24: Graphique de répartition des parcelles par transformateur

Ce graphe évalue la puissance appelée à ce jour par les abonnés connectés aux transformateurs existants, puis évalue leur capacité à couvrir le besoin des parcelles non desservies attenantes. Avec les hypothèses définies plus haut de **0,66 kW** comme puissance spécifique et le coefficient de pondération de **0,34** par groupe de parcelles, on déduit la nouvelle charge.

Tableau 17: Appel de puissance actuel au niveau des transformateurs.

Poste de transformation	Abonnés			Non abonnés		Charge totale
	S (kVA)	N	S ₁ (kVA)	N	S ₂ (kVA)	
TF1	100	177	49,65	1104	309,67	359,32
TF2	160	557	156,24	388	108,83	265,07
TF6	160	531	148,95	650	182,32	331,27

Les résultats obtenus, tenant compte d'un coefficient d'extension ($k_{ex} = 1,1$) en prévoyance de l'augmentation des charges, montrent que le besoin actuel ne pourra pas être couvert par les installations existantes. Alors, nous proposons pour des futurs projets, le remplacement des transformateurs existants par des postes de transformation de **400 kVA** de caractéristiques similaires au poste en cabine préfabriquée définie plus haut.

II.4.9. Vérification de certaines contraintes techniques

Le tracé de la ligne est réalisé selon les prescriptions techniques du marché. La section des câbles par tronçon est imposée pour notre projet par les sections des câbles existants sur lesquels nous nous raccordons. Nous obtenons les sections suivantes :

Tableau 18: Tableau : raccordement possible entre sections.

Sections existantes (mm ²)	Sections raccordées (mm ²)
70	70 et 35
35	35
16	-

Les chutes de tension engendré doivent être inférieure ou égale à 10%

Connaissant les sections installées, il s'agit pour nous de vérifier si les conducteurs existants restructurés vont répondre aux contraintes électriques avec augmentation de la nouvelle charge et des circuits. La plus grande chute de tension est naturellement engendrée par le câble le plus long.

Tableau 19: Extrait de valeurs de chutes de tension calculées

Poste	Tronçon	Longueur (m)	Abonnés Cumulés	Puissance cumulé (kW)	Intensité nominale (A)	Section (mm ²)	Chutes de tensions cumulées
TF1	A1	1015,28	112	25,13	45,35	70	11,09
	A2	341,13	37	8,30	14,98	35	
TF2	B1	501,26	156	26,25	47,37	70	9,23
	B2	452,31	87	14,64	26,42	35	
TF4	C1	415,22	122	20,53	37,05	70	6,69
	C2	317,01	75	16,83	30,37	35	

Les chutes de tension ici calculées respectent en majorité la norme de **10%** assignée aux réseaux **BTA existant**. Cependant nous dénombrons quelques lignes dont la chute de tension excède 10% malgré l'utilisation de section de conducteurs usuels.

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

Nous recommandons alors de réaliser lors de la construction de la ligne des réserves de câbles « mou », aux arrêts canton pour permettre le réapprovisionnement des tronçons de ligne à problème par des postes de transformation voisins. La construction de ces postes de transformation pourrait l'objet de projets d'électrification des secteurs voisins au lot2.

Pour ce qui est de la part de parcelles n'ayant pas été raccordé au réseau de distribution par notre projet, nous préconisons une étude au cas par cas. En effet chacune des lignes attenantes aux dites parcelles devront être étudiées (chute de tension, section des conducteurs, caractéristiques du transformateur, etc.) afin de dégager le meilleur raccordement possible.

La dépose de câble étant proscrite de notre étude certaines parcelles n'ont pas pu être alimentées. Les lignes voisines sont de section trop petite (16 mm^2) pour permettre le raccordement des parcelles. Ces lignes ont été installés pour répondre à un besoin électrique pressant, en attendant l'augmentation de la charge. Nous préconisons des projets qui prendront en charge le changement des lignes voisines pour passer en section de câble de valeur adéquate.

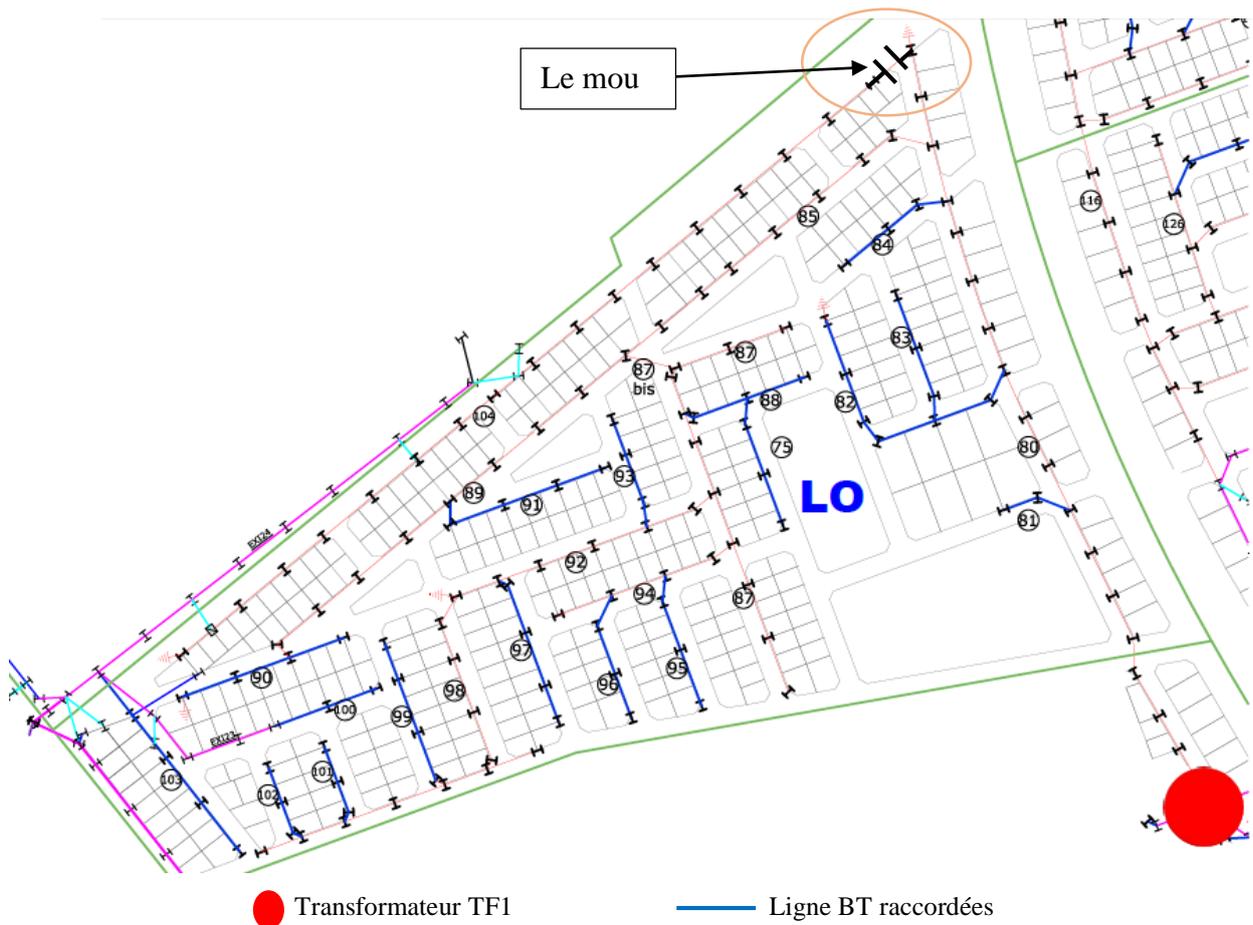


Figure 25: Réseau restructuré de la section de lotissement LO

VII. Estimations financières de réalisation des travaux

Pour répondre à un appel d'offres, les soumissionnaires sollicitent les fournisseurs pour demander les prix des matériels et préparer leurs devis. Une estimation de coût à partir de coûts similaires récents proposée par l'entreprise lors des DAO passés est suffisante. Sur cette base, nous avons fait l'estimation de coût donnés en annexe 7. La synthèse de l'estimation est la suivante :

Tableau 20: Estimation des couts de la ligne

N°	DESIGNATION	Prix (FCFA)
I	Ligne HTA 15 kV de 600 m en extension du réseau existant	15 300 000
II	Poste 15/0,4 kV 400 kVA en cabine métallique préfabriqué	22 000 000
III	Restructuration et construction des réseaux de distribution BTA	995 450 000
	TOTAL	1 032 750 000

Ce coût total couvre la fourniture du matériel et la pose (installation ou main d'œuvre), le coût de la pose simple pouvant être estimé à 87 443 000 FCFA représentant 1,2% du coût total ci-dessus. Ce coût estimatif ne tient pas compte des taxes qui peuvent constituer un montant non négligeable (la TVA est à 18%, l'enregistrement d'un Marché au service des impôts est à 3%).

Les Couts additionnelles (Hors DAO) liés à la restructuration du réseau BTA s'élèveraient à 66 000 000 FCFA pour la réalisation de poste en cabine préfabriqué 15/0,4 kV, 400kVA.

Ces couts sont raisonnables étant donné que, selon la SONABEL, la moyenne de couts pour la construction d'une ligne HTA est de 15 millions par kilomètre et celle d'une ligne BTA est de 10 millions par km.

VIII. Exécution des travaux :

Dans le respect du délai de 6 mois indiqué dans le DAO, nous proposons le planning de réalisation des travaux réalisé par le logiciel Ms Project :

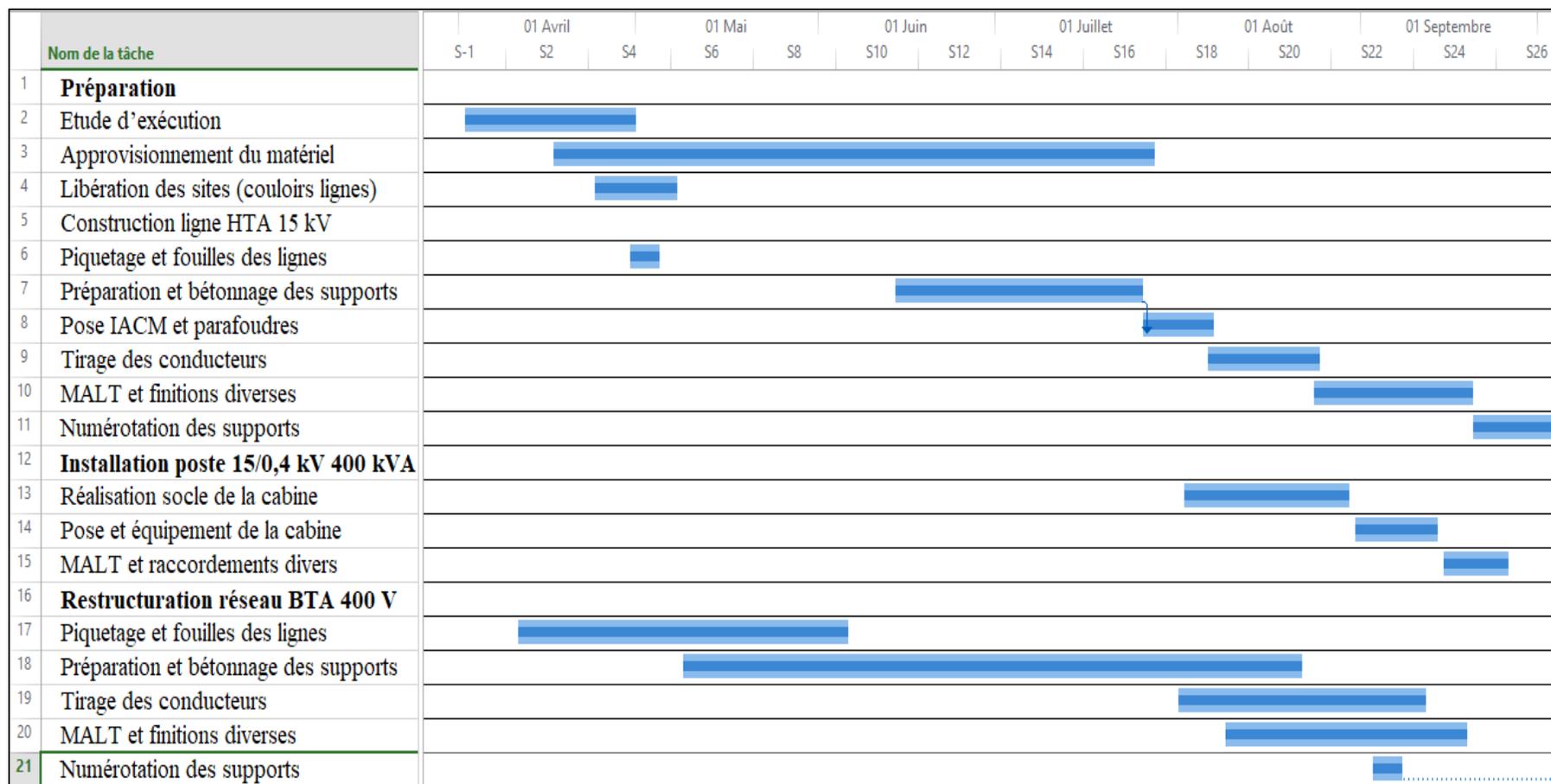


Figure 26: Programme d'exécution des travaux.

Conclusion

L'état des lieux des installations électriques du lot 2 ont révélés la présence d'un réseau BT qui ne couvrait que partiellement la zone. Les abonnés représentaient 38% des parcelles contre une vaste majorité non desservie.

Dans l'étude nous avons évalué la demande des consommateurs qui, pour cette zone périurbaine, a été en moyenne de 600W par parcelle correspondant à un abonnement de 3A chez SONABEL ; Nous avons également construit les installations de distribution électrique répondant aux besoins des consommateurs. Les coûts de réalisation des installations s'élèvent à 1,032 milliards de FCFA et les travaux devraient durer 6 mois.

Nous estimons que la problématique du projet a été résolu en ce sens que 98 % des parcelles de la zone ont accès au réseau électrique. Nous recommandons une étude au cas par cas pour les 2% de parcelles non encore desservis. Ces 2% nécessitent pour certains un remplacement de câbles voisins existants de section de câble trop petite pour permettre leur raccordement.

Bibliographie

Ouvrages

- [1] Catalogue Retis Solution Energie, 2019
- [2] Charles A (1974), Construction des lignes aériennes à haute tension, Techniques françaises d'études et de réalisation,623p.
- [3] SONABEL (2016), Dossier d'appel d'offres n° 26/00/10/01/03/2017/0003/PEPU, lot 2 Bobo-Dioulasso, 432p.
- [4] Jean-Jacques G, Tome3 : calcul mécanique des lignes aériennes.82p.
- [5] Michel B. (1999), Les lignes électriques aérienne à haute tension, Tome 1 calculs théoriques et formules usuelles, Avril,428p.
- [6] Ministère de l'énergie du Burkina (2016), Plan de gestion environnemental et social (PGES),33p.
- [7] AFNOR (1996), Norme NFC 11-201: réseau de distribution publique d'énergie électrique, Octobre,129p.
- [8] Schneider Electric (2004), Cahier Technique n°213: les calculs sur les réseaux électriques HT et BT, 40p

Sites internet

- [9] SONABEL quelle puissance vous est nécessaire ?[http://www.sonabel.bf/client / puissance_necessaire.html](http://www.sonabel.bf/client/puissance_necessaire.html)

Annexes

Annexe 1: puissance a souscrire selon le besoin par menage, source sonabel.bf.....	48
Annexe 2:nombre d'abonnes par section de lotissement	49
Annexe 3:fiche technique nexans du conducteur aluminium 70 mm2	49
Annexe 4:tableau caracteristiques mecaniques de l'almelec 75,5	50
Annexe 5: profondeur d'implantation des fondations des supports aeriens de ligne hta et bt (norme nfc 11-201)	50
Annexe 6: extrait du carnet de piquetage des reseaux.....	51
Annexe 7: couts detaillles de realisation des travaux.....	52

Annexe 1: Puissance à souscrire selon le besoin par ménage, source sonabel.bf



SOCIETE NATIONALE D'ELECTRICITE DU BURKINA

QUELLE PUISSANCE VOUS EST NECESSAIRE ?

Tarif social ménage	Eclairage Ampoules (Watts)	La tarification prend en compte et votre consommation et votre puissance souscrite (prime fixe). Le montant de votre facture augmente avec la puissance mise à votre disposition. Vous avez donc intérêt à déterminer de façon juste la puissance dont vous avez réellement besoin.				Puissance à souscrire		La puissance qui vous est nécessaire n'est pas forcément la somme des puissances de chacun de vos appareils (car vous ne les utilisez pas tous en même temps et à pleine puissance) mais seulement la puissance réellement utilisée par les appareils que vous souhaitez faire fonctionner en même temps.
		VOS BESOINS (exemple)		Somme des puissances de l'ensemble de vos appareils et de votre éclairage	Réglage du disjoncteur si tous vos appareils étaient utilisés en même temps et à pleine puissance	Branchement 2 fils	Réglage disjonct. (Ampère)	
	60W x 6	En plus de l'éclairage, vous pouvez utiliser quelques appareils		670W	5A	0,66 KW 660 W	3 Ampères (A)	Aussi, pour obtenir la puissance à souscrire, il est nécessaire d'appliquer à la somme des puissances un coefficient d'utilisation spécifique au comportement de chaque abonné, dans ce domaine.
Ménage	60W x 5	En plus de l'éclairage, vous pouvez utiliser les appareils électroménagers courants		1450W	10A	1,1 KW 1100 W	5 A	L'expérience montre ce coefficient décroît lorsque le nombre des appareils augmente.
Confort	60W x 20	En plus de l'éclairage, et les appareils électroménagers courants, vous souhaitez faire fonctionner un appareil important: Climatiseur et fer à repasser		2740W	15A	2,2 KW 2200 W	10 A	Nous retenons ici un coefficient d'utilisation moyen de 0,7

Annexe 2: Nombre d'abonnés par section de lotissement

Section de lotissement		Nombre de ménages		Taux de couverture %
N°	Nom	Total	Abonné	
1	LA	657	290	44%
2	LB	572	226	40%
3	LC	546	230	42%
4	LD	288	190	66%
5	MD	341	306	90%
6	LE	492	350	71%
7	LH	692	304	44%
8	LI	347	115	33%
9	LK	38	8	21%
10	LL	173	31	18%
11	LM	257	43	17%
12	LN	318	104	33%
13	LO	374	30	8%
14	LP	672	37	6%
15	LV	142	0	0%

Annexe 3: Fiche technique Nexans du conducteur aluminium 70 mm²

<p>BAXB BAXB 3 x 70 + 54,6 + 2 x 16 mm²</p>	<p>Contact Câbles Basse & Moyenne Tension Téléphone: +32 (0)2 363 27 17 sales.equipment-cables@nexans.com</p>
<p>Réf. Nexans: 10001535 EAN 13: 5413404182183</p> <p>Câbles de distribution, conducteurs torsadés, pour installations aériennes</p> <p>DESCRIPTION</p> <p>Utilisation</p> <p>Câbles de distribution, conducteurs torsadés, pour installations aériennes.</p>	

CARACTÉRISTIQUES	
Caractéristiques de construction	
Nature de l'âme	Aluminium
Forme de l'âme	Rond, multifilaire
Torsadé	Oui
Isolation	XLPE
Porteur	Alliage d'aluminium
Eclairages publics	2 x 16 mm ²
Couleur de la gaine	Noir
Caractéristiques dimensionnelles	
Nombre de phases	3
Section du conducteur	70 mm ²
Masse approximative	1080 kg/km
Section sur élément de suspension	54,6 mm ²
Caractéristiques mécaniques	
Résistance au choc (EN 187 000)	6 J

Annexe 4: Tableau caractéristiques mécaniques de l'Almélec 75,5

Caractéristiques	Unité	Aster 75,5
Section nominale	mm ²	75,5
Diamètre extérieur	mm	11,25
Nombre de fils	unité	19
Poids moyen non graissé	kg/km	208
Poids moyen graissé	kg/km	213
Module d'élasticité	daN/mm ²	6.000
Coefficient de dilatation linéaire	10-6/ °C	23
Charge de rupture minimale garantie	daN	2455
Tension maximale admissible	daN/mm ²	10,7
Poids linéique		

Annexe 5: Profondeur d'implantation des fondations des supports aériens de ligne HTA et BT (norme NFC 11-201)

Supports		Coefficient de stabilité de la fondation	
		ks = 1,2	ks = 1,75
Fonction du support		Double ancrage Simple fixation, et tous cas de ligne BT en général	Semi-arrêt, Arrêt simple, Arrêt double, et cas particulier
Bois ou assemblage en bois		$\frac{H}{10} + 0,5 (m)$	$\frac{H}{10} + 0,7 (m)$
Béton	F ≤ 6,5 kN		
Métal	F > 6,5 kN	$\frac{H}{20} + 1,3 (m)$	$\frac{H}{20} + 1,5 (m)$

Annexe 6: Extrait du carnet de piquetage des réseaux

Numero de Ligne BT	N support	Portée (m)	Piquets						Armements			Isolateurs		Raccor DPA	Accessoires				Câbles				
			HEA 120/9m	HEA 140/9m	HEA160/9m	HEA160/12m	HEA180/12mJ	HEA200/12mJ	BRAS BIS	HERSE SIMPLE +RENFORT	HERSE DOUBLE	CAL norme de 11	CAN NORME 11		Ensemble suspension BT ES 1500	Ensemble d'ancrage BT EA 1500	Connecteur 35- 70	Terre de réseau	Câble 3X1x240mm ² 24KV	Câble ASTER 75,5	Câble 3x35+54,6+16	Câble 3x70+54,6+16	
TOT1		455,55	10	4											8	12	15				501,11		
TOT2		2312,31	35	31	6										35	74	95				1235,77	1307,81	
TOT3		4370,98	65	30	28										66	116	123	3			1732,12	3075,99	
TOT4		1924,73	30	20	6										33	46	63	3			710,34	1406,94	
TOT5		4325,24	71	42	14										76	107	120				2691,83	2001,8	
TOT6		6526,6	76	43	17										79	115	110	5			2158,57	3378,72	
TOT7		5043,79	76	37	25										84	115	137	7			1278,6	4248,48	
TOT8		10047,72	174	60	58										180	223	210	15			2897,35	8143,61	
TOT9		6335,87	112	53	19	1									113	144	120				2313,26	4656,3	
TOT10		7320,99	95	86	11	8	2	1	24	1	2	24	15	9	103	189	156	1	25	1832,06	4150,81	3466,62	
TOT11		594,6	7	8											8	16	25				654,08		
TOT12		2840,35	44	31	5										43	73	45				1966,23	1158,21	
TOT13		695,09	12	4	2										12	12	20				356,99	407,58	
TOT14		1603,4	21	17	4										21	40	40				840,03	923,72	
		9176,22	156	84	24	1									156	217	165				4279,49	5814,51	

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

Annexe 7: Coûts détaillés de réalisation des travaux.

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
I	Construction ligne 15 kV aérienne d'extension du réseau existant			
I.1	Herse d'arrêt équipée de 3 isolateurs composites sur support du réseau existant	1	500 000	500 000
I.2	Support de 2 HeA 200/12m jumelés équipé de 1 herse d'arrêt, 3 isolateurs composites, 3 pinces d'ancrage, accessoires de fixation et fondation	1	1 000 000	1 000 000
I.3	Support de 2 HeA 180/12m jumelés équipé de 2 herses d'arrêt, 6 isolateurs composites, 3 pinces d'ancrage, 1 IACM, accessoires de fixation et fondation	1	2 000 000	2 000 000
I.4	Support HeA 160/12m équipé de 3 bras inclinés, 3 isolateurs composites, 3 pinces d'alignement, accessoires de fixation et fondation	8	500 000	4 000 000
I.5	Support de 2 HeA 180/12m jumelés équipé de 1 herse d'arrêt, 3 isolateurs composites, 3 pinces d'ancrage, 3 parafoudres, accessoires de fixation et fondation	1	1 500 000	1 500 000
I.6	Conducteur Aster 75,5 mm ² x 3 (réseau triphasé)	600 m	6 000	3 600 000
I.7	MALT, numérotation supports et divers (forfait)			700 000
I.8	Descente aéro-souterraine par câble 15 kV souterrain 3x240 mm ² de 25 m, 1 kit de 3 extrémités d'extérieur, 1 kit de 3 extrémités d'intérieur, tranchée de câble et divers	1	2 000 000	2 000 000
	Total			15 300 000

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
II	Poste 15/0,4 kV 400 kVA en cabine métallique			
II.1	Cellule 15 kV départ de ligne avec interrupteur	2	3 000 000	6 000 000
II.2	Cellule 15 kV transformateur avec fusibles	1	3 500 000	3 500 000
II.3	Transformateur 15/0,4 kV 400 kVA	1	7 000 000	7 000 000
II.4	Tableau de distribution BT	1	2 000 000	2 000 000
II.5	Ensemble de câbles de raccordement	1	1 000 000	1 000 000
II.6	Cabine métallique préfabriquée	1	15000 000	1 500 000
II.7	Génie civil du socle de la cabine	1	500 000	500 000
II.8	MALT et divers (forfait)	1	500 000	500 000
	Total			22 000 000

Construction d'une ligne de distribution électrique HTA 15 kV et restructuration d'un réseau électrique BTA au secteur 30 de Bobo Dioulasso

N°	Désignation	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
III	Restructuration du réseau BT			
III.1	HEA 160/12 m équipé d'ensembles d'ancrage	4	300 000	1 200 000
III.2	HEA 160/9 m équipé d'ensembles d'ancrage	128	250 000	32 000 000
III.3	HEA 140/9 m équipé d'ensembles d'alignement	317	220 000	69 740 000
III.4	HEA 120/9 m équipé d'ensembles d'alignement	2 113	200 000	422 600 000
III.5	Câble préassemblé (3x70+1x54,6+16) mm ² Aluminium	84 800 m	4 000	339 200 000
III.6	Câble préassemblé (3x35+1x54,6+16) mm ² Aluminium	13 000 m	3 000	39 000 000
III.7	Translateur de connexion	4 350	20 000	87 000 000
III.8	MALT, numérotation supports et divers (ensemble)	1	100 000	4 710 000
	Total			995 450 000
	Total général			1 032 750 000