



ETUDE DETAILLEE DE L'ELECTRIFICATION DES VILLAGES DE REINSTALLATION DE KANDADJI, SANGUILLE ET ALSILAME

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE, ENERGETIQUE ET ENERGIES
RENOUVELABLES

Présenté et soutenu publiquement le 22 Mars 2013 par

Idrissa MAHAMADOU SOUMANA

Travaux dirigés par : Mariam PABYAM

Enseignant-Chercheur

CENTRE COMMUN DE RECHERCHE **EHD**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Sayon SIDIBE

Membres et correcteurs : Tanoh SEVERIN
Madioumbé GAYE

Promotion 2011/2012

Remerciements/ Dédicaces

Au terme de ce mémoire, nous tenons à remercier notre encadrant Idrissou HAMIDOU, Directeur Général du bureau d'Etude PAIE-77, qui a bien voulu nous accorder le stage au sein de son établissement mais aussi et surtout pour avoir mis à notre profit son expérience et son savoir faire.

Nous remercions également Mme PABYAM Mariam pour nous avoir guidés dans la rédaction de ce mémoire de fin d'études.

Nous remercions les agents de la NIGELEC pour leur assistance et toute la sympathie manifestée à notre égard.

Nos remerciements vont également à l'ensemble du corps professoral ainsi qu'à l'administration du 2^{ie}, particulièrement Mme Sylvie OUEDAOGO coordinatrice du Master GEER pour sa disponibilité.

Nous n'oublierons pas de remercier toute personne physique ou morale ayant contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce mémoire.

Résumé

Ce document présente une étude détaillée de l'électrification de 3 villages au cours de laquelle les deux modes de pose aérien et souterrain ont été abordés après avoir estimé les besoins énergétiques de chaque village. Le dimensionnement décliné aux choix des sections techniques, des transformateurs et des équipements de pose et de protection des réseaux BTA et HTA nous ont permis de dresser une étude technico-économique des deux modes.

Pour nos villages, le mode de pose souterrain s'avère 1,3 fois plus coûteux à court terme mais présente l'avantage d'être techniquement d'une part, moins encombrant et d'autre part offre la possibilité de drainer un plus fort courant avec une chute de tension relativement faible pour une section technique donnée.

Mots Clés :

-
- 1 – Réseau électrique**
 - 2 – Dimensionnement électrique**
 - 3 – Transformateur**
 - 4 – Mode de pose**
 - 5 – HTA/BTA**

ABSTRACT

This document presents a detailed study of the electrification of three villages in which the two types of overhead and underground installation have been addressed after estimating the energy needs of each village. Sizing declined the choice of technical sections, transformers and equipment installation and network protection BTA and HTA have enabled us to establish a technical study economic the two modes.

Our village, underground installation method is 1.3 times more expensive in the short term but has the advantage of being technically the one hand, less bulky and also provides the ability to drain a stronger current with a relatively low voltage drop for a given technical section.

Key words:

-
- 1 – Electric Network**
 - 2 – Electrical Design**
 - 3 - Transformer**
 - 4 – Installation method**
 - 5 – HTA/BTA**

LISTE DES ABREVIATIONS

%	: Pourcentage
2ie	: Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et d'Environnement
A	: Ampère
BTA	: Basse Tension A
daN	: Déca Newton
F CFA	: Franc de Communauté Francophone d'Afrique
GEER	: Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables
HTA	: Haute Tension A
IACM	: Interrupteur Aérien à Commande Manuelle
Icc	: Intensité de court-circuit
kg	: Kilogramme
kV	: Kilovolt
kVA	: Kilovolt-ampère
kWh	: Kilowatt-heure
m	: mètre
mm	: millimètre
MW	: Mégawatt
nb	: Nombre
NIGELEC	: Société Nigérienne d'Electricité
PAIE-77	: Procédés –Automatismes –Instrumentation- Energie
PBA	: Poteau à Béton Armé
PVC	: Polychlorure de vinyle
W	: Watt

Sommaire

LISTE DES TABLEAUX.....	3
LISTE DES FIGURES	4
INTRODUCTION.....	5
I- GENERALITES	6
I-1 Présentation du bureau d'étude.....	6
I-2 Documents et sources (annexe 1).....	7
I-3 Le réseau électrique.....	8
I-4- Les postes de transformation HTA/BTA.....	8
I-5 Rappels techniques	9
II- METHODOLOGIE	11
II-1 Détermination de la configuration des réseaux de distribution.....	12
II-1-1 Classification des parcelles	12
II-1-2 Choix de l'emplacement du transformateur.....	13
II-1-3 Portée et emplacements des supports aériens	13
II-1-4 Portée et emplacements des coffrets souterrains.....	13
II-2 Calcul de la puissance globale des lotissements.....	14
II-2-1 Codification des poteaux	15
II-2-2 Calcul de la puissance cumulée sur chaque tronçon	15
II-2-3 Estimation de la puissance des transformateurs.....	16
II-3 Dimensionnement des tronçons de lignes BTA	16
II-3-1 Calcul des courants des différents tronçons.....	16
II-3-2 Détermination de la section technique des câbles	17
II-3-3 Sections disponibles	17
II-3-4 Vérification des chutes de tension.....	18
II-3-5 Détermination des courants de court-circuit	19
II-4 Dimensionnement de la partie HTA	20
II-4-1 Choix de la section des conducteurs.....	20
II-4-2 Vérification de la section par rapport à la chute de tension.....	21
II-5 Les dispositifs de protection.....	21
II-5-1 Disjoncteur principal BTA.....	21
II-5-2 Interrupteur aérien du lotissement - éclateur.....	22
II-6 Les supports et armements	22
II-6-1 Partie BTA.....	22
II-6-2 Partie HTA.....	24
II-7 Estimation économique.....	25

III- LES RESULTATS	26
III-1 Le tracé des tronçons.....	26
III-2 Emplacements des supports aériens et des coffrets souterrains.....	28
III-4 Dimensionnement électrique aérien	32
III-5 Dimensionnement électrique souterrain	36
III-6 Les transformateurs choisis.....	40
III-7 Inventaire du matériel et équipements.....	41
III-7-1 Partie HTA.....	41
III-7-2 Partie BTA aérien.....	42
III-7-3 Partie BTA souterrain	43
III-8 Estimation économique.....	44
III-8-1 Mode aérien	44
III-8-2 Mode souterrain	44
IV REMARQUES ET SUGGESTIONS.....	45
IV-1 Remarques	45
IV-2 Suggestions.....	45
CONCLUSION	46
BIBLIOGRAPHIE	47
ANNEXE	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Classification des parcelles.....	12
Tableau 2 : Nombre de parcelles A et B par lotissement.....	12
Tableau 3 : Scenarii de besoin en puissance	14
Tableau 4 : Comparaison section théorique/section normalisée	21
Tableau 5 : Dimensions des massifs de fondation pour PBA.....	23
Tableau 6 : Calcul des quantités d'intrant BTA et HTA	25
Tableau 7 : liste du matériel et équipements	41
Tableau 8 : Coût du kW/m2 aérien.....	42
Tableau 9 : Amortissement aérien	42
Tableau 10 : Coût du kW/m2 souterrain.....	42
Tableau 11 : Amortissement souterrain.....	42

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Structure et organigramme	7
Figure 2 : Méthodologie générale du travail à effectuer.....	11
Figure 3 : Illustration des normes du réseau souterrain.....	14
Figure 4: Exemple de codification des supports d'un lotissement	15
Figure 5: Exemple d'un lotissement de 41 parcelles desservies par 14 poteaux.....	15
Figure 6 : Schéma de principe d'éclateur	22
Figure 7 : Caractéristiques de la fouille d'un PBA.....	23
Figure 8 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Alsilamé.....	26
Figure 9 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Sanguilé.....	26
Figure 10 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Kandadji 1	27
Figure 11 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Kandadji 2	27
Figure 12 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Alsilamé	28
Figure 13 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Sanguilé.....	29
Figure 14 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Kandadji 1.....	30
Figure 15 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Kandadji 2.....	31
Figure 16 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Alsilamé	32
Figure 17 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Sanguilé.....	33
Figure 18 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Kandadji 1.....	34
Figure 19 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Kandadji 2.....	35
Figure 20 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Alsilamé	36
Figure 21 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Sanguilé	37
Figure 22 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Kandadji 1	38
Figure 23 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Kandadji 2	39

INTRODUCTION

La construction du barrage de Kandadji sur le fleuve Niger va entraîner la submersion de villages qui par conséquent doivent être déplacés. L'électrification et l'aménagement de ces nouveaux sites de réinstallation constituent un enjeu important dans la première phase de réalisation du barrage.

La commande de prestation de service d'études d'électrification de trois (3) villages a été confiée au Bureau d'Etude PAIE-77, ce dernier nous l'a transmis dans le cadre de notre mémoire de fin de cycle de Master GEER au 2^{ie} suivant le thème : « Etude détaillée de l'électrification des villages de réinstallation de Kandadji, Sanguillé et Alsilamé ».

Il s'agit de dimensionner la source d'alimentation (qui sera l'extension de la ligne alimentant Dessa et ses périmètres irrigués) des villages Kandadji, Sanguillé et Alsilamé ainsi que la distribution BT de branchement des ménages.

L'estimation de la demande en énergie électrique doit être abordée ainsi que les transformateurs HTA/BTA et les canalisations électriques aériennes isolées. Cette étude détaillée doit aussi permettre mener une étude comparative du dimensionnement de "l'option enterré" et "l'option aérien avec câbles pré assemblés torsadés isolés" en vue de dégager la meilleure option pour cette électrification.

Pour mener à bien cette étude, le présent document est organisé autour de trois grandes parties:

- Une première consacrée aux généralités ;
- la deuxième destinée à la description de la méthodologie du dimensionnement envisagé ;
- et la troisième réservée aux différents résultats obtenus à l'issu de l'étude

A cela s'ajoute un ensemble de remarques et suggestions à la fin de ce document.

I- GENERALITES

I-1 Présentation du bureau d'étude

Le bureau d'étude PAIE-77, créé en décembre 2000 est un cabinet d'ingénierie et d'expertise dont les activités principales sont basées sur l'électromécanique.

PAIE-77 signification **Procédés –Automatismes –Instrumentation- Energie**.

Le chiffre 7 est le symbole de la plénitude, la recherche de la satisfaction dans l'œuvre accomplie. Le Doublement du chiffre 7 accentue le souci majeur de réussir les prestations, les engagements.

Les principales activités sont les suivantes :

- ✓ Le dimensionnement et la réalisation des travaux de climatisation centrale ou résidentielle, des réseaux électriques HTA et BTA, de l'instrumentation des processus industriels, de l'électrification de lotissements urbains ;
- ✓ L'hydraulique industrielle et le système de pompage de liquides claires/chargées ;
- ✓ Les expertises des installations industrielles pour la rénovation en envisageant de nouvelles technologies sur la motorisation des installations ;
- ✓ Elaboration de spécifications techniques pour Dossiers Techniques d'appels d'offres, Assistance et contrôle de travaux et maîtrise d'œuvre ;
- ✓ Audits énergétiques et des systèmes numériques.

L'effectif actuel permanent est de 5 : (Direction : 1 ; Administration/ Secrétariat : 2 ; Equipes Projets/ affaires : 2). En plus de cet effectif, il y a des agents contractuels.

Compte tenu de l'efficacité du bureau, la demande de service oblige le cabinet à se doter de plus de personnel, c'est pourquoi le cabinet prévoit une augmentation de son effectif. Ainsi il est prévu de recruter 13 agents (Direction : 1, Administration/ Secrétariat : 3, Equipes Projets/ affaires : 9).

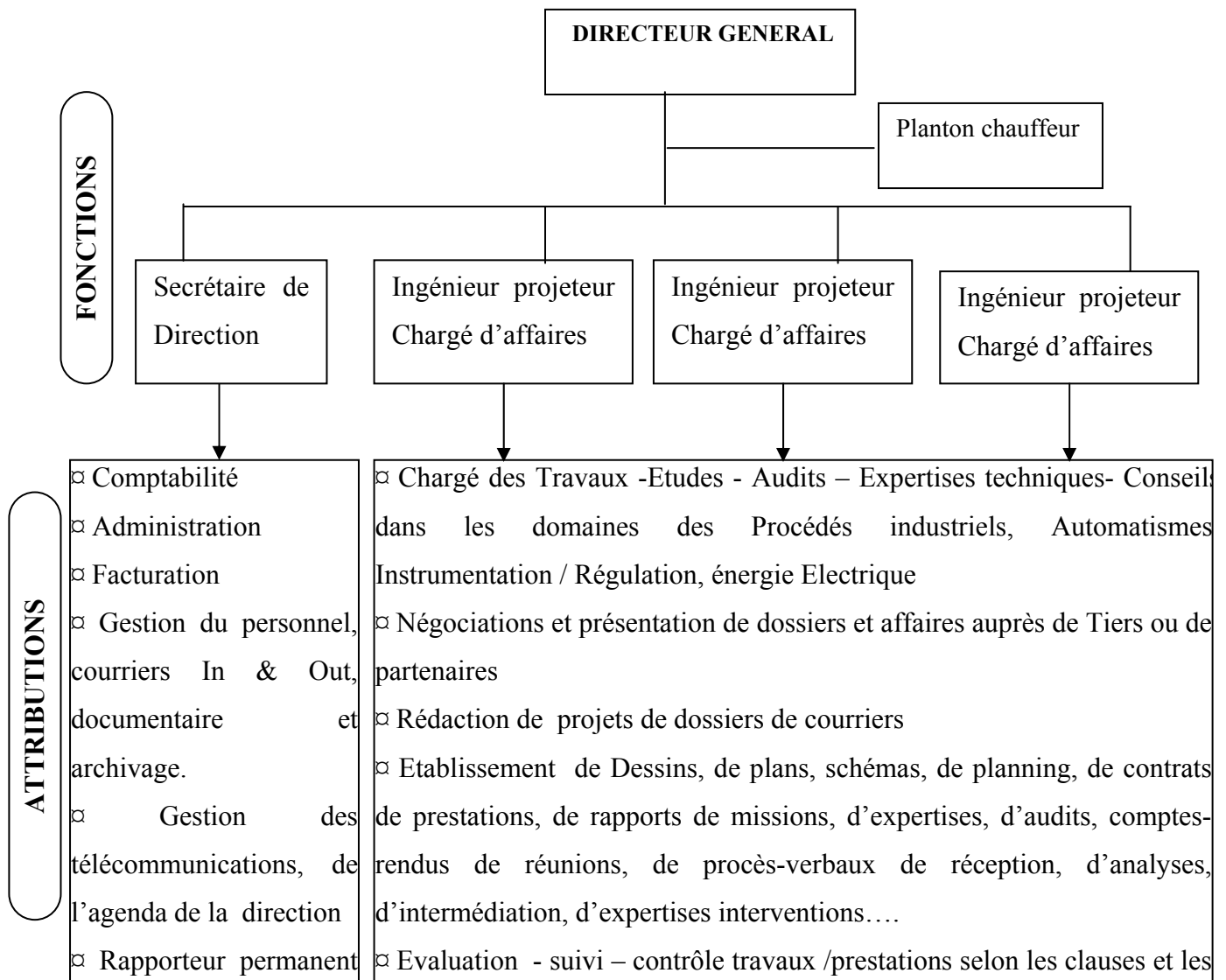


Figure 1 : Structure et organigramme

I-2 Documents et sources (annexe 1)

- Plan d'aménagement des lotissements montrant le morcellement spatial des lotissements en ilots.
- Le réseau NIGELEC possède la disponibilité de transit pour alimenter le lotissement
- Normes C14.100
- Normes C15.100
- Bordereau de prix du matériel de réseau HTA et BTA de la NIGELEC.

I-3 Le réseau électrique

On appelle réseau électrique l'ensemble des infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production (centrale électrique) vers les lieux de consommation de l'énergie. Un réseau est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension et de postes de transformation de tension servant de lieu de connexion des différentes lignes.

L'énergie électrique consommée dans certaines villes du Niger provient du Nigeria. Une ligne 132kV pouvant transiter 80MW assure le transport de cette énergie. Pour la zone du fleuve, la NIGELEC dispose de deux centrales de production utilisées pour couvrir la demande.

Les utilisateurs étant nombreux et repartis sur l'ensemble du pays, pour réaliser les liens des uns avec les autres, il est nécessaire d'établir des liaisons électriques. Or il n'est techniquement pas possible, ni économiquement astucieux de confier à un type unique de ligne la totalité de cette relation. C'est pourquoi il y a un plan de tension.

En fonction de l'importance du lieu (ville, village etc.), la NIGELEC dispose du plan suivant : 132kV, 66 kV, 33 kV, 20 kV, 15 kV et 0,4 kV. Notre étude portera sur la partie du plan de tension : 33 kV/0.4 kV. En général, la partie BTA du réseau est aérienne au Niger.

I-4- Les postes de transformation HTA/BTA

Les postes de transformation HTA/BTA, alimentés par le réseau sont réalisés suivant deux techniques différentes selon la puissance du transformateur à prévoir :

- ✓ Jusqu'à 160 kVA, les postes sont réalisés sur poteau. Le poteau en béton armé généralement de 12m de hauteur supporte l'ensemble arrivée HTA, le transformateur et les départs BTA :

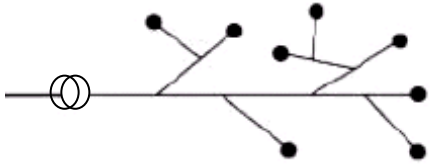
- l'arrivée HTA se connecte directement sur les bornes du transformateur. La protection contre la foudre est assurée par des éclateurs ou des parafoudres à semi conducteur.

- La sortie BTA comporte un disjoncteur situé en haut de poteau. Désigné DHP accroché au poteau, il peut être manœuvré depuis le sol grâce à une trianglerie de commande.

- ✓ Au delà de 160 kVA, nous avons des postes cabines dont les puissances varient de 250 kVA à 1250 kVA.

I-5 Rappels techniques

Rappels techniques	Liens et limites de notre étude										
✓ Poste électrique : C’est un ensemble d’équipements électriques permettant de transformer et de repartir l’énergie électrique. Il peut avoir deux finalités, l’interconnexion entre les lignes de même niveau de tension et la transformation de l’énergie.	➤ Dans notre étude, nous avons des postes électriques de transformation HTA/BTA 33kV/0,4kV.										
✓ les lignes électriques : Ce sont des installations qui assurent le transport de l’énergie électrique produite sur des distances. Elles peuvent être aériennes ou souterraines.	➤ Nous allons tenir compte des deux modes de pose (aérien et enterré) dans notre dimensionnement afin de déterminer le plus rentable.										
✓ Plans de tension du réseau électrique : en fonction de la tension : on classe le réseau en trois sous groupes. - Le sous réseau basse tension BT ($U < 1\text{kV}$) - Le sous réseau moyenne tension MT ($1\text{kV} < U < 50\text{kV}$) - Le sous réseau hautes tensions HT ($U > 50\text{kV}$) De nos jours un nouveau plan apparait. Il est subdivisé en cinq parties : la HTB, HTA, BTB, BTA et TBT. <table><tr><td>HTB</td><td>HTA</td><td>BTB</td><td>BTA</td><td>TBT</td></tr><tr><td>$U > 50\text{kV}$</td><td>$1 < U \leq 50\text{kV}$</td><td>$0.5 < U \leq 1\text{kV}$</td><td>$0.05 < U \leq 0.5$</td><td>$U \leq 0.05$</td></tr></table>	HTB	HTA	BTB	BTA	TBT	$U > 50\text{kV}$	$1 < U \leq 50\text{kV}$	$0.5 < U \leq 1\text{kV}$	$0.05 < U \leq 0.5$	$U \leq 0.05$	➤ Dans notre lotissement, nous avons la partie du plan de tension : 33kV, 0.4kV. Les autres parties du plan de la NIGELEC, ne concerne pas l’étude.
HTB	HTA	BTB	BTA	TBT							
$U > 50\text{kV}$	$1 < U \leq 50\text{kV}$	$0.5 < U \leq 1\text{kV}$	$0.05 < U \leq 0.5$	$U \leq 0.05$							
✓ Structure du réseau électrique : Les moyens de production sont concentrés pour des raisons techniques et économiques en un nombre relativement réduit de sites. C’est pourquoi il y a des lignes de transport, de répartition et de distribution.	➤ L’étude que nous allons mener est basée sur la partie distribution du réseau électrique.										

✓ Postes de transformations HTA/BTA : les schémas des postes de transformation HTA/BTA dépendent de la structure de la partie HTA du réseau et de la clientèle considérée. Trois modes d'alimentation sont utilisés : - alimentation en simple dérivation ou antenne : Un seul câble ou ligne aérienne alimente le poste - alimentation en coupure d'artère ou boucle : Chaque poste est alimenté par deux câbles issus d'un poste source, l'ensemble forme une boucle - Alimentation en double dérivation : Chaque poste est raccordé à deux câbles issus généralement de sources différentes.	➤ Les postes seront alimentés en simple dérivation. 
✓ Canalisations électriques : il existe principalement deux types de canalisations : aérienne et souterraine. <i>La canalisation aérienne est constituée de :</i> - conducteurs aériens qui assurent le transport de l'énergie électrique, - supports ou poteaux qui assurent l'inaccessibilité aux conducteurs - isolants assurent l'isolation électrique des conducteurs actifs, - armements : c'est l'ensemble constitué par les ferrures et les isolateurs. <i>La canalisation souterraine est constituée de :</i> - câbles destinés au transport de l'énergie électrique, - accessoires, utilisés pour la connexion des câbles entre eux de même que pour le raccordement des câbles aux appareils ou aux jeux de barres des postes, - coffrets de distribution.	➤ Pour la canalisation aérienne, nous utiliserons: - de l'almélec pour les conducteurs de la HTA (conducteurs nus) - des câbles isolés pré assemblés - supports PBA (poteau béton arme) disposés en nappe. - isolant : PVC pour les câbles de la BTA - ensemble d'ancrage et de suspension pour la BTA - herse chaîne d'isolateurs tendus - nappe voute chaînes d'isolateurs suspendus. - Pour la canalisation souterraine, nous utiliserons des câbles sectoriels, des accessoires, des coffrets.

II- METHODOLOGIE

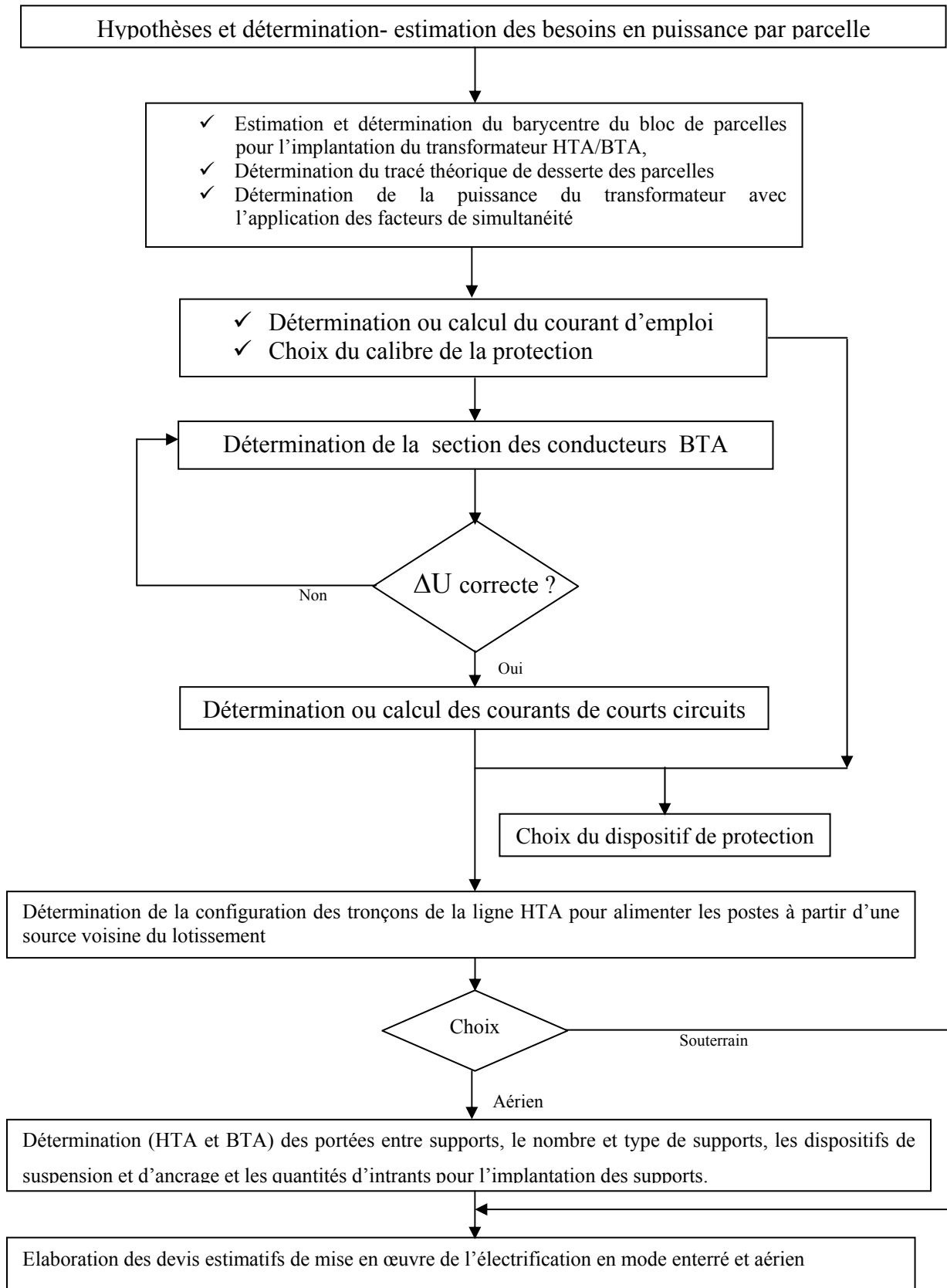


Figure 2 : Méthodologie générale du travail à effectuer

[1]

II-1 Détermination de la configuration des réseaux de distribution

On considère, conformément au cahier des charges (annexe 2) que chaque lotissement sera alimenté par un seul tronçon de ligne HTA qui comportera des dérivations internes. Les dérivations doivent être tracées de manière judicieuse et optimisée pour permettre la desserte électrique en axe droit autant que possible. On considérera une ligne dans chaque rue entre deux ilots et ainsi à partir de cette ligne sera tirée les alimentations des parcelles ayant accès à cette ruelle.

II-1-1 Classification des parcelles

Le principe de base de notre classification est : une parcelle pour un ménage.

Sachant que les ménages ne sont pas de même taille, nous les avons classés en petits et grands ménages auxquels nous avons associé respectivement :

- Les parcelles de surfaces inférieures ou égales à 500m^2 (classe A) ;
- Les parcelles de surfaces supérieures à 500m^2 (classe B).

A chaque catégorie de parcelle A et B correspond respectivement un besoin en puissance présumé de 500W et 1000W conformément au cahier des charges.

Tableau 1 : Classification des parcelles

Classe	A	B
Surface	$\leq 500\text{m}^2$	$> 500\text{m}^2$
Besoin présumé	500 W	1000 W

En transposant cette classification au niveau des quatre lotissements nous obtenons le nombre de parcelles de classe A et B.

Tableau 2 : Nombre de parcelles A et B par lotissement

Lotissement	Alsilamé		Sanguilé		Kandadji 1		Kandadji 2	
Classe	A	B	A	B	A	B	A	B
Nombre de parcelles	0	116	46	211	236	197	320	7

II-1-2 Choix de l'emplacement du transformateur

Le calcul du barycentre des charges devient nécessaire pour positionner les transformateurs. Il est donné par les formules suivantes :

$$X_{\text{transformateur}} = \frac{\sum P_i * X_i}{\sum P_i} \quad Y_{\text{transformateur}} = \frac{\sum P_i * Y_i}{\sum P_i}$$

 $X_{\text{transformateur}}, Y_{\text{transformateur}}$ les coordonnées du transformateur

 P_i , la puissance active de la parcelle(i)

 X_i et Y_i les coordonnées de la parcelle (i)

A partir des calculs faits, nous remarquons que des postes se trouvent en plein milieu de la voie ou complètement dans des parcelles. Du point de vue pratique et en tenant compte des normes de la NIGELEC, il est impossible de placer le transformateur en pleine ruelle ou dans une parcelle privée. Nous avons ainsi réaménagé les emplacements des transformateurs pour les placer sur les poteaux se trouvant dans la voie la plus proche de chaque centre de gravité.

II-1-3 Portée et emplacements des supports aériens

Le cahier des charges donne la longueur de câble entre deux supports égale à la portée + 10%.

Le nombre de supports est déterminé avec la formule :

[2]
$$Np = [(Lt / a) + 1]$$

- Np : nombre de poteaux
- Lt : longueur total de la ligne (m)
- a : portée moyenne (m)

Pour les lignes BTA urbaines, en général, on prend une portée moyenne de 45m. Dans notre cas, compte tenu du morcellement spatial des lotissements, nous sommes obligés de considérer un intervalle de portée. Ainsi, nous avons retenu l'intervalle de 30 à 50m.

Pour les lignes urbaines HTA, en général, on prend une portée moyenne de 80m. Dans notre cas, compte tenu de la configuration du réseau et la position des transformateurs, nous sommes obligés de considérer un intervalle de portée. Ainsi, nous avons retenu l'intervalle de 65 à 90m.

II-1-4 Portée et emplacements des coffrets souterrains

Afin de maîtriser les temps d'intervention en cas de défaut :

- la puissance globale des raccordements directs sur un tronçon, entre deux émergences de réseau, est limitée à 120 kVA (puissance foisonnée) ;

- la distance maximale entre les bornes ou les coffrets de branchement et le point d'émergence le plus proche est d'environ 50 mètres ;
- le nombre d'accessoires souterrains installés entre deux tronçonnements est limité à 5 pour les dérivations simples ou doubles de branchement et à 1 pour les dérivations de réseau ;
- La distance entre deux émergences doit être limitée à un maximum de 150 m.

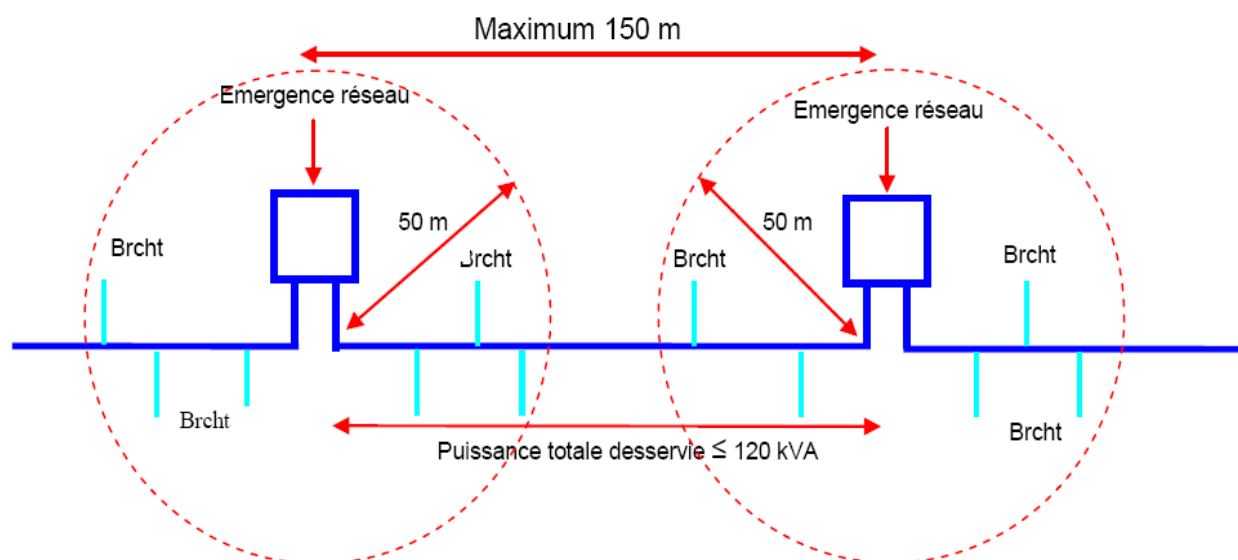


Figure 3 : Illustration des normes du réseau souterrain

[7]

Les émergences doivent être accessibles en permanence depuis le domaine public et de ce fait, ne doivent pas être installées dans les parties privatives non accessibles des lotissements. Dans notre cas, nous aurons une émergence pour chaque lotissement prise à la sortie du transformateur.

II-2 Calcul de la puissance globale des lotissements

La puissance active totale du lotissement est déterminée à partir du nombre d'abonnés et de la puissance unitaire par parcelle.

La puissance unitaire varie selon la superficie (classe) et le scénario considéré. Nous avons trois scénarii affectés aux parcelles pour chacune des deux classes A et B.

Tableau 3 : Scénarii de besoin en puissance

Scénarii	Faible	Moyen	Fort
Classe A	500W	1000W	1500W
Classe B	1000W	1500W	2000W

II-2-1 Codification des poteaux

Compte tenu du nombre élevé de supports, nous avons procédé à une codification nous permettant de retrouver de façon unique chaque support dans chaque lotissement.

Dans notre codification, chaque départ du transformateur est représenté par une lettre A, B, C ou D. Les supports se trouvant sur les départs du transformateur sont numérotés du plus loin au plus proche. La même technique est appliquée de bout en bout sur tout le lotissement.

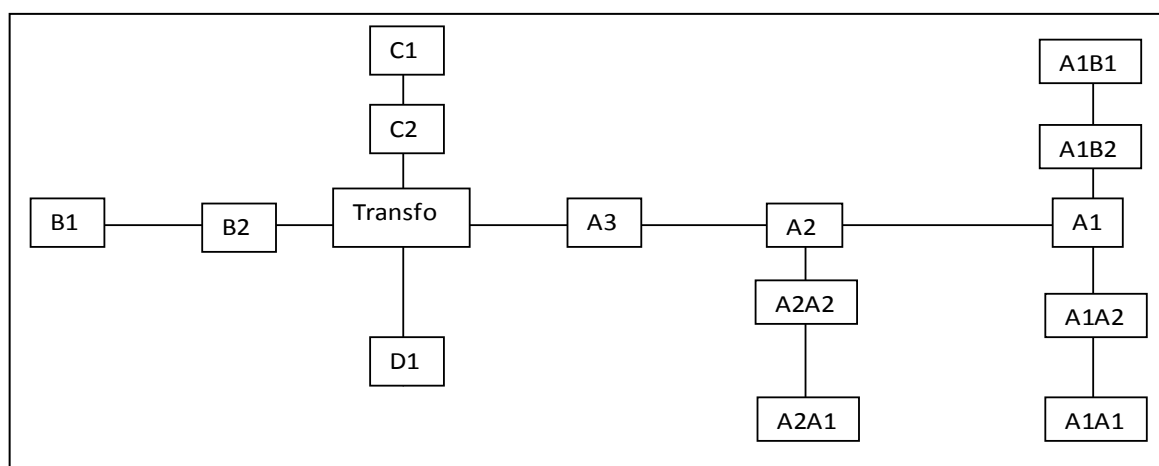


Figure 4: Exemple de codification des supports d'un lotissement

II-2-2 Calcul de la puissance cumulée sur chaque tronçon

Considérons le lotissement ci-dessus, où chaque support alimente des parcelles de classe A et B suivant la configuration de la *figure 5*. Pour simplifier le calcul, nous nous limitons au scénario faible.

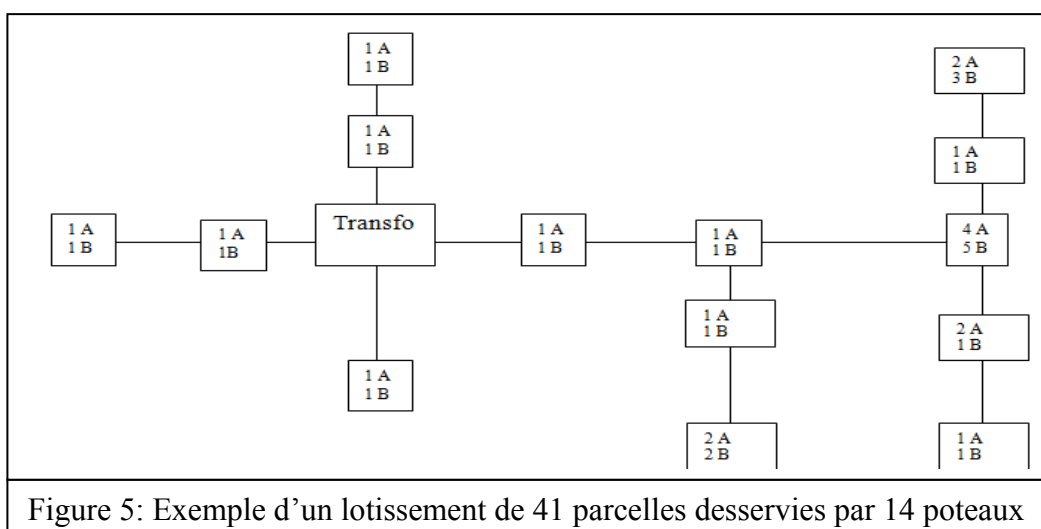


Figure 5: Exemple d'un lotissement de 41 parcelles desservies par 14 poteaux

➤ **Le calcul de puissances des nœuds terminaux est le même et se fera comme suit :**

$$P_{A1A1} = 500*1 + 1000*1 = 1500W$$

$$P_{A1B1} = 500*2 + 1000*3 = 4000W$$

➤ **Pour les autres nœuds, il faudrait rajouter les puissances en amont**

$$P_{A1A2} = 500*2 + 1000*1 + P_{A1A1} = 3500W$$

$$P_{A1B2} = 500*1 + 1000*1 + P_{A1B1} = 5500W$$

$$P_{A1} = 500*4 + 1000*5 + P_{A1A2} + P_{A1B2} = 7000W + 3500W + 5500W = 16000W$$

➤ **Quant à la puissance cumulée sur un tronçon, on considère la puissance du dernier poteau avant une dérivation en partant du poteau terminal du tronçon**

$$P_{(\text{départ A})} = P_{A3} = 500*1 + 1000*1 + P_{A1} + P_{A2}$$

$$P_{(\text{départ C})} = P_{C2} = 500*1 + 1000*1 + P_{C1}$$

$$P_{(\text{départ D})} = P_{D1} = 500*1 + 1000*1$$

II-2-3 Estimation de la puissance des transformateurs

L'estimation de la puissance totale du lotissement permet de déterminer la puissance du transformateur à utiliser pour couvrir le besoin énergétique.

$$P = nb(\text{parcelleA}) * 500W + nb(\text{parcelleB}) * 1000W$$

Nous avons considéré un facteur de puissance moyen par abonné $\cos\varphi$ égal à 0,8. Les puissances réactives (Q) et apparentes (S) sont alors données par les formules :

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \qquad Q = P * \tan\varphi$$

Pour optimiser le dimensionnement électrique des lotissements, on considère un coefficient K_s appelé coefficient de simultanéité, qui varie en fonction du nombre d'abonnés. Plus le nombre d'abonnés est élevé, plus le coefficient est bas et donc diminution de la puissance du lotissement. Les valeurs du coefficient K_s sont données par la norme NF C14-100.

II-3 Dimensionnement des tronçons de lignes BTA

II-3-1 Calcul des courants des différents tronçons

Connaissant les puissances cumulées sur chaque tronçon, nous avons utilisé la formule ci-dessous pour calculer les courants dans chaque tronçon :

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

I_b : courant (A)

P : puissance active (W)

U_n : tension nominale (V)

$\cos\varphi$: facteur de puissance = 0,8

II-3-2 Détermination de la section technique des câbles

Pour déterminer la section technique des câbles, il faut définir de manière précise les conditions d'installation et d'environnement.

II-3-2-1 Mode aérien (annexe 3 et 4)

L'utilisation des tableaux se fait à l'aide l'intensité fictive

$$I'_z = \frac{I_z}{K_{\text{aérien}}}$$

I_z correspond au calibre du disjoncteur de protection immédiatement supérieur à I_b

I'_z correspond au courant fictif de la canalisation (tenant compte des différents paramètres).

$$K_{\text{aérien}} = K1 * K2 * K3$$

$K1$: facteur de correction qui prend en compte le mode de pose. Dans notre cas le mode de pose est E17 donc $K1 = 1$

$K2$: facteur de correction qui prend en compte l'influence mutuelle d'autres circuits. Dans notre cas, on a 4 conducteurs donc $K2 = 0,8$

$K3$: facteur de correction $K3$ qui prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant. Dans notre cas PVC et 45° de température donc $K3 = 0,79$

$$K_{\text{aérien}} = 1 * 0,8 * 0,79 = 0,632$$

II-3-2-2 Mode enterré (annexe 5)

$$I'_z = \frac{I_z}{K_{\text{enterré}}}$$

$$K_{\text{enterré}} = K4 * K5 * K6 * K7$$

$K4$: facteur appliqué à la méthode de référence, dans notre cas D62 donc $K4 = 1$

$K5$: facteur influence mutuelle des circuits jointifs, dans notre cas $K5 = 0,57$

$K6$: facteur nature du sol, dans notre cas terrain normal donc $K6 = 1,05$

$K7$: facteur influence température sol, dans notre cas PVC et 40° donc $K7 = 0,77$

$$K_{\text{enterré}} = 1 * 0,57 * 1,05 * 0,77 = 0,461$$

II-3-3 Sections disponibles

La NIGELEC utilise pour la partie BTA du réseau aérien des câbles torsadés Aluminium, de sections inférieures ou égales à 70mm². Dans notre étude, nous avons des tronçons de sections atteignant 300mm²/phase.

Afin de respecter les exigences de la NIGELEC, nous avons décidé de diviser les courants I'_z par phase de tous les tronçons dont les sections sont supérieures à 70mm² par trois pour avoir

de nouvelles sections inférieures ou égales à 70mm². Ces sections doivent respecter les limitations de la chute de tension à moins de 6% (conformément au cahier des charges).

La NIGELEC utilise des câbles isolés pré assemblés dont les sections sont les suivantes :

✚ 4*16 mm²

✚ 3*35+54,6+16mm²

✚ 3*50+54,6+16mm²

✚ 3*70+54,6+16mm²

Par exemple une section de 240mm² par phase peut être remplacée par un câble de 3*35mm² supportant le même courant.

Partout où nous avons des sections dont la NIGELEC n'en dispose pas, nous procéderons ainsi. Nous utiliserons les sections normalisées disponibles qui permettent une chute de tension inférieure ou égale à 6%.

Dans le mode souterrain de la partie BTA du réseau, la NIGELEC utilise des câbles sectoriels dont les sections sont :

✚ 3*50+50mm²

✚ 3*95+50mm²

✚ 3*150+70mm²

II-3-4 Vérification des chutes de tension

La chute de tension ΔU en régime permanent doit être vérifiée en l'origine de l'installation BT et l'utilisation et doit être inférieure à :

	<i>Eclairage</i>	<i>Autres usages (force motrice)</i>
<i>Abonné alimenté par le réseau BT de distribution publique</i>	3%	5%
<i>Abonné propriétaire de son poste HTA-BT</i>	6%	8% (1)
(1) Entre le point de raccordement de l'abonné BT et le moteur.		

Toutefois, notre cahier des charges nous autorise à considérer une chute de tension admissible de 6%. La chute de tension entre l'origine et tout point d'utilisation se fait en additionnant les chutes de tension des câbles concernés par le point à vérifier.

Les chutes de tension sont calculées à l'aide de la formule :

$$u = b \left(\rho \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_b$$

S la section des conducteurs en mm².

cosφ le facteur de puissance (en l'absence d'indications précise, il est pris à 0,8).

λ la réactance linéique des conducteurs

I_b le courant d'emploi en ampères.

u la chute de tension en volts.

b égal à 1 pour les circuits triphasés et à 2 pour les circuits monophasés.

ρ la résistivité des conducteurs en service normal (0,023 pour le cuivre et 0,037 pour l'aluminium).

L la longueur simple de la canalisation en mètres.

La chute de tension en % est exprimée comme suit : $\Delta U = 100 * \frac{u}{U_n}$

Cette méthode rigoureuse, par le calcul, est assez longue et fastidieuse à étudier. Une méthode plus rapide et plus simple consiste à utiliser les tableaux des fabricants qui permettent rapidement de trouver des valeurs proches de celles calculées.

L'annexe 6 donne directement la chute de tension en % pour 100m de longueur pour un câble de section donnée en triphasé 400V. Pour une longueur différente de 100m, il faut multiplier la valeur lue par la longueur/100.

II-3-5 Détermination des courants de court-circuit

Les intensités de court-circuit sont calculées à l'aide de la formule :

$$I_{ccmax} = \frac{U_n * m * c}{\sqrt{R_t^2 + X_t^2} * \sqrt{3}}$$

[3]

I_{cc} étant le courant de court-circuit maximum en kA.

U_n étant la tension nominale entre phases en volts.

m étant le facteur de charge à vide = 1,05.

c étant le facteur de tension = 1,05.

R_t étant la somme des résistances (en mΩ) en amont du point où l'on recherche l'I_{cc}.

X_t étant la somme des réactances (en mΩ) en amont du point où l'on recherche l'I_{cc}.

Cette méthode rigoureuse, par le calcul, est assez longue et fastidieuse à étudier.

Une autre méthode (**annexe 7**) consiste à évaluer le courant I_{cc} aval en fonction du I_{cc} amont et en ne conservant, entre ces 2 points, que la longueur et la section du câble qui les relie. Elle est moins précise mais suffit largement pour déterminer les intensités de court-circuit afin de choisir les disjoncteurs.

Exemple :

Le tableau fabricant donne directement la valeur, pour un transformateur sec de 800kVA en 410V : $I_{cc} = 18,29$ kA. On peut aussi calculer cet I_{cc} si on connaît la tension de court-circuit du transformateur. Transformateur 800kVA 410V $U_{cc} = 6\%$

Il suffit de calculer le courant nominal $I_n = \frac{S}{U * \sqrt{3}} = 1126$ A.

L'intensité de court-circuit $I_{cc} = 1126 * 100 / 6 = 18775$ A soit 18,7kA.

Pour utiliser **l'annexe 5** il suffit de choisir le courant I_{cc} du transformateur comme I_{cc} amont. Dans le cas proposé on prendra 20 kA ($>$ à 18,29 ou 18,7 kA).

Pour un départ dont le câble est 75m de 70 mm^2 , il suffit de prendre la ligne correspondante au 70 mm^2 cuivre (haut du tableau) et de chercher une longueur de ligne juste inférieure ou égale à la longueur de 75m. On trouve 60m.

A la verticale (**voir annexe 5**) de cette valeur et de la ligne I_{cc} amont 20 kA on trouve l' I_{cc} aval égal à 8,9 kA.

Remarques :

- ✓ Comme cet I_{cc} permet de choisir le pouvoir de coupure du disjoncteur on préfère augmenter l' I_{cc} au point choisi, c'est pour cela que si l' I_{cc} amont ne se trouve pas dans le tableau on prendra une valeur supérieure à celui-ci.
- ✓ Pour les mêmes raisons, les longueurs de câbles seront prises plus courtes si on ne trouve pas la valeur dans le tableau. Les sections, quand à elles, sont normalisées et donc se trouve dans l'annexe.

II-4 Dimensionnement de la partie HTA

II-4-1 Choix de la section des conducteurs

$$I_{HTA} = \frac{S}{33000 * \sqrt{3}} \quad S : \text{la puissance apparente du transformateur}$$

Nous savons que pour les conducteurs nus

$$I = K * S^{0,62} \quad [2]$$

A partir de cette formule, nous déduisons la section du conducteur : $S = e^{\frac{\ln(\frac{I}{K})}{0,62}}$

L'alumélec étant le conducteur le moins cher par rapport au cuivre et à l'aluminium, nous avons opté pour des conducteurs de cette nature. Le coefficient K pour l'alumélec est de 16,4.

Tableau 4 : Comparaison section théorique/section normalisée

Puissance apparente S(kVA)	Courant par phase I (A)	Sections théoriques (mm²)	Section normalisée (mm²)
50	0,87	0,01	
100	1,75	0,03	34,4
160	2,79	0,06	34,4
250	4,37	0,12	34,4

II-4-2 Vérification de la section par rapport à la chute de tension

On tout d'abord les résistances et les réactances du tronçon :

$$R = R_0 * L$$

$$X = X_0 * L$$

R_0 : résistance linéique

L : longueur du tronçon

X_0 : réactance linéique

Pour une section de 34,4 mm² la résistance linéique de l'alumélec est de 0,956Ω/km et la réactance linéique de 0,35Ω/km.

En HTA, la chute de tension admissible est de 7,5% ; pour cela nous procédons à la vérification des sections afin que la chute de tension au point le plus éloigné ne soit pas supérieure à 7,5%.

Elle est donnée par la formule suivante :

$$\Delta U = \frac{P * R + Q * X}{U_n} \quad [3]$$

II-5 Les dispositifs de protection

II-5-1 Disjoncteur principal BTA

Le disjoncteur est destiné à établir, supporter et interrompre des courants, sous sa tension assignée, dans les conditions normales de service et dans les conditions anormales spécifiées.

Le choix des disjoncteurs est conditionné par :

- La connaissance du calibre du disjoncteur par rapport au courant d'emploi en choisissant un courant assigné I_n supérieur ou égal au courant d'emploi I_b .
- La connaissance du pouvoir de coupure ultime du disjoncteur I_{cu} supérieur ou égal à l'intensité de court-circuit I_{cc} en amont de ce dernier.

II-5-2 Interrupteur aérien du lotissement - éclateur

✓ Pour isoler une partie du réseau HTA, on dispose d'interrupteurs à commande mécanique (IACM). L'on prévoit un seul IACM par lotissement afin de permettre des manœuvres de recherches de défauts sur les tronçons BTA. Cet IACM sera installé à l'entrée du lotissement.

✓ L'éclateur est un dispositif simple constitué de deux électrodes, la première reliée au conducteur à protéger, la deuxième reliée à la terre. A l'endroit où il est installé dans le réseau, l'éclateur représente un point faible pour l'écoulement des surtensions à la terre et protège ainsi le matériel. La tension d'amorçage de l'éclateur est réglée en agissant sur la distance dans l'air entre les électrodes, de façon à obtenir une marge entre la tenue au choc du matériel à protéger et la tension d'amorçage au choc de l'éclateur.

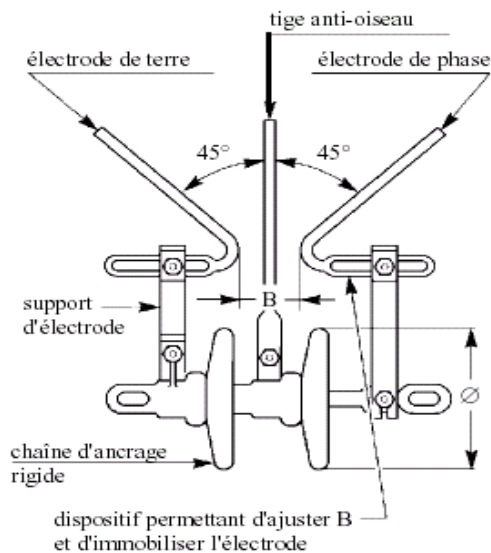


Figure 6 : Schéma de principe d'éclateur

[6]

II-6 Les supports et armements

II-6-1 Partie BTA

II-6-1-1 les supports et leurs caractéristiques

Il existe plusieurs types de supports. Pour notre étude, nous allons utiliser les poteaux en béton armé PBA. Selon l'emplacement du poteau, il peut être un poteau d'angle, d'arrêt ou d'alignement.

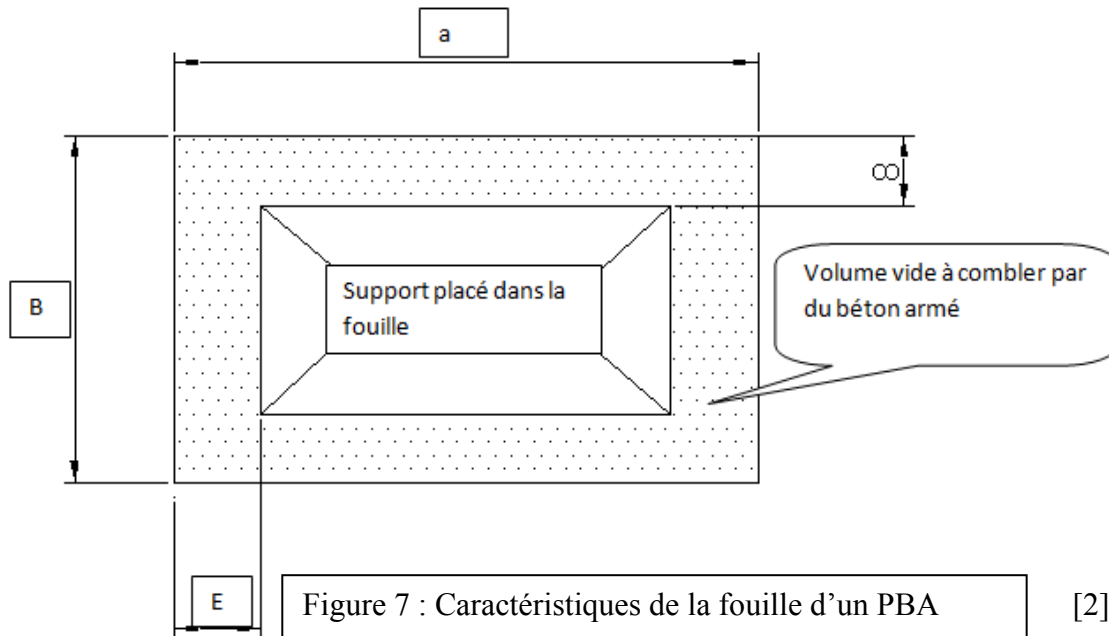
Ils se caractérisent généralement en fonction de leur Hauteur et de leur effort nominal. Pour les supports d'une hauteur inférieure ou égale à 18m, la profondeur d'implantation est égale au dixième de la hauteur + 0,5m.

$$L_{pf} = \frac{1}{2} + \frac{H}{10} \quad [2] \quad \text{Avec } L_{pf} : \text{profondeur de la fouille}$$

Les dimensions des massifs doivent être déterminées de manière à permettre une estimation des quantités des intrants à utiliser. Le tableau suivant nous donne les dimensions des massifs de fondation pour poteaux en béton armé.

Tableau 5 : Dimensions des massifs de fondation pour PBA

Hauteur totale H (m) : 9, 10, 11, 12			
Effort Nominal F (daN)	Dimensions du massif (cm)	a	B
300		60	40
500		70	45
650		75	50
800		80	55



II-6-1-2 les intrants pour la pose et l'implantation des supports

Pour la pose et l'implantation des supports, en général la NIGELEC utilise comme intrants, du béton à 80% du vide à combler et des pierres de calage à 20% du vide à combler. Le béton est composé du ciment, de l'eau, et du gravier + sable.

Le volume du vide à combler est obtenu à partir de la formule : $V_v = V_t - V_{sf}$ avec V_v : volume vide à combler, V_t : volume total fouille et V_{sf} : volume support dans fouille

Le béton a une masse volumique de 2200 kg/m^3 ; connaissant le volume du vide à combler et la proportion du béton à mettre dans le vide, nous pouvons calculer sa masse à partir de la formule :

$$M_{\text{béton}} = 0,8 * V_v * 2200$$

De la même manière, nous pouvons calculer les masses du ciment, de l'eau et du gravier+sable contenues dans le béton sachant que pour 1m^3 de béton il faut :

- 350kg de ciment ;
- et une quantité d'eau égale à 60% du poids du ciment.

II-6-1-3 Les dispositifs de suspension et d'ancrage

En fonction de la nature du poteau, on distingue des systèmes d'ancrage ou des dispositifs de suspension. Nous avons des dispositifs de suspension au niveau des poteaux d'alignement et d'angle, et des dispositifs d'ancrage au niveau des poteaux d'arrêt.

➤ Ensemble d'ancrage simple

Il est composé de deux éléments, un premier appelé console, qui assure une avancée de 100mm, sa fixation se réalise sur des poteaux en bois ou en béton armé ; et d'un deuxième élément appelé pince d'ancrage qui assure le maintien du neutre porteur.

➤ Ensemble de suspension

C'est un ensemble de trois éléments dont le premier est la console, le second la liaison mobile et enfin la pince de suspension. Le premier assure une avancée de 140mm. Il se fixe sur des poteaux en bois ou en béton armé. Le second assure la mobilité longitudinale et transversale limitée. Le troisième ne permet que la prise du neutre porteur.

II-6-2 Partie HTA

II-6-2-1 les dispositifs de suspension et d'ancrage

L'isolation entre les conducteurs et les pylônes est assurée par des isolateurs (chaînes d'isolateurs). Ceux-ci sont réalisés en verre, en céramique, ou en matériau synthétique. Les isolateurs en verre ou en céramique ont en général la forme d'une assiette.

On les associe entre eux pour former des chaînes d'isolateurs. Plus la tension de la ligne est élevée, plus le nombre d'isolateurs dans la chaîne est important.

Nous allons utiliser des chaînes d'isolateurs suspendus et des chaînes d'isolateurs tendus.

II-6-2-2 Les intrants pour la pose et l'implantation des supports

Les calculs sont les mêmes que dans le cas de la BTA.

Tableau 6 : Calcul des quantités d'intrant BTA et HTA

	Poteau BTA 300daN	Poteau BTA 500daN	Poteau BTA 650daN	Poteau HTA 300daN	Poteau HTA 650daN	Poteau HTA 800daN
const (m)	0,08					
H (m)	9	9	9	12	12	12
Lpf (m)	1,4	1,4	1,4	1,7	1,7	1,7
a (m)	0,6	0,7	0,75	0,6	0,75	0,8
B (m)	0,4	0,45	0,5	0,4	0,5	0,85
E (m)	0,09	0,125	0,15	0,09	0,15	0,175
V _t (m ³)	0,336	0,441	0,525	0,408	0,6375	1,156
V _{sf} (m ³)	0,14112	0,1827	0,2142	0,17136	0,2601	0,52785
V _v (m ³)	0,19488	0,2583	0,3108	0,23664	0,3774	0,62815
V _{béton} (m ³)	0,155904	0,20664	0,24864	0,189312	0,30192	0,50252
M _{béton} (kg)	342,9888	454,608	547,008	416,4864	664,224	1105,544
M _{ciment} (kg)	54,5664	72,324	87,024	66,2592	105,672	175,882
M _{eau} (kg)	32,73984	43,3944	52,2144	39,75552	63,4032	105,5292
M _{gravier+sable} (kg)	255,68256	338,8896	407,7696	310,47168	495,1488	824,1328

II-7 Estimation économique

A partir du prix unitaire (bordereau NIGELEC) de chaque équipement et du nombre, nous avons calculé le coût total des équipements des deux modes (aérien et souterrain) et ceux du réseau HTA.

La formule utilisée pour le calcul du prix du kW/m² loti est le suivant :

$$\text{Prix}_{\text{kw} / \text{m}^2} = \frac{\text{Prix}_{\text{total_lotissement}}}{\text{Surface}_{\text{lotissement}}} \quad \text{Prix}_{\text{1kW_installé}} = \frac{\text{Prix}_{\text{total_lotissement}}}{\text{Puissance}_{\text{lotissement}}}$$

La durée d'amortissement est donnée par la formule suivante :

$$\text{Durée}_{\text{amortissement}} = \frac{\text{Coût}_{\text{investissement}}}{\text{Coût}_{\text{consommation_annuelle}}}$$

III- LES RESULTATS

III-1 Le tracé des tronçons

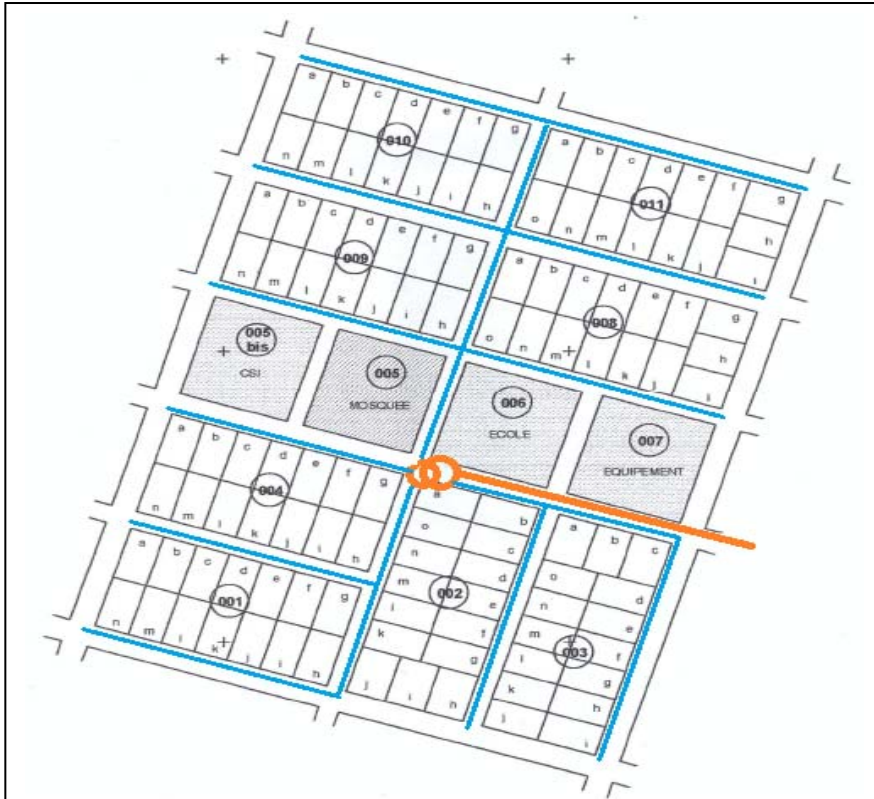


Figure 8 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Alsilamé



Figure 9 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Sanguilé

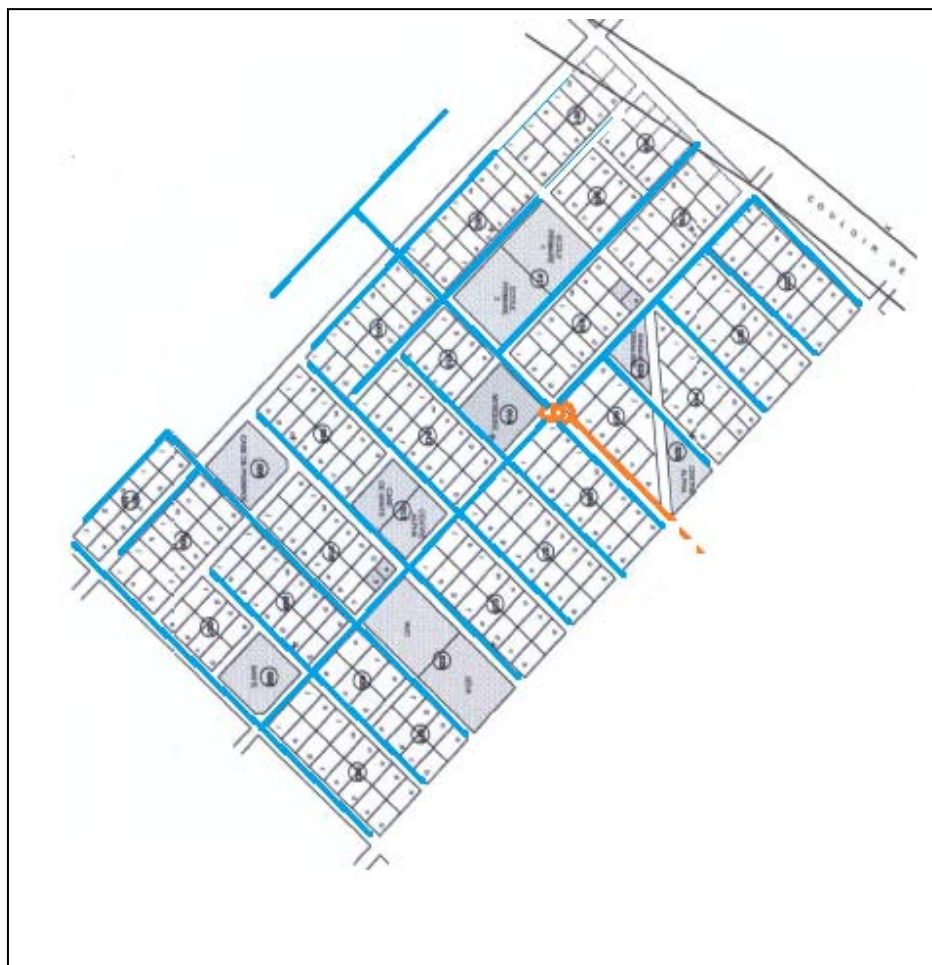


Figure 11 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Kandadji 2



Figure 10 : Tracé des tronçons du réseau de distribution de Kandadji 1

III-2 Emplacements des supports aériens et des coffrets souterrains

Les différentes parcelles desservies par chaque poteau (coffret souterrain) ainsi que les portées entre les supports de chaque lotissement sont données dans l'annexe 8.

Nous avons choisi d'utiliser à peu près le même emplacement tant pour les supports aériens BT que pour les coffrets de distribution souterrain.

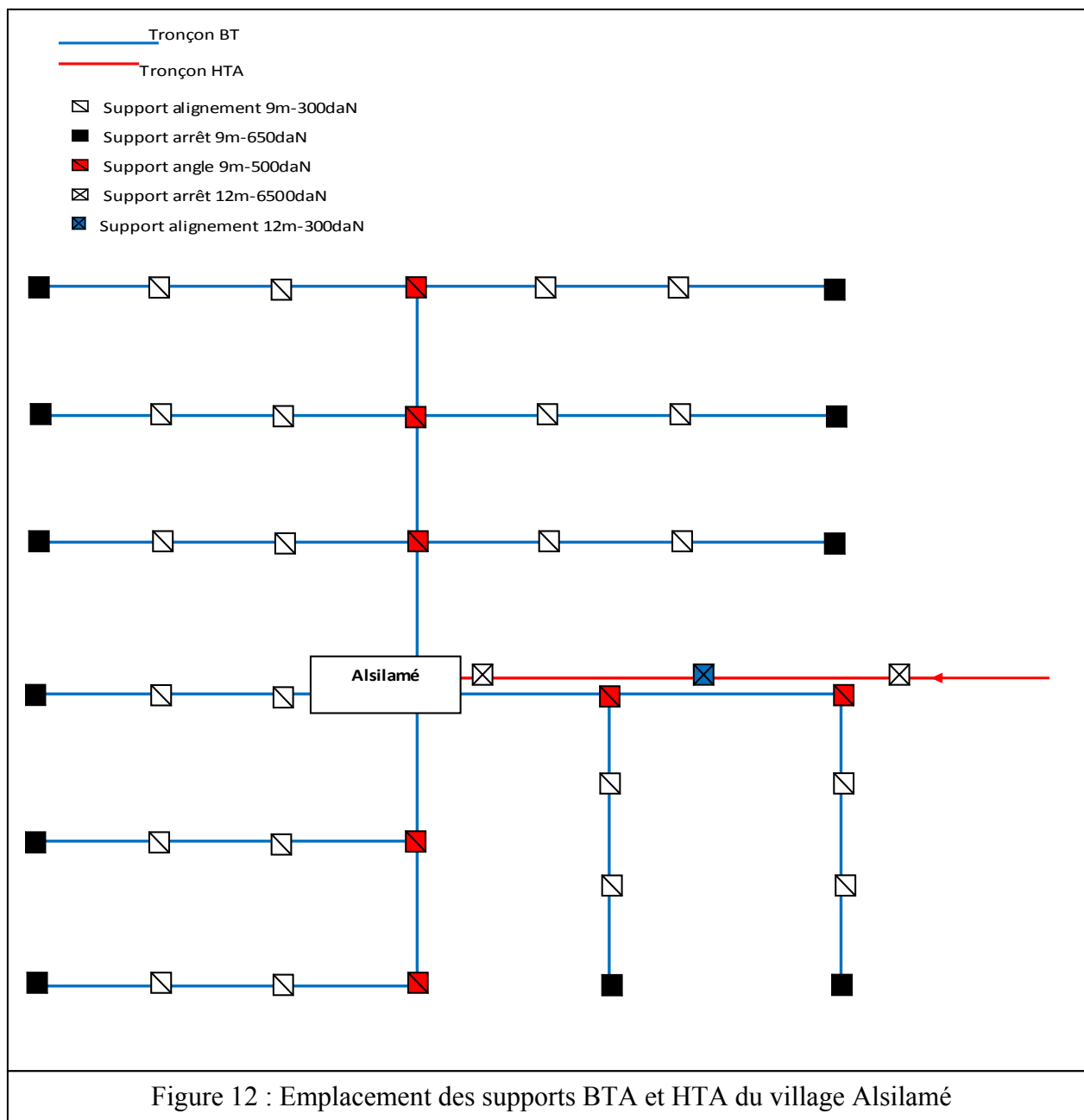
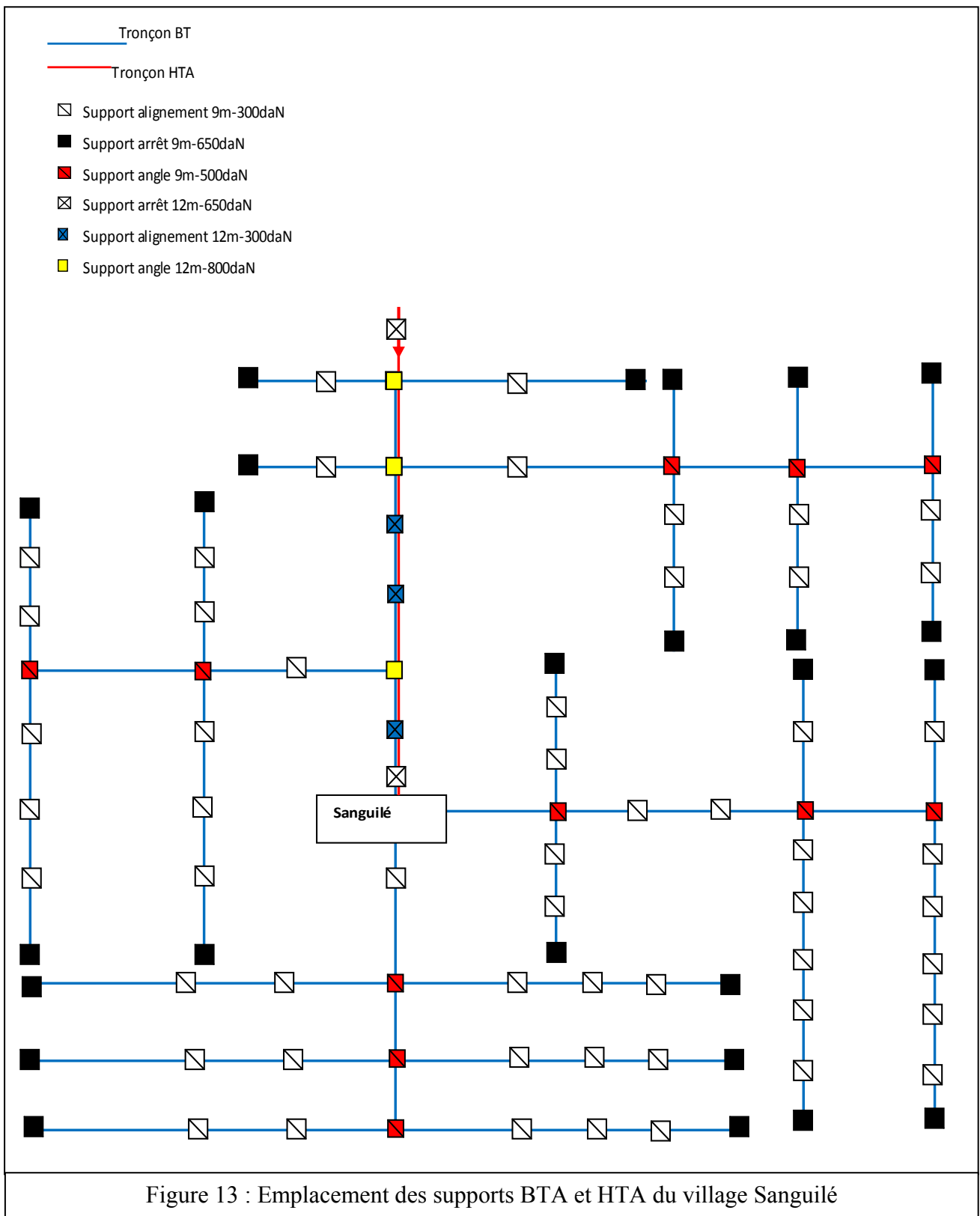


Figure 12 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Alsilamé



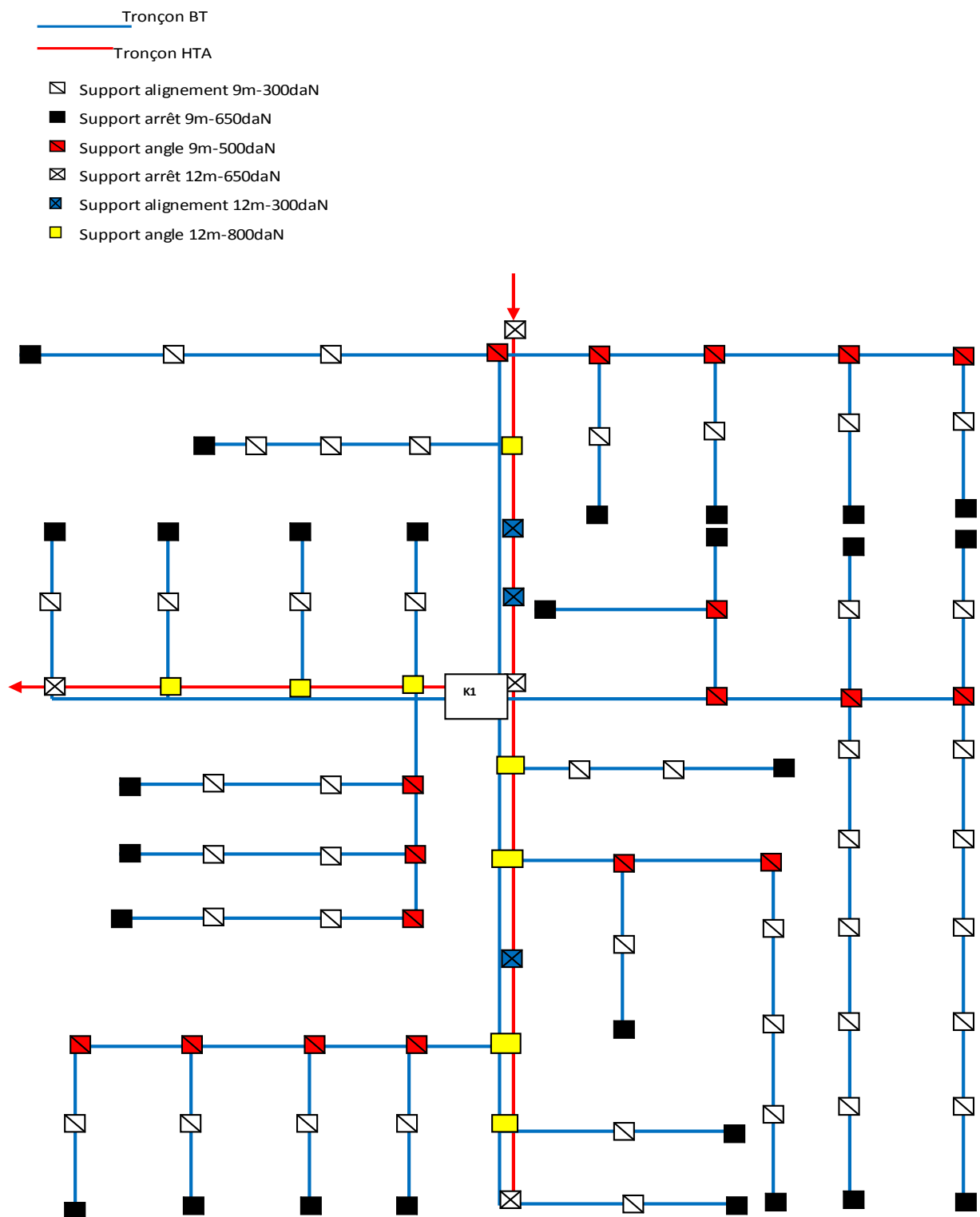
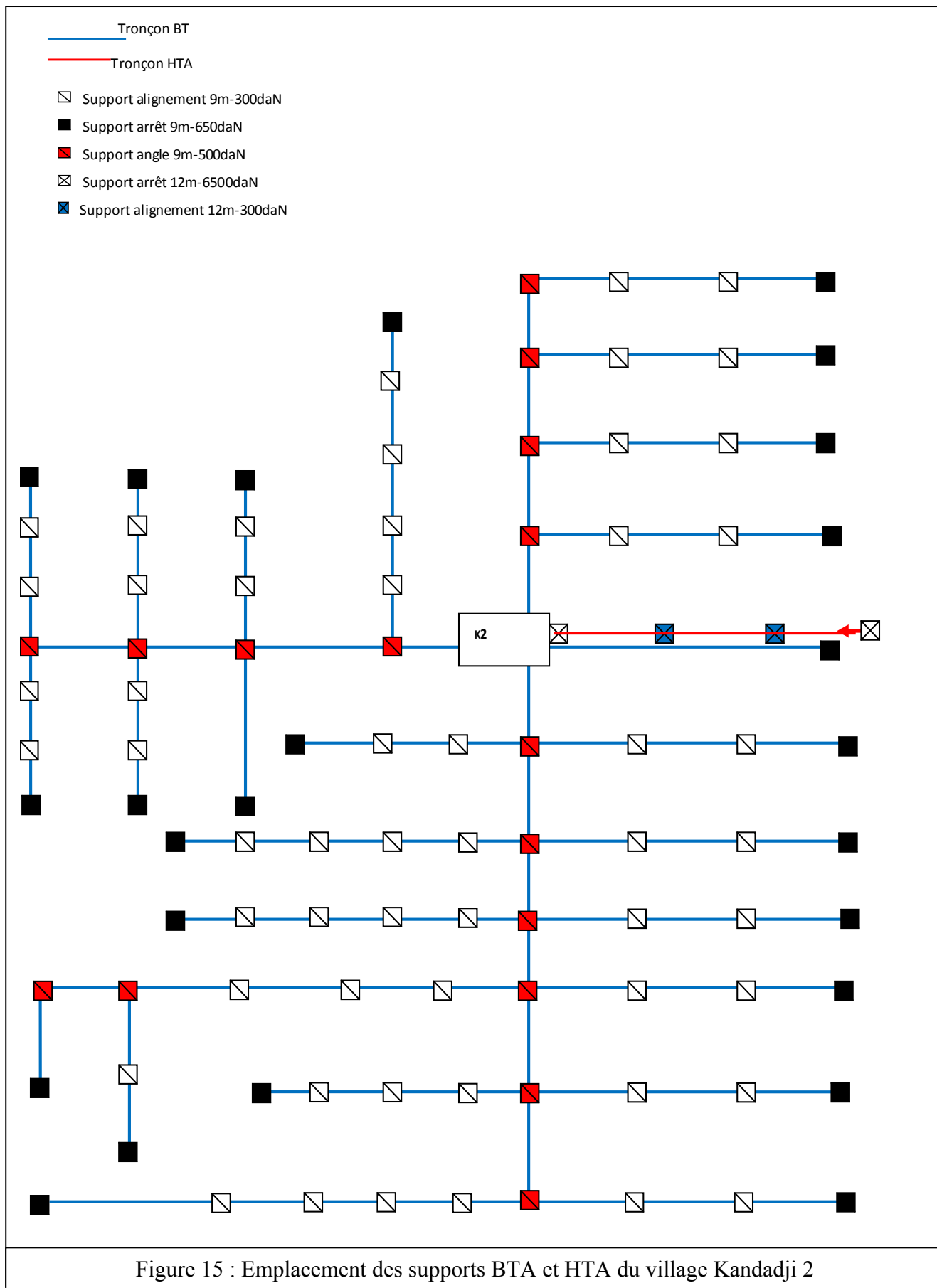
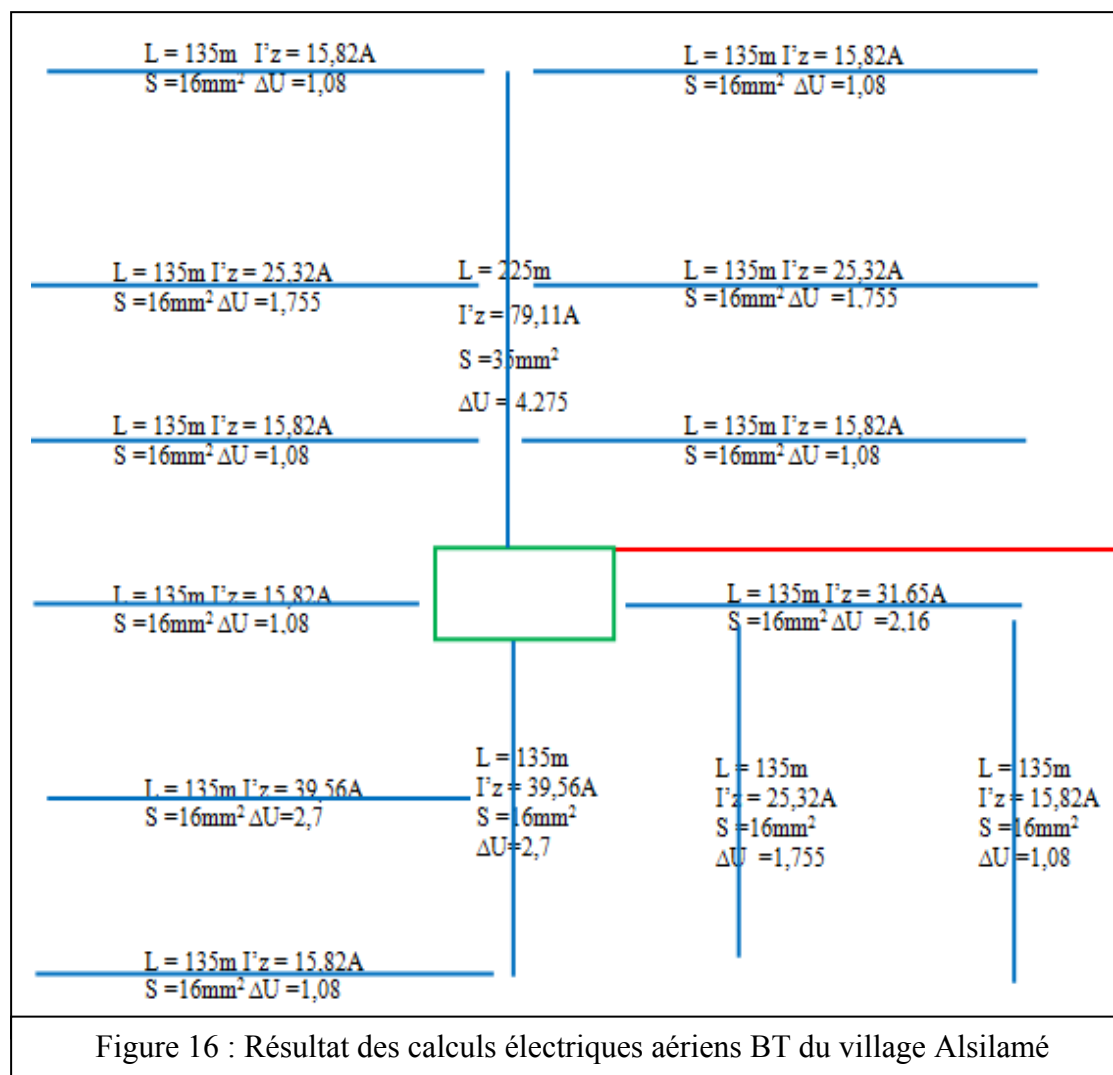


Figure 14 : Emplacement des supports BTA et HTA du village Kandadji 1



III-4 Dimensionnement électrique aérien

Tout au long du dimensionnement électrique, nous avons considéré le scenario faible (cahier de charges). Pour les détails des calculs électriques, voir l'annexe 8.



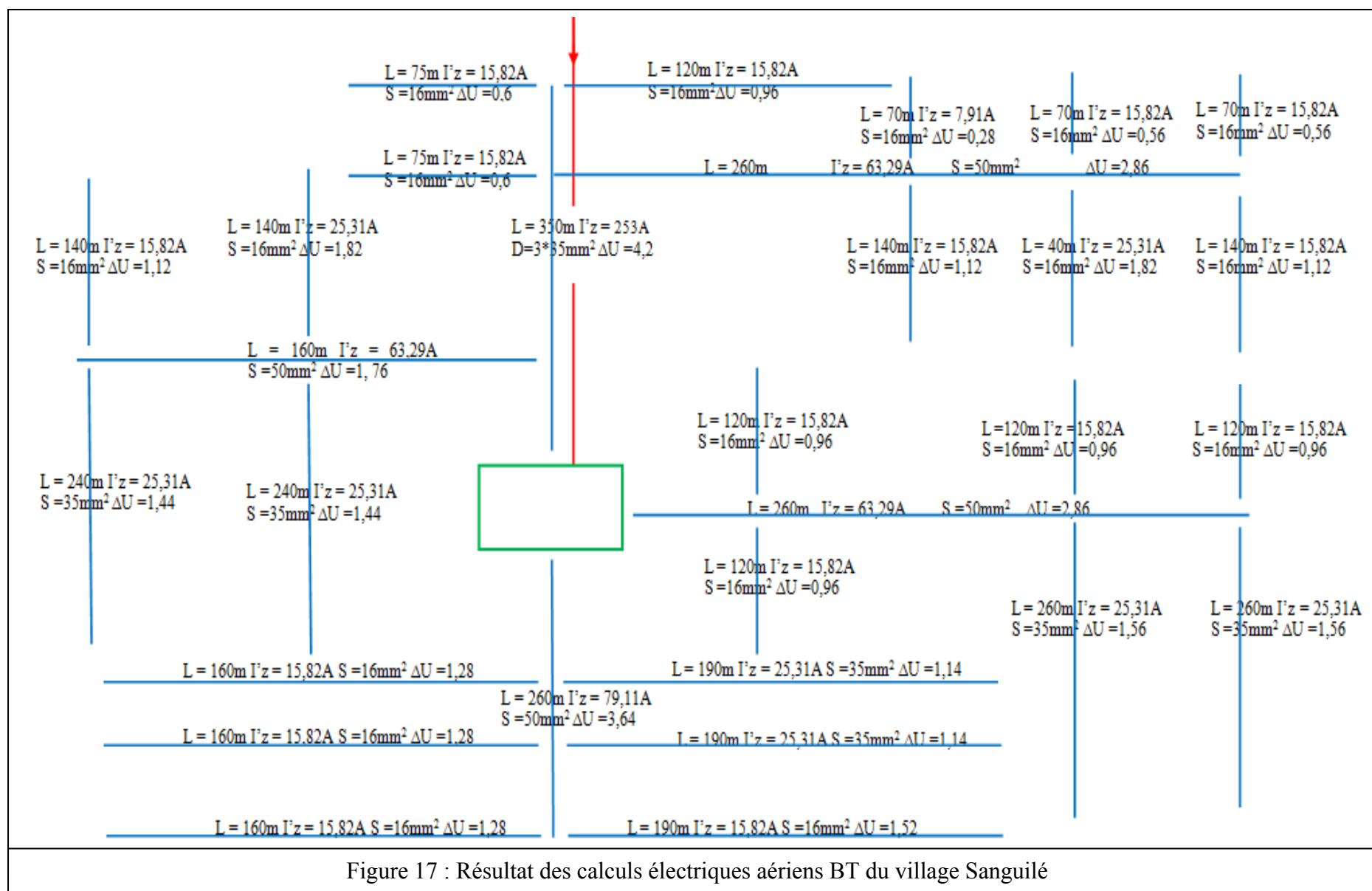


Figure 17 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Sanguilé

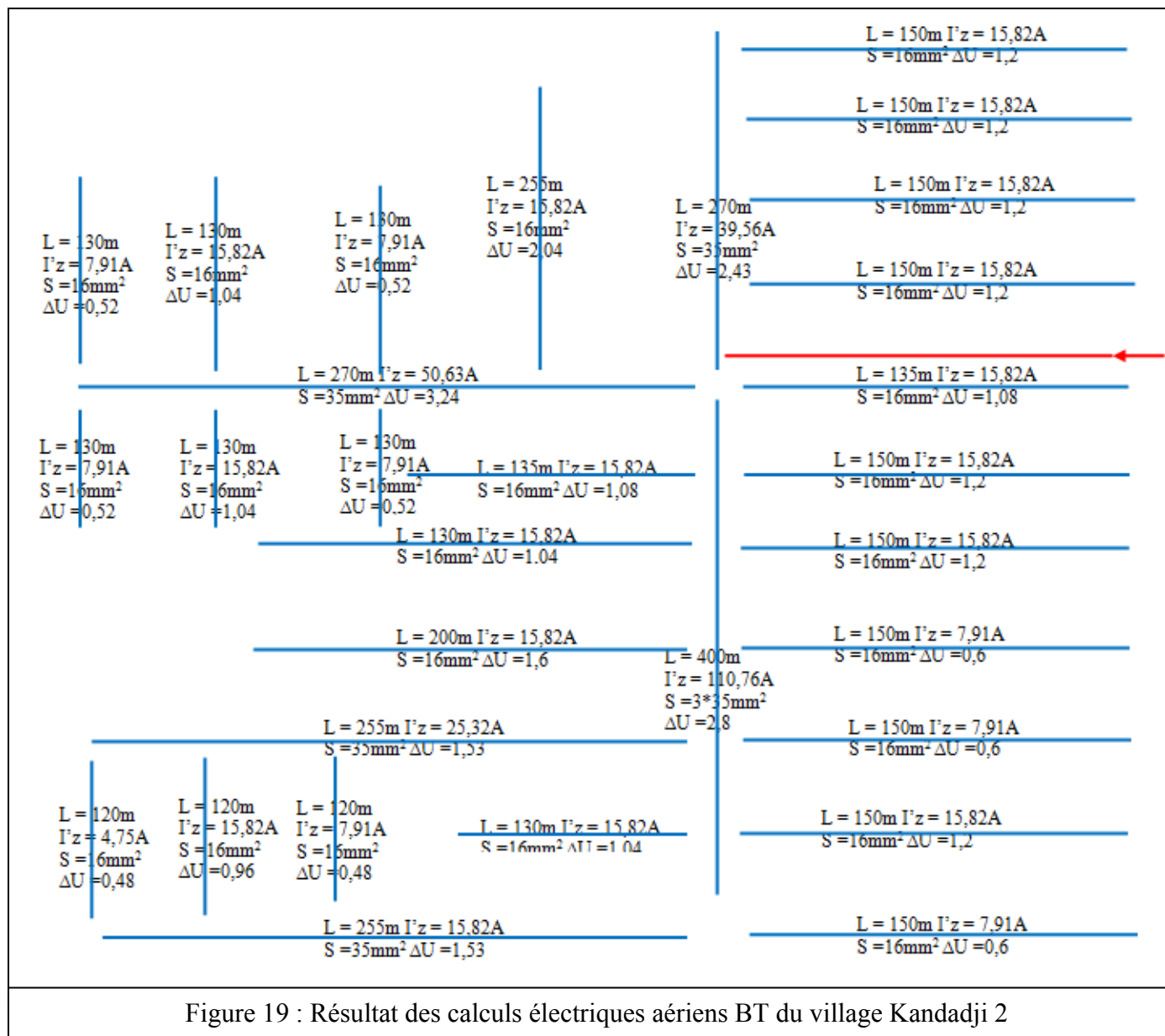
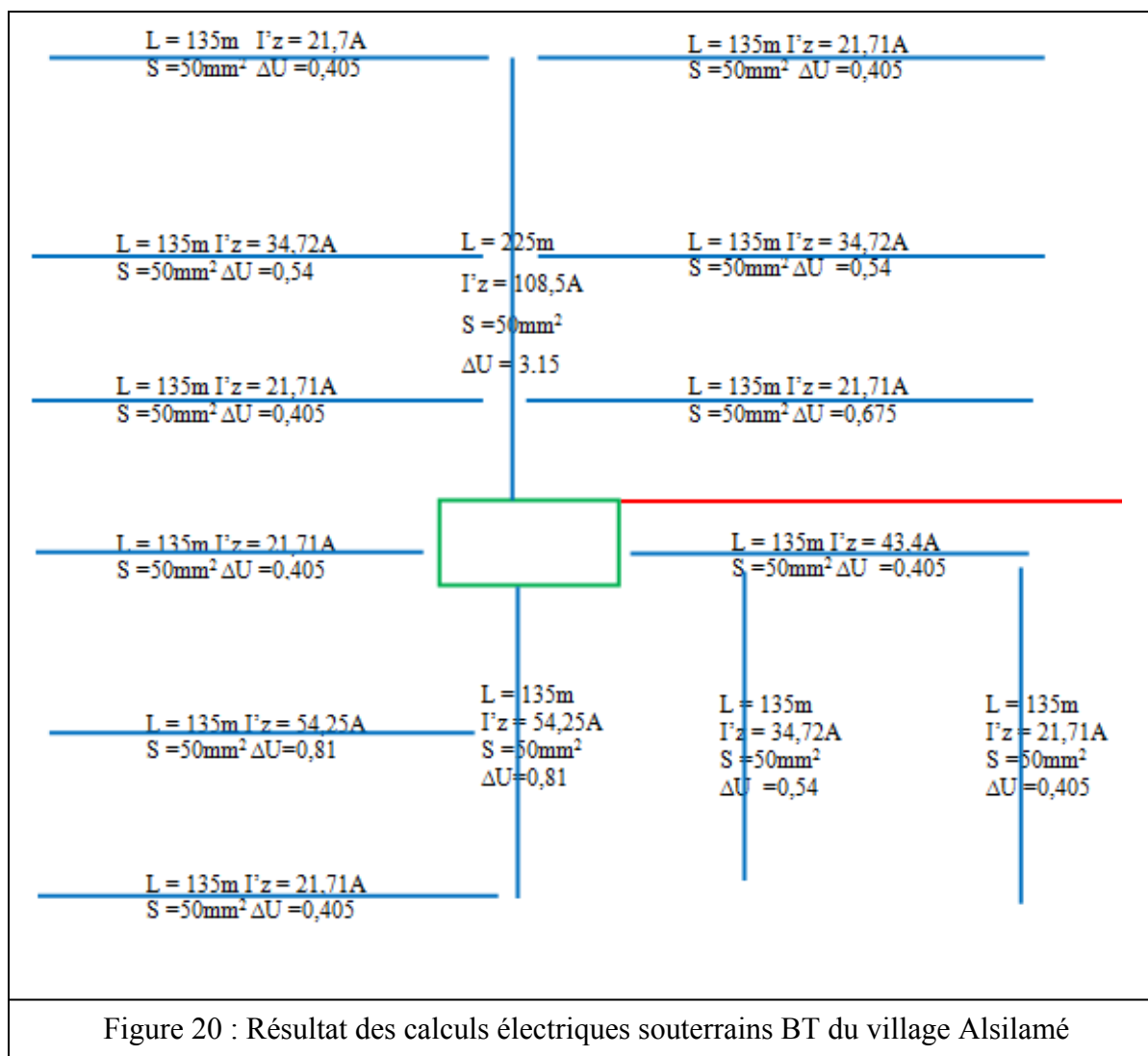


Figure 19 : Résultat des calculs électriques aériens BT du village Kandadji 2

III-5 Dimensionnement électrique souterrain



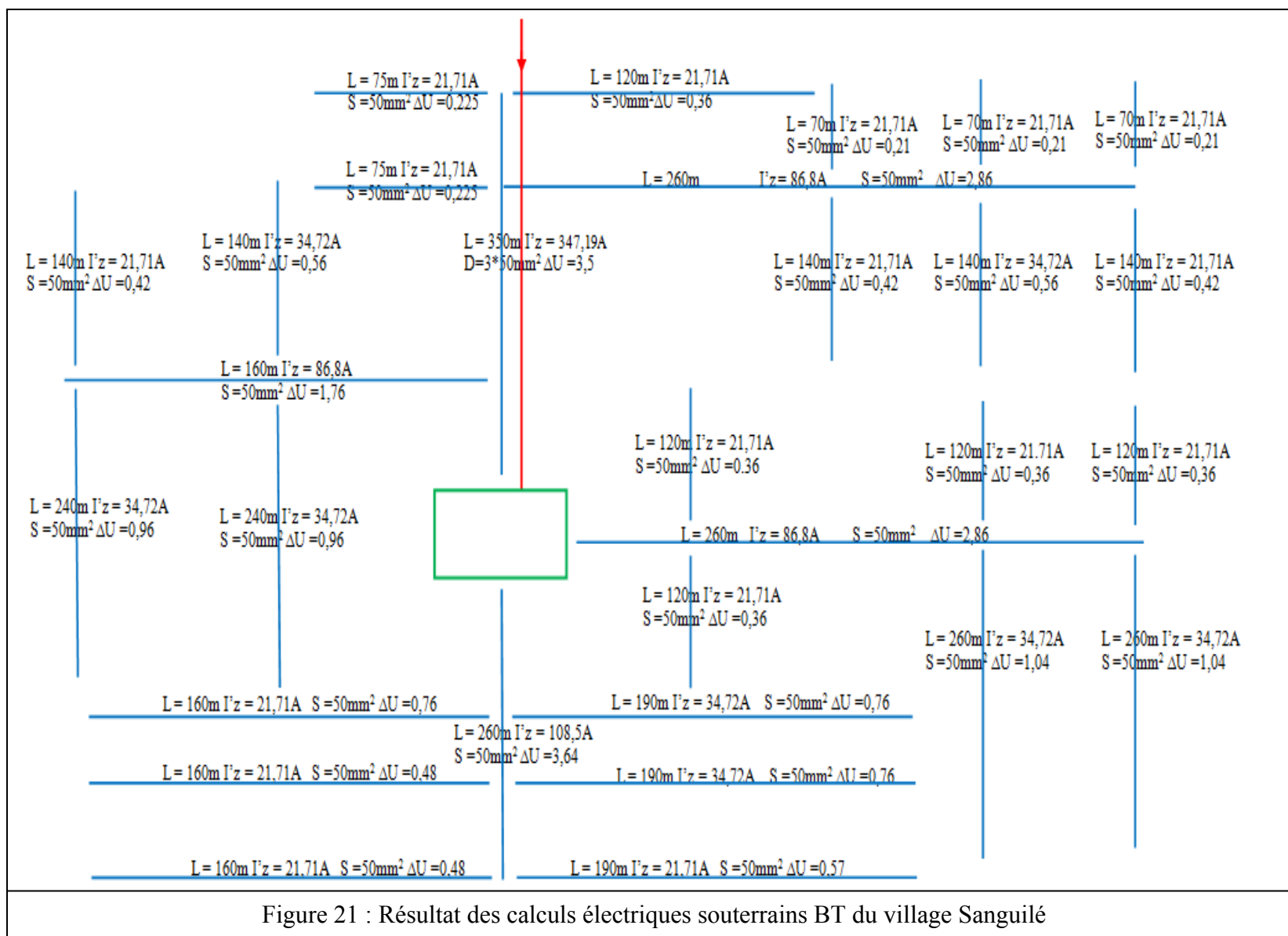


Figure 21 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Sanguilé

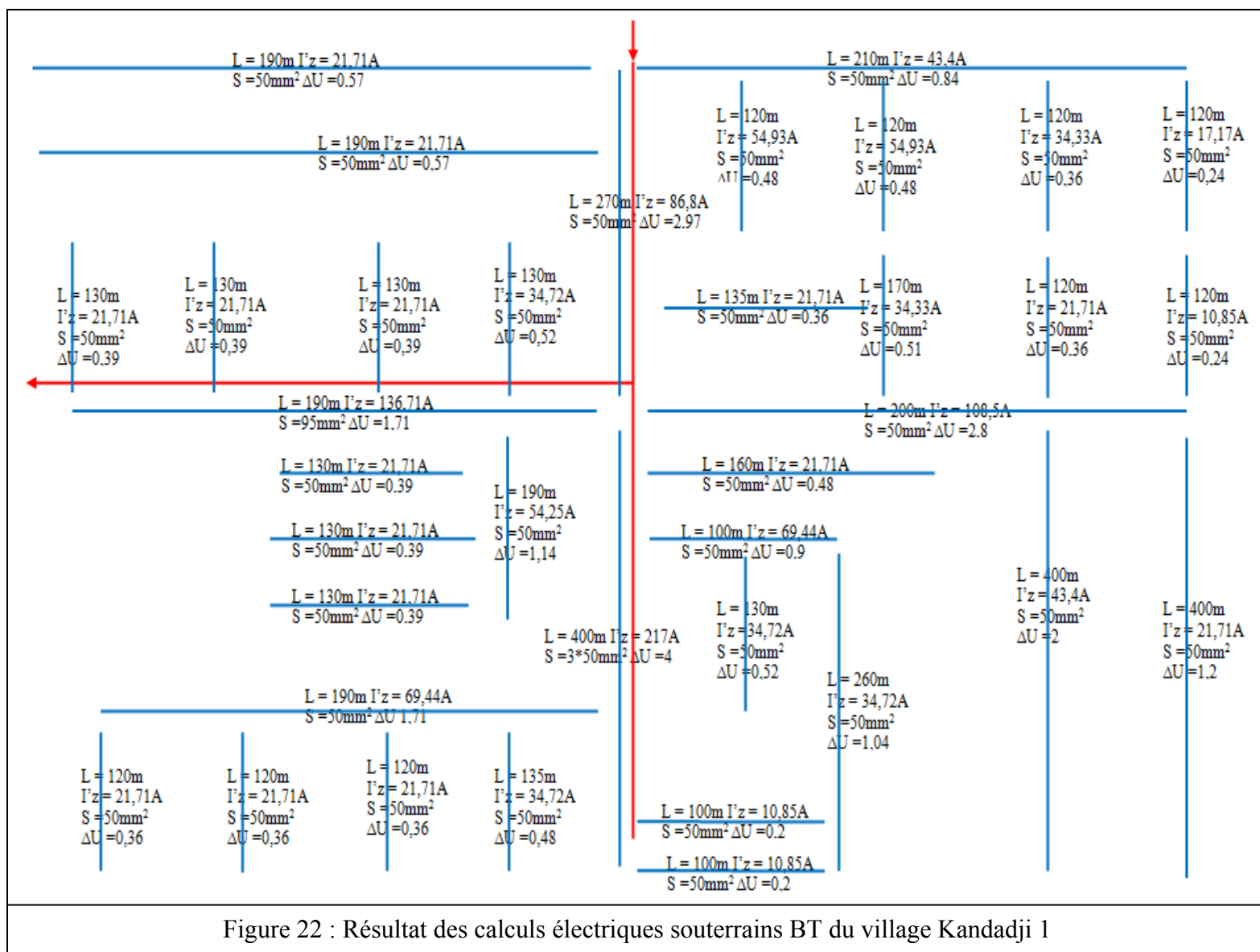


Figure 22 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Kandadji 1

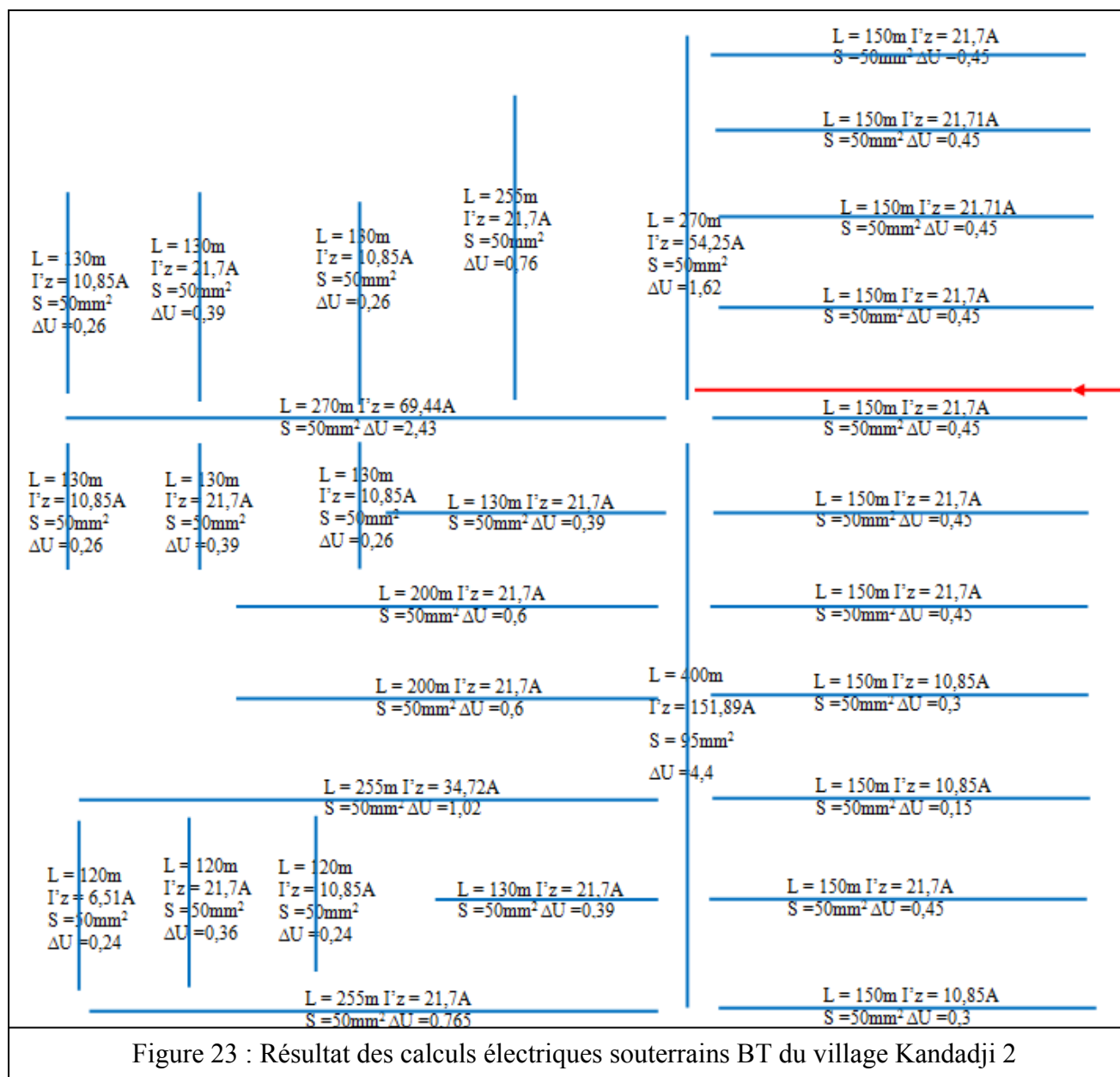


Figure 23 : Résultat des calculs électriques souterrains BT du village Kandadji 2

III-6 Les transformateurs choisis

Alsilamé											
Besoin en P (kW)			Besoin en S (kVA)			courant d'appel			Transfo Choisi (kVA)	In transfo choisi (A)	Icc amont (kA)
faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	100	141	2,34
46,4	69,6	92,8	58,00	87,00	116,00	83,72	125,57	167,43			

A la sortie du transformateur (secondaire), nous avons des courants de 141A, nous avons choisi le disjoncteur tétra polaire compact dans le bordereau de la NIGELEC.

Sanguilé											
Besoin en P (kW)			Besoin en S (kVA)			courant d'appel			Transfo choisi (kVA)	In transfo choisi (A)	Icc amont (kA)
faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	160	225	3,74
123,58	190	256	154,48	237,26	320,03	222,97	342,45	461,93			

A la sortie du transformateur (secondaire), nous avons des courants de 225A, nous avons choisi le disjoncteur tétra polaire compact dans le bordereau de la NIGELEC.

Kandadji												
	Besoin en P (kW)			Besoin en S (kVA)			courant d'appel			Transfo choisi (kVA)	In transfo choisi (A)	Icc amont (kA)
	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort			
Zone 1	120,8	205	289	151,00	256,25	361,50	217,95	369,87	521,78	160	225	3,74
Zone 2	66,8	132	198	83,50	165,25	247,00	120,52	238,52	356,51	100	141	2,34

A la sortie des transformateurs 1 et 2, nous avons des courants de 225A et 141A, nous avons choisi deux disjoncteurs tétra polaires compact dans le bordereau de la NIGELEC.

III-7 Inventaire du matériel et équipements

III-7-1 Partie HTA

Tableau 7a : liste du matériel et équipements HTA

		Caractéristiques	Quantité par lotissement				Prix unitaire (F CFA)
			Alsilamé	Sanguilé	Kansadji1	Kandadji2	
Transformateur HTA/BTA		H61	100 kVA	160 kVA	160 kVA	100 kVA	4.864.746 & 6.159.118
Support transfo		H61	1	1	1	1	63441,08
Poteau HTA	Alignement	12m 300daN	1	3	3	2	147750
	Arrêt	12m 500daN	2	2	4	2	210391
	Angle	12m 800daN	0	3	8	0	315895
Câble HTA (en m)		34,4mm²	150	400	900	175	460,89
HTA	nappe voute chaine d'isolateur suspendu (alignement)		1	3	3	2	26275,21
	herse chaine d'éclateur et d'isolateur tendu (arrêt)		2	2	4	2	51375,7+ 93123,65
	herse chaine d'isolateur tendu (angle)		0	3	8	0	32078,28
Interrupteur aérien		IACM 31.5-33kV	1	1	1	1	1999762,47
Parafoudre		33kV-Jeu de 3	1	1	1	1	314107,9
Fusible		HTA-33kV 2A ou 5A	1	1	1	1	3937,67
Intrants pour la pose des poteaux		Ciment (Kg)	418,02	867,55	1747,68	484,28	2500
		Eau (Kg)	250,81	520,53	1048,6	290,56	10
		Gravier+Sable (Kg)	1958,73	4065,12	8189,13	2269,2	2500

Coût Total partie HTA (F CFA)	14.374.566,6	22.916.453,9	38.764.345,8	15.502.338,8
--------------------------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

III-7-2 Partie BTA aérien

Tableau 7b : liste du matériel et équipements BTA aérien

		Caractéristiques	Quantité par lotissement				Prix unitaire (F CFA)
			Alsilamé	Sanguilé	Kansadji1	Kandadji2	
Poteau BTA	Alignement	9m 300daN	22	52	43	55	93472
	Arrêt	9m 650daN	11	25	28	25	156203
	Angle	9m 500daN	7	11	19	16	123927
Intrants pour la pose des poteaux		Ciment (Kg)	2664	5808,61	6157,18	6333,9	2500
		Eau (Kg)	1598,39	3670,17	3694,3	3800,36	10
		Gravier+Sable (Kg)	12482,7	28662,3	28850,8	29679	2500
Câbles BTA aérien (en m)		4*16 mm ²	1755	2330	3415	3640	782,92
		3*35+54.6+16mm ²	255	2430	1750	2250	1966,68
		3*50+54.6+16mm ²	0	680	470	0	2071,97
		3*70+54.6+16mm ²	0	0	190	0	2511,58
BTA	Ensemble d’ancrage	Pince pour neutre + console	11	25	28	25	4435,51 + 2958,19
	Ensemble de suspension	Pince + liaison mobile+ console	40	97	109	98	4233,74 + 1139+ 2342,93
CONNECTEURS BTA aérien		4*16mm ²	13	19	14	25	2357,98
		3*35+54,6+16mm ²	1	9	10	7	2357,98
		3*50+54,6+16mm ²	0	4	2	0	2357,98
		3*70+54,6+16mm ²	0	0	1	0	3249,87
Disjoncteur BTA		Compact 250 A	1	1	1	1	231222,7
Coût Total Partie BTA aérien (F CFA)			44.823.342	105.892.087	106.983.474	109.390.539	

III-7-3 Partie BTA souterrain

Tableau 7c : liste du matériel et équipements BTA souterrain

	Caractéristiques	Quantité par lotissement				Prix unitaire (F CFA)
		Alsilamé	Sanguilé	Kansadji1	Kandadji2	
Câbles BTA souterrain (en m)	3*50+50mm ²	1980	5700	6570	4755	5997,27
	3*95+50mm ²	0	0	190	400	11423,12
	3*150+70mm ²	0	0	0	0	8135,57
Coffret de répartition pour réseau souterrain	8 départs	40	88	90	96	1129740,76
CONNECTEURS BTA souterrain	3*50+50mm ²	14	32	36	29	2357,98
	3*95+50mm ²	0	0	1	1	3249,87
	3*150+70mm ²	0	0	0	0	3249,87
Disjoncteur BTA	Compact 250 A	1	1	1	1	231222,7
Coût Total Partie BTA souterrain (F CFA)		57.097.236,7	133.677.081	143.337.262	141.613.011	

III-8 Estimation économique

Le Coût moyen du kWh est 83FCFA. La consommation moyenne annuelle est estimée à :

- ✓ 250kWh par parcelle de classe A ;
- ✓ 650kWh par parcelle de classe B.

III-8-1 Mode aérien

Tableau 8 : Coût du kW/m² aérien

	Coût investissement	Puissance (kW)	Surface (m ²)	Coût d'1kW	Coût du kWh/m ²
Alsilamé	44.823.342	116	147.900	386.408,12	303,06
Sanguilé	105.892.087	234	347.800	452.530,29	304,46
Kandadji 1	106.983.474	315	280.000	339.630,07	382,08
Kandadji 2	109.390.539	167	280.000	655.033,16	390,68

Tableau 9 : Amortissement aérien

Lotissement	Consommation annuelle (kWh)	Cout du kWh (FCFA)	Cout de la consommation annuelle (FCFA)	Cout investissement (FCFA)	Amortissement (an)
Alsilamé	75400	83	6.258.200	44.823.342	7,16
Sanguilé	148650	83	12.337.950	105.892.087	8,58
Kandadji 1	187050	83	15.525.150	106.983.474	6,9
Kandadji 2	84550	83	7.017.650	109.390.539	15,5

III-8-2 Mode souterrain

Tableau 10 : Coût du kW/m² souterrain

	Coût investissement	Puissance (kW)	Surface (m ²)	Coût d'1kW	Coût du kWh/m ²
Alsilamé	57.097.236	116.000	147.900	492.217,55	386,05
Sanguilé	133.677.081	234.000	347.800	571.269,57	384,35
Kandadji 1	143.337.262	315.000	280.000	455.038,92	511,91
Kandadji 2	141.613.011	167.00	280.000	847.982,1	505,76

Tableau 11 : Amortissement souterrain

Lotissement	Consommation annuelle (kWh)	Cout du kWh (FCFA)	Cout de la consommation annuelle (FCFA)	Cout investissement (FCFA)	Amortissement (an)
Alsilamé	75400	83	6.258.200	57.097.236	9,12
Sanguilé	148650	83	12.337.950	133.677.081	10,8
Kandadji 1	187050	83	15.525.150	143.337.262	9,23
Kandadji 2	84550	83	7.017.650	141.613.011	20,1

IV REMARQUES ET SUGGESTIONS

IV-1 Remarques

On a fait dans ce dimensionnement une étude générale de la partie distribution du réseau électrique, avec l'étude du mode de pose, de ses différents composants nécessaires à la distribution et du coût de réalisation.

En effet nous remarquons que :

✓ L'on utilise plus d'équipement dans la partie du réseau BTA aérien. Les conducteurs sont supportés par des poteaux grâce à des armements.

✓ Bien que l'on utilise plus d'équipements en aérien, le prix du kW/m² loti en enterré vaut à peu 1,3 fois l'aérien. Ceci s'explique par le fait que, les équipements du mode enterré sont plus chers car ils doivent résister à des contraintes plus sévères dues à leur canalisation.

✓ Au lieu d'être à l'air libre, les conducteurs sont dans des fouilles, c'est pourquoi le mode enterré est moins encombrant.

✓ De plus, pour une même section technique le mode souterrain est techniquement plus performant. Par exemple sur un tronçon $L = 260\text{m}$, une section $S = 50\text{mm}^2$.

Aérien	$I'z = 79,11$	$\Delta U = 3,64\%$
Souterrain	$I'z = 105 \text{ A}$	$\Delta U = 3,64\%$

✓ L'investissement d'un projet d'électrification coûte cher au Niger. Dans le dimensionnement que nous venons de faire, il varie de 492.217,55 FCFA à 655.033,16 FCFA pour avoir une puissance de 1kW en aérien.

Dans le cas où c'est la NIGELEC qui est maître d'œuvre, il faudrait au moins 7 ans pour qu'elle puisse amortir son investissement. L'investissement du projet fait au moins 7 fois le coût de la consommation annuelle de la zone électrifiée.

IV-2 Suggestions

Du point de vue technico-économique, nous venons de démontrer que la partie du réseau de distribution option enterré est moins économique que le mode aérien. Avant de pouvoir faire la politique d'une de ces modes de pose, nous suggérons au bureau d'étude de faire une étude à long terme des deux modes. L'étude à long terme sera basée sur :

- l'entretien du réseau en fonction du mode de pose,
- les risques à courir selon le mode de pose
- et enfin le coût de l'entretien par type de pose.

CONCLUSION

A l'issue de cette étude, l'occasion nous est aussi donnée d'exprimer notre entière satisfaction car nous avons eu à faire des remarques et des suggestions pertinentes pour la réalisation d'un réseau de distribution. En effet, il nous a été possible d'analyser et de comprendre davantage, la partie distribution du réseau électrique.

De cette étude ressort clairement de façon économique, le plus rentable des deux modes de distribution.

De plus, n'ayant aucune expérience ni formation professionnelle en matière de réseau électrique urbain, nos compétences dans ce domaine restent à consolider. Toutefois nous avons confiance aux résultats de notre dimensionnement.

Ainsi, ce stage de fin de cycle a été pour nous un exercice de qualité quant au rôle que nous sommes appelés à jouer en tant qu'Ingénieur.

A travers l'analyse que nous avons menée, notre souhait a été de parvenir à sortir un résultat qui soit utile et fiable.

Nous saisissons alors cette opportunité pour signaler au bureau d'études de la nécessité de compléter le travail que nous avons effectué en proposant une étude à long terme.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

- [1] ERDF-PRO-RES_43E (version 2) 01/03/2011, Principes d'étude et de développement du réseau pour le raccordement des clients consommateurs et producteurs BT.
- [2] MEMOTECH Equipements et installations électriques, René BOURGEOIS & Denis COGNIEL & Bernard LEHALLE, éditions CASTEILLA 1992
- [3] Guide de distribution de l'installation électrique Schneider Electric édition 2003.
- [4] Jacques Bourbon, Technologie des postes HTA/BT (JB 2010)
- [5] FCI-MP Couverture 24/02/04, Réseau aérien basse tension
- [6] SéQuélec-Guide pratique, Réalisation de postes HTA/BT de distribution publique Fascicule n°3 : Poste sur poteau
- [7] SéQuélec-Guide pratique, Réseaux et branchements basse tension souterrains en lotissement

Sites internet

www.erdfdistribution.fr/medias/DTR.../ERDF-PRO-RES_43E.pdf
[www.es-reseaux.fr/.../...](http://www.es-reseaux.fr/.../)
www.afpi-cfai.com/.../1374-dimensionnement-d-une-installation-elec...
www.extpdf.com/dimensionnement-du-reseau-bt-pdf.html
lva93.ac-creteil.fr/indus/tse/document/pdf/b5.pdf

ANNEXE

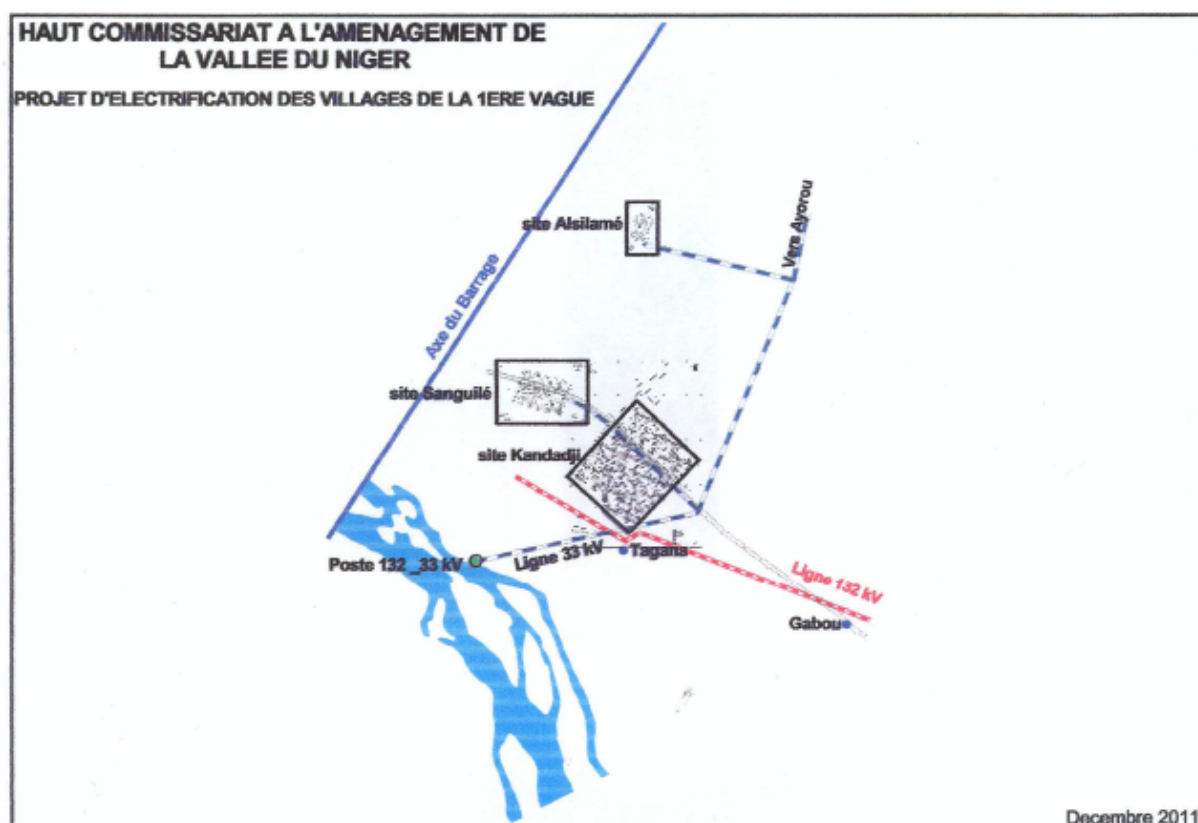
ANNEXE 1 : Documents et sources.....	47
1.1. Ks pour habitation (NF C 14 – 100).....	47
1.2. Situation géographique des lotissements.....	47
1.3. Plan d'aménagement de Alsilamé.....	48
1.4. Plan d'aménagement de Sanguilé.....	49
1.5. Plan d'aménagement de Kandadji.....	50
ANNEXE 2 : Cahier de charges.....	51
2.1. Hypothèses.....	51
2.2. Méthodologie.....	51
ANNEXE 3.....	53
ANNEXE 4.....	54
ANNEXE 5.....	55
ANNEXE 5.....	56
ANNEXE 6.....	57
ANNEXE 7.....	58
ANNEXE 8 : Détails des calculs électriques.....	59

ANNEXE 1 : Documents et sources

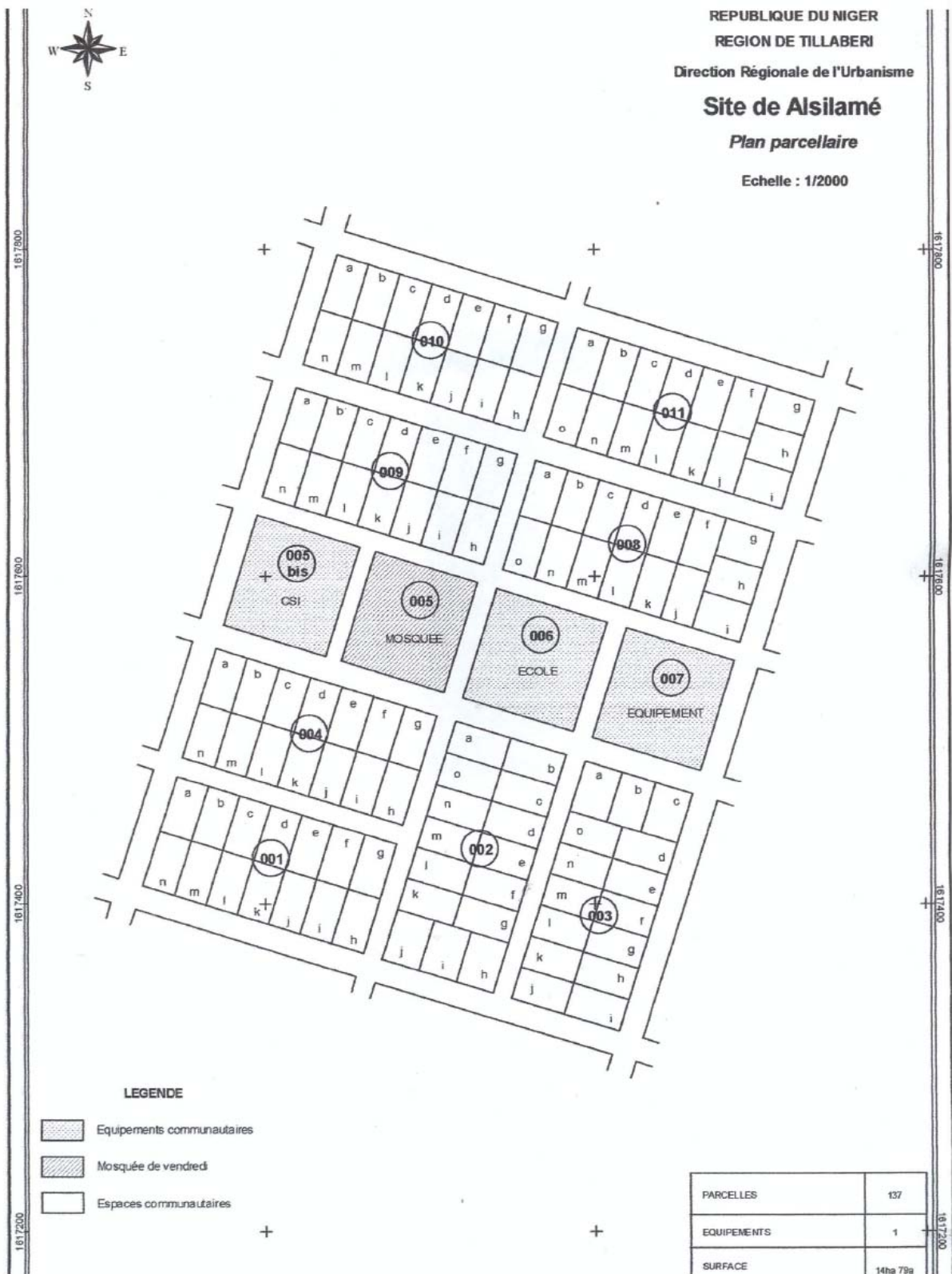
1.1. Ks pour habitation (NF C 14 – 100)

Nombre d'abonnés situé en aval	Facteur de simultanéité Ks
2 à 4	1
5 à 9	0,78
10 à 14	0,63
15 à 19	0,53
20 à 24	0,49
25 à 29	0,46
30 à 34	0,44
35 à 39	0,42
40 à 49	0,41
50 et au-dessus	0,40

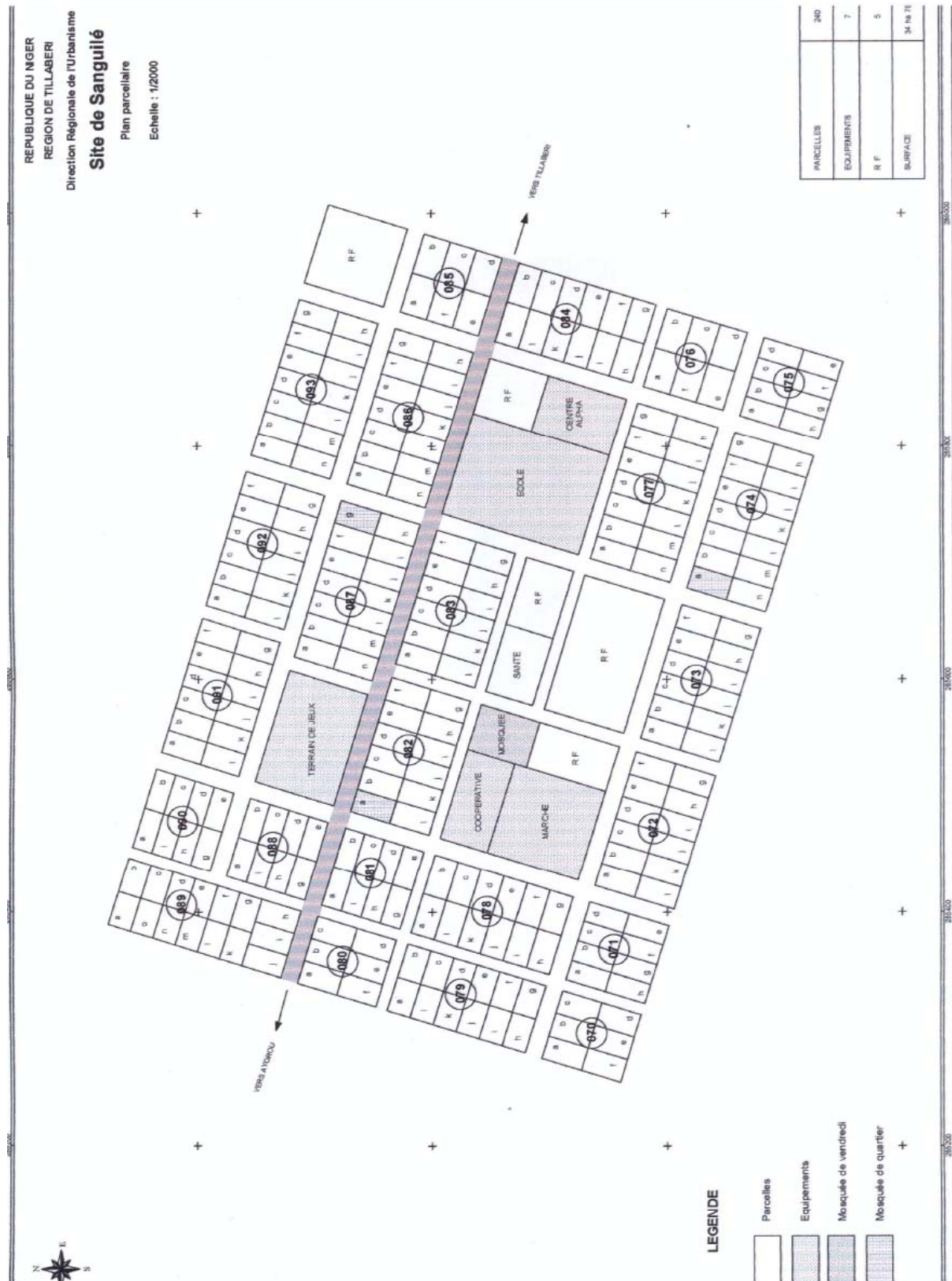
1.2. Situation géographique des lotissements



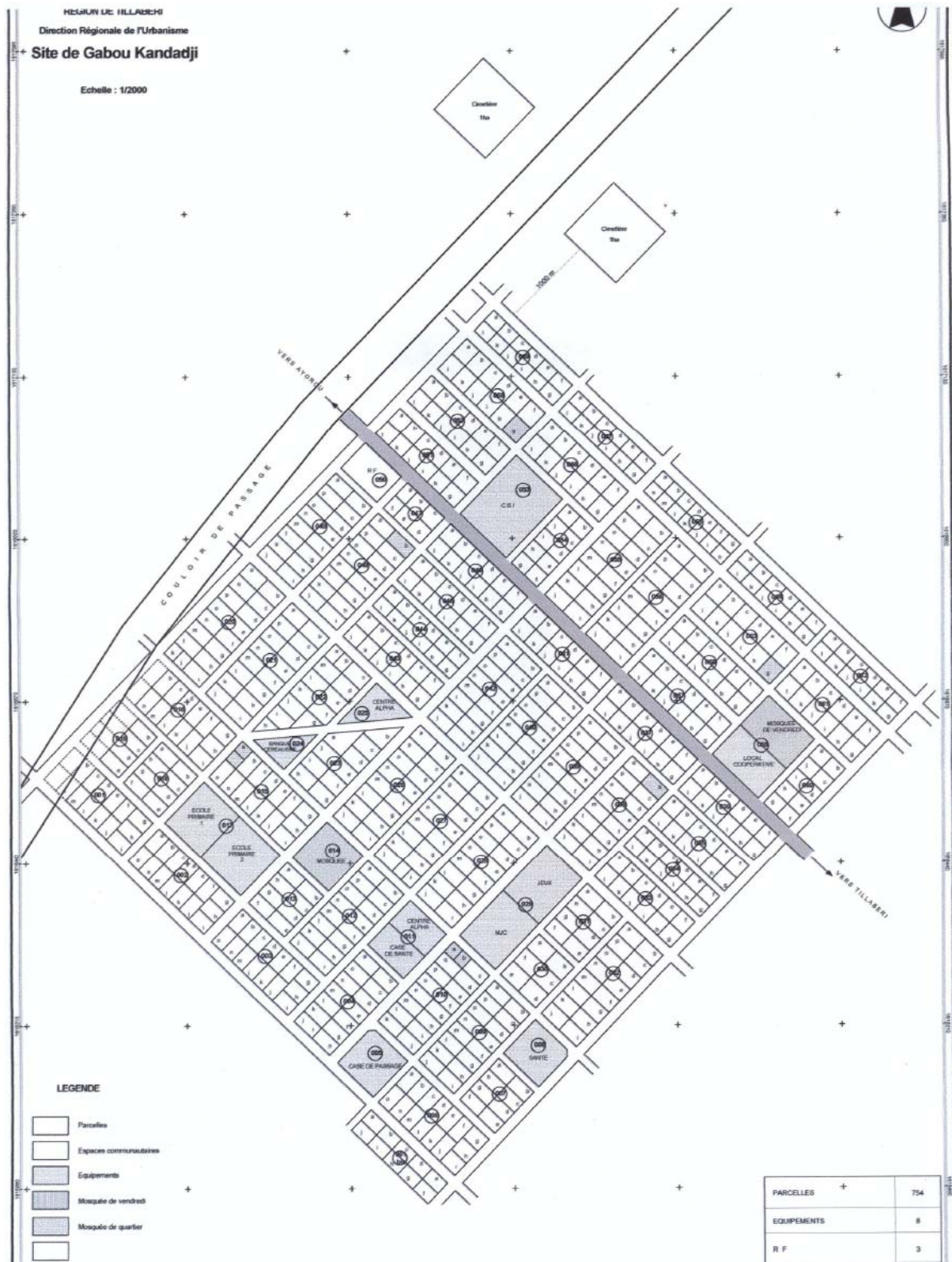
1.3. Plan d'aménagement de Alsilamé



1.4. Plan d'aménagement de Sanguilé



1.5. Plan d'aménagement de Kandadji



ANNEXE 2 : Cahier de charges

2.1. Hypothèses

Classe	Scenarii faible	Scenarii moyen	Scenarii fort
Classe A	500W	1000W	1500W
Classe B	1000W	1500W	2000W

- Prendre longueur de câble entre deux supports égale à la portée + 10%
- Chute de tension admissible <6%
- A partir du calcul des courants d'emploi par tronçon, ne considérer que le scenario faible pour la suite du dimensionnement.

2.2. Méthodologie

Le dimensionnement et l'étude détaillée doivent prendre en compte :

1. Les calculs électriques

- Les demandes de puissances unitaires présumées par parcelle : à chaque catégorie de parcelles est affectée une puissance unitaire.
- Dans le dimensionnement, l'on doit considérer 3 scenarii pour alimenter chaque parcelle : puissance minimale (scenario faible), puissance moyenne (scenario moyen), puissance forte (scenario fort).
- On considère que le lotissement sera alimenté par un seul tronçon de ligne HTA (haute tension de classe A) qui comportera des dérivations internes. Les dérivations doivent être tracées de manière judicieuse et optimisée pour permettre la desserte électrique en axe droit autant que possible.
- On considérera une ligne dans chaque rue entre deux ilots et ainsi à partir de cette ligne sera tirée les alimentations des parcelles ayant accès à cette ruelle.
- A partir des puissances prévisionnelles à appeler, dimensionner la BTA (basse tension de classe A)
 - ✓ Calculer le courant par phase pour chaque parcelle.
 - ✓ Calculer le courant cumulé sur le tronçon BTA de la grappe de parcelles en aval prenant en compte le coefficient de simultanéité K_s
 - ✓ Calculer le courant global cumulé BTA au secondaire du transformateur

- ✓ Choisir la section des conducteurs en Al ou en Cu en fonction du courant nominal et du mode de pose en intégrant les différents coefficients de pose.

- ✓ Dimensionner la partie HTA : puissance transformateur, courant HTA, section des conducteurs et câbles.

2. Analyse des supports et armements (lignes aériennes)

- Pour la partie BTA

- ✓ Indiquer les portées moyennes entre supports

- ✓ Calculer le nombre de supports d'alignement, d'arrêt ou d'angle ainsi que le rappel des caractéristiques et dimensions (longueur, forme, dimension, implantation)

- ✓ Déterminer les dispositifs de suspension et d'ancrage des tronçons de lignes aériennes.

- ✓ Calculer les quantités d'intrants pour la pose et l'implantation des supports BTA (eau, ciment, gravier, sable) par type de supports.

- Pour la partie HTA

- ✓ Indiquer les portées moyennes entre supports.

- ✓ Calculer le nombre de supports d'alignement, d'arrêt ou d'angle ainsi que le rappel des caractéristiques et dimensions (longueur, forme, dimension, implantation).

- ✓ Déterminer les dispositifs de suspension et d'ancrage des tronçons de lignes aériennes.

- ✓ Calculer les quantités d'intrants pour la pose et l'implantation des supports HTA (eau, ciment, gravier, sable) par type de supports.

3. Estimation global du projet

- Dresser la liste du matériels BTA et HTA avec l'estimation sur la base du bordereau de prix de la Nigelec,

- Calculer le cout moyen en BTA kW/m²loti en option ''aérien''

- Calculer le cout moyen en BTA kW/m²loti en option ''souterrain''

- Dresser des recommandations.

ANNEXE 3

Les tableaux ci-contre permettent de déterminer la section des conducteurs de phase d'un circuit.

Ils ne sont utilisables que pour des canalisations non enterrées et protégées par disjoncteur.

Pour obtenir la section des conducteurs de phase, il faut :

- déterminer une lettre de sélection qui dépend du conducteur utilisé et de son mode de pose
- déterminer un coefficient K qui caractérise l'influence des différentes conditions d'installation.

Ce coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction, K1, K2, K3, Kn et Ks :

- le facteur de correction K1 prend en compte le mode de pose
- le facteur de correction K2 prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés côte à côte
- le facteur de correction K3 prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant
- le facteur de correction du neutre chargé Kn
- le facteur de correction dit de symétrie Ks.

Lettre de sélection

type d'éléments conducteurs	mode de pose	lettre de sélection
conducteurs et câbles multiconducteurs	■ sous conduit, profilé ou goulotte, en apparent ou encastré	B
	■ sous vide de construction, faux plafond	
câbles multiconducteurs	■ sous caniveau, moulures, plinthes, chambranles	C
	■ en apparent contre mur ou plafond	
câbles multiconducteurs	■ sur chemin de câbles ou tablettes non perforées	E
	■ sur échelles, corbeaux, chemin de câbles perforé	
câbles monoconducteurs	■ fixés en apparent, espacés de la paroi	F
	■ câbles suspendus	

Facteur de correction K1

lettre de sélection	cas d'installation	K1
B	■ câbles dans des produits encastrés directement dans des matériaux thermiquement isolants	0,70
	■ conduits encastrés dans des matériaux thermiquement isolants	0,77
	■ câbles multiconducteurs	0,90
	■ vides de construction et caniveaux	0,95
C	■ pose sous plafond	0,95
B, C, E, F	■ autres cas	1

Facteur de correction K2

lettre de sélection	disposition des câbles jointifs	facteur de correction K2											
		nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
B, C	encastrés ou noyés dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
C	simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	0,70		
	simple couche au plafond	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61		
E, F	simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou sur tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72	0,72		
	simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78		

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de :

- 0,80 pour deux couches
- 0,73 pour trois couches
- 0,70 pour quatre ou cinq couches.

Facteur de correction K3

températures ambiantes (°C)	isolation		
	élastomère (caoutchouc)	polychlorure de vinyle (PVC)	polyéthylène réticulé (PR) butyle, éthylène, propylène (EPR)
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00
35	0,93	0,93	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	—	0,61	0,76
60	—	0,50	0,71

Facteur de correction Kn

(selon la norme NF C15-100 § 523.5.2)

- Kn = 0,84

Facteur de correction dit de symétrie Ks

(selon la norme NF C15-105 § B.5.2)

- Ks = 1 pour 2 et 4 câbles par phase avec le respect de la symétrie
- Ks = 0,8 pour 2, 3 et 4 câbles par phase si non respect de la symétrie.

ANNEXE 4

Exemple d'un circuit à calculer selon la méthode NF C15-100 § 523.7

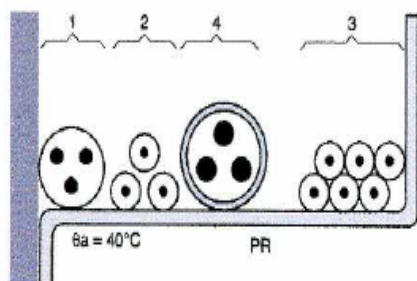
Un câble polyéthylène réticulé (PR) triphasé + neutre (4^e circuit à calculer)

est tiré sur un chemin de câbles perforé, jointivement avec 3 autres circuits constitués :

- d'un câble triphasé (1^{er} circuit)
- de 3 câbles unipolaires (2^e circuit)
- de 6 câbles unipolaires (3^e circuit) : ce circuit est constitué de 2 conducteurs par phase.

La température ambiante est de 40 °C et le câble véhicule 58 ampères par phase.

On considère que le neutre du circuit 4 est chargé.



La lettre de sélection donnée par le tableau correspondant est E.

Les facteurs de correction K1, K2, K3 donnés par les tableaux correspondants sont respectivement :

- K1 = 1
- K2 = 0,77
- K3 = 0,91.

Le facteur de correction neutre chargé est :

- Kn = 0,84.

Le coefficient total K = K1 x K2 x K3 x Kn est donc 1 x 0,77 x 0,91 x 0,84 soit :

- k = 0,59.

Détermination de la section

On choisira une valeur normalisée de In juste supérieure à 58 A, soit In = 63 A.

Le courant admissible dans la canalisation est Iz = 63 A. L'intensité fictive Iz prenant en compte le coefficient K est Iz = 63/0,59 = 106,8 A.

En se plaçant sur la ligne correspondant à la lettre de sélection E, dans la colonne PR3, on choisit la valeur immédiatement supérieure à 106,8 A, soit, ici :

- pour une section cuivre 127 A, ce qui correspond à une section de 25 mm²,
- pour une section aluminium 122 A, ce qui correspond à une section de 35 mm².

Détermination de la section minimale

Connaissant Iz et K (Iz est le courant équivalent au courant véhiculé par la canalisation : Iz = Iz/K), le tableau ci-après indique la section à retenir.

lettre de sélection	isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
	caoutchouc ou PVC					butyle ou PR ou éthylène PR				
	B	PVC3	PVC2		PR3		PR2			
C			PVC3		PVC2	PR3		PR2		
E				PVC3		PVC2	PR3		PR2	
F					PVC3		PVC2	PR3		PR2
section cuivre (mm²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	487	530	576	621	693	741	783
	400					656	754	825		940
	500					749	868	946		1 083
	630					855	1 005	1 088		1 254
section aluminium (mm²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28	
	4	22	25	26	28	31	33	35	38	
	6	28	32	33	36	39	43	45	49	
	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
	400					526	600	663		740
	500					610	694	770		856
	630					711	808	899		996

ANNEXE 5

Facteur de correction k5 (influence mutuelle des circuits jointifs)

Disposition des câbles jointifs	Facteur de correction k5 Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											Méthode de référence	Mode de pose
	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Posés dans un conduit enterré	0,71	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22	D	61
Posés directement dans le sol (jointifs)	0,76	0,64	0,57	0,52	0,49							D	62, 63

Facteur de correction k6 (influence de la nature du sol)

Nature du sol	Facteur de correction k6
Terrain très humide	1.21
Humide	1.13
Normal	1.05
Sec	1.00
Très sec	0.86

facteur de correction k7 (influence de la température du sol)

Température du sol °C	Isolation	
	Polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PR) Ethylène propylène (EPR)
10	1.10	1.07
15	1.05	1.04
20	1.00	1.00
25	0.95	0.96
30	0.89	0.93
35	0.84	0.89
40	0.77	0.85
45	0.71	0.80
50	0.63	0.76
55	0.55	0.71
60	0.45	0.65

ANNEXE 5

		Isolant et nombre de conducteurs chargés			
		Caoutchouc ou PVC		Butyle ou PR ou éthylène PR	
		3 conducteurs	2 conducteurs	3 conducteurs	2 conducteurs
sections cuivre mm ²	1.5	26	32	31	37
	2.5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	313	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
	300	480	581	565	677
sections aluminium mm ²	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
	300	371	447	440	520

ANNEXE 6

La chute de tension en ligne en régime permanent est à prendre en compte pour l'utilisation du récepteur dans des conditions normales (limites fixées par les constructeurs des récepteurs).

Le tableau ci-contre donne les formules usuelles pour le calcul de la chute de tension.

Plus simplement, les tableaux ci-dessous donnent la chute de tension en % dans 100 m de câble, en 400 V/50 Hz triphasé, en fonction de la section du câble et du courant véhiculé (In du récepteur). Ces valeurs sont données pour un $\cos \varphi$ de 0,85 dans le cas d'un moteur et de 1 pour un récepteur non inductif. Ces tableaux peuvent être utilisés pour des longueurs de câble $L \neq 100$ m : il suffit d'appliquer au résultat le coefficient $L/100$.

Calcul de la chute de tension en ligne en régime permanent

Formules de calcul de chute de tension

alimentation	chute de tension (V CA)	en %
monophasé : deux phases	$\Delta U = 2 I_g L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$
monophasé : phase et neutre	$\Delta U = 2 I_g L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / V_n$
triphasé : trois phases (avec ou sans neutre)	$\Delta U = \sqrt{3} I_g L (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$	$100 \Delta U / U_n$

Un : tension nominale entre phases.
Vn : tension nominale entre phase et neutre.

Chute de tension dans 100 m de câble en 400 V/50 Hz triphasé (%)

cos φ = 0,85		Charge de tension dans 100 m de câble en 400 V/690 V 212 triphasé (%)																										
câble	cuivre																	aluminium										
S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																												
1	0,5	0,4																										
2	1,1	0,6	0,4																									
3	1,5	1	0,6	0,4													0,4											
5	2,6	1,6	1	0,6	0,4												0,6	0,4										
10	5,2	3,2	2	1,4	0,8	0,5											1,3	0,8	0,5									
16	8,4	5	3,2	2,2	1,3	0,8	0,5										2,1	1,3	0,8	0,6								
20		6,3	4	2,6	1,6	1	0,6										2,5	1,6	1,1	0,7	0,5							
25		7,9	5	3,3	2	1,3	0,8	0,6									3,2	2	1,3	0,9	0,6	0,5						
32			6,3	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,5								4,1	2,6	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5					
40			7,9	5,3	3,2	2,1	1,4	1	0,7	0,5							5,1	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6	0,5				
50				6,7	4,1	2,5	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5						6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,7	0,6	0,5			
63				8,4	5	3,2	2,1	1,5	1,1	0,8	0,6						8	5	3,2	2,3	1,7	1,3	0,9	0,8	0,6			
70					5,6	3,5	2,3	1,7	1,3	0,9	0,7	0,5						5,6	3,6	2,6	1,9	1,4	1,1	0,8	0,7			
80					6,4	4,1	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,6	0,5					6,4	4,1	3	2,2	1,5	1,2	1	0,8			
100					8	5	3,3	2,4	1,7	1,3	1	0,8	0,7	0,65					5,2	3,8	2,7	2	1,5	1,3	1	0,95		
125					4,4	4,1	3,1	2,2	1,6	1,3	1	0,9	0,21	0,76					6,5	4,7	3,3	2,4	1,9	1,5	1,3	1,2	0,95	
160						5,3	3,9	2,8	2,1	1,6	1,4	1,1	1	0,97	0,77				6	4,3	3,2	2,4	2	1,6	1,52	1,2	1	
200						6,4	4,9	3,5	2,6	2	1,6	1,4	1,3	1,22	0,96				5,6	4	3	2,4	2	1,9	1,53	1,3		
250							6	4,3	3,2	2,5	2,1	1,7	1,6	1,53	1,2				6,8	5	3,8	3,1	2,5	2,4	1,9	1,6		
320								5,6	4,1	3,2	2,6	2,3	2,1	1,95	1,54						6,3	4,8	3,9	3,2	3	2,5	2,1	
400								6,9	5,1	4	3,3	2,8	2,6	2,44	1,92							5,9	4,9	4,1	3,8	3	2,6	
500									6,5	5	4,1	3,5	3,2	3	2,4									6,1	5	4,7	3,8	3,3

$\cos \varphi = 1$		aluminium																											
câble	cuivre	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
In (A)																													
1	0,6	0,4																											
2	1,3	0,7	0,5																										
3	1,9	1,1	0,7	0,5														0,5											
5	3,1	1,9	1,2	0,8	0,5													0,7	0,5										
10	6,1	3,7	2,3	1,5	0,9	0,5												1,4	0,9	0,6									
16	10,7	5,9	3,7	2,4	1,4	0,9	0,6											2,3	1,4	1	0,7								
20	7,4	4,6	3,1	1,9	1,2	0,7												3	1,9	1,2	0,8	0,6							
25	9,3	5,8	3,9	2,3	1,4	0,9	0,6											3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5						
32	7,4	5	3	1,9	1,2	0,8	0,6											4,8	3	1,9	1,4	1	0,7	0,5					
40	9,3	6,1	3,7	2,3	1,4	1,1	0,7	0,5										5,9	3,7	2,3	1,7	1,2	0,8	0,6	0,5				
50	7,7	4,6	2,9	1,9	1,4	0,9	0,6	0,5										7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5			
63	9,7	5,9	3,6	2,3	1,6	1,2	0,8	0,6										9	5,9	3,7	2,7	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6		
70	6,5	4,1	2,6	1,9	1,3	0,9	0,7	0,5										6,5	4,1	3	2,1	1,4	1,1	0,9	0,8	0,7			
80	7,4	4,6	3	2,1	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5									7,4	4,8	3,4	2,3	1,7	1,3	1	0,9	0,8	0,6		
100	9,3	5,8	3,7	2,6	1,9	1,4	1	0,8	0,7	0,6								5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6		
125	7,2	4,6	3,3	2,3	1,6	1,2	1	0,9	0,7	0,6								7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8		
160	5,9	4,2	3	2,1	1,5	1,3	1,2	1	0,8	0,6								6,8	4,8	3,4	2,5	2	1,8	1,6	1,3	1,1			
200	7,4	5,3	3,7	2,6	2	1,5	1,4	1,3	1	0,8								5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	2	1,6	1,4				
250	6,7	4,6	3,3	2,4	1,9	1,7	1,4	1,2	0,9									7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,5	2	1,6				
320	5,9	4,2	3,2	2,4	2,3	1,9	1,5	1,2																					
400	7,4	5,3	3,9	3,1	2,8	2,3	1,9	1,4																					
500	6,7	4,9	3,9	3,5	3	2,5	1,9																						

Pour un réseau triphasé 230 V, multiplier ces valeurs par $\sqrt{3} = 1,73$.
Pour un réseau monophasé 230 V, multiplier ces valeurs par 2.

ANNEXE 7

Cuivre (réseau 400 V)

section des conducteurs de phase (mm²)	longueur de la canalisation (en m)																			
1,5																				
2,5																				
4																				
6																				
10																				
16																				
25																				
35																				
50																				
70																				
95																				
120																				
150																				
185																				
240																				
300																				
2 x 120																				
2 x 150																				
2 x 185																				
3 x 120																				
3 x 150																				
3 x 185																				
lcc amont (en kA)	lcc aval																			
100																				
90																				
80																				
70																				
60																				
50																				
40																				
35																				
30																				
25																				
20																				
15																				
10																				
7																				
5																				
4																				
3																				
2																				
1																				

Alu (réseau 400 V)

section des conducteurs de phase (mm²)	longueur de la canalisation (en m)																			
2,5																				
4																				
6																				
10																				
16																				
25																				
35																				
50																				
70																				
95																				
120																				
150																				
185																				
240																				
300																				
2 x 120																				
2 x 150																				
2 x 185																				
2 x 240																				
3 x 120																				
3 x 150																				
3 x 185																				
3 x 240																				

Nota : Pour une tension triphasée de 230 V entre phases, diviser les longueurs ci-dessus par $\sqrt{3} = 1,732$.

ANNEXE 8 : Détails des calculs électriques

1. Alsilamé

Nœud	parcelles- ilot liées au nœuds	Nb Abonnés			K pose aérienne	K pose enterrée	Puissance									Courant						Section normalisée pour l'z alu (mm2)		Section disponible NIGELEC (mm2)		Chute de tension par tronçon (%)						
		Par nœud	Cumul d'aval en amont	coeff ks			Puissance totalisée par nœud			Puissance Totalisée d'aval/amont (W)			Puissance d'aval en amont avec Ks (W)			courant par phase des tonçons I (A)			Calibre disjoncteur Iz (A)	courant l'z (A)		aérien.	enterré	aérien	enterré	Valeur (%) pour 100m		Longueur tronçon (m)	Valeur (%) pour L			
							scenario			scenario			scenario			scenario				Pose						Pose			aérien	enterré	aérien	enterré
							faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort		faible	aérien.					enterré	aérien.					
A1A1	a,b ilôt010	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405		
A1A2	c,d ilôt010	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000																	
A1A3	e,f ilôt010	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360																	
A1B1	g,h ilôt011	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405		
A1B2	e,f ilôt011	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000																	
A1B3	c,d ilôt011	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360																	
A2A1	m,n ilôt010 a,b ilôt009	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	6000	8000	4000	6000	8000	13,64	20,46	27,28	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	135	1,755	0,54		
A2A2	l,k ilôt010 c,d ilôt009	4	8	0,78			4000	6000	8000	8000	12000	16000	6240	9360	12480																	
A2A3	j,i ilôt010 e,f ilôt009	4	12	0,63			4000	6000	8000	12000	18000	24000	7560	11340	15120																	
A2B1	i ilôt011 g ilôt008	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	11,37	17,05	22,73	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	135	1,755	0,54		
A2B2	k,j ilôt011 e,f ilôt008	4	6	0,78			4000	6000	8000	6000	9000	12000	4680	7020	9360																	
A2B3	m,l ilôt011 c,d ilôt008	4	10	0,63			4000	6000	8000	10000	15000	20000	6300	9450	12600																	
A3A1	n,m ilôt009	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405		
A3A2	l,k ilôt001	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000																	
A3A3	j,i ilôt001	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360																	
A3B1	h,i ilôt008	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405		
A3B2	k,j ilôt008	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000																	
A3B3	m,l ilôt008	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360																	
A1	g ilôt010, a,b ilôt011	3	15	0,53	0,632	0,461	3000	4500	6000	15000	22500	30000	7950	11925	15900	41,86	62,79	83,72	50	79,11	108,50	35	35	35	50	1,9	1,4	225	4,275	3,15		
A2	h ilôt010 o,n ilôt011 g ilôt009 a,b ilôt008	6	43	0,41			6000	9000	12000	43000	64500	86000	17630	26445	35260																	
A3	h ilôt009 o,n ilôt008	3	58	0,4			3000	4500	6000	58000	87000	1E+05	23200	34800	46400																	

B1A1	n,m ilôt001	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405
B1A2	l,k ilôt001	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
B1A3	j,i ilôt001	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360															
B2A1	n,m ilôt004 a,b ilôt001	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	6000	8000	4000	6000	8000	21,65	32,48	43,30	25	39,56	54,25	10	10	16	50	2	0,6	135	2,7	0,81
B2A2	l,k ilôt004 c,d ilôt001	4	8	0,78			4000	6000	8000	8000	12000	16000	6240	9360	12480															
B2A3	j,i ilôt004 e,f ilôt001	4	12	1			4000	6000	8000	12000	18000	24000	12000	18000	24000															
B1	h ilôt001 j,i ilôt002	3	9	0,78	0,632	0,461	3000	4500	6000	9000	13500	18000	7020	10530	14040	24,07	36,10	48,14	25	39,56	54,25	10	10	16	50	2	0,6	135	2,7	0,81
B2	m,l,k ilôt008 g ilôt001	4	25	0,46			4000	6000	8000	25000	37500	50000	11500	17250	23000															
B3	h ilôt004 o,n ilôt002 a ilôt002	4	29	0,46			4000	6000	8000	29000	43500	58000	13340	20010	26680															
C1	a,b ilôt004	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	9,85	14,78	19,70	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405
C2	c,d ilôt004	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C3	e,f ilôt004 g ilôt004	3	7	0,78			3000	4500	6000	7000	10500	14000	5460	8190	10920															
D1A1	h,i ilôt003	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	135	1,08	0,405
D1A2	f,g ilôt003	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
D1A3	d,e ilôt003	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360															
D2A1	h ilôt002 k,j ilôt003	3	3	1	0,632	0,461	3000	4500	6000	3000	4500	6000	3000	4500	6000	12,50	18,75	25,01	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	135	1,755	0,54
D2A2	m,l ilôt003 f,g ilôt002	4	7	0,78			4000	6000	8000	7000	10500	14000	5460	8190	10920															
D2A3	o,n ilôt003 d,e ilôt002	4	11	0,63			4000	6000	8000	11000	16500	22000	6930	10395	13860															
D1	b,c ilôt003	2	8	0,78	0,632	0,461	2000	3000	4000	8000	12000	16000	6240	9360	12480	19,45	2,25	3,25	20	31,65	43,40	6	10	16	50	1,6	0,5	135	2,16	0,675
D2	a ilôt003 b,c ilôt002	3	22	0,49			3000	4500	6000	22000	33000	44000	10780	16170	21560															
Transfo				0,4						1E+05	2E+05	2E+05	46400	69600	92800	83,716	125,574	167,432	100,000											

2. Sanguilé

Nœud	parcelles- ilot liés au nœud	Nb Abonnés			K pose aérienne	K pose enterrée	Puissance									Courant						Section normalisée pour I _z alu (mm2)	Section disponible NIGELEC (mm2)	Chute de tension par tronçon (%)											
		Par nœud	Cumul d'aval en amont	Coeff ks			Puissance totalisée par nœud (W)			Puissance Totalisée d'aval/amont (W)			Puissance d'aval en amont avec Ks (W)			courant par phase des tonçons I (A)			Calibre disjoncteur I _z (A)		courant I'z (A)			Pose		Pose		Pose		Valeur (%) pour 100m		Longueur tronçon L(m)	Valeur (%) pour L		
							scenario			scenario			scenario			scenario			scenario		Pose			Pose		Pose		Valeur (%) pour 100m		aérien	enterré				
							faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort			faible	aérien.	enterré	aérien.	enterré	aérien.				enterré	aérien	enterré
A1A1	g,h ilôt073	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	7,22	10,83	14,43	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36					
A1A2	i,j ilôt073	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000																				
A1B1	e,f ilôt070	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	11,37	18,19	25,01	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	260	1,56	1,04					
A1B2	d ilôt070 h ilôt071	2	4	1			1500	2500	3500	3500	5500	7500	3500	5500	7500																				
A1B3	f,g ilôt071	2	6	0,78			1000	2000	3000	4500	7500	10500	3510	5850	8190																				
A1B4	e ilôt071 l ilôt072	2	8	0,78			1500	2500	3500	6000	10000	14000	4680	7800	10920																				
A1B5	j,k ilôt072	2	10	0,63			2000	3000	4000	8000	13000	18000	5040	8190	11340																				
A1B6	h,i ilôt072	2	12	0,63			2000	3000	4000	10000	16000	22000	6300	10080	13860																				
A2A1	e,f ilôt073	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	5,41	9,02	12,63	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36					
A2A2	c,d ilôt073	2	4	1			2000	3000	4000	3000	5000	7000	3000	5000	7000																				
A2B1	a,b ilôt070	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	11,37	18,19	25,01	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	260	1,56	1,04					
A2B2	c ilôt070 a ilôt071	2	4	1			1500	2500	3500	3500	5500	7500	3500	5500	7500																				
A2B3	b,c ilôt071	2	6	0,78			1000	2000	3000	4500	7500	10500	3510	5850	8190																				
A2B4	d ilôt071 a ilôt072	2	8	0,78			1500	2500	3500	6000	10000	14000	4680	7800	10920																				
A2B5	b,c ilôt072	2	10	0,63			2000	3000	4000	8000	13000	18000	5040	8190	11340																				
A2B6	d,e ilôt072	2	12	0,63			2000	3000	4000	10000	16000	22000	6300	10080	13860																				
A5A1	g ilôt083	1	1	1	0,632	0,461	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	7,04	10,55	14,07	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36					
A5A2	h,i ilôt083	2	3	1			2000	3000	4000	3000	4500	6000	3000	4500	6000																				
A5A3	j,k ilôt083	2	5	0,78			2000	3000	4000	5000	7500	10000	3900	5850	7800																				
A5B1	l ilôt082	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	6,33	9,85	13,37	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36					
A5B2	j,k ilôt082	2	3	1			2000	3000	4000	2500	4000	5500	2500	4000	5500																				
A5B3	h,i ilôt082	2	5	0,78			2000	3000	4000	4500	7000	9500	3510	5460	7410																				
A1	g ilôt072 k,l ilôt073	3	19	0,53	0,632	0,461	3000	4500	6000	17000	26500	36000	9010	14045	19080	32,12	50,16	68,20	40	63,29	86,80	25	25	50	50	1,1	1,1	260	2,86	2,86					
A2	f ilôt072 a,b ilôt073	3	38	0,42			3000	4500	6000	33000	52000	71000	13860	21840	29820																				
A3	RF1, RF2	0	38	0,42			0	0	0	33000	52000	71000	13860	21840	29820																				
A4	Santé, mosquée	0	38	0,42			0	0	0	33000	52000	71000	13860	21840	29820																				
A5	g ilôt082 l ilôt083	2	50	0,4			2000	3000	4000	44500	69500	94500	17800	27800	37800																				

B1A1	h îlot079	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	6,33	11,96	17,59	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	190	1,52	0,57
B1A2	i,j îlot079	2	3	1			1000	2000	3000	1500	3000	4500	1500	3000	4500															
B1A3	k,l îlot079	2	5	0,78			1000	2000	3000	2500	5000	7500	1950	3900	5850															
B1A4	a îlot079 e,f îlot080	3	8	0,78			2000	3500	5000	4500	8500	12500	3510	6630	9750															
B1B1	o,a îlot089	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	4,22	8,44	12,67	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	160	1,28	0,48
B1B2	m,n îlot089	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
B1B3	k,l îlot089	2	6	0,78			1000	2000	3000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
B2A1	g îlot079 h îlot078	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	10,52	17,69	24,86	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	190	1,14	0,76
B2A2	e,f îlot079 i,j îlot078	4	6	0,78			3000	5000	7000	4000	7000	10000	3120	5460	7800															
B2A3	c,d îlot079 k,l îlot078	4	10	0,63			3000	5000	7000	7000	12000	17000	4410	7560	10710															
B2A4	b îlot079 d îlot080 a îlot078 g,h îlot081	5	15	0,53			4000	6500	9000	11000	18500	26000	5830	9805	13780															
B2B1	b,c îlot089 a,i îlot090	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	9,09	16,48	23,87	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	160	1,28	0,48
B2B2	d,e îlot089 g,h îlot090	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
B2B3	f,g îlot089 a,h,i îlot088	5	13	0,63			4000	6500	9000	8000	14500	21000	5040	9135	13230															
B3A1	g îlot078	1	1	1	0,632	0,461	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	11,26	16,89	22,52	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	190	1,14	0,76
B3A2	e,f îlot078	2	3	1			2000	3000	4000	3000	4500	6000	3000	4500	6000															
B3A3	c,d îlot078	2	5	0,78			2000	3000	4000	5000	7500	10000	3900	5850	7800															
B3A4	b îlot078 d,e îlot081	3	8	0,78			3000	4500	6000	8000	12000	16000	6240	9360	12480															
B3B1	b,c îlot090	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	7,04	11,96	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	160	1,28	0,48
B3B2	d,e îlot090 b îlot088	3	5	0,78			2000	3500	5000	3000	5500	8000	2340	4290	6240															
B3B3	c,d îlot088	2	7	0,78			2000	3000	4000	5000	8500	12000	3900	6630	9360															
B1	a,b îlot080 i,j îlot089	4	18	0,53	0,632	0,461	4000	6000	8000	11500	20500	29500	6095	10865	15635	41,50	68,56	95,62	50	79,11	108,50	35	35	50	50	1,4	1,4	260	3,64	3,64
B2	c îlot080 a,i îlot081 g îlot088	5	51	0,4			5000	7500	10000	35500	61000	86500	14200	24400	34600															
B3	b,c îlot081 e îlot088 Terrain jeux	3	69	0,4			3000	4500	6000	51500	86000	120500	20600	34400	48200															
B4	a,b,c îlot082 d,e,f îlot082	6	75	0,4			6000	9000	12000	57500	95000	132500	23000	38000	53000															

C1A1	b ilôt085	1	1	1	0,632	0,461	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	5,41	8,12	10,83	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	75	0,6	0,225
C1A2	c,d ilôt085	2	3	1			2000	3000	4000	3000	4500	6000	3000	4500	6000															
C1B1	f,g ilôt084	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	7,22	10,83	14,43	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
C1B2	d,e ilôt084	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C3A1	a ilôt085	1	1	1	0,632	0,461	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	5,41	8,12	10,83	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	75	0,6	0,225
C3A2	e,f ilôt085	2	3	1			2000	3000	4000	3000	4500	6000	3000	4500	6000															
C3B1A1	e ilôt075	1	1	1	0,632	0,461	1000	1500	2000	1000	1500	2000	1000	1500	2000	5,41	8,12	10,83	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	70	0,56	0,21
C3B1A2	f,g ilôt075	2	3	1			2000	3000	4000	3000	4500	6000	3000	4500	6000															
C3B1B1	m,n ilôt074	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	140	1,12	0,42
C3B1B2	k,l ilôt074	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C3B1B3	i,j ilôt074	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360															
C3B2A1	d ilôt076 c,d ilôt075	3	3	1	0,632	0,460845	3000	4500	6000	3000	4500	6000	3000	4500	6000	5,41	8,12	10,83	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	70	0,56	0,21
C3B2B1	m,n ilôt077 a,b ilôt074	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	6000	8000	4000	6000	8000	13,64	20,46	27,28	16	25,32	34,72	2,5	10	16	50	1,3	0,4	140	1,82	0,56
C3B2B2	k,l ilôt077 c,d ilôt074	4	8	0,78			4000	6000	8000	8000	12000	16000	6240	9360	12480															
C3B2B3	i,j ilôt077 e,f ilôt074	4	12	0,63			4000	6000	8000	12000	18000	24000	7560	11340	15120															
C3B3A1	b,c ilôt076	2	2	1	0,632	0,460845	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	3,61	5,41	7,22	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	70	0,28	0,14
C3B3B1	a,b ilôt077	2	2	1	0,632	0,461	z	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	140	1,12	0,42
C3B3B2	c,d ilôt077	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C3B3B3	e,f ilôt077	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360															
C3B1	h ilôt075 h ilôt074	2	11	0,63	0,632	0,461	2000	3000	4000	11000	16500	22000	6930	10395	13860	35,51	53,26	71,01	40	63,29	86,80	25	25	50	50	1,1	1,1	260	2,86	2,86
C3B2	e,f ilôt076	6	32	0,44			6000	9000	12000	32000	48000	64000	14080	21120	28160															
C3B3	a ilôt076 g ilôt077	2	42	0,41			2000	3000	4000	42000	63000	84000	17220	25830	34440															
C3B4	h,i,j ilôt084 k,l,a ilôt084	6	48	0,41			6000	9000	12000	48000	72000	96000	19680	29520	39360															
C6A1A1	a,b ilôt091	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	12,50	18,75	25,01	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	240	1,44	0,96
C6A1A2	c,d,e ilôt091	3	5	0,78			3000	4500	6000	5000	7500	10000	3900	5850	7800															
C6A1A3	f ilôt091 a,b ilôt092	3	8	0,78			3000	4500	6000	8000	12000	16000	6240	9360	12480															
C6A1A4	c,d,e ilôt092	3	11	0,63			3000	4500	6000	11000	16500	22000	6930	10395	13860															
C6A1B1	f,g ilôt093	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,44	12,67	16,89	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	140	1,12	0,42
C6A1B2	d,e ilôt093	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C6A1B3	b,c ilôt093	2	6	0,78			2000	3000	4000	6000	9000	12000	4680	7020	9360															

C6A2A1	k,l ilôt091	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	14,34	21,52	28,69	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	240	1,44	0,96
C6A2A2	h,i,j ilôt091	3	5	0,78			3000	4500	6000	5000	7500	10000	3900	5850	7800															
C6A2A3	g ilôt091 l ilôt092 a,b ilôt087	4	9	0,78			4000	6000	8000	9000	13500	18000	7020	10530	14040															
C6A2A4	h,i,j ilôt092 c,d,e ilôt087	6	15	0,53			6000	9000	12000	15000	22500	30000	7950	11925	15900															
C6A2B1	h,i ilôt093 f,g ilôt086	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	6000	8000	4000	6000	8000	13,64	20,46	27,28	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	140	1,82	0,56
C6A2B2	j,k ilôt093 d,e ilôt086	4	8	0,78			4000	6000	8000	8000	12000	16000	6240	9360	12480															
C6A2B3	l,m ilôt093 b,c ilôt086	4	12	0,63			4000	6000	8000	12000	18000	24000	7560	11340	15120															
C6A1	f ilôt092 a ilôt093	2	19	0,53	0,632	0,461	2000	3000	4000	19000	28500	38000	10070	15105	20140	38,97	58,46	77,94	40	63,29	86,80	25	25	50	50	1,1	1,1	160	1,76	1,76
C6A2	g,h ilôt092 f ilôt087 n ilôt093	4	50	0,4			4000	6000	8000	50000	75000	100000	20000	30000	40000															
C6A3	g,h ilôt087 a,n ilôt086	4	54	0,4			4000	6000	8000	54000	81000	108000	21600	32400	43200															
C1	b,c ilôt084	2	9	0,78	0,632	0,461	2000	3000	4000	68000	102000	136000	53040	79560	106080	154,44	231,66	308,88	160	253,16	347,19	240	300	3*35	3*50	1,2	1	350	4,2	3,5
C2	-	0	9	0,78			0	0	0	68000	102000	136000	53040	79560	106080															
C3	RF	0	60	0,4			0	0	0	147000	220500	294000	58800	88200	117600															
C4	h,i,j ilôt086	3	63	0,4			3000	4500	6000	150000	225000	300000	60000	90000	120000															
C5	k,l,m ilôt086	3	66	0,4			3000	4500	6000	153000	229500	306000	61200	91800	122400															
C6	i ilôt087 e,f ilôt083	3	123	0,4			3000	4500	6000	210000	315000	420000	84000	126000	168000															
C7	j,k ilôt087 c,d ilôt086	4	127	0,4			4000	6000	8000	214000	321000	428000	85600	128400	171200															
Transfo	l,m,n ilôt087 a,b ilôt086	5	257	0,385			5000	7500	10000	321000	493000	665000	123585	189805	256025															

3. Kandadji 1

Nœud	parcelles- ilot liées au nœuds	Nb Abonnés		Coeff ks	K pose aérienne	K pose enterrée	Puissance									Courant						Section normalisée pour Iz alu.	Section disponible NIGELEC (mm2)	Chute de tension par tronçon (%)						
		Puissance totalisée par nœud					Puissance Totalisée d'aval/amont (W)			Puissance d'aval en amont avec Ks (W)			courant par phase des tonçons I (A)			Calibre disjoncteur Iz (A)	courant I'z (A)		Pose		Pose			Pose		Valeur (%) pour 100m		Longueur tronçon (m)	Valeur (%) pour L	
		scenario					scenario			scenario			scenario			scenario		Pose		Pose		Pose		Valeur (%) pour 100m		Valeur (%) pour L				
		faible	moyen				fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	moyen	fort	faible	aérien.	enterré	aérien.	enterré	aérien	enterré	aérien	enterré	aérien	enterré
A1A1	j,k ilôt049	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	5,629	11,258	16,887	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	190	1,52	0,57
A1A2	l,m ilôt049	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
A1A3	n,o ilôt049	2	6	0,78			1000	2000	3000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
A1A4	p,a ilôt049	2	8	0,78			1000	2000	3000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
A1B1A1	e,f ilôt069	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	1000	2000	1000	1000	2000	3,5182	2,1109	4,22187	5	7,91	17,17	2,5	10	16	50	0,4	0,2	120	0,48	0,24
A1B1A2	b,c,d ilôt069	3	5	0,78			1500	3000	4500	2500	1500	3000	1950	1170	2340															
A1B2A1	g,h ilôt069 e,f ilôt068	4	4	1	0,632	0,461	3000	5000	7000	3000	3000	5000	3000	3000	5000	8,5249	5,115	8,52494	10	15,82	34,33	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
A1B2A2	i,j,k ilôt069 b,c,d ilôt068	6	10	0,63			4500	7500	10500	7500	4500	7500	4725	2835	4725															
A1B3A1	g,h ilôt068 e,f ilôt052	4	4	1	0,632	0,461	3000	5000	7000	3000	3000	5000	3000	3000	5000	10,23	6,82	10,2299	16	25,32	54,93	4	10	16	50	1,3	0,4	120	1,56	0,48
A1B3A2	i,j,k ilôt068 b,c,d ilôt052	6	10	0,63			6000	9000	12000	9000	6000	9000	5670	3780	5670															
A1B4A1	g,h ilôt052 e,f ilôt051	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	4000	6000	4000	4000	6000	11,367	6,82	10,2299	16	25,32	54,93	4	10	16	50	1,3	0,4	120	1,56	0,48
A1B4A2	i,j,k ilôt052 b,c,d ilôt051	6	10	0,63			6000	9000	12000	10000	6000	9000	6300	3780	5670															
A1B1	a ilôt069	1	6	0,78	0,632	0,461	500	1000	1500	3000	6000	9000	2340	4680	7020	18,259	30,167	42,074	20	31,65	43,40	6	10	35	50	0,7	0,4	210	1,47	0,84
A1B2	i ilôt069 a ilôt068	2	18	0,53			1500	2500	3500	12000	21000	30000	6360	11130	15900															
A1B3	i ilôt068 a ilôt052	2	30	0,44			2000	3000	4000	23000	38000	53000	10120	16720	23320															
A1B4	i ilôt052 a ilôt051	2	42	0,41			2000	3000	4000	35000	56000	77000	14350	22960	31570															
A2A1	h,i ilôt049 j,k ilôt048	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	9,562	18,168	26,775	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	190	1,52	0,57
A2A2	f,g ilôt049 l,m ilôt048	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
A2A3	d,e ilôt049 n,o ilôt048	4	12	0,63			2000	4000	6000	6000	12000	18000	3780	7560	11340															
A2A4	b,c ilôt049 p,a ilôt048 e,f ilôt047	6	18	0,53			4000	7000	10000	10000	19000	28000	5300	10070	14840															
A1	i ilôt051	1	51	0,4	0,632	0,461	1000	1500	2000	28000	47500	67000	11200	19000	26800	37,167	62,787	88,407	40	63,29	86,80	25	25	50	50	1,1	1,1	270	2,97	2,97
A2	h,i,j,k ilôt051 a,b ilôt047	6	75	0,4			6000	9000	12000	44000	75500	1E+05	17600	30200	42800															
A3	g ilôt051 c ilôt047 a ilôt046	3	78	0,4			3000	4500	6000	47000	80000	1E+05	18800	32000	45200															
A4	b,c,d,e ilôt046 g ilôt054	5	83	0,4			4500	7000	9500	51500	87000	1E+05	20600	34800	49000															

B1A1	k,l ilôt043 h,i ilôt048	4	4	1	0,632	0,461	3000	5000	7000	3000	5000	7000	3000	5000	7000	8,444	13,369	18,295	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B1A2	h,i,j ilôt043	3	7	0,78			3000	4500	6000	6000	9500	13000	4680	7410	10140															
B2A1	a,b ilôt043 k,l ilôt044 f,g ilôt048	6	6	0,78	0,632	0,461	4000	7000	10000	4000	7000	10000	3120	5460	7800	9,662	16,482	23,301	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B2A2	c,d,e ilôt043 h,i,j ilôt044	6	12	0,63			4500	7500	10500	8500	14500	20500	5355	9135	12915															
B3A1	a,b ilôt044 k,l ilôt045 d,e ilôt048	6	6	0,78	0,632	0,461	4000	7000	10000	4000	7000	10000	3120	5460	7800	9,662	16,482	23,301	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B3A2	c,d,e ilôt044 h,i,j ilôt045	6	12	0,63			4500	7500	10500	8500	14500	20500	5355	9135	12915															
B4A1	a,b ilôt045 k,l ilôt046 b,c ilôt048 d ilôt047	7	7	0,78	0,632	0,461	6000	9500	13000	6000	9500	13000	4680	7410	10140	13,640	21,028	28,416	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	130	1,69	0,52
B4A2	c,d,e ilôt045 h,i,j ilôt046	6	13	0,63			6000	9000	12000	12000	18500	25000	7560	11655	15750															
B4B1A1	h,i ilôt039 j,k ilôt038	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B4B1A2	e,f,g ilôt039 l,m,n ilôt038	6	10	0,63			3000	6000	9000	5000	10000	15000	3150	6300	9450															
B4B1A3	c,d ilôt039 o,p ilôt038	4	14	0,63			2000	4000	6000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
B4B2A1	h,i ilôt040 j,k ilôt039	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B4B2A2	e,f,g ilôt040 l,m,n ilôt039	6	10	0,63			3000	6000	9000	5000	10000	15000	3150	6300	9450															
B4B2A3	c,d ilôt040 o,p ilôt039	4	14	0,63			2000	4000	6000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
B4B3A1	h,i ilôt042 j,k ilôt040	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
B4B3A2	e,f,g ilôt042 l,m,n ilôt040	6	10	0,63			3000	6000	9000	5000	10000	15000	3150	6300	9450															
B4B3A3	c,d ilôt042 o,p ilôt040	4	14	0,63			2000	4000	6000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															

B4B1	b ilôt039 a ilôt038 i,j ilôt037	4	18	0,53	0,632	0,461	3000	5000	7000	10000	19000	28000	5300	10070	14840	23,816	44,384	64,952	25	39,56	54,25	10	10	35	50	0,9	0,6	190	1,71	1,14
B4B2	b ilôt040 a ilôt039 k,l ilôt037 g,h ilôt041	6	38	0,42			5000	8000	11000	22000	41000	60000	9240	17220	25200															
B4B3	b ilôt042 a ilôt040 i,j,k ilôt041	5	57	0,4			4000	6500	9000	33000	61500	90000	13200	24600	36000															
B1	g ilôt043 j,k ilôt042	3	10	0,63	0,632	0,461	2000	3500	5000	8000	13000	18000	5040	8190	11340	56,652	98,871	141,090	63	99,68	136,71	50	70	70	95	1,3	0,9	190	2,47	1,71
B2	f ilôt043 g ilôt044 l,m ilôt042	4	26	0,46			2500	4500	6500	19000	32000	45000	8740	14720	20700															
B3	f ilôt044 g ilôt045 n,o,p ilôt042	5	43	0,41			3000	5500	8000	30500	52000	73500	12505	21320	30135															
B4	a ilôt042 f ilôt045 g ilôt046 l ilôt041	4	117	0,4			3000	5000	7000	78500	1E+05	2E+05	31400	54800	78200															
C1A1	b,c ilôt060	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	3,608	7,217	10,825	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	100	0,4	0,2
C1A2	d,e ilôt060	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
C2A1	a,j ilôt060	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	3,608	7,217	10,825	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	100	0,4	0,2
C2A2	h,i ilôt060	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
C3A1A1	g,h ilôt033	2	2	1	0,632		2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	7,217	10,825	14,434	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
C3A1A2	i,j ilôt033	2	4	1			2000	3000	4000	4000	6000	8000	4000	6000	8000															
C3A2A1	g,h ilôt034 e,f ilôt033	4	4	1	0,632	0,461	3000	5000	7000	3000	5000	7000	3000	5000	7000	8,525	14,208	19,892	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
C3A2A2	i,j,k ilôt034 b,c,d ilôt033	6	10	0,63			4500	7500	10500	7500	12500	17500	4725	7875	11025															
C3A3A1	g,h ilôt035 e,f ilôt034	4	4	1	0,632	0,461	3000	5000	7000	3000	5000	7000	3000	5000	7000	8,525	14,208	19,892	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
C3A3A2	i,j,k ilôt035 b,c,d ilôt034	6	10	0,63			4500	7500	10500	7500	12500	17500	4725	7875	11025															

C3A1	k,l ilôt033 h,i ilôt038	4	8	0,78	0,632	0,461	3000	5000	7000	7000	11000	15000	5460	8580	11700	30,311	49,075	67,839	32	50,63	69,44	16	16	35	50	1,2	0,9	190	2,28	1,71
C3A2	l ilôt034 a ilôt033 f,g ilôt038	4	22	0,49			2500	4500	6500	17000	28000	39000	8330	13720	19110															
C3A3	l ilôt035 a ilôt034 c,d,e ilôt038	5	37	0,42			3000	5500	8000	27500	46000	64500	11550	19320	27090															
C3A4	l ilôt036 a ilôt035 g,h ilôt037 b ilôt038	5	52	0,4			4500	7000	9500	42000	68000	94000	16800	27200	37600															
C5A1A1	g,h ilôt061	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	15,300	22,950	30,600	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	260	1,56	1,04
C5A1A2	i,j,k ilôt061	3	5	0,78			3000	4500	6000	5000	7500	10000	3900	5850	7800															
C5A1A3	l ilôt061 g,h ilôt063 e,f ilôt058	5	10	0,63			5000	7500	10000	10000	15000	20000	6300	9450	12600															
C5A1A4	i,j,k ilôt063 b,c,d ilôt058	6	16	0,53			6000	9000	12000	16000	24000	32000	8480	12720	16960															
C5A2A1	g,h ilôt058 e,f ilôt057	4	4	1	0,632	0,461	4000	6000	8000	4000	6000	8000	4000	6000	8000	11,367	17,050	22,733	16	25,32	34,72	6	10	16	50	1,3	0,4	130	1,69	0,52
C5A2A2	i,j,k ilôt058 b,c,d ilôt057	6	10	0,63			6000	9000	12000	10000	15000	20000	6300	9450	12600															
C5A1	l ilôt063 a ilôt058	5	21	0,49	0,632	0,461	3500	6000	8500	19500	30000	40500	9555	14700	19845	25,006	38,646	52,286	32	50,63	69,44	16	16	35	50	1,2	0,9	100	1,2	0,9
C5A2	l ilôt058 a ilôt057 f,g,h ilôt056	5	36	0,42			3500	6000	8500	33000	51000	69000	13860	21420	28980															
C6A1	a ilôt056 b ilôt055	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	160	1,28	0,48
C6A2	n,o,p ilôt056 c,d,e ilôt055	6	8	0,78			3000	6000	9000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
C6A3	k,l,m ilôt056 f,g,h ilôt055	6	14	0,63			3000	6000	9000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
C1	g,f ilôt060 e,f ilôt036	4	8	0,78	0,632	0,461	3000	5000	7000	5000	9000	13000	3900	7020	10140	80,468	130,265	180,061	100	158,23	216,99	150	120	3*35	3*50	1	1	400	4	4
C2	b,c,d ilôt036	3	15	0,53			3000	4500	6000	10000	17500	25000	5300	9275	13250															
C3	a ilôt036 g ilôt057 f ilôt037	3	70	0,4			3000	4500	6000	55000	90000	1E+05	22000	36000	50000															
C4	b,c,d,e ilôt037 h,i,j,k ilôt057	8	78	0,4			8000	12000	16000	63000	1E+05	1E+05	25200	40800	56400															
C5	i ilôt056 l ilôt057 a ilôt037 f ilôt041	4	118	0,4			3500	5500	7500	99500	2E+05	2E+05	39800	63400	87000															
C6	i ilôt055 j ilôt056 b,c,d,e ilôt041	6	138	0,4			5000	8000	11000	1E+05	2E+05	2E+05	44600	72200	99800															

D1A1	a ilôt067	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	3,518	7,036	10,555	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	120	0,48	0,24
D1A2	b,c,d,e ilôt067	4	5	0,78			2000	4000	6000	2500	5000	7500	1950	3900	5850															
D1B1	f ilôt062	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	8,606	17,212	25,818	10	15,82	21,70	2,5	10	35	50	0,5	0,3	400	2	1,2
D1B2	b,c,d,e ilôt062	4	5	0,78			2000	4000	6000	2500	5000	7500	1950	3900	5850															
D1B3	f ilôt064 a ilôt062	2	7	0,78			1000	2000	3000	3500	7000	10500	2730	5460	8190															
D1B4	b,c,d,e ilôt064	4	11	0,63			2000	4000	6000	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
D1B5	f,g ilôt065 a ilôt064	3	14	0,63			1500	3000	4500	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
D1B6	b,c,d,e ilôt065	4	18	0,53			2000	4000	6000	9000	18000	27000	4770	9540	14310															
D2A1	l ilôt067 a ilôt066	2	2	1	0,632	0,461	1500	2500	3500	1500	2500	3500	1500	2500	3500	8,525	14,208	19,892	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
D2A2	h,i,j,k ilôt067 b,c,d,e ilôt066	8	10	0,63			6000	10000	14000	7500	12500	17500	4725	7875	11025															
D2B1	g ilôt062 f ilôt061	2	2	1	0,632	0,461	1500	2500	3500	1500	2500	3500	1500	2500	3500	17,068	29,373	41,677	20	31,65	43,40	6	10	35	50	0,7	0,5	400	2,8	2
D2B2	h,i,j,k ilôt062 b,c,d,e ilôt061	8	10	0,78			6000	10000	14000	7500	12500	17500	5850	9750	13650															
D2B3	g ilôt064 f ilôt063 l ilôt062 a ilôt061	4	14	0,63			3000	5000	7000	10500	17500	24500	6615	11025	15435															
D2B4	h,i,j,k ilôt064 b,c,d,e ilôt063	8	22	0,49			6000	10000	14000	16500	27500	38500	8085	13475	18865															
D2B5	h ilôt065 b ilôt056 l ilôt064 a ilôt063	4	26	0,46			2500	4500	6500	19000	32000	45000	8740	14720	20700															
D2B6	i,j,k,l,m ilôt065	5	31	0,44			2500	5000	7500	21500	37000	52500	9460	16280	23100															

D3A1	k,l ilôt066	2	2	1	0,632	0,461	2000	3000	4000	2000	3000	4000	2000	3000	4000	8,525	14,208	19,892	10	15,82	34,33	2,5	10	16	50	0,8	0,3	170	1,36	0,51
D3A2A1	g,h,i,j ilôt054	4	4	1			2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
D3A2	h,i,j ilôt068 a ilôt054	4	10	0,63			3500	5500	7500	7500	12500	17500	4725	7875	11025															
D1	f ilôt067 a ilôt065	2	25	0,46	0,632	0,461	1000	2000	3000	12500	25000	37500	5750	11500	17250	41,497	74,334	107,171	50	79,11	108,50	35	35	50	50	1,4	1,4	200	2,8	2,8
D2	g ilôt067 f ilôt066 n ilôt065 a ilôt055	4	70	0,4			2500	4500	6500	44000	79000	1E+05	17600	31600	45600															
D3	g ilôt066 b ilôt054 n,o,p ilôt055	5	85	0,4			3000	5500	8000	54500	97000	1E+05	21800	38800	55800															
D4	c,d,e ilôt054 k,l,m ilôt055	6	91	0,4			3000	6000	9000	57500	1E+05	1E+05	23000	41200	59400															
Transfo 1	f ilôt046 f ilôt054 a ilôt041	4	433	0,4			3000	5000	7000	3E+05	5E+05	7E+05	120800	205000	289200															

4. Kandadji 2

E1A1	a,q ilôt020	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	4,926	9,851	14,777	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
E1A2	o,p ilôt020	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
E1A3	l,m,n ilôt020	3	7	0,78			1500	3000	4500	3500	7000	10500	2730	5460	8190															
E2A1	b,c ilôt020 a,p ilôt021	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
E2A2	d,e ilôt020 n,o ilôt021	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
E2A3	f,g,h ilôt020 k,l,m ilôt021	6	14	0,63			3000	6000	9000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
E3A1	b,c ilôt021 a,b,m ilôt022	5	5	0,78	0,632	0,461	2500	5000	7500	2500	5000	7500	1950	3900	5850	7,172	14,344	21,515	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
E3A2	d,e ilôt021 k,l ilôt022	4	9	0,78			2000	4000	6000	4500	9000	13500	3510	7020	10530															
E3A3	f,g,h ilôt021 h,i,j ilôt022	6	15	0,53			3000	6000	9000	7500	15000	22500	3975	7950	11925															
E4A1	c,d ilôt022	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	5,629	11,258	16,887	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
E4A2	e,f,g ilôt022	3	5	0,78			1500	3000	4500	2500	5000	7500	1950	3900	5850															
E4A3	a,i,j ilôt023	3	8	0,78			1500	3000	4500	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
E1	j,k ilôt020 b ilôt016	3	10	0,63	0,632	0,461	1500	3000	4500	5000	10000	15000	3150	6300	9450	22,733	45,105	67,478	25	39,56	54,25	10	10	35	50	0,9	0,6	270	2,43	1,62
E2	i ilôt020 j ilôt021 c,d,e,f ilôt016	6	30	0,44			3000	6000	9000	15000	30000	45000	6600	13200	19800															
E3	i ilôt021 g ilôt016 a ilôt015	3	48	0,41			2000	3500	5000	24500	48500	72500	10045	19885	29725															
E4	h ilôt023 b,c,d,e,f ilôt015	6	62	0,4			3000	6000	9000	31500	62500	93500	12600	25000	37400															

F1A1	i ilôt0X	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	4,222	8,444	12,666	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	130	0,52	0,26
F1A2	j,k ilôt0X	2	3	1			1000	2000	3000	1500	3000	4500	1500	3000	4500															
F1A3	l,m,n ilôt0X	3	6	0,78			1500	3000	4500	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
F1B1	o ilôt0Y	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	4,222	8,444	12,666	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	130	0,52	0,26
F1B2	l,m,n ilôt0Y	3	4	1			1500	3000	4500	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
F1B3	j,k ilôt0Y	2	6	0,78			1000	2000	3000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
F2A1	g,h ilôt0X	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	6,820	13,640	20,460	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
F2A2	e,f ilôt0X j,k ilôt003	4	6	0,78			2000	4000	6000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
F2A3	b,c,d ilôt0X l,m,n ilôt003	6	12	0,63			3000	6000	9000	6000	12000	18000	3780	7560	11340															
F2B1	a ilôt0Y o ilôt002	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	6,820	13,640	20,460	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
F2B2	b,c,d ilôt0Y l,m,n ilôt002	6	8	0,78			3000	6000	9000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
F2B3	e,f ilôt0Y j,k ilôt002	4	12	0,63			2000	4000	6000	6000	12000	18000	3780	7560	11340															
F3A1	g ilôt003	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	4,222	8,444	12,666	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	130	0,52	0,26
F3A2	e,f ilôt003	2	3	1			1000	2000	3000	1500	3000	4500	1500	3000	4500															
F3A3	b,c,d ilôt003	3	6	0,78			1500	3000	4500	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
F3B1	a,b ilôt002	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	4,222	8,444	12,666	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	130	0,52	0,26
F3B2	c,d ilôt002	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
F3B3	e,f ilôt002	2	6	0,78			1000	2000	3000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
F5A1	m,n ilôt016	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	7,388	14,777	22,165	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	255	2,04	0,765
F5A2	j,k,l ilôt016	3	5	0,78			1500	3000	4500	2500	5000	7500	1950	3900	5850															
F5A3	h,i ilôt016 o ilôt015	3	8	0,78			1500	3000	4500	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
F5A4	l,m,n ilôt015	3	11	0,63			1500	3000	4500	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
F5A5	j,k ilôt015	2	13	0,63			1000	2000	3000	6500	13000	19500	4095	8190	12285															
F1	o ilôt0X i ilôt0Y	2	14	0,63	0,632	0,461	1000	2000	3000	7000	14000	21000	4410	8820	13230	27,785	55,570	83,355	32	50,63	69,44	16	16	35	50	1,2	0,9	270	3,24	2,43
F2	a ilôt0X g,h ilôt0Y i ilôt002 o ilôt003	5	43	0,41			2500	5000	7500	21500	43000	64500	8815	17630	26445															
F3	a ilôt003 g,h ilôt002 f ilôt013	4	59	0,4			2000	4000	6000	29500	59000	88500	11800	23600	35400															
F4	a,g,h ilôt013	3	62	0,4			1500	3000	4500	31000	62000	93000	12400	24800	37200															
F5	h,i ilôt015	2	77	0,4			1000	2000	3000	38500	77000	115500	15400	30800	46200															

G1A1	b,c ilôt032	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	4,926	9,851	14,777	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	150	0,6	0,3
G1A2	d,e ilôt032	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
G1A3	f,g,h ilôt032	3	7	0,78			1500	3000	4500	3500	7000	10500	2730	5460	8190															
G1B1	f ilôt001 bis	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	8,444	14,777	21,109	10	15,82	21,70	2,5	10	35	50	0,6	0,3	255	1,53	0,765
G1B2	e ilôt001 bis h,i ilôt006	3	4	1			2500	4000	5500	3000	5000	7000	3000	5000	7000															
G1B3	e ilôt007 g ilôt006	2	6	0,78			1500	2500	3500	4500	7500	10500	3510	5850	8190															
G1B4	c,d ilôt007	2	8	0,78			1000	2000	3000	5500	9500	13500	4290	7410	10530															
G1B5	b ilôt007	1	9	0,78			500	1000	1500	6000	10500	15000	4680	8190	11700															
G2A1	a ilôt032 b ilôt031	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	6,252	12,503	18,755	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
G2A2	o,p ilôt032 c,d ilôt031	4	6	0,78			2000	4000	6000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
G2A3	l,m,n ilôt032 e ilôt031 b ilôt030	5	11	0,63			2500	5000	7500	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
G2B1	i ilôt009 f ilôt007	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	6,252	12,503	18,755	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
G2B2	g,h ilôt009 g,h ilôt007	4	6	0,78			2000	4000	6000	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
G2B3	a ilôt007 e,f ilôt009	3	9	0,78			1500	3000	4500	4500	9000	13500	3510	7020	10530															
G2B4	c,d ilôt009	2	11	0,63			1000	2000	3000	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
G3A1	a ilôt031	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	4,222	8,444	12,666	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,1	150	0,6	0,15
G3A2	g,h ilôt031	2	3	1			1000	2000	3000	1500	3000	4500	1500	3000	4500															
G3A3	f ilôt031 a,f ilôt030	3	6	0,78			1500	3000	4500	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
G3B1A1	g ilôt001 bis	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	2,706	5,413	8,119	3	4,75	6,51	2,5	10	16	50	0,4	0,2	120	0,48	0,24
G3B1A2	h,i ilôt001 bis	2	3	1			1000	2000	3000	1500	3000	4500	1500	3000	4500															
G3B2A1	d ilôt001 bis j,k ilôt006	3	3	1	0,632	0,461	1500	3000	4500	1500	3000	4500	1500	3000	4500	5,629	11,258	16,887	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	120	0,96	0,36
G3B2A2	b,c ilôt001 bis l,m,n ilôt006	5	8	0,78			2500	5000	7500	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
G3B3A1	e,f ilôt006	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	3,518	7,036	10,555	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	120	0,48	0,24
G3B3A2	b,c,d ilôt006	3	5	0,78			1500	3000	4500	2500	5000	7500	1950	3900	5850															

G3B1	j ilôt001 bis	1	4	1	0,632	0,461	500	1000	1500	2000	4000	6000	2000	4000	6000	13,496	26,991	40,487	16	25,32	34,72	6	10	35	50	0,6	0,4	255	1,53	1,02
G3B2	a ilôt001 bis o ilôt006	2	14	0,63			1000	2000	3000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
G3B3	j ilôt009 a ilôt006 j ilôt010	3	22	0,49			1500	3000	4500	11000	22000	33000	5390	10780	16170															
G3B4	k,l,m ilôt009 g,h,i ilôt010	6	28	0,46			3000	6000	9000	14000	28000	42000	6440	12880	19320															
G3B5	n,o,p ilôt009 d,e,f ilôt010	6	34	0,44			3000	6000	9000	17000	34000	51000	7480	14960	22440															
G4A1	b,c ilôt028	2	2	1	0,632	0,461	1000	2000	3000	1000	2000	3000	1000	2000	3000	4,926	9,851	14,777	5	7,91	10,85	2,5	10	16	50	0,4	0,2	150	0,6	0,3
G4A2	d,e ilôt028	2	4	1			1000	2000	3000	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
G4A3	f,g,h ilôt028	3	7	0,78			1500	3000	4500	3500	7000	10500	2730	5460	8190															
G4B1	h ilôt004	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	200	1,6	0,6
G4B2	e,f,g ilôt004	3	4	1			1500	3000	4500	2000	4000	6000	2000	4000	6000															
G4B3	c,d ilôt004 k,l ilôt010	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
G4B4	b ilôt004 m,n ilôt010	3	11	0,63			1500	3000	4500	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
G4B5	o,p,q ilôt010	3	14	0,63			1500	3000	4500	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
G5A1	b,c ilôt027 a,p ilôt028	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
G5A2	d,e ilôt027 n,o ilôt028	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
G5A3	f,g,h ilôt027 k,l,m ilôt028	6	14	0,63			3000	6000	9000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
G5B1	i,j,k,l ilôt004 h,i ilôt003	6	6	0,78	0,632	0,461	4000	7000	10000	4000	7000	10000	3120	5460	7800	9,084	17,212	25,340	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	200	1,6	0,6
G5B2	m,n,o ilôt004 h,i ilôt012	5	11	0,63			2500	5000	7500	6500	12000	17500	4095	7560	11025															
G5B3	a ilôt004 e,f,g ilôt012	4	15	0,53			2000	4000	6000	8500	16000	23500	4505	8480	12455															
G5B4	c,d ilôt012	2	17	0,53			1000	2000	3000	9500	18000	26500	5035	9540	14045															

G6A1	a,p ilôt027 b,c ilôt026	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	7,957	15,913	23,870	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
G6A2	n,o ilôt027 d,e ilôt026	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
G6A3	k,l,m ilôt027 f,g,h ilôt026	6	14	0,63			3000	6000	9000	7000	14000	21000	4410	8820	13230															
G6B1	j,k ilôt012 d,e ilôt013	4	4	1	0,632	0,461	2000	4000	6000	2000	4000	6000	2000	4000	6000	6,252	12,503	18,755	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	130	1,04	0,39
G6B2	l,m ilôt012 b,c ilôt013	4	8	0,78			2000	4000	6000	4000	8000	12000	3120	6240	9360															
G6B3	n,o,p ilôt012	3	11	0,63			1500	3000	4500	5500	11000	16500	3465	6930	10395															
G1	i ilôt032	1	17	0,53	0,632	0,461	500	1000	1500	10000	18500	27000	5300	9805	14310	64,230	126,656	189,082	70	110,76	151,89	50	70	3*35	95	0,7	1,1	400	2,8	4,4
G2	j,k ilôt032 b ilôt009 c,d ilôt030	5	44	0,41			2500	5000	7500	23500	45500	67500	9635	18655	27675															
G3	a ilôt009 c ilôt010 e ilôt030	3	87	0,4			1500	3000	4500	45000	88500	1E+05	18000	35400	52800															
G4	i ilôt028 a,b ilôt010	3	111	0,4			1500	3000	4500	57000	1E+05	2E+05	22800	45000	67200															
G5	j ilôt028 b ilôt012 i ilôt027	3	145	0,4			1500	3000	4500	75000	1E+05	2E+05	30000	59000	88000															
G6	j ilôt027 a ilôt012 i ilôt026	3	173	0,4			1500	3000	4500	89000	2E+05	3E+05	35600	70200	104800															
H1	a ilôt026	1	1	1	0,632	0,461	500	1000	1500	500	1000	1500	500	1000	1500	6,820	13,640	20,460	10	15,82	21,70	2,5	10	16	50	0,8	0,3	150	1,2	0,45
H2	n,o,p ilôt026 b,c ilôt023	5	6	0,78			2500	5000	7500	3000	6000	9000	2340	4680	7020															
H3	k,l,m ilôt026 d,e,f ilôt023	6	12	0,63			3000	6000	9000	6000	12000	18000	3780	7560	11340															
Transfo 2	g ilôt015 g ilôt023 j ilôt026	3	327	0,4			2000	3500	5000	2E+05	3E+05	5E+05	66800	132200	197600															