STRATEGIES D'AMELIORATION DE L'ACCES AU SERVICE ENERGETIQUE DES ZONES PERIURBAINES AU CAMEROUN :

CAS DE LA REGION DE L'OUEST CAMEROUN

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER 2 SPECIALISE EN GENIE ENERGETIQUE ET ENERGIE RENOUVELABLE
OPTION : TRANSPORT ET DISTRIBUTION ELECTRIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 29/11/2011 par
ELOCK MAYOUCK LUC JEAN JACQUES AIME

Travaux dirigés par : **Pr. Yézouma COULIBALY**
(Chef de l'UTER Génie Energétique et Industriel au 2iE)

Ing. Paul YATCHEU
(Sous Directeur Etudes, Planification et Construction à AES SONEL)

Ing. Emmanuel BASSO NDJOCK
(Sous Directeur des performances à AES SONEL)

Jury d'évaluation du stage :

- **AZOUMAH Yao (Président)**
- **SIDIBE Sayon**
- **RUGUNDU Anselme**

Promotion 2010 /2011

REMERCIEMENTS/DEDICACES

Par le présent canal, j'ai le plaisir de dire un sincère merci, à tous ceux qui ont contribué sous une forme quelconque à la réussite de ma formation et à la réalisation de ce mémoire.

En particulier j'exprime ici, ma profonde gratitude à l'endroit de mon maître de mémoire, **YEZOUMA COULIBALY** Chef de l'UTER Génie Energétique et Industriel au 2iE, pour son accompagnement tout au long du processus d'élaboration de ce document.

A monsieur **Paul YATCHEU** Ingénieur Electricien, Sous Directeur des Etudes, de la Planification à AES SONEL (Cameroun), qui a mis à ma disposition toutes les ressources nécessaires pour la bonne marche de ce projet.

A monsieur **Emmanuel BASSO**, Sous Directeur des Performances à AES SONEL pour son réel accompagnement, sa disponibilité et son expérience qu'il me fait partager depuis le début de ce projet.

A **tous les Agents du Bureau d'études** de la Sous Direction Etudes Planification et Construction, pour toute la sollicitude dont ils ont fait montre depuis le début de cette formation jusqu'à son aboutissement, sanctionné par ce mémoire.

Je voudrais aussi, adresser des remerciements :

- Au responsable pédagogique de la formation : **Madame SIDO Mariam** enseignante au 2iE.
- Aux responsables et coordonnateurs de la formation à distance au 2iE, particulièrement
- A Messieurs **Koné TOFANGUY** et Sylvie **OUEDRAOGO KIENOU** respectivement Chef du Service de la formation à distance et Coordonatrice de la filière du Master spécialisé M2 GEER Groupe 1;
- Aux enseignants du 2iE pour leur tutorat très apprécié et leur esprit pédagogique ;
- Aux camarades de la deuxième promotion du Master II Spécialisé GEER, notamment Messieurs **EKO MVONDO Patrick** et **DJOUMESSI NKEMZEM Yves Armand**

- A mes chers et parents, **François** et **Agnès MAYOUCK.**

Je dédie ce travail à ma très chère épouse Sarriette **MBANGO MISSE Sariette** pour son esprit d'écoute et d'attention durant toute cette formation.

RESUME

Les localités périurbaines et rurales de la région de l'Ouest Cameroun sont desservies en énergie électrique par le réseau interconnecté Sud (RIS) principalement d'origine hydroélectrique. Ces réseaux 30 KV, sont sujet à des chutes de tension élevées de l'ordre de 10 à 16 % aux heures de pointes et aux interruptions fréquentes dues aux incidents.

AES SONEL est l'entreprise en charge de la Production, du Transport, de la Distribution et de la commercialisation de l'énergie électrique au Cameroun. Une de ses préoccupations majeures est d'améliorer la qualité de service de l'énergie électrique sur toute l'étendue du territoire desservi par les Réseaux 30 KV.

Dans cette optique, la présente étude se propose de contribuer à cet effort d'amélioration de la qualité de service. D'où, le thème du projet : « Stratégies d'amélioration de l'accès au service énergétique des zones périurbaines au Cameroun : Cas de la région de l'Ouest Cameroun »

Cette étude a permis de faire un diagnostic approfondi de la qualité de service. Ce diagnostic a porté sur deux plans :

- qualité de tension
- qualité de fourniture.

L'élaboration des stratégies d'amélioration s'en est suivie et a permis de dimensionner les Bancs de condensateurs pouvant relever le niveau de tension aux heures de pointes, dans les localités de Foumban, Foumbot, Bouda, Dschang et Bangangté. Nous avons également analysé les causes profondes des interruptions d'énergie électrique et proposé des actions de maintenance. Dans le but de garantir une bonne qualité de service énergétique à moyen terme (horizon 2016), nous avons proposé un plan de développement du Réseau dans le cadre des projets d'investissements.

Mots Clés :

1 - Qualité de la tension
2- Qualité de fourniture
3 - Compensation réactive
4 - Planification des Réseaux
5 – Accès au service énergétique
6 –Plan de maintenance.
7- Etude économique

ABSTRACT

Suburban and rural communities of the western region of Cameroon are served with electricity through the southern interconnected network (RIS) from the hydropower source. However, this region is currently experiencing serious problems of electricity supply and of the quality of supplied electrical power. Indeed, the 30 kV networks, supplying most of the suburban and rural communities are subjected to high voltage drops and frequent interruptions as aresult of incidents on the network.

AES Sonel company which is the company responsible for generation, transmission and distribution of electricity in Cameroon. Particularly through its network department in charge of distribution of electric power, is to improve the quality electrical services throughout the territory served by the 30KVnetwork.

With this in mind, this study aims to contribute towards this effort to improve the quality of electrical services through the development of "Strategies for improving access to energy services in sub-urban areas of Cameroon; "The case of the western region of Cameroon"

This study initially intends to make a thorough diagnosis of the quality of service. Within the framework of the :

- voltage quality
- power supply.

In developing strategies, it sizes capacitor banks for 30 KV networks serving the communities of Foumban, Foumbot, Bouda, Dschang and Bangangté in order to raise the voltage level at peak times. We also analyzed the root causes of interruptions of electrical power and proposed maintenance actions. Finally, to ensure a good quality of electrical services in the medium term (2016), we proposed a development plan for the network within the framework of investment projects.

Key words :

1- Quality of service
2- Power supply.
3- Reactive compensation
4- Development plan for the network
5- Access to energy service
6- Maintenance actions
7- Financial profitability

LISTE DES ABREVIATIONS

A: ampère

BT : basse tension

CAPEX: (Capital Expenditure) Dépense d'investissement

DIST TRVX PRGM : Travaux programmé distribution

END: Energies non distribuées

GES : Gaz à effet de serre

h: heure

HTA ou MT: moyenne tension

HTB: Haute tension **km** : Kilomètre

kW: kilowatt

kWh: kilowatt - heure

kV: Kilovolt

mm²: millimètres carré

MW : Méga Watt

m : mètre

Tep : Tonne équivalent pétrole

OPEX: (Operational Expenditure) Dépense de fonctionnement

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

RBC: ratio bénéfice sur coût

RIS : Réseau Interconnecté Sud

SONEL : Société Nationale d'Electricité

TRI: taux de rentabilité interne

VAN: valeur actuelle nette

2IE: institut International de l'eau et de l'environnement

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION 1

II- OBJECTIF DU PROJET 3

II-1 OBJECTIF GENERAL 3

II-2 OBJECTIF SPECIFIQUE 3

II-3 LES ENJEUX DU PROJET 3

III- MATERIELS ET METHODES 4

III.1. COLLECTE DES DONNEES 4

III.2. RAPPEL SUR LES EFFETS DE L'ENERGIE REACTIVE 4

III.3 STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX MOYENNE TENSION 7

III.4 ANALYSE DE LA DISPONIBILITE DE L'ENERGIE 8

III.5 ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET 9

IV- RESULTATS 12

IV-1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE 12

IV-2 ETAT DES LIEUX DES RESEAUX 30 KV DE LA REGION DE L'OUEST 14

IV-3 STRATEGIE 1 : COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE 21

IV-4 STRATEGIE 2 : PLANIFICATION DES RESEAUX 30 KV DE L'OUEST A MOYEN TERME ... 27

IV-5 STRATEGIE 3 : PLAN D'ACTION DE MAINTENANCE 31

IV- 6 ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET COMPENSATION REACTIVE HTA ET AIDE A LA PROGRAMATION DES PROJETS DE DEVELOPPEMENT 35

V- DISCUSSION ET ANALYSE ***41***

V- 1 ANALYSE ET SYNTHESE DES PROJETS D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE SERVICE *41*

V.2 IMPACTS SOCIAUX-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAL DES STRATEGIES DEVELOPPEES SUR L'ACCES AU SERVICE ENERGETIQUE *47*

VI- RECOMMANDATIONS ***50***

VI- CONCLUSIONS ***51***

VIII- BIOGRAPHIES ***52***

IX- ANNEXE ***53***

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique générales des départs 30 KV de l'Ouest……14

Tableau 2 : Résultats de simulation du Départ Mbouda sur Cymdist……..15

Tableau 3 : Résultats de simulation du Départ Foumbot sur Cymdist……..16

Tableau 4 : Résultats de simulation du Départ Bangangté sur Cymdist……...17

Tableau 5 : Pertes techniques en puissance à la pointe……..…18

Tableau 6: Tableau récapitulatif des indicateurs de performance des départs 30 KV de l'Ouest…….19

Tableau 7: Tableau récapitulatif des résultats de dimensionnement des condensateurs……...22

Tableau 8: Prévision de la demande horizon 2016……...……22

Tableau 9 : Résultats de simulation du Départ Mbouda compensé sur Cymdist……..23

Tableau 10 : Résultats de simulation du Départ Foumbot compensé sur Cymdist……..24

Tableau 11 : Résultats de simulation du Départ Bangangté compensé sur Cymdist……..…..25

Tableau 12 : Evolution des pertes en puissance des départs 30KV compensés……26

Tableau 13 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Mbouda…….27

Tableau 14 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Foumbot……28

Tableau 15 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Bangangté…….……29

Tableau 16 : Evolution des charges du poste source 90/30 KV……..30

Tableau 17: Energies Non Distribuées en KWh par cause des départs 30 KV de l'Ouest….32

Tableau 18 : Plan d'action de maintenance…….34

Tableau 19 : Devis du projet compensation de l'énergie réactive……..……...35

Tableau 20 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Mbouda…36

Tableau 21 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Foumbot..37

Tableau 22 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Bangangté……...38

Tableau 23 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les énergies perdues……..39

Tableau 24 : Tableau de conversion du gain d'énergie distribution en Production…….39

Tableau 25 : calcul financière du projet de la compensation réactive HTA…….40

Tableau 26 : Tableau de synthèse du projet compensation……..41

Tableau 27: Liste des Projet HTB de développement des Réseaux 30 KV……42

Tableau 28 : Liste des Projet HTA de développement des Réseaux 30 KV……..43

Tableau 29 : Liste des Projets de dessertes de Foumbot et Mbouda……..44

Tableau 30 : Liste des Projets de dessertes de Bangangté……45

Tableau 31: Travaux prioritaires de maintenance 2010……..46

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte géographique des principales localités de la zone d'étude……12

Figure 2 : Schéma géographique des réseaux 30 KV de l'Ouest……13

Figure 3 : Visualisation des anomalies des départs 30 KV……18

Figure 4 : Diagramme des Energie non distribuées de l'année 2010…….…….20

Figure 5 : Profil de tension du Départ Mbouda horizon 2015 ……...27

Figure 6 : Profil de tension du Départ Foumbot horizon 2015……..…….28

Figure 7 : Profil de tension du Départ Banganté horizon 2015……...30

Figure 8: Pareto des causes profondes des END du D31 Mbouda……..32

Figure 9: Pareto des causes profondes des END du D32 Foumbot……..33

Figure 10: Pareto des causes profondes des END du D33 Bangangté……..33

Figure 11 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Mbouda…….36

Figure 12 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Foumbot……37

Figure 13 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Bangangté……38

I- INTRODUCTION

Dans le cadre de l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), le Gouvernement de la République du Cameroun s'est engagé à « améliorer l'accès au service énergétique des populations des zones périurbaines et rurales ». Dans cet optique, l'Etat a fixé dans le cadre du contrat de concession a AES SONEL structure para publique en charge de la production, du Transport et de la distribution de l'énergie électrique, des exigences en terme de qualité de service. Deux critères majeurs de performance de qualité de service retenus dans ce contrat sont :

- la qualité de tension (chute de tension fixée à + ou - 5% de la tension nominale en réseau moyenne tension (HTA) et à + ou -10% pour le réseau Basse tension)
- Le seuil admissible d'énergie non distribuée (END) est fixé à 0,5% des énergies vendues.

A l'état actuel, les réseaux 30 kV desservant les localités périurbaines et rurales de la région Ouest Cameroun, sont l'objet des chutes de tensions très élevées aux heures de pointe variant entre 10 à 16 %, dégradants ainsi la qualité de service de l'électricité. Cette qualité de service est aussi dégradée par les interruptions multiples dues aux incidents, augmentant ainsi le volume d'énergie non distribuée.

L'impact de cette mauvaise fourniture de l'électricité sur les conditions de vie des ménages est manifestement négatif et se traduit par : les fortes frustrations des populations , une forte dégradation du tissu économique, l'utilisation des lampes-tempête pour étudier le soir et la limitation de l'accès au service énergétique des villages environnants candidats au programme d'électrification rurale.

D'un autre côté, cette situation ne permet pas a AES SONEL d'atteindre certains objectifs du contrat cadre de concession signé le 18 Juillet 2001 dont, les incitations contractuelles ou pénalités sont exigibles depuis janvier 2009. Dans ce contexte, l'urgence d'une stratégie d'amélioration de l'accès aux services énergétiques s'avère nécessaire.

En fin 2010, la région de l'Ouest Cameroun a constituée 20% des Energie Non Distribuée de l'ensemble du pays. Sur le plan de la qualité de tension, elle est la région qui connait le plus

de problème de chute de tension aux heures de pointe. C'est pour cette raison que nous cette région a été considérée comme zone pilote de l'étude. D'où le thème du présent projet :

« *Stratégies d'amélioration de l'accès au service énergétique des zones périurbaines au Cameroun : Cas de la région de l'Ouest Cameroun* »

La résolution de tous les problèmes sus cités fait l'objet d'engagements financiers importants. Compte tenu de la conjoncture économique, les investissements doivent être orientés vers les projets ayant le plus grand impact sur la qualité de service électrique. D'ou l'importance d'une étude économique afin de justifier la réalisation des projets pertinents.

II- OBJECTIF DU PROJET

II-1 OBJECTIF GENERAL

L'objectif général visé par le présent projet de fin de formation est, de faire un diagnostic approfondie de la qualité de service des réseaux 30 kV de la région de l'Ouest Cameroun, ensuite développer des stratégies d'amélioration de la qualité de service sous les aspects qualité de tension et qualité de fourniture dans ces localités périurbaines.

II-2 OBJECTIF SPECIFIQUE

Les objectifs spécifiques liés au projet sont :

- Réduire les chutes de tension en ligne à + ou- 5% de la tension nominale en réseau moyenne tension (HTA) dans les localités périurbaines et rurales de la région de l'Ouest.
- Réduire le taux d'énergie non distribuée (END) à 0,5 % des énergies vendues.
- Faciliter l'accès aux services énergétiques des populations par les projets de développement des réseaux.

II-3 LES ENJEUX DU PROJET

Les enjeux majeurs liés à ce projet sont propres au métier de l'énergie électrique, il s'agit :

- **Sur le plan technique**: Amélioration des performances des réseaux électriques (qualité de la tension et disponibilité des réseaux).
- **Sur le plan économique :** Respect du règlement de service qui permettra ainsi à l'entreprise d'éviter des pénalités. L'amélioration des ventes grâce aux gains réalisés sur les END sauvées, les pertes techniques évitées et les nouveaux clients raccordés

- **Sur le plan social:** La fréquence des interruptions d'énergie augmente le risque des troubles sociaux. La persistance de la pauvreté au sein des groupes de populations rurales, qui dépendent en grande partie du bois de feu pour la satisfaction de leurs besoins énergétiques domestiques.

III- MATERIELS ET METHODES

Pour conduire ce projet compte tenu de sa complexité, la démarche méthodologique générale pourrait s'articuler comme suit :

- Identification des sites pilotes servant de cadre de l'étude
- Recherche documentaire sur les études issues de travaux similaires (documents scientifiques, rapports d'expertise, documents de projets, etc.)
- Collecte des données auprès d'interlocuteurs variés
- Modélisation des Réseaux, Analyse électrique
- Analyse de la qualité de fourniture
- Développement des stratégies
- Analyse économique du projet (Evaluation du coût et rentabilité du projet.)

De façon plus détaillée, les outils utilisés et les méthodes sont les suivants :

III.1. COLLECTE DES DONNEES

La collecte des données s'est faite à travers des descentes sur le terrain et l'analyse des rapports mensuels et annuels d'exploitation. Nous nous sommes rendus dans les localités de Bafoussam, Bangangté, Dschang et Foumban afin de collecter les données nécessaires de l'étude. Nous avons ainsi eu l'occasion d'échanger avec les responsables techniques et commerciaux de la région sur les différents problèmes rencontrés.

III.2. RAPPEL SUR LES EFFETS DE L'ENERGIE REACTIVE

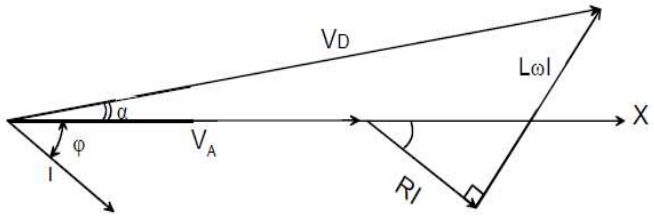
Pour satisfaire à la demande de consommation active de la clientèle il est évidemment nécessaire de disposer, à chaque instant, de la puissance active correspondante augmentée des pertes actives entrainées par son transport, de la source au point de livraison. Mais ceci n'est pas suffisant, il faut également disposer de puissance réactive en quantité suffisante, et aux emplacements appropriés, afin de pouvoir assurer le transport de la puissance demandée, dans les conditions satisfaisante.

Les cahiers des charges de concession imposent à AES SONEL le maintien à tout moment et à tout endroit d'une certaine fourchette de tension, compatible avec le bon fonctionnement des matériels raccordés. La tension HTA doit se situer à ± 5% de la tension nominale du réseau.

La tension BT doit se situer entre + 10 et – 10% de la tension nominale qui est de 220 V (380 V en triphasé).

III.2. 1 Perte technique et chute de tension

Soit le modèle suivant :



Avec

R : résistance d'un conducteur (Ω)
Lω : réactance d'un conducteur (Ω)
φ : déphasage du courant sur la tension ou facteur de puissance du récepteur
I : courant de ligne (A)

Comme $\alpha \approx 0$ et $\overrightarrow{VD} = \overrightarrow{VA} + \overrightarrow{RI} + \overrightarrow{L\omega I}$

On obtient en projection sur l'axe des x : $\Delta V = RI\cos\varphi + L\omega I \sin\varphi$

Comme $\Delta U = \sqrt{3}\Delta V$ on exprime finalement la chute de tension en réseau triphasé par l'expression :

$$\boldsymbol{\Delta U = \sqrt{3}(RI\cos\varphi + L\omega I \sin\varphi)}$$

Considérons une liaison AB assimilable à une impédance Z = R + j X qui transporte de A vers B une puissance P + j Q.

Les pertes actives entrainées par ce transport sont sous la forme : $P = \frac{R\,(P^2+Q^2)}{U^2}$

Le transit de puissance réactive accroit donc les pertes, phénomène bien connu.

La chute de tension entrainée par ce transport est : $\Delta U = \frac{R\,P_B \;+X\,Q_B}{U_B}$

III.2.2 Solution pour améliorer la tension et diminuer les pertes sur un départ

Pour réduire les pertes et les chutes de tensions ΔU, il faudra donc éviter de transporter de la puissance réactive, celle-ci devant être produite autant que possible à l'endroit ou elle est consommée.

L'intensité du courant I qui circule dans un élément du réseau est égale à $\sqrt{{I_a}^2 + {I_r}^2}$

I_a étant la composante active et I_r la composante réactive du courant.

On peut réduire le courant I qui transit par le départ de deux façons :

- En installant les batteries de condensateurs, on réduirait I_r la composante réactive du courant.
- En dédoublant le départ HTA, on réduirait I_a la composante active.

III.2.3 Dimensionnement des batteries de condensateurs.

Soit un point du réseau de puissance active P et réactive Q, on désire améliorer cos φ pour obtenir cos φ', ou passer de tg φ à tg φ'

On installe des condensateurs de puissance réactive Q_C , on a alors :

Avant la compensation on a : $Q = P \operatorname{tg} \varphi$

Après la compensation on a : : $Q' = P \operatorname{tg} \varphi'$

La différence de puissance réactive est : $Q' = Q - Q_C$

On en déduit $\boldsymbol{Q_C = P\left(tg\ \varphi - tg\ \varphi'\right)}$ Correspondant à la puissance du condensateur qu'il convient d'installer

III.2.4 Utilisation du logiciel Cymdist 4.7

Le logiciel de calcul électrique **CYMDIST version 4.7** permet d'évaluer, pour les hypothèses de réseau données, les moyens de compensation à installer pour maintenir la tension sur l'ensemble du réseau considéré dans une plage fixée à l'avance.

Nous modéliserons les différents réseaux et ensuite nous ferons les simulations électriques des dits réseaux à l'aide de ce logiciel **CYMDIST version 4.7** pour le dimensionnement des condensateurs et le choix optimal de leur emplacement. Cymdist est un Outils d'analyse et de planification fiables pour l'amélioration des performances du réseau. (Voir présentation et fonctionnalité du logiciel en annexe)

III.3 STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX MOYENNE TENSION

Planifier le développement d'un réseau moyenne tension consiste à prendre un ensemble de décision de renforcement et d'extension propres à faire face à l'accroissement de la charge appelée. Ces renforcement sont multiples et de natures très diverses, depuis la création d'un poste source HTB/HTA jusqu'au raccordement HTA d'un poste HTA/BT , en passant par le dédoublement d'une liaison MT, pour ne citer que quelques exemples.

III.3.1 Les principes du schéma directeur

Le schéma directeur est constitué d'une vision à long terme de la structure du réseau appelé « cible » décrivant la consistance et le positionnement des postes-sources, la structure des ouvrages HTA et de la stratégie pluriannuelle conduisant à cette cible.

III.3.2 Les étapes de réalisation des schémas directeurs.

La première étape est la détermination du plan directeur. Cette étude basée sur une prévision des charges à long terme (horizon 20 ans) et sur des choix technologiques des équipements, donne le réseau cible (poste source, poste de répartition, lignes MT principales)

La deuxième étape est le plan de développement des réseaux à moyen terme (horizon 5 ans). Cette étude est basée sur les prévisions de charges à moyens terme.

L'objectif principal poursuivi est de déterminer les renforcements MT nécessaire pour faire face à la charge, tant en régime normal, qu'en secours.

III.3.3 Planification opérationnelle

Les actions porteront sur les postes HT/MT et les réseaux d'ossature MT. Pour ce qui est des réseaux MT d'ossature, les actions seront :

- La réhabilitation des réseaux pour le remettre à niveau afin de limiter les énergies non distribuées et éliminer les situations dangereuses sur les réseaux.
- Le renforcement des réseaux pour faire face à la charge actuelle et anticipée dans le futur.
- La création des nouveaux départs pour évacuer l'énergie du nouveau poste et les éventuels bouclages pour la sécurisation de l'alimentation.

Pour ce qui est des réseaux de desserte MT/BT, les grandes actions seront :

- La création des postes de distribution et des réseaux associés pour éliminer les chutes de tension et les postes en surcharge.
- La création des réseaux MT/BT pour éradiquer les branchements pirates.

III.4 ANALYSE DE LA DISPONIBILITE DE L'ENERGIE

L'accès au service énergétique est également dégradé par les interruptions multiples dues aux incidents, augmentant ainsi le volume d'énergie non distribuée. D'ailleurs, AES SONEL est tenue de fournir de l'énergie de manière continue et selon la norme de qualité qui stipule que : l'énergie non distribuée est fixé à 0,5% des énergies vendues au maximum.

III.4.1 Indicateurs de performance des réseaux de Distribution

L'analyse des indicateurs de performances des réseaux électrique permet d'évaluer la capacité des dits réseaux à assurer la continuité de fourniture selon les normes du contrat de concession.

Les indicateurs de qualité de service utilisés dans ce projet en distribution électrique à sont :

- Nombre d'incidents aux 100 Kms
- Temps équivalent de coupure (incident et travaux programmés)

  $$\text{Temps équivalent de coupure} = \frac{\text{Nombre d'heures} \times \text{END incident}}{\text{Energie émises}}$$

- Taux énergie non distribuée : $$\text{Taux END} = \frac{\text{END incidents} + \text{END travaux programmé}}{\text{EfacturéeMT} + \text{Efacturée BT}}$$

III.4.2 Analyse des causes profondes des interruptions par la méthode d'Ishikawa des 5 M

Le diagramme d'Ishikawa ou diagramme causes-effets ou en arête de poisson constitue un outil de gestion simple susceptible de définir les facteurs qui affectent la qualité des produits. Le recensement des causes s'effectue des causes majeures aux causes mineures : l'objectif est d'obtenir un diagramme très complet, très précis, afin de ne rien négliger. Il est possible d'organiser la construction du diagramme autour de la méthode des 5 M , chaque M illustrant respectivement les notions de Matière, Matériel (Machine et outil), Méthode de travail, Main d'œuvre et Milieu (conditions de travail).

III.4.3 Priorisation des actions de maintenance par la loi de Pareto

La loi de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Cette méthode se base sur le faite que tous les éléments d'un système n'ont pas nécessairement besoin d'être tous en excellent état à un instant donné pour garantir la performance optimale du système à cet instant. La loi PARETO a toujours démontré que le plus souvent ce soit 20% des causes qui produisent 80% des effets. L'objectif est d'identifier les défauts qui contribuent le plus à la dégradation de la qualité de service et prioriser en conséquence les actions de maintenance préventive.

III.5 ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET

En général, les investissements sur le réseau sont justifiés par des situations de pointe. En toute rigueur, les décisions d'investissement devraient être prises lorsque le coût de l'anticipation d'un ouvrage est inférieur ou égal au gain total sur les pertes, sur la défaillance et sur les coûts d'exploitation procurés par la réalisation de cet ouvrage.
Pour apprécier l'impact économique de l'installation de condensateurs sur le réseau, il est commun de calculer le taux de rentabilité initiale (TRI) du dernier MVAR de condensateur installé. Ce taux de rentabilité, calculé sur l'année d'installation est, égal au rapport du gain annuel global procuré par l'installation de ce MVAR à son coût d'investissement. Pour le calcul du gain, il faut considérer que l'installation des condensateurs conduit, par la diminution des courants transités à une économie sur :

- Les pertes techniques
- Les pénalités liées à la qualité de service (écart de tension)

III.5.1 Stratégie Optimale

La stratégie optimale de développement d'un réseau est celle qui minimise la somme actualisée des dépenses d'investissement, du coût des pertes et du coût de l'imperfection de la qualité de service (énergie non distribuée, écarts de tension).

Elle correspond donc au minimum du coût total actualisé :

$$C = \sum_{t=0}^{T} \frac{I(t) + Cp(t) + Cd(t)}{(1+i)^t} - \frac{Vu}{(1+i)^T}$$

Avec :

t : année de la période étudiée (variant de 0 à T)

i : taux d'actualisation,

I(t) : coût des investissements réalisés l'année

Cp(t) : coût des pertes sur le réseau l'année t

Cd(t) : coût de l'imperfection de la qualité de service l'année t

Vu : valeur d'usage, l'année T, de l'ensemble des investissements réalisés.

III.5.2 Evaluation du coût annuel des pertes joules sur le réseau de distribution.

Soit un élément de réseau de résistance R, traversé à l'instant t par une puissance P(t). Les pertes joules p(t) s'exprime par : $p(t) = \frac{R\,P^2(t)}{U^2}$

On suppose que le transit sur cet élément de réseau suit la courbe de charge de la consommation desservie.

En appelant respectivement p max et P max les pertes à la pointe et la puissance maximale transitée, on peut écrire : $\frac{p(t)}{p\ max} = (\frac{P(t)}{Pmax})^2$

A partir de la courbe de charge annuelle, on défini un coefficient λ^2 correspondant à la valeur moyenne de $(\frac{P(t)}{Pmax})^2$.

Si k est le coût de production du kWh, h le nombre d'heure d'utilisation de la puissance de pointe, le coût annuel des pertes est donné par la relation : $C = \lambda^2\ k\ h\ p\ max$

III.5.3 Valorisation des écarts de tension.

La tenue de tension en tant que critère de la qualité de service est à prendre en compte essentiellement dans les études de planification des réseaux de distribution, ou les écarts de tension sont directement ressentis par la clientèle.

Au Cameroun, le contrat de concession signé le 18 juillet 2001 entre l'état et AES SONEL stipule qu'en cas de non respect de normes de qualité de service, la pénalité ci-après sera

appliquée à AES SONEL : le montant correspondant a une consommation de 50 kWh au tarif moyen tension par jour et par poste de transformation pour chaque variation de 5% par rapport aux tolérances de tension et de fréquence si les problèmes ne sont pas résolus dans un délai de trois mois.

III.5.4 Valorisation de l'énergie non distribuée

Sur le plan strictement économique, le coût de la coupure de courant doit représenter la perte financière pour la collectivité, qui peut s'évaluer en première approximation par le préjudice financier causé à la clientèle.

Au Cameroun, le contrat de stipule qu'en cas de non respect de normes, la pénalité ci-après sera appliquée à AES SONEL : Payer 700 FCFA par kWh pour tout kWh non fourni au dessus de la limite.

III.5.5 Le taux de rentabilité interne (TRI).

Le TRI sert généralement à faire un classement des investissements de rentabilité actualisée équivalente que l'on ne peut réaliser simultanément en raison des disponibilités financières non suffisantes.

On le calcule par la formule suivante:

En posant TRI=i, on a : $-C + CF1(1+i)^{-1}C + CF2(1+i)^{-2}C + \cdots + CFn(1+i)^{-n} = 0$

Soit $-C + \sum CFk(1+i)^{-k} = 0$

III.5.6 La valeur actuelle nette (VAN).

Elle représente la somme des gains réalisables sur le projet tout au long des années d'amortissement.

Formule :

$$VAN = -C + \frac{CF1}{(1+i)^1} + \frac{CF2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{CFn}{(1+i)^n} = 0$$

Où :

(i): taux d'actualisation

(n) : durée de vie de l'investissement

CFE : cash flow à l'année j

Un projet est rentable si la VAN est positive et TRI est supérieur ou égal au taux d'actualisation.

IV- RESULTATS

IV-1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La présente étude concerne la région de l'Ouest Cameroun, principalement les localités alimentées par les départs 30 kV du poste source de Bafoussam. Ci-dessous la carte géographique des principales localités de la zone d'étude. La zone d'étude s'étant sur quatres départements de la région de l'Ouest Cameroun. Le département du Noun qui s'étant sur une surface de 7 687 Km², le département du Ndé sur 1 524 km²; le département de la Ménoua sur 1380 km².

- **Carte géographique de la zone d'étude**

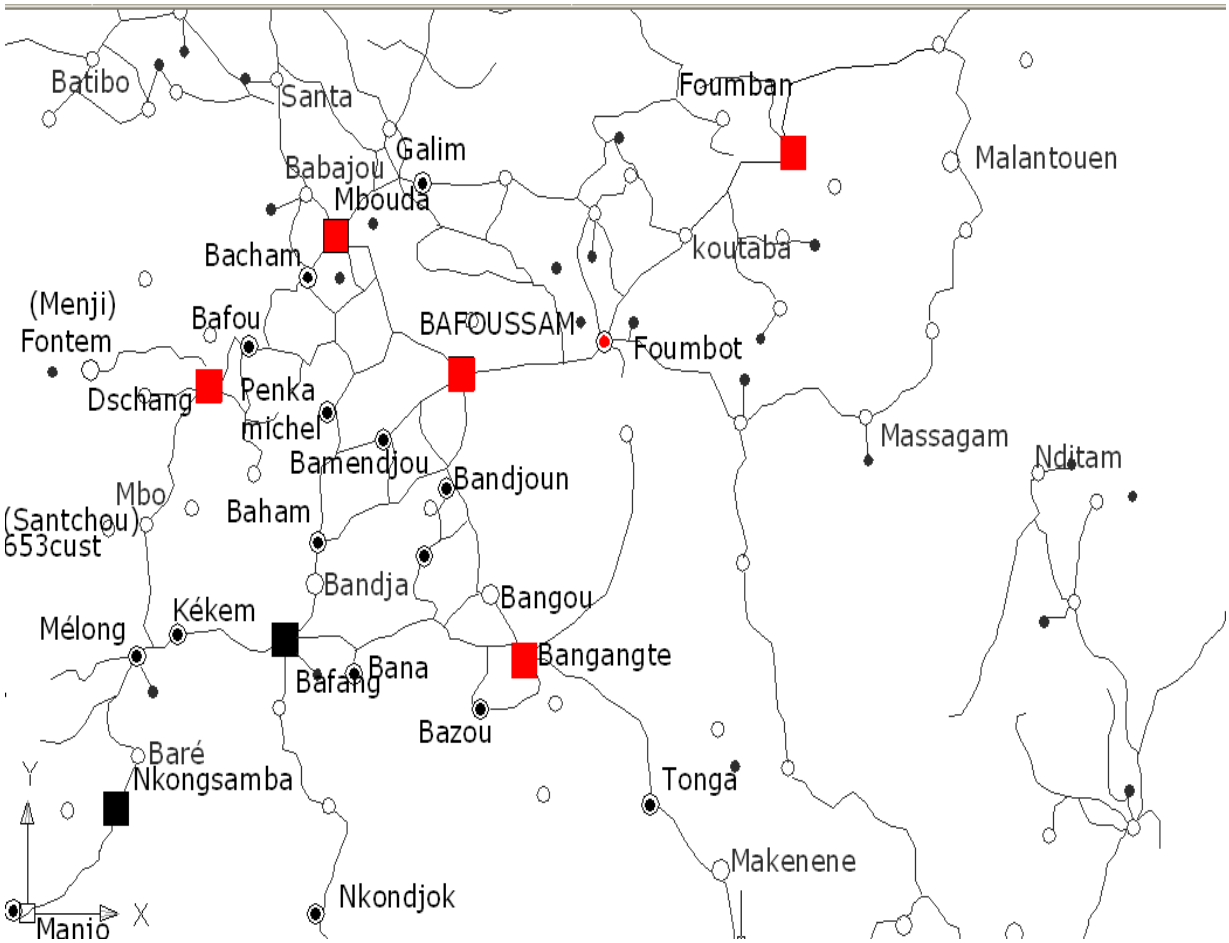


Figure 1 : carte géographique des principales localités de la zone d'étude.

- **Schéma géographique des Réseaux 30 KV de l'Ouest**

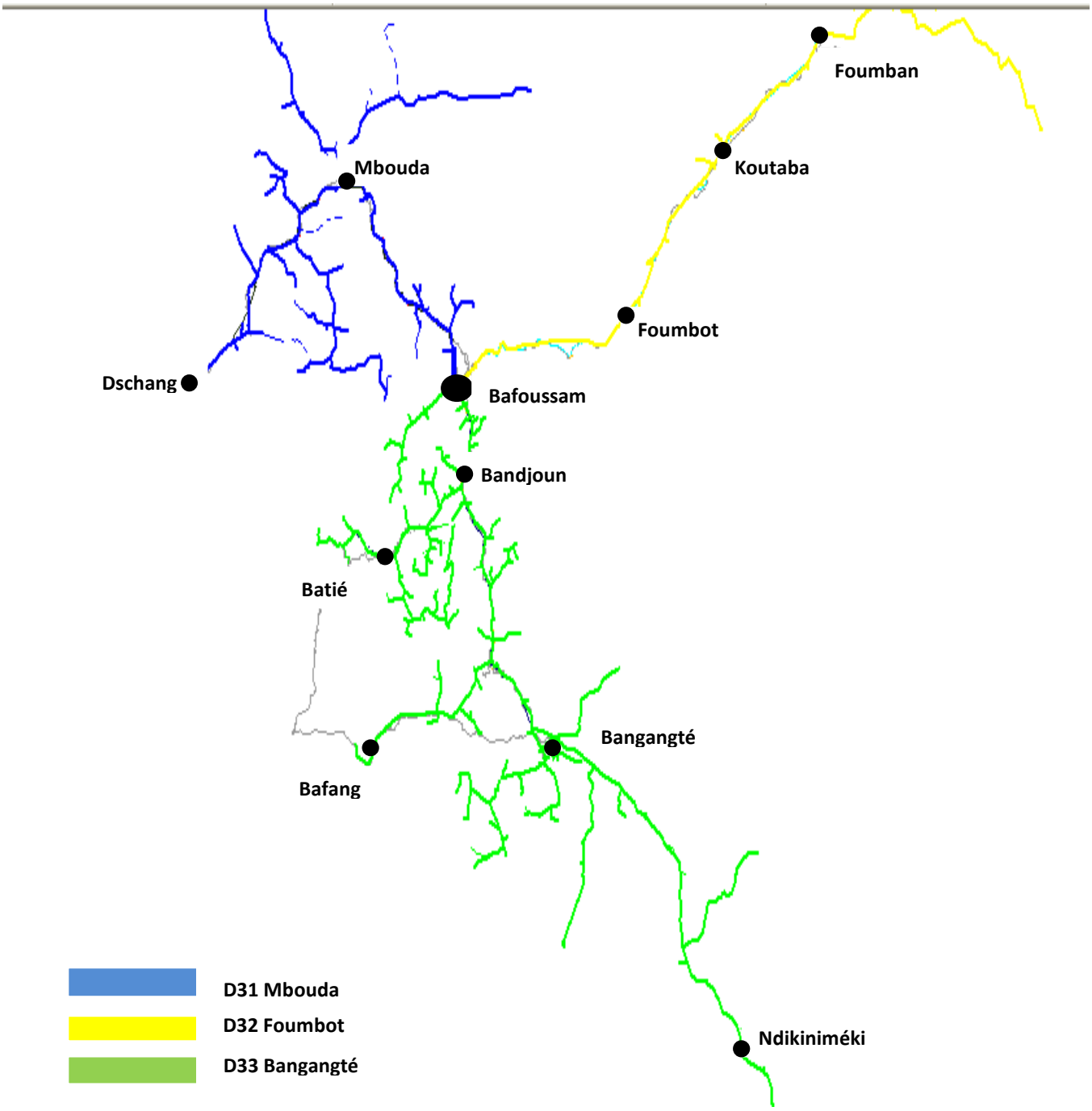


Figure 2 : schéma géographique des réseaux 30 kV de l'Ouest

IV-2 ETAT DES LIEUX DES RESEAUX 30 KV DE LA REGION DE L'OUEST

Il s'agit d'un diagnostic réalisé pour ressortir tous les problèmes affectant les réseaux électriques en moyenne tension et ayant une incidence sur l'accès au service énergétique dans les localités concernées.

IV-2.2 Données générales collectées

Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques des trois réseaux électriques étudiés.

Poste Source	Départs		Caractéristiques des conducteurs			Nombre de Poste MT/BT	Nombre de clients
		Puissance Pointe (MW)	Longueur total (Km)	Longueur ossature principale (Km)	Section (mm²)		
BAFOUSSAM U : 90/30 KV P : 36 MVA	D31 MBOUDA	10	444	65	93	280	20 004
	D32 FOUMBOT	8	395	70	93	63	14 070
	D33 BANGANGTE	10	929	113	93	393	20 098

Tableau 1 : Caractéristique générales des départs 30 KV de l'Ouest

Dans les localités de Mbouda, Foumban, Bangangté et les villages environnants, l'architecture du réseau est de conception radiale et fondée sur une arborescence desservie par un poste source HTB/HTA de 36 MVA basé à Bafoussam. La longueur moyenne de l'ossature principale du départ HTA de Bangangté à compter du poste source est de 113 km, ce qui constitue un facteur fragilisant en cas d'avarie sur le réseau HTA. Le ratio longueur de l'ossature principale sur la longueur totale du départ Bangangté est 0,12. Ce ratio traduit la forte ramification de ce départ.

IV-2.2 Qualité de la tension

Pour l'analyse de la qualité de la tension, nous avons modélisé tous les réseaux 30 kV du poste source de Bafoussam dans le logiciel Cymdist. Nous avons ainsi fait des simulations à la pointe de charge pour avoir l'état des lieux en termes de qualité de courant. Nous avons dans les tableaux qui suivent, ressortis quelques nœuds importants des différents réseaux. Ces nœuds correspondent pour la plupart, aux différentes localités alimentés par le départ. Nous avons considéré le réseau en situation normale d'exploitation. En rappel, le contrat de concession stipule une variation de $\pm$ 5% de la tension normale qui est de 30 kV.

- **Réseau 30 kV Mbouda**

Nom Nœud	Puiss. de transit A (kW)	Puiss. de transit A (kVAR)	Tension (kV)	Chute de tension (%)	Nombre de transfo affectés
TOKET BAF	8,9	3,2	32	-6,67	
KAMKOP BAFOUS	3211,3	1292	31,5	-5,00	
KAMKOP BAF	17,5	6,4	31,3	-4,33	
NDOUMLONG BAFOUSSAM RURAL	18,2	5,4	30,8	-2,67	
SNEC METCHE	69,1	25,1	30,3	-1,00	
AES SONEL STPB	13,9	4,9	29,7	1,00	
BAMENKOMBO	2675,6	1007,5	28,8	4,00	
MBAMENDJIDA	2652,6	991,9	28,6	4,67	
ICC MBOUDA	2595,7	954,6	28,1	6,33	
POSTE MT/MT MBOUDA	2515,4	919,4	28	6,67	
DER GALIM	244,7	46,3	28	6,67	
MBOUDA VILLE	0	0	28	6,67	
BAMESSINGUE	145,4	36,8	27,9	7,00	
BABADJOU	131,3	37,6	27,9	7,00	
BAMEDOUSSA	103,2	27,6	27,9	7,00	
BACHUA 2	8,9	2	27,9	7,00	
BATANG	1871,4	735,4	27,8	7,33	
BAMENDJIN	35,1	12,4	27,7	7,67	
DER BALATCHI	1813,9	696,2	27,1	9,67	
BALATCHI	35,4	9,6	27	10,00	
BAMOUNGOU BALATCHI	17,8	4,3	27	10,00	
BATCHAM VILLE	1690	657,4	26,9	10,33	
DER PENKA MICHEL	1645	639,9	26,8	10,67	
BAMESSANG BATCHAM	301,2	88,2	26,8	10,67	211
DER BATCHAM CHEFERRIE	256,7	73,9	26,7	11,00	
BALESSING	209,8	59,3	26,7	11,00	
PENKA MICHEL	120,8	30,3	26,7	11,00	
BAMBOUE BATCHAM	28,9	12,9	26,7	11,00	
BANSOA AXE LOURD	62,6	17	26,6	11,33	
QUIFEROU AXE LOURD DSCHANG	53,7	15,5	26,6	11,33	
BAMENDOU VILLAGE	8,9	3,3	26,6	11,33	
BAGANG	17,5	6,7	26,5	11,67	
BAMBI BATCHAM	63,2	23,1	26,5	11,67	
BAMBI	45,6	18,4	26,5	11,67	
BAFOU	1182	486,1	25,9	13,67	
BALEVENG	1175,8	483,4	25,8	14,00	
KONZEM	1139,2	470,9	25,7	14,33	
ZINKOP	1109,1	459,1	25,6	14,67	
POSTE MT/MT DSCHANG	1054,9	433,3	25,1	16,33	

Tableau 2 : Résultats de simulation du Départ Mbouda sur Cymdist

Le tableau ci-dessus montre que 241 postes de distribution sont affectés par les places de tension anormales.

- **Réseau 30 kV Foumbot**

Nom Nœud	Charge A (%)	Puiss. de transit A (kW)	Puiss. de transit A (kVAR)	Tension (kVLL)	Chute de tension (%)	Nombre de transfo affectés
BANENGO	0	2385	1150,1	32,3	-8	
EVECHE BAF	0	2349,3	1126,2	32	-7	11
CAMI TOYOTA	0	42,4	21,4	31,7	-6	
STP BAF	0	2257	1071,9	31,6	-5	
LABOREX	0	2186,9	1035,8	31,6	-5	
SACTA	0	2079	974,6	31,1	-4	
POSTE MT/MT FOUMBOT	0	1568,4	712,5	29,6	1	
FIN FOUMBOT VILLE	0	0	0	29,5	2	
SCTC	0	107,1	57,5	29	3	
BAIGON	0	917	399,9	28,9	4	
APRES SCTC	0	897,3	391	28,8	4	
KOUTABA	0	877,7	383,2	28,4	5	
CAMP MILITAIRE	0	27,5	15,2	28,4	5	
SNEC KOUTABA	0	27,5	15,2	28,4	5	
SOUS PREFECTURE KOUTABA	0	27,5	15,3	28,3	6	
LYCEE KOUTABA	0	32,1	16,6	28,3	6	
SNEC	0	27,5	15,3	28,3	6	
ASECNA	0	17,2	8,9	28,3	6	
MATAKET	0	13,7	6,7	28,1	6	
MARCHE KOUTABA				28	7	
FOUMBAN	0	8,7	4,5	27,7	8	
POSTE MT/MT FOUMBAN	0	658,7	280,7	27,6	8	83
FOUMBAN VILLE 2	0	0	0	27,6	8	
FOUMBAN VILLE 1	0	0	0	27,6	8	
MAGHAM	0	13,7	6,8	27,5	8	
CAR MALANTOUEN	0	43,4	15,2	27,4	9	
MALANTOUEN PRISON	0	17,2	9	27,4	9	
MATOUPOU	0	8,7	4,5	27,4	9	
MALANTOUEN	0	27,5	15,4	27,4	9	
MAPOUCHE 2	0	8,4	4	27,4	9	

Tableau 3 : Résultats de simulation du Départ Foumbot sur Cymdist

Le tableau ci-dessus nous montre qu'à la pointe, 11 postes de distributions du départ Foumbot sont affectés par les surtensions contre 83 affectés par les chutes de tensions excessives.

- **Réseau 30 kV Bangangté**

Nom Nœud	Charge A (%)	Puiss. de transit A (kW)	Puiss. de transit A (kVAR)	Tension (kVLL)	Chute de tension (%)	Nombre de tranfo affectés
BAMENDOU	0	14,3	8,1	32,4	-8	
BAMEKA	0	129,6	56,8	32,4	-8	
BAMESSING	0	13,9	7,7	32,4	-8	
BANDJOUN	0	3087,3	1491	32,1	-7	34
BANDJOUN CENTRE	0	87,8	43,5	31	-3	
ECHANGEUR BANDJOUN	0	2507,9	1153,7	30,8	-3	
BAHOUAN	0	42,9	20,6	30,7	-2	
ROUTE BAMENDJOU	0	14,3	8,2	30,7	-2	
BAHAM CENTRE	0	18,2	9,6	30,6	-2	
BATIE	0	58,9	18,3	30,5	-2	
FOUTONI	0	7,3	4,1	30,5	-2	
BANGAM VILLAGE	0	7,3	4,1	30,5	-2	
BATIE CENTRE	0	14,3	8,2	30,5	-2	
BANGOU CENTRE	0	14,3	8,2	30,4	-1	
BANDENKOP CENTRE	0	42,9	21,2	30,4	-1	
BAMETCHA VILLAGE	0	11,1	5,8	30,4	-1	
BAYAMGAM 1	0	1529,3	693,2	29,6	1	
HOPITAL BATOUFAM	0	14,3	8,3	29,4	2	
CAREF KAMNA	0	1482,8	665	29,3	2	
BANDREFAM VILLE	0	7,3	4,1	29,3	2	
BANGWA VILLE	0	14,3	8,3	29,1	3	
BALEMBO	0	21,9	1,6	29	3	
BANA	0	7,3	4,1	29	3	
BAMENA VILLE	0	22,8	14	29	3	
BANGOUA	0	1205	545,6	28,8	4	
FAMBIANSEU	0	1178,9	529,6	28,7	4	
BANDIANSEU	0	7,3	4,1	28,6	5	
POSTE MT/MT DE BADIANSSEU	0	1133	504,3	28,4	5	
CARREF BANGANGTE	0	675,7	333,6	28,3	6	
BANGOULAP	0	73,8	37,5	28,3	6	
CENTRE TELEPHONIQUE	0	118,8	66,7	28,3	6	
LYCEE TECH BANGANGTE	0	22,9	14,1	28,3	6	
NIAT BANGANGTE	0	22,9	14,1	28,3	6	
BAHOUOC 3	0	14,3	8,3	28,2	6	176
MARCHE BAZOU	0	14,3	8,3	28,1	6	
PTT BAMBI	0	21,6	10,6	28,1	6	
BANTOUM	0	11,1	6	28	7	
NDIKINIMIKI CENTRE	0	60,8	28,5	27,5	8	
NDIKI VILLAGE	0	14,3	8,4	27,5	8	

Tableau 4 : Résultats de simulation du Départ Bangangté sur Cymdist

Le tableau ci-dessus nous montre qu'à la pointe, 34 postes de distributions du départ Bangangté sont affectés par les surtensions contre 176 affectés par les chutes de tensions excessives. (voir les mesures de tension par PMR en annexe)

- **Visualisation des anomalies sur les réseaux 30 KV**

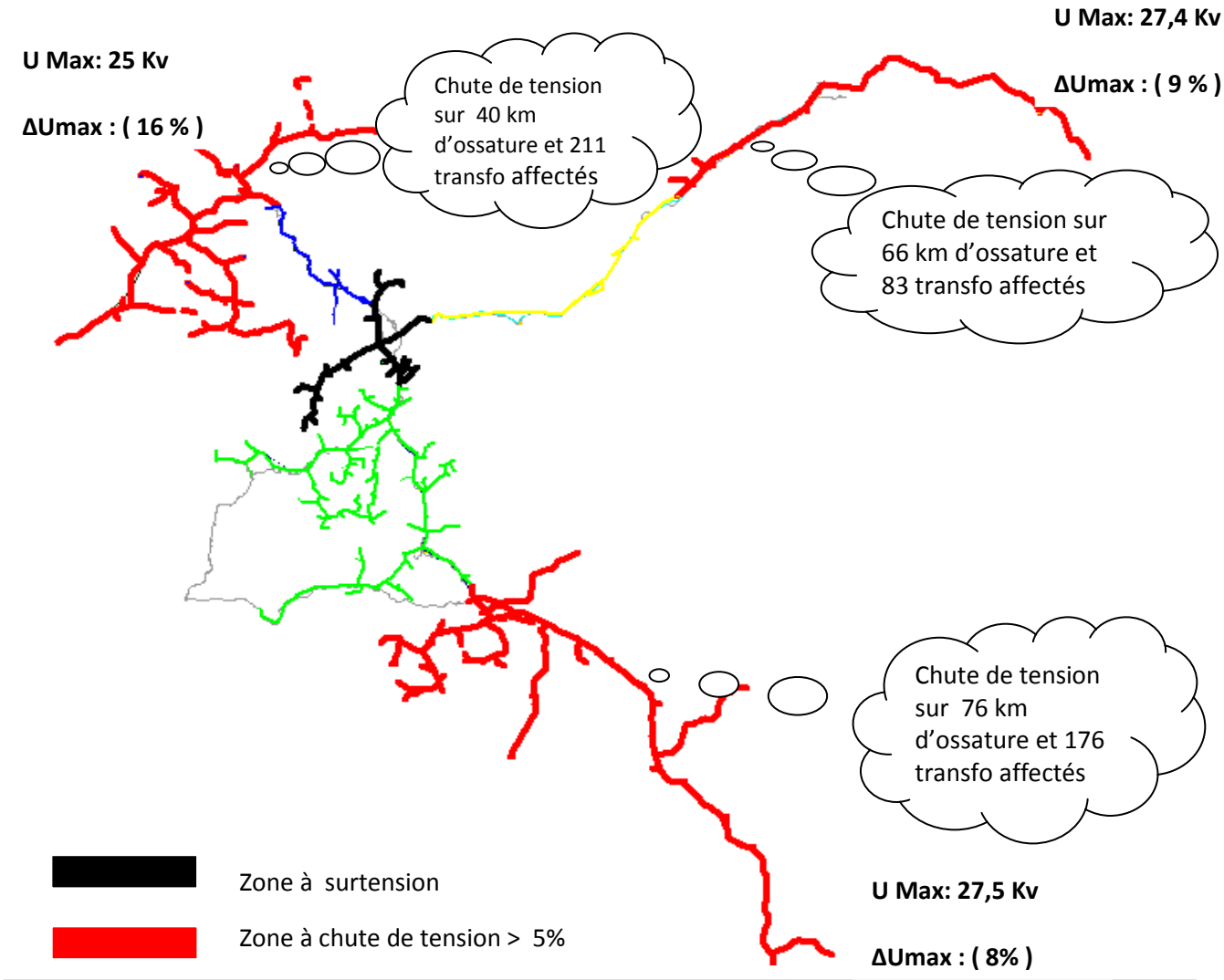


Figure 3 : Visualisation des anomalies des départs 30 kV.

- **Pertes technique des Réseaux 30 kV**

Le tableau ci-après ressort les pertes techniques en puissance à la pointe de charge des différents départs. Ces pertes nous servirons à la valorisation des projets dans l'étude économique.

	Pertes en puissance totale des Réseaux			
	MW	MVAR	MVA	Perte (%)
D31 Mbouda	1,69	2	2,6	17
D32 Foumbot	0,67	0, 71	1	8,3
D33 Bangangté	1,09	1,17	1,6	11

Tableau 5 : Pertes techniques en puissance à la pointe

IV-2.3 Analyse de la Disponibilité de service

L'analyse de la qualité de service qui suit a été élaborée à l'aide du journal des interruptions de Janvier 2010 à Décembre 2010. Le rendement de distribution de l'ensemble des départs est 74,62 %.

a) Evaluation des indicateurs de qualité de service

Le tableau 6 ci-dessous ressort les performances des départs 30 kV de l'Ouest en termes de qualité de fourniture durant l'année 2010.

Indicateurs de performance	Unité	D31 Mbouda	D32 Foumbot	D33 Bangangté	Ensemble Départ 30 KV
Energie émises	(MWh)	40 946	29 615	26 441	32 334
Energie non distribuée	(MWh)	410	288	1 567	2 262
Taux END	(%)	0,01	0,01	0,08	0,03
Nombre d'incidents	Nombre	47	166	240	453
Nombre d'incidents aux 100 Kms	Nombre	11	42	26	79
Temps équivalent coupure	heure	88	85	519	692

Tableau 6: Tableau récapitulatif des indicateurs de performance des départs 30 KV de l'Ouest

On y voit que :

- Pour les énergies non distribuée, le départ Bangangté s'illustre avec 1 567 MWh
- Les incidents sont très fréquents sur le départ Bangangté avec 240 incidents contre 47 et 166 respectivement à Mbouda et Foumban
- Le nombre d'incident aux 100 Km est plus élevé sur le départ Foumbot avec 42 incidents, suivis du départ Bangangté avec 26 incidents.
- Le temps équivalent coupure représente environ 4 jours d'interruption de l'énergie électrique pour les départs Mbouda et Foumbot et 22 jours à Bangangté.

b) Energie Non Distribuée Année 2010

La figure 4 fait apparaitre que le Départ Bangangté est responsable de 62% des END dans les localités alimentées par les départs 30 KV de Bafoussam durant l'année 2010. Les réseaux de Mbouda et Foumbot sont également affectés à 19 % des énergies non distribuées.

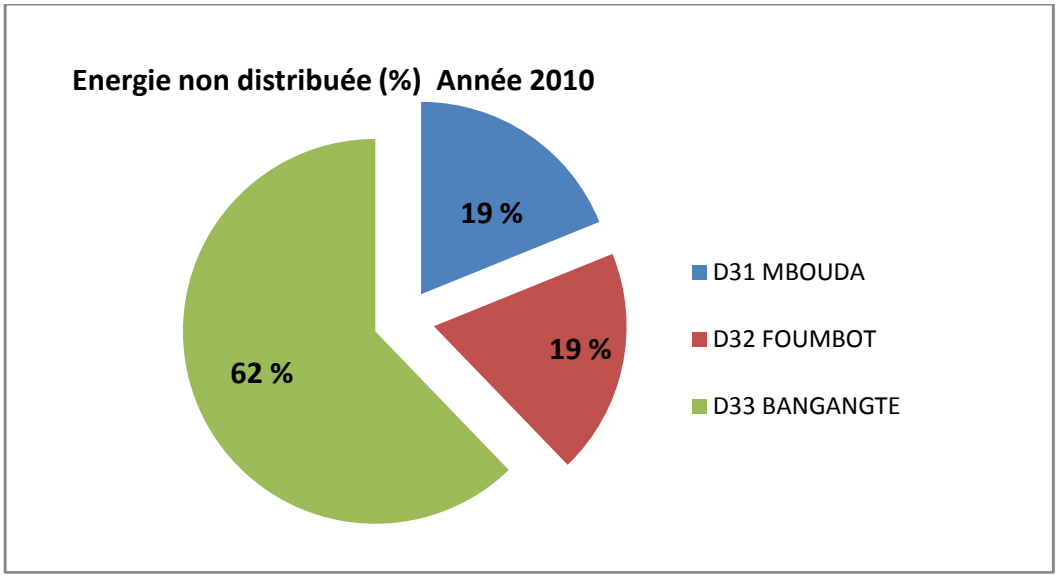


Figure 4 : Diagramme des Energie non distribuées de l'année 2010

Ce diagramme nous montre clairement que le Départ Bangangté est plus affecté par les interruptions avec 62% d'END par rapport aux deux autres départs.

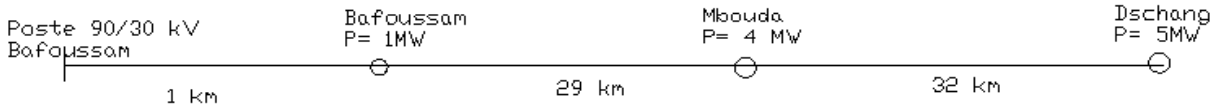
Le temps équivalent coupure représente environ 4 jours d'interruption de l'énergie électrique pour les départs Mbouda et Foumbot et 22 jours à Bangangté.

IV-3 STRATEGIE 1 : COMPENSATION DE L'ENERGIE REACTIVE

IV-3.1 Dimensionnement des batteries de condensateurs

➢ Exemple de modélisation du Départ 31 Dschang et Calculs électriques

Hypothèse : Modèle linéaire simplifié (les charges sont ramenées aux nœuds importants de l'artère principale.



Les caractéristiques de la ligne HTA sont :

- section de la ligne : 3 x 93 mm² Almélec
- résistance de l'Almélec : 0,330 ohm / km
- température ambiante de référence : 15°C
- la réactance de la ligne HTA : 0,35 ohm / km.

Les calculs seront faits avec $tg\varphi = 0,5$

a) Calcul de la chute de tension

La résistance linéique pour le 3x93 mm² Alm est de $r_{20°C} = 0,330*100/93 = 0,354\Omega/km$

Correction de la température : on corrige avec la température ambiante qui est différente de celle qui donne la résistivité grâce à la formule : $r'_0 = r_0[1 + \alpha(\theta - \theta_0)]$

$$r_{15°c} = r_{20°C}[1 + 0,004(15-20)] = \mathbf{0,346\ \Omega/km}$$

La chute de tension est donnée par la relation :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{\sqrt{3}(RI\cos\varphi + XI\sin\varphi)}{U} = (R + X\,tg\varphi) \times \frac{PL}{U^2}$$

- Nœud Bafoussam : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{(0,346+0,35\times0,5)\times10.10^{6}\times1}{30\ 000^2} = 0,6\ \%$
- Nœud Mbouda : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{(0,346+0,35\times0,5)\times9.10^{6}\times29}{30\ 000^2} = 15\ \%$
- Nœud Dschang : $\frac{\Delta U}{U} = \frac{(0,346+0,35\times0,5)\times5.10^{6}\times25,5}{30\ 000^2} = 13\ \%$

b) Dimensionnement des batteries de condensateurs

A la pointe de la charge, le réactif dont a besoin les récepteurs doivent entièrement être fournis par les batteries de condensateurs. On aura donc :

- Mbouda : Qc= $P\,tg\varphi = 4\times0,75 = 3$ MVARS soit 2×1500 KVARS au poste MT/MT Mbouda
- Dschang : Qc= $P\,tg\varphi = 5\times0,62 = 3,1$ MVARS soit 2×1500 KVARS au poste MT/MT Dschang

c) Tableau récapitulatif des résultats de calculs

Les calculs similaires sont faits pour les deux autres départs, ci-dessous le récapitulatif des résultats de dimensionnement.

Départ HTA	Sites	Chute de tension (%)	Capacité Batterie (Mvars)	Emplacement Optimal des condensateurs
D31 MBOUDA	Bafoussam	0,6		
	Mbouda	15	2x1500	Poste MT/MT de Mbouda
	Dschang	13	2x1500	Poste MT/MT de Dschang
D32 FOUMBAN	Foumbot	13,8	1500	Poste MT/MT de Foumbot
	Foumban	15	2x1500	Poste MT/MT de Foumban
D33 BANGANGTE	Bafoussam	0,5	0	
	Bandjoun	4,6	0	
	Bangangté	11,5	2x1500	Poste MT/MT de Bangangté

Tableau 7: Tableau récapitulatif des résultats de dimensionnement des condensateurs

IV-3.2 RESULTATS DES SIMULATIONS DE LA SOLUTION SUR CYMDIST

Pour pouvoir apprécier l'impact des condensateurs ainsi dimensionnés, nous avons simulé cette solution à l'aide du logiciel Cymdist 4.7 sur une période de cinq ans. L'année de référence de l'étude est 2011 et le taux d'accroissement des charges de la zone est 4 %. Les banc de condensateurs sont mis en service à l'année 2011.

➢ Prévision de la demande d'énergie horizon 2016

Le tableau suivant donne l'évolution de la charge en puissance en tête de départ à moyen terme .

	PUISSANCE DE POINTES (MW)					
	Année 2011	**Année 2012**	**Année 2013**	**Année 2014**	**Année 2015**	**Année 2016**
D31 Mbouda	10	10,40	10,82	11,25	11,70	12,17
D32 Foumban	8	8,32	8,65	9,00	9,36	9,73
D33 Bangangté	10	10,40	10,82	11,25	11,70	12,17

Tableau 8: prévision de la demande horizon 2016

La tension de consigne en tête de départ est fixée à 32,5 KV. Ci-après les résultats de simulations.

IV-3.2 Réseaux 30 KV Mbouda compensé à l'année 2011

ANNEE	2011		2012		2013		2014		2015	
D31 Mbouda	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (V)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)
TOKET BAF	32,2	-7	32,2	-7	32,1	-7	32,1	-7	32,1	-7
KAMKOP BAFOUS	31,9	-6	31,9	-6	31,8	-6	31,7	-6	31,7	-6
KAMKOP BAF	31,8	-6	31,8	-6	31,7	-6	31,6	-5	31,5	-5
NDOUMLONG BAFOUSSAM RURAL	31,5	-5	31,4	-5	31,3	-4	31,2	-4	31,1	-4
SNEC METCHE	31,3	-4	31,1	-4	31	-3	30,9	-3	30,7	-2
AES SONEL STPB	31	-3	30,8	-3	30,7	-2	30,5	-2	30,3	-1
BAMENKOMBO	30,5	-2	30,3	-1	30,1	0	29,9	0	29,7	1
MBAMENDJIDA	30,5	-2	30,2	-1	30	0	29,8	1	29,5	2
ICC MBOUDA	30,3	-1	30	0	29,8	1	29,5	2	29,2	3
POSTE MT/MT MBOUDA	30,2	-1	29,9	0	29,7	1	29,4	2	29,1	3
DER GALIM	30,2	-1	29,9	0	29,7	1	29,4	2	29,1	3
MBOUDA VILLE	30,2	-1	29,9	0	29,7	1	29,4	2	29,1	3
BAMESSINGUE	30,2	-1	29,9	0	29,6	1	29,4	2	29,1	3
BABADJOU	30,1	0	29,9	0	29,6	1	29,3	2	29	3
BAMEDOUSSA	30,1	0	29,9	0	29,6	1	29,3	2	29	3
BACHUA 2	30,1	0	29,8	1	29,6	1	29,3	2	29	3
BATANG	30,1	0	29,8	1	29,5	2	29,2	3	28,9	4
BAMENDJIN	29,9	0	29,7	1	29,4	2	29,1	3	28,8	4
BALATCHI	29,6	1	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6
BAMOUNGOU BALATCHI	29,6	1	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6
BATCHAM VILLE	29,5	2	29,2	3	28,9	4	28,6	5	28,2	6
DER PENKA MICHEL	29,5	2	29,2	3	28,9	4	28,5	5	28,2	6
BAMESSANG BATCHAM	29,5	2	29,2	3	28,8	4	28,5	5	28,1	6
DER BATCHAM CHEFERRIE	29,4	2	29,1	3	28,8	4	28,4	5	28,1	6
BALESSING	29,4	2	29,1	3	28,7	4	28,4	5	28	7
PENKA MICHEL	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	28	7
BAMBOUE BATCHAM	29,4	2	29,1	3	28,8	4	28,4	5	28	7
BANSOA AXE LOURD	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7
QUIFEROU AXE LOURD DSCHANG	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7
BAMENDOU VILLAGE	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	28	7
BAGANG	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7
BAMBI BATCHAM	29,3	2	29	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7
BAMBI	29,3	2	29	3	28,6	5	28,3	6	27,9	7
BAFOU	29,1	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7	27,5	8
BALEVENG	29,1	3	28,7	4	28,3	6	27,9	7	27,5	8
KONZEM	29	3	28,7	4	28,3	6	27,8	7	27,4	9
ZINKOP	29	3	28,6	5	28,2	6	27,8	7	27,3	9
POSTE MT/MT DSCHANG	28,8	4	28,4	5	27,9	7	27,5	8	27	10

Tableau 9 : Résultats de simulation du Départ Mbouda compensé sur Cymdist

Après la mise en service des condensateurs, les contraintes en chutes de tension apparaissent à l'année 3 soit 2013.

IV-3.3 Réseaux 30 KV Foumbot compensé à l'année 2011

ANNEE	2011		2012		2013		2014		2015	
D32 Foumbot	Tension (V)	Chute de tension (%)	F	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)
BANENGO	32,3	-8	32,3	-8	32,2	-7	32,2	-7	32,2	-7
EVECHE BAF	32	-7	31,9	-6	31,9	-6	31,9	-6	31,9	-6
CAMI TOYOTA	31,7	-6	31,7	-6	31,6	-5	31,6	-5	31,6	-5
STP BAF	31,6	-5	31,6	-5	31,5	-5	31,5	-5	31,4	-5
LABOREX	31,6	-5	31,5	-5	31,5	-5	31,4	-5	31,4	-5
SACTA	31,2	-4	31,1	-4	31,1	-4	31	-3	30,9	-3
POSTE MT/MT FOUMBOT	29,8	1	29,7	1	29,6	1	29,4	2	29,3	2
FIN FOUMBOT VILLE	29,7	1	29,6	1	29,5	2	29,4	2	29,2	3
SCTC	29,4	2	29,2	3	29,1	3	28,9	4	28,7	4
BAIGON	29,3	2	29,1	3	29	3	28,8	4	28,7	4
APRES SCTC	29,2	3	29,1	3	28,9	4	28,7	4	28,6	5
KOUTABA	28,9	4	28,8	4	28,6	5	28,4	5	28,2	6
CAMP MILITAIRE	28,9	4	28,7	4	28,6	5	28,4	5	28,2	6
SNEC KOUTABA	28,9	4	28,7	4	28,5	5	28,4	5	28,2	6
SOUS PREFECTURE KOUTABA	28,8	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
LYCEE KOUTABA	28,9	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
SNEC	28,8	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
ASECNA	28,9	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
MATAKET	28,7	4	28,6	5	28,4	5	28,1	6	27,9	7
MARCHE KOUTABA	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6	27,9	7
FOUMBAN	28,5	5	28,3	6	28,1	6	27,9	7	27,7	8
POSTE MT/MT FOUMBAN	28,5	5	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8
FOUMBAN VILLE 2	28,5	5	28,2	6	28	7	27,8	7	27,6	8
FOUMBAN VILLE 1	28,5	5	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8
MAGHAM	28,4	5	28,2	6	27,9	7	27,7	8	27,5	8
CAR MALANTOUEN	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8	27,3	9
MALANTOUEN PRISON	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8	27,3	9
MATOUPOU	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8	27,3	9
MALANTOUEN	28,3	6	28	7	27,8	7	27,6	8	27,3	9
MAPOUCHE 2	28,3	6	28,1	6	27,8	7	27,6	8	27,3	9

Tableau 10 : Résultats de simulation du Départ Foumbot compensé sur Cymdis

La mise en service des condensateurs, améliore la qualité de service dans les localités de Foumbot et Foumban. Toutefois, les localités de Malantouen et environs connaitrons toujours les chutes de tension de l'ordre de 6%. La qualité de service commence à se dégrader en 2012 dans les localités de Foumban et environs.

IV-3.4 Réseaux 30 KV Bangangté compensé à l'année 2011

ANNEE	2011		2012		2013		2014		2015	
D33 Bangangté	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)	Tension (V)	Chute de tension (%)
BAMENDOU	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8
BAMEKA	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8
BAMESSING	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8	32,4	-8
BANDJOUN CENTRE	31	-3	30,9	-3	30,9	-3	30,8	-3	30,7	-2
ECHANGEUR BANDJOUN	30,9	-3	30,8	-3	30,7	-2	30,7	-2	30,6	-2
BAHOUAN	30,7	-2	30,6	-2	30,6	-2	30,5	-2	30,4	-1
ROUTE BAMENDJOU	30,7	-2	30,6	-2	30,6	-2	30,5	-2	30,4	-1
BAHAM CENTRE	30,6	-2	30,5	-2	30,5	-2	30,4	-1	30,3	-1
BATIE	30,5	-2	30,4	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,1	0
FOUTONI	30,5	-2	30,4	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,1	0
BANGAM VILLAGE	30,5	-2	30,4	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,1	0
BATIE CENTRE	30,5	-2	30,4	-1	30,3	-1	30,3	-1	30,2	-1
BANGOU CENTRE	30,3	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,1	0	30	0
BANDENKOP CENTRE	30,4	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,1	0	30	0
BAMETCHA VILLAGE	30,4	-1	30,3	-1	30,2	-1	30,2	-1	30,1	0
BAYAMGAM 1	29,9	0	29,7	1	29,6	1	29,5	2	29,3	2
HOPITAL BATOUFAM	29,7	1	29,6	1	29,5	2	29,3	2	29,2	3
CAREF KAMNA	29,6	1	29,5	2	29,3	2	29,2	3	29	3
BANDREFAM VILLE	29,6	1	29,5	2	29,3	2	29,2	3	29	3
BANGWA VILLE	29,4	2	29,3	2	29,1	3	29	3	28,8	4
BALEMBO	29,4	2	29,2	3	29,1	3	28,9	4	28,8	4
BANA	29,4	2	29,2	3	29,1	3	28,9	4	28,7	4
BAMENA VILLE	29,4	2	29,2	3	29,1	3	28,9	4	28,8	4
BANGOUA	29,3	2	29,1	3	28,9	4	28,8	4	28,6	5
BANDIANSEU	29,2	3	29	3	28,8	4	28,6	5	28,4	5
POSTE MT/MT DE BADIANSSEU	29	3	28,8	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6
CARREF BANGANGTE	28,9	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
BANGOULAP	28,8	4	28,6	5	28,4	5	28,2	6	28	7
LYCEE TECH BANGANGTE	28,8	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
NIAT BANGANGTE	28,9	4	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6
BAHOUOC 3	28,8	4	28,6	5	28,4	5	28,2	6	28	7
MARCHE BAZOU	28,7	4	28,5	5	28,3	6	28,1	6	27,9	7
PTT BAMBI	28,6	5	28,5	5	28,3	6	28	7	27,8	7
BANTOUM	28,5	5	28,3	6	28,1	6	27,9	7	27,6	8
NDIKINIMIKI CENTRE	27,9	7	27,7	8	27,5	8	27,3	9	27	10
NDIKI VILLAGE	28	7	27,7	8	27,5	8	27,3	9	27	10

Tableau 11 : Résultats de simulation du Départ Bangangté compensé sur Cymdist

La qualité de service est améliorée à Bangangté, mais reste mauvaise à Ndiki à l'année 2011.

(Voir tous les résultats détaillés des simulation en annexe)

IV-3.5 Pertes techniques en puissance

L'évolution des pertes en puissance est donnée par le tableau suivant

	Pertes en puissance totale des Réseaux (MW)				
	2011	2012	2013	2014	2015
D31 Mbouda	1,47	1,56	1,67	1,8	1,22
D32 Foumbot	0,63	0,68	0,73	0,8	0,86
D33 Bangangté	0,63	1,13	1,20	1,28	1,36

Tableau 12 : Evolution des pertes en puissance des départs 30KV compensés

IV-3.6 Caractéristiques des bancs de condensateurs à installer

Les caractéristiques des batteries de condensateurs à mettre en œuvre sont :

- **Type de batterie** : Rectiphase .Ils se présentent sous la forme d'une enveloppe fermée compacte conçue avec son équipement pour un usage extérieur sous tout type de climat. Cet équipement comprend les composants de commutation, de génération d'énergie réactive, de protection et de connexion à la terre. (Voir le modèle utilisé en annexe)
- **Tensions de service :** 33 kV et les tensions d'isolement jusqu'à 36 kV.
- **La puissance par module** : 1500 Kvar pour 50 Hz
- **Stratégies des Commandes des condensations :**Les variations de charge sur les lignes conditionnent la mise en fonction automatique des différents modules. La commande automatique se ferra par horloge.

IV-3.7 Limite des condensateurs

Les résultats de simulations nous montrent que la solution compensation réactive améliore la qualité de service à court terme, mais trouve ses limites à moyens terme. D'où l'importance d'apporter les solutions fortes telle le développement des réseaux 30 KV.

IV-4 STRATEGIE 2 : PLANIFICATION DES RESEAUX 30 KV DE L'OUEST A MOYEN TERME

Les projets d'investissements pour améliorer la qualité de service à l'horizon 2015 dans les zones périurbaines et rurales de l'ouest Cameroun sont :

IV-4 .1 Création d'un nouveau Départ HTA Bafoussam- Dschang en 2015

La stratégie retenue est de créer un second départ HTA à partir du poste source de Bafoussam pour alimenter la ville de Dschang et les villages environnants. Cette stratégie permettra également de décharger le départ Mbouda.

Ci-dessous les résultats de simulation sans optimisation du schéma d'exploitation en 2015.

D34 DSCHANG	Tension (kVLL)	Chute de tension		D31 Mbouda	V (kVLL)	Chute de tension
				BANENGO	32,3	-8
BALESSING	30	0		EVECHE BAF	32,1	-7
PENKA MICHEL	30	0		CAMI TOYOTA	32	-7
BANSOA AXE LOURD	30,4	-1		STP BAF	31,9	-6
QUIFEROU AXE LOURD DSCHANG	30,6	-2		LABOREX	31,9	-6
BAMENDOU VILLAGE	29,7	1		SACTA	31,6	-5
BAFOU	29,8	1		POSTE MT/MT FOUMBOT	31	-3
BALEVENG	28,8	4		FIN FOUMBOT VILLE	30,9	-3
KONZEM	28,7	4		SCTC	30,8	-3
ZINKOP	28,6	5		BAIGON	30,8	-3
POSTE MT/MT DSCHANG	28,1	6		APRES SCTC	30,8	-3

Tableau 13 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Mbouda

➢ Profil de tension du nouveau départ D34 Dschang

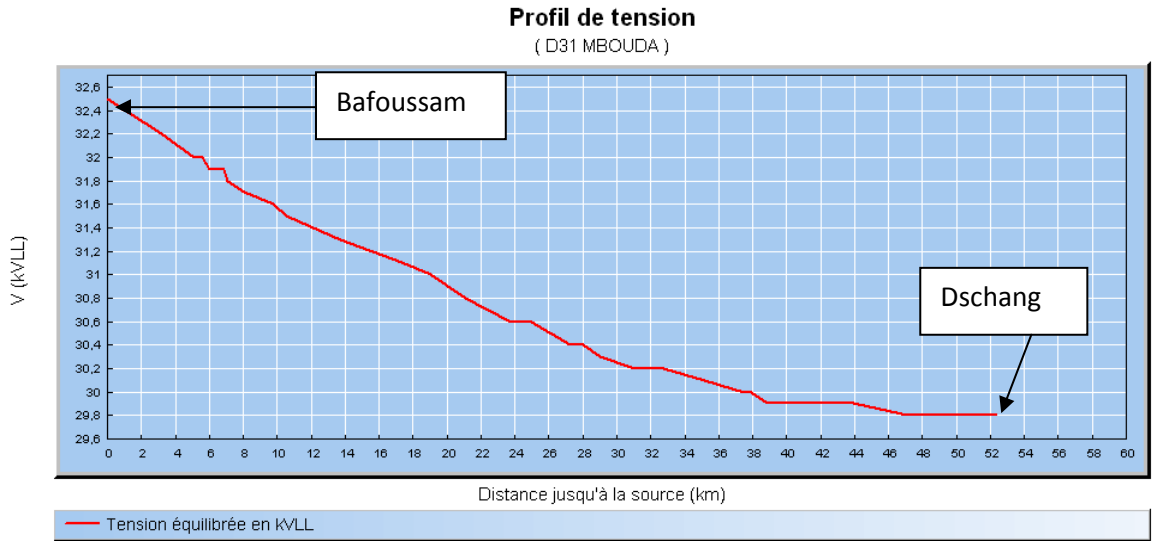


Figure 5 : Profil de tension du Départ Mbouda horizon 2015 .

IV-4 .2 Création d'un nouveau Départ HTA 30KV Bafoussam- Foumban

La stratégie retenue est de créer un second départ HTA à partir du poste source de Bafoussam pour alimenter les villes de Koutaba et Foumban. Cette stratégie permettra également de décharger le départ Foumbot.

Ci-dessous les résultats de simulation sans optimisation du schéma d'exploitation en 2015.

D35 Foumban	Tension (kVLL)	Chute de tension		D32 Foumbot	Tension (kVLL)	Chute de tension
KOUTABA	29,5	2		BANENGO	32,3	-8
CAMP MILITAIRE	29,4	2		EVECHE BAF	32,1	-7
SNEC KOUTABA	29,4	2		CAMI TOYOTA	32	-7
SOUS PREFECTURE KOUTABA	29,3	2		STP BAF	31,9	-6
LYCEE KOUTABA	29,3	2		LABOREX	31,9	-6
SNEC	29,3	2		SACTA	31,6	-5
ASECNA	29,4	2		POSTE MT/MT FOUMBOT	31	-3
MATAKET	29,1	3		FIN FOUMBOT VILLE	30,9	-3
MARCHE KOUTABA	29	3		SCTC	30,8	-3
FOUMBAN	28,7	4		BAIGON	30,8	-3
POSTE MT/MT FOUMBAN	28,6	5		APRES SCTC	30,8	-3
FOUMBAN VILLE 2	28,5	5				
FOUMBAN VILLE 1	28,6	5				
MAGHAM	28,4	5				
CAR MALANTOUEN	28,3	6				
MALANTOUEN PRISON	28,2	6				
MATOUPOU	28,2	6				
MALANTOUEN	28,3	6				

Tableau 14 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Foumbot

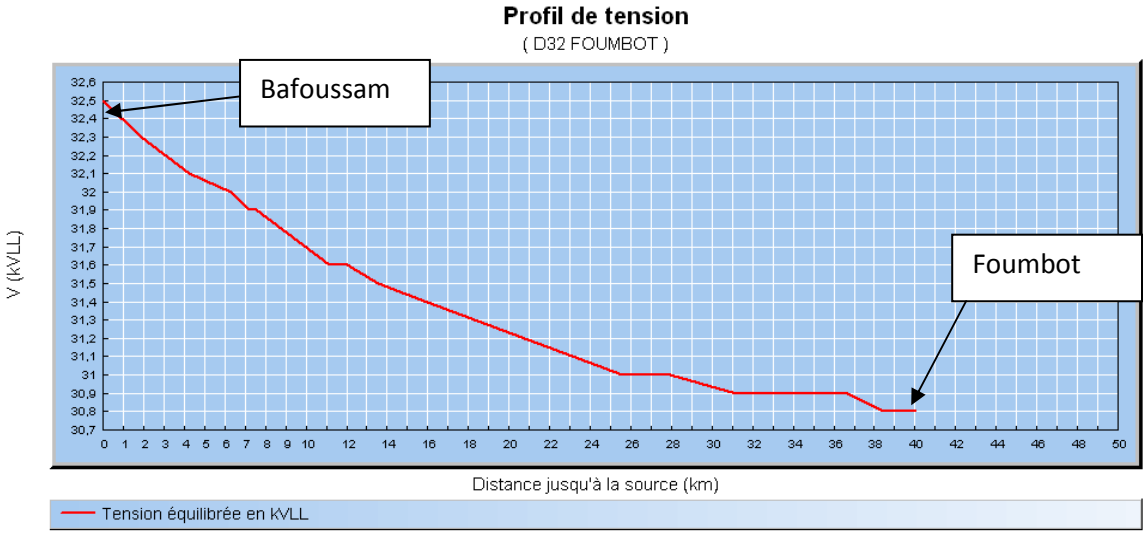


Figure 6 : Profil de tension du Départ Foumbot horizon 2015

IV-4 .3 Création d'un nouveau Départ HTA 15 KV Bafoussam-Bandjoun

La stratégie retenue est de créer un second départ HTA à partir du poste source de Bafoussam pour alimenter la ville de Bandjoun. Cette stratégie permettra également de décharger le départ Foumbot.

Ci-dessous les résultats de simulation sans optimisation du schéma d'exploitation en 2015.

D33 Bangangté	Tension (kVLL)	Chute de tension		D15 Bandjoun	Tension (kVLL)	Chute de tension
BAHOUAN	31,1	-4		BAMENDOU	15,4	-3
ROUTE BAMENDJOU	31,1	-4		BAMEKA	15,3	-2
BAHAM CENTRE	31	-3		BAMESSING	15,4	-3
BATIE	30,9	-3		BANDJOUN CENTRE	15	0
FOUTONI	30,9	-3				
BANGAM VILLAGE	30,9	-3				
BATIE CENTRE	30,9	-3				
BANGOU CENTRE	30,8	-3				
BANDENKOP CENTRE	30,8	-3				
BAMETCHA VILLAGE	30,8	-3				
BAYAMGAM 1	30,4	-1				
HOPITAL BATOUFAM	30,3	-1				
CAREF KAMNA	30,2	-1				
BANDREFAM VILLE	30,2	-1				
BANGWA VILLE	30,1	0				
BALEMBO	30	0				
BANA	30	0				
BAMENA VILLE	30,1	0				
BANGOUA	30	0				
BANDIANSEU	29,9	0				
POSTE MT/MT DE BADIANSSEU	29,8	1				
CARREF BANGANGTE	29,7	1				
BANGOULAP	29,6	1				
LYCEE TECH BANGANGTE	29,6	1				
NIAT BANGANGTE	29,6	1				
BAHOUOC 3	29,5	2				
MARCHE BAZOU	29,5	2				
PTT BAMBI	29,4	2				
BANTOUM	29,3	2				
NDIKINIMIKI CENTRE	28,8	4				
NDIKI VILLAGE	28,8	4				

Tableau 15 : Résultats de simulation du dédoublement Départ Bangangté

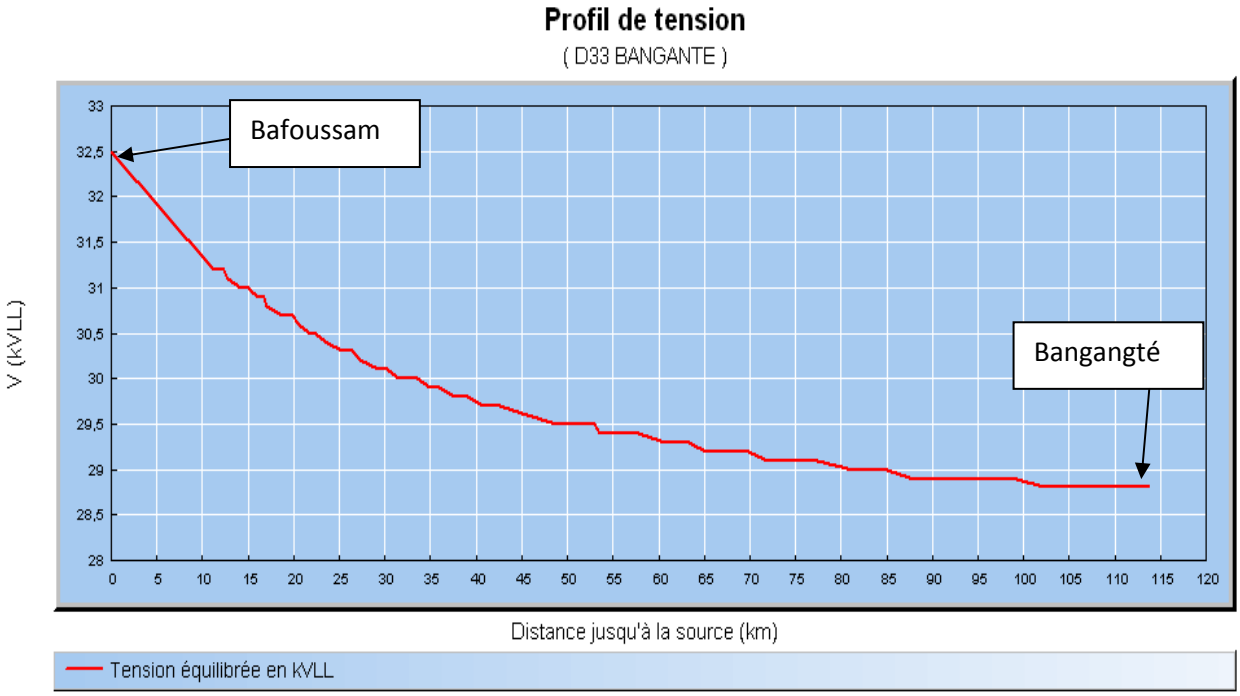


Figure 7 : Profil de tension du Départ Banganté horizon 2015

IV-4 .4 Création d'un poste source 90/30 KV à Dschang à l'année 2016

Il serait également intéressant de suivre l'évolution des charges au niveau du poste source de Bafoussam afin de voir s'il y aura toujours la capacité de satisfaire à la demande à moyen terme. Le taux d'évolution de la zone est 4 % .

Poste : BAFOUSSAM 90KV :	Evolution des charges du poste Source (MW)					
	Année 2011	Année 2012	Année 2013	Année 2014	Année 2015	Année 2016
Charge (MW)	28	29,12	30,29	31,5	32,76	34,07
Degré de charge (%)	77,78	80,89	84,14	87,50	91,00	94,64

Tableau 16 : Evolution des charges du poste source 90/30 KV

Le tableau nous montre qu'en 2016, le transformateur 36 MVA sera chargé à 95% de sa puissance nominale. Pour pouvoir maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande, nous proposons la création d'un poste source 90/30 KV à Dschang.

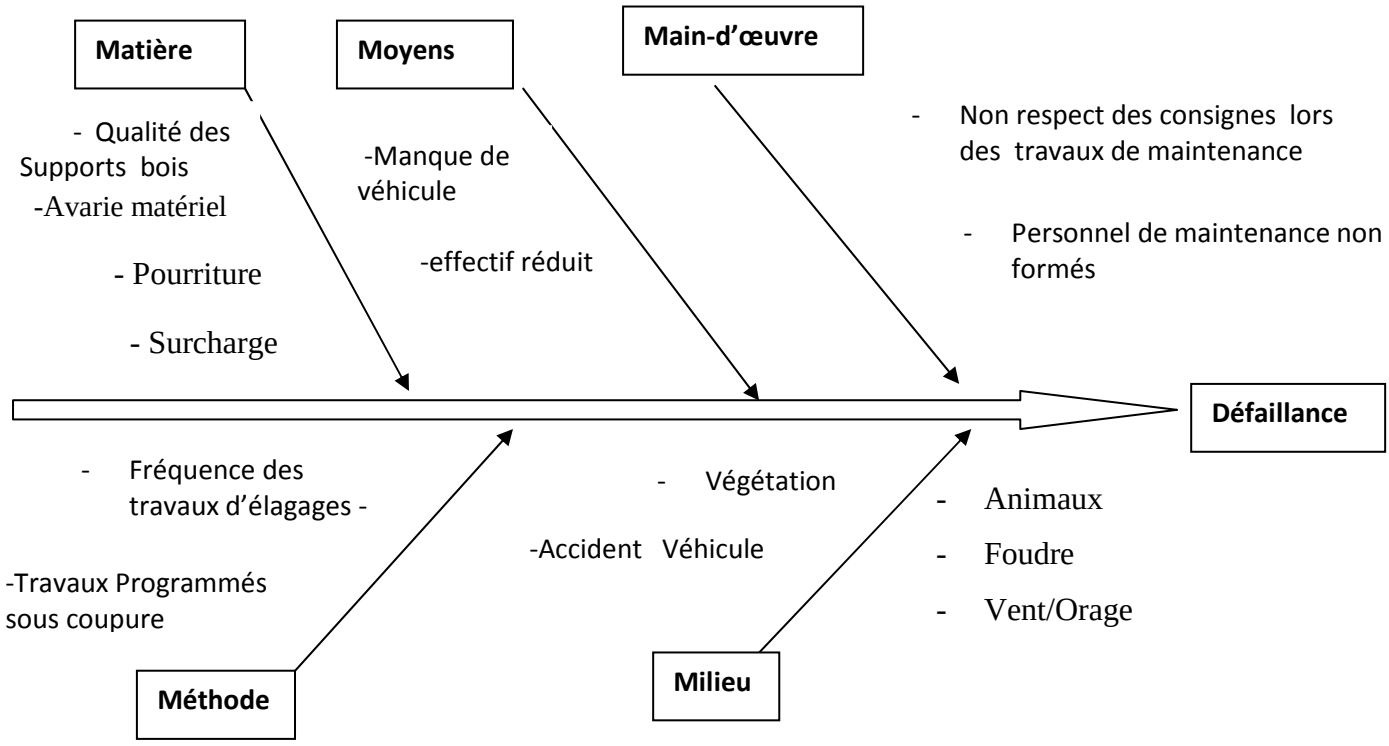
IV-5 STRATEGIE 3 : PLAN D'ACTION DE MAINTENANCE

Tel que nous l'avons vu plus haut, la qualité de service énergétique est également dégradée dans les zones périurbaines de l'ouest par les multiples interruptions d'énergie. Il serait donc intéressant de faire dans un premier temps une analyse des causes profondes de ces interruptions et dans un deuxième temps, proposer les actions d'amélioration.

IV-5.1 Identification des causes profondes des interruptions par la méthode d'Ishikawa des 5M

L'exploitation du journal des interruptions de l'année 2010 nous a permis d'établir le diagramme d'Ishikawa des causes profondes de défaillance des différents Départs 30 kV de l'Ouest.

a) Diagramme d'Ishikawa des 5M des causes profondes de défaillance



Il ressort du diagramme d'Ishikawa que le milieu et la matière sont les deux grands M qui sont responsables des interruptions.

Parmi les causes profondes des interruptions, nous pouvons citer : les animaux, l'avarie matériel (matériel défectueux), travaux programmé distribution, foudre, pourriture (support bois et traverses), travaux tiers, végétation, vent et orage etc…

b) Mesure de la contribution des causes sur l'énergie non distribuée

Le tableau ci-dessous ressort les énergies non distribuées par causes profondes. Cette analyse permet d'évaluer la mesure de la contribution de chaque cause profonde des interruptions,

END Par cause (MW)	Animaux	Autres	Avarie Matériel	Travaux programmé Distribution	Foudre	Pourriture	Surcharge	Travaux tiers	Végétation	véhicule	Vent/ orage
D31 MBOUDA		5,4	123	42,87	12	47,6		13,17	14,21	6,23	0,48
D32 FOUMBOT	2,65	5,4	43,7	1,98	48,65	56,7		2,69	48,12	1,5	17,43
D33 BANGANGTE	3,16	18,8	87,72	4,4	41	261,5		24,18	243,95		58,76

Tableau 17: Energies Non Distribuées en KWh par cause des départs 30 KV de l'Ouest

IV-5.2 Priorisation des actions de maintenance par la méthode de Pareto

Dans le but de prioriser les actions de maintenance, nous identifierons par le diagramme de Pareto les défauts qui contribuent le plus à la dégradation de la qualité de service pour chaque départ.

a) Pareto des END du Départs 31 Mbouda

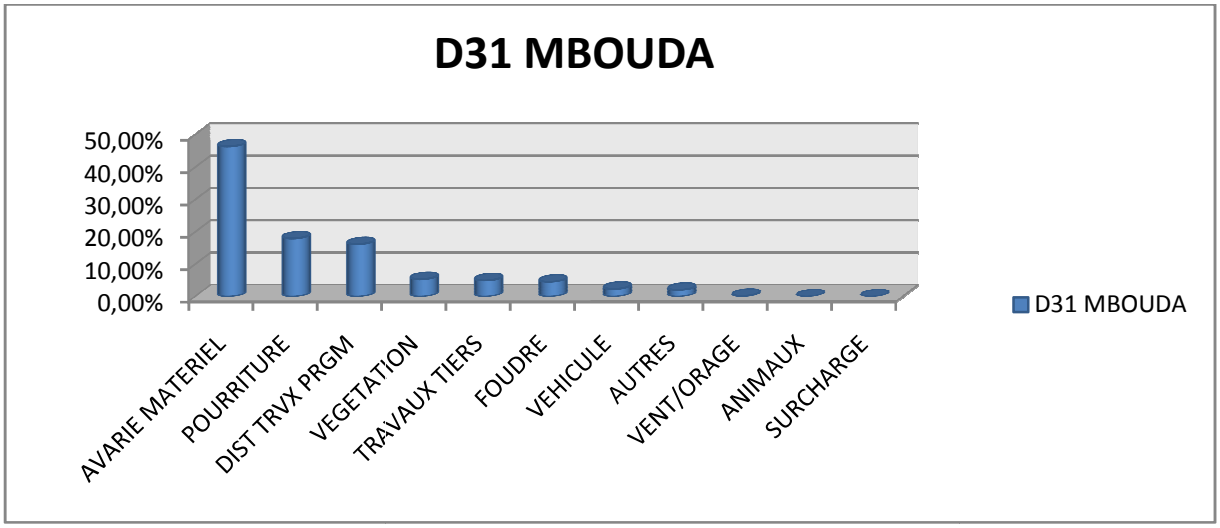


Figure 8: Pareto des causes profondes des END du D31 Mbouda

Le diagramme Pareto des causes profondes des interruptions du Départ 31 Mbouda ressort clairement que trois causes sont responsables de 75 % END. Les travaux programmés distribution et les pourritures des supports sont légèrement supérieurs à 15% et la plus grande causes est l'avarie matériel avec 45% des END.

b) Pareto des END des Départs 32 Foumbot

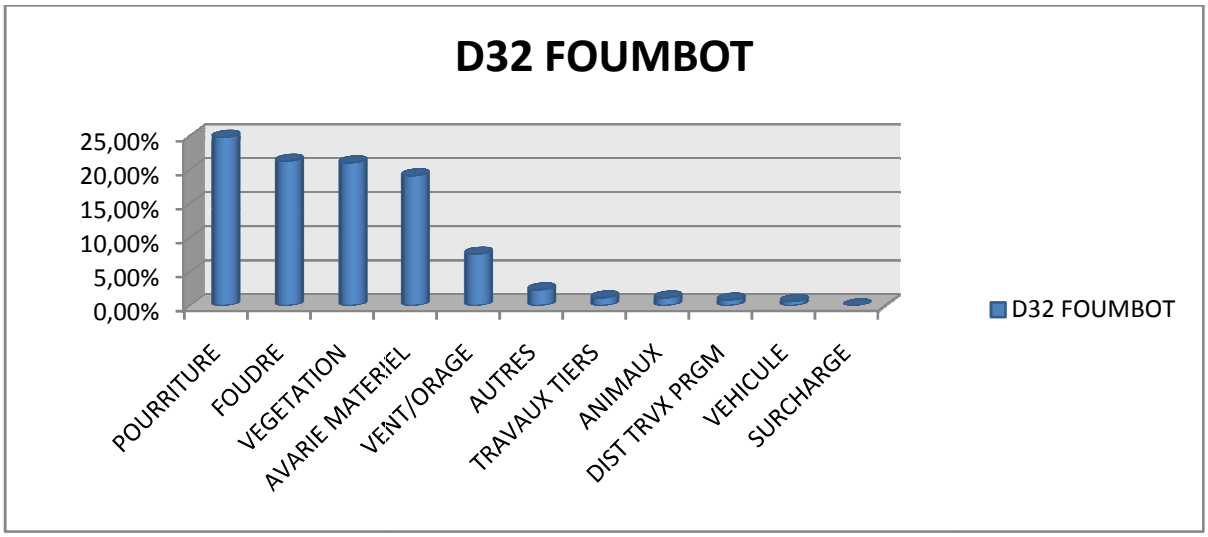


Figure 9: Pareto des causes profondes des END du D32 Foumbot

Le diagramme de la figure 5 ressort clairement que quatre causes sont responsables de 80 % END du Départ 32 Foumbot. Ces principales causes sont : les avaries matériel (18%), la végétation (20%),la foudre (21%) et la pourriture des supports (24%).

c) Pareto des END des Départs 33 Banganté

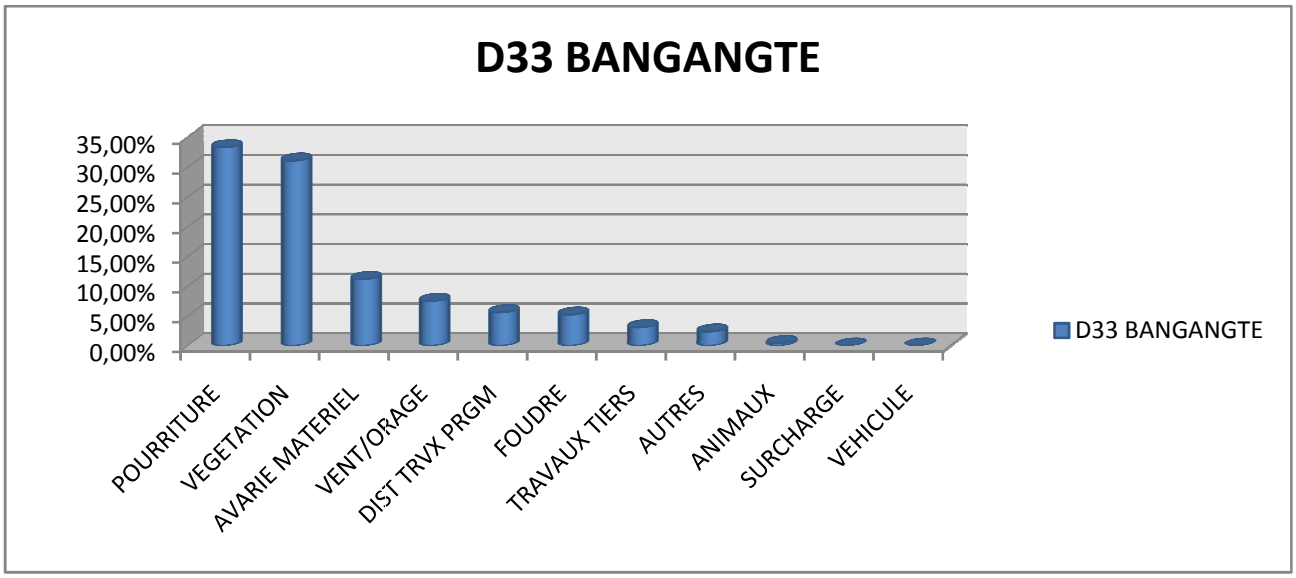


Figure 10: Pareto des causes profondes des END du D33 Bangangté

Le diagramme Pareto des causes profondes des interruptions du Départ 33 Banganté de la figure 6 ressort clairement que deux causes sont responsables de 60 % END. Ces principales causes sont : la végétation (30%), la pourriture des supports (30%).

Après avoir fait un diagnostic profond des causes qui dégrade l'accès aux service énergétique des localités périurbaines de la province de l'Ouest, nous allons a présent développer les stratégies d'amélioration.

IV-5.3 Elaboration d'un plan d'action de maintenance

L'analyse ci-dessus à permis de définir les actions de maintenance prioritaire par Départ HTA.

Départ	Travaux de maintenance Prioritaires 2011	Échéance	Problèmes résolus	Coût (Kfcfa)
Mbouda	Contrôle systématique des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Campagne de mesure des postes critiques	Mois de Mars	Avarie matériel	1 000
	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Avant le mois de juin	Végétation	10 014
	Nettoyage des pieds de support	Avant fin Décembre	Feu de brousse	2 400
Foumbot	Protection des transformateurs par parafoudre	Au cours de l'année	Foudre	3520
	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Avant le mois de juin	Végétation	8 909
	Contrôle des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Remplacement des supports et traverses pourris	Au cours de l'année	Pourriture support	769
Bangangté	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Au cours de l'année	Végétation	20 953
	Remplacement des supports et traverses bois pourris	Au cours de l'année	Pourriture support	769
	Contrôle des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Campagne de mesure des postes critique	Mois de Mars	Avarie matériel	2 400
Coût total				**34 920**

Tableau 18 : Plan d'action de maintenance

Le coût total des travaux de maintenance s'élève à 34 920 millions Fcfa pour l'année 2011 .

IV- 6 ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET COMPENSATION REACTIVE HTA ET AIDE A LA PROGRAMATION DES PROJETS DE DEVELOPPEMENT

Parmi toutes les stratégies développées dans ce projet d'étude, l'entreprise à financé la réalisation de la compensation réactive HTA. Les calculs économiques suivants ont justifié le choix de ce projet.

IV-6.1 ETUDE ECON0MIQUE DE LA STRATEGIE 1 : COMPENSATION REACTIVE HTA

a) Coût de l'investissement

Le calcul du cout du projet ci-dessus est fait suivant le bordereau de prix applicable à AES SONEL. Il tient compte du cout des ouvrages et de la main d'œuvres des entreprise sous - traitantes

COUT DE L'INVESTISSEMENT						
VILLES	**BANGANGTE**	**FOUMBAN**	**FOUMBOT**	**MBOUDA**	**DSCHANG**	**TOTAL**
SOLUTIONS	2x1500 kvars	2x1500 Kvars	1x1500 Kvars	2x1500 Kvars	2x1500 Kvars	
MONTANT DEVIS TTC (Kcfa)	101 116	102 805	68 253	99 914	98 491	470 580
MONTANT DEVIS BRUT (HTT et hors FEC) (KFcfa)	79 246	80 569	53 491	78 304	77 189	368 800
MONTANT TVA (KFcfa)	16 322	16 595	11 017	16 128	15 899	75 963
MONTANT FEC (K Fcfa)	5 547	5 639	3 744	5 481	5 403	25 816
MONTANTS CONDENSATEURS ET COFFRET COMMANDE (DMX1)	52 500	52 500	27 500	52 500	52 500	237 500
PMR 30 KV (DMX2)	13 134	13 134	13 134	13 134	13 134	65 671
IACM 36 KV (DMX3)	2 498	2 498	2 498	2 498	2 498	12 490
Cables, isolateurs et parafoudres. (DMX4)	2 434	2 434	2 434	2 434	2 434	12 171
SUPPORTS BOIS et TRAVERSES (DMX5)	673	673	673	673	673	3 366
AUTRES						
TOTAL AES SONEL	71 239	71 240	46 240	71240	71239	331 199
TOTAL CONTRACTANT (HTT et Hors FEC) (DMX6)	8 006	93 230	7 251	7 064	5949	37 601
TOTAL AES SONEL ET CONTRACTANT	79 246	80570	53 491	78 304	77 189	**368 800**

Tableau 19 : Devis du projet compensation de l'énergie réactive

Le coût total du projet s'élève à 368 800 millions FCFA

b) Valorisation des gains réalisés sur l'amélioration de la tension

L'amélioration du niveau de tension par les condensateurs dispense l'entreprise du payement des pénalités.

Les données utilisées pour ce calcul économique sont les suivantes :

- gains sur pénalités évités : 50 Kwh x nombre de postes HTA/BT affectés x Prix Kwh / jour
- Prix moyen du KWh : 80 Fcfa
- Les calculs sont effectués sur un an

- **Evaluation des gains sur le Départ MBOUDA**

D31 MBOUDA												
	2011		2012		2013		2014		2015		2016	
Plage de chute de tension supérieure	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%
Nombre transformateurs affectés par la sous tension	19	0	19	41	19	124	12	140	12	168	12	210
Pénalité en énergie/an (MWh)	347	0	347	748	347	2263	219	2555	219	3066	219	3833
Cout Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	28	0	28	60	28	181	18	204	18	245	18	307
Cout total Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	28		88		209		222		263		324	
Gain sur les pénalités	286		226		105		92		51		-10	

Tableau 20 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Mbouda

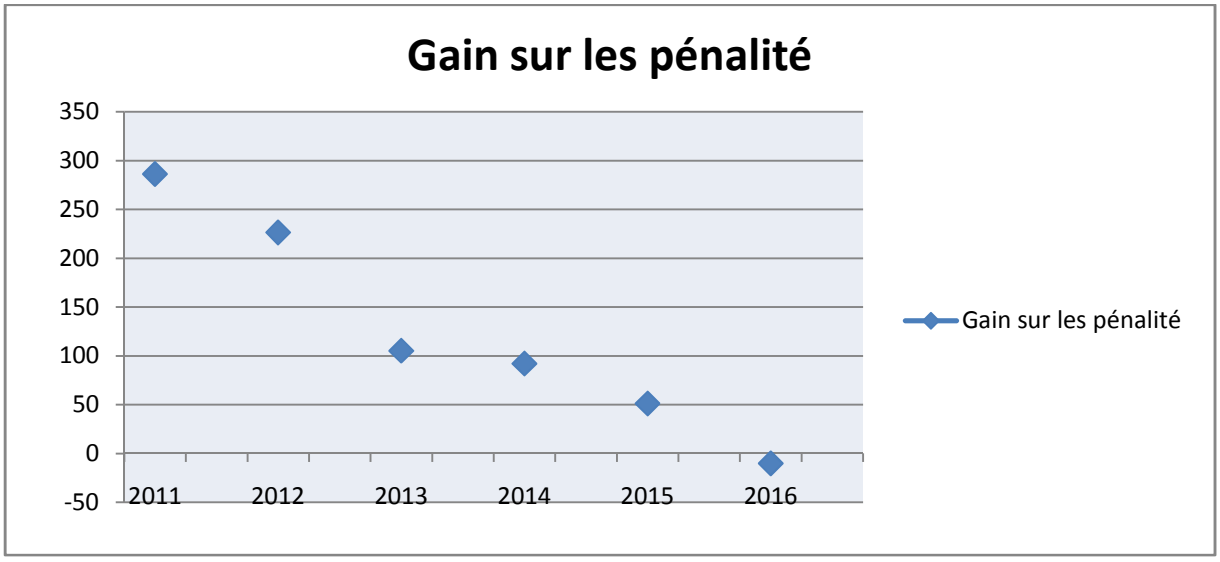


Figure 11 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Mbouda

Les gains réalisés sur les pénalités décroit au cours des années. A la première année de mise en service des batteries, les gains réalisés sont de 286 millions FCFA. Ce gain chute considérablement à l'année 2013 à 105 millions, ce qui traduit une dégradation de la qualité de service. Entre l'année 2015 et 2016, les gains s'annule et l'entreprise recommence à payer les pénalités.

- **Evaluation des gains sur le Départ Foumbot**

D32 FOUMBOT										
	2011		2012		2013		2014		2015	
Plage de chute de tension supérieur	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%
Nombre transformateurs affectés	9	6	9	66	7	99	7	108	7	111
Pénalité en énergie/an (MWh)	164	110	164	1205	128	1807	128	1971	128	2026
Cout Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	13	9	13	96	10	145	10	158	10	162
Cout total Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	22		110		155		168		172	
Gain sur les pénalités	149		61		16		3		-1	

Tableau 21 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Foumbot

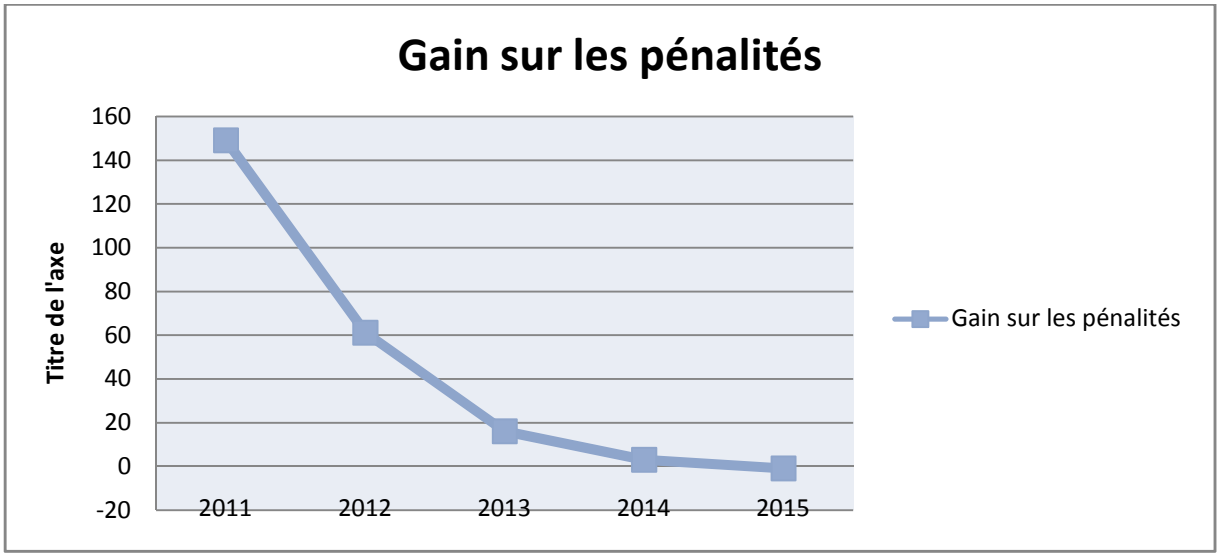


Figure 12 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Foumbot

Les gains réalisés sur les pénalités décroit au cours des années. En 2011 , l' année de mise en service des batteries, les gains réalisés sont de 149 millions FCFA. Ce gain chute considérablement à l'année 2013 à 61 millions, ce qui traduit une dégradation de la qualité de

service. Entre l'année 2014 et 2015, les gains s'annulent et l'entreprise recommence à payer les pénalités.

- **Evaluation des gains sur le Départ Bangangté**

D33 Bangangté										
	2011		2012		2013		2014		2015	
Plage de chute de tension supérieur	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%	>5%	<-5%
Nombre transformateurs affectés	15		12	43	12	61	0	92	0	93
Pénalité en énergie/an (MWh)	274	0	219	785	219	1113	0	1679	0	1697
Cout Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	22	0	18	63	18	89	0	134	0	136
Cout total Pénalité en énergie/an (millions fcfa)	22		80		107		134		136	
Gain sur les pénalités	134		76		50		22		20	

Tableau 22 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les pénalités du Départ Bangangté

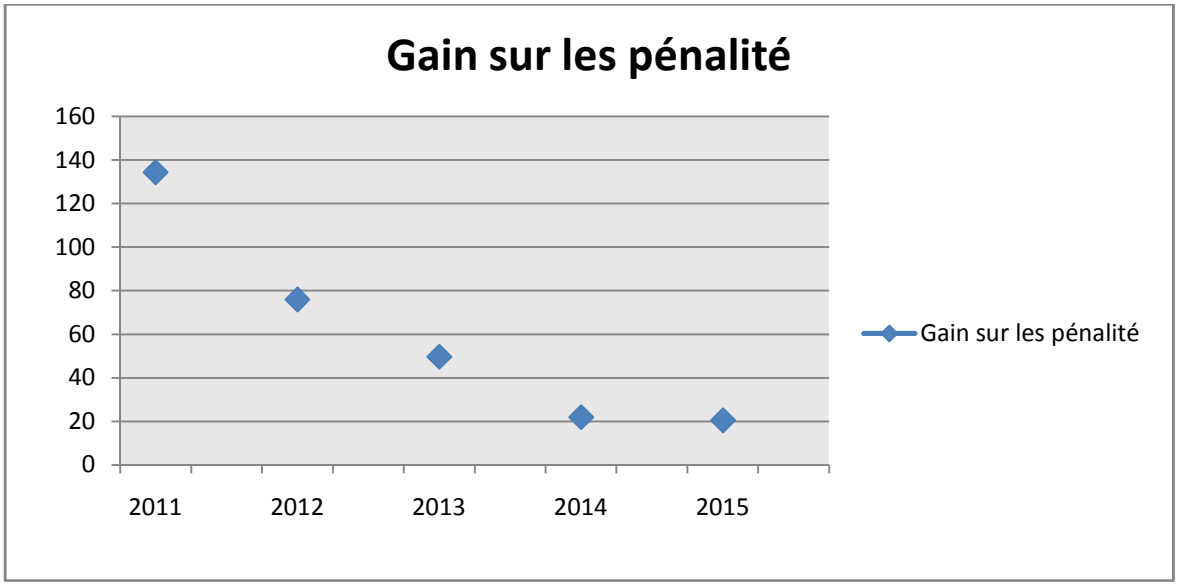


Figure 13 : Profil des gains sur les pénalités du Départ Bangangté

Les gains réalisés sur les pénalités décroit au cours des années. En 2011 , l' année de mise en service des batteries, les gains réalisés sont de 134 millions FCFA. Ce gain chute considérablement à l'année 2013 à 50 millions, ce qui traduit une dégradation de la qualité de service.

A l'année 2015, l'entreprise réalisera toujours les gains à l'ordre de 20 millions FCFA. Toutefois, la qualité de service se dégradera davantage.

c) Valorisation des pertes techniques à la pointe

La compensation réactive HTA contribue à la réduction des pertes technique du fait de la diminution de la composante réactive du courant de ligne. Le tableau ci-après évalue le gain sur les pertes.

- **Evaluation du gain sur les pertes en énergie**

		Avant compensation					Après Compensation					
Départ	Energie 2010 (MWh)	Pointe (MW)	Heure d'utilisation perte (h)	perte max à la pointe (MW)	Energie perdu (Mwh)	Energie perdu (%)	perte pointe (Mwh)	Heure d'utilisation (h)	Energie perdu (Mwh)	Energie perdu (%)	Gain sur les pertes en énergie (Mwh)	Gain (%)
Mbouda	40 946	10	2 866	1,69	4 844	12	1,47	2 866	4 213	10	631	2
Foumbot	29 615	8	2 591	0,67	1 736	6	0,63	2 591	1 633	6	103	0,35
Bangangté	26 441	10	1 851	1,09	2 017	8	0,63	1 851	1 166	4	851	3
Total	97 002				8 598	9			7 012	7	1 586	2

Tableau 23 : Résultats d'évaluation des gains réalisés sur les énergies perdues

Les pertes en énergie sont réduites de 2% sur l'ensemble des départs.

- **Coût de production des pertes en énergie**

Le gain d'énergie sur les pertes représente une quantité d'énergie dispensée à la production. Pour pouvoir évaluer son coût, il faudrait convertir le gain d'énergie distribution en gain d'énergie transport à travers les rendements Transport/Distribution et Production /Transport. A la pointe, les centrales thermiques d'appoint sont mises en contribution pour satisfaire la demande.

Pallier	Rendement	Gain Energie (MWh)	Prix du KWh produit (fcfa)	Cout de production (Kfcfa)
Transport /Distribution	0,99	1 602		
Production / Transport	0,98	1 634	120	**196 119**

Tableau 24 : Tableau de conversion du gain d'énergie distribution en Production

Le gain réalisé en 2011 sur les pertes en énergie s'élève à 196 millions FCFA par an.

- **Crédit carbone**

Les crédits carbones sont des unités qui sont attribuées au porteur de projet qui réduit les émissions des GES : ils ont une valeur commerciale. Si on considère le facteur d'émission moyen par unité de l'ordre de 0,57 teqCO_2 par MWh, le projet compensation permettra de réduire l'émission de GES à 1586 x 0,57 teqCO_2 soit **904 teqCO_2** par an.

a) Calcul de la rentabilité financière du projet

Les données utilisées pour ce calcul économique sont les suivantes :

- Recettes : montant des gains sur les pénalités et montant des gains sur les pertes en énergie à la première année
- Depenses : frais d'entretien annuel des équipements pris à 4% de l'investissement
- Taux d'actualisation : 14 %

Le tableau ci-dessous ressort les résultats

Les chiffres sont donnés en milliers de Fcfa.

ANS	INVEST.	RECETTES	DEPENSES	Bénéfice	Cash-flows	Actualisation 14%	Cash-flows actualisés
0	369				-369	1	-369
2011		765	15	750	750	0,88	658
2012		363	15	348	348	0,77	268
2013		171	15	156	156	0,67	105
2014		117	15	102	102	0,59	61
2015		70	15	55	55	0,52	29
VAN							**752**

Tableau 25 : calcul financière du projet de la compensation réactive HTA

Le tableau 25 ci-dessus nous montre que :

- La VAN est positive et égale à 752 millions Fcfa sur une période de 5 ans.
- Le délai de récupération de l'investissement est de 2 ans

Le projet de la compensation réactive HTA est rentable.

IV-6.2 PROGRAMMATION OPTIMAL DES PROJETS DE DEVELOPPEMENT DE RESEAU

L'année optimale d'investissement est l'année ou l'entreprise ne fait plus les bénéfices sur un ouvrage en réseau. L'étude économique du projet compensation de l'énergie réactive HTA permet de ressortir la programmation optimale suivante :

- Départ Mbouda : Investir sur ce départ à l'année 2015
- Départ Foumot : Investir sur ce départ à l'année 2013
- Départ Bangangté : Investir sur ce départ à l'année 2015

V- DISCUSSION ET ANALYSE

V- 1 ANALYSE ET SYNTHESE DES PROJETS D'AMELIORATION DE LA QUALITE DE SERVICE

V-1 .1 Compensation réactive HTA

Les résultats de simulation nous ont montré que l'installation des condensateurs permet de limiter les transits de puissance réactive sur le réseau. Ceci présente le double avantage, d'une part de réduire les chute de tension, et d'autre part de limiter les pertes actives. Mais ces avantages ne sont effectivement obtenus que si la puissance des condensateurs en service est convenablement ajustée aux besoins réels du réseau, lors de l'évolution de ces besoins. Notamment, pendant les périodes de faible charge (en journée), une fraction importante des condensateurs doit être hors service.

Synthèse des projets de compensation réactive HTA

N°	Projets	Échéances	Problèmes résolus	Coût du projet (K FCFA)
1	Pose de deux batteries de condensateurs 2x1500KVARS au poste MT/MT de Mbouda (Merlin Gerin F-743 71 Pringy cedex)	**2011**	Chute de tension à Mbouda	78 304
2	Pose de deux batteries de condensateurs 2x1500KVARS au poste MT/MT de Dschang (Merlin Gerin F-743 71 Pringy cedex)	**2011**	Chute de tension à Dschang	77 189
3	Pose de deux batteries de condensateurs 1x1500KVARS au poste MT/MT de Foumbot (Merlin Gerin F-743 71 Pringy cedex)	**2011**	Chute de tension à Foumbot	53 491
4	Pose de deux batteries de condensateurs 2x1500KVARS au poste MT/MT de Foumban (Merlin Gerin F-743 71 Pringy cedex)	**2011**	Chute de tension à Foumban	80 569
5	Pose de deux batteries de condensateurs 2x1500KVARS au poste MT/MT de Bangangté (Merlin Gerin F-743 71 Pringy cedex)	**2011**	Chute de tension à Bangangté	79 246
	Coût total du projet (K FCFA)			**368 800**

Tableau 26 : Tableau de synthèse du projet compensation

V-1 .2 Développement des réseaux HTA

Les résultats de simulation du réseau à horizon 2016 avec un taux d'accroissement de charge de 4% ressort les nouvelles contraintes du réseau en terme de qualité de tension. Le plan de tension sera de nouveau dégradé avec respectivement les chute de tension de 10% , 10%, 9% à Mbouda, Foumban et Bangangté. Le poste source de Bafoussam sera chargé à 94%. En fait, la solution de la compensation réactive MT comme solution aux problèmes des régions alimentés par les Départs 30 kV certes améliore la qualité de service à court terme, mais trouve ses limites à moyen terme.

En plus, quels que soient les actions de maintenance engagées, si le taux de défaillance des réseaux est tel qu'il faut comparer le coût de renouvellement de ceux-ci aux coûts de dépannage, ou alors les niveaux de continuité et de qualité ne correspondent pas aux seuils réglementaires ou contractuels, il faut penser à investir sur le réseau. D'où l'importance d'apporter des solutions fortes, certes couteuses, mais pouvant garantir une bonne qualité de service à moyen et long terme.

Comme stratégie forte, nous proposons le développement des réseaux 30 kV. Ils permettent l'amélioration de la fourniture de l'énergie en rapprochant les réseaux des populations. Ils facilitent le raccordement des nouveaux clients et l'électrification des nouveaux quartiers. Ce sont des projets de développement et de croissance.

a) Travaux HTB

Les travaux suivant doivent être réalisés coté Haute tension pour garantir une bonne alimentation en énergie électrique à moyen terme.

N°	Travaux	Échéances	Contrainte résolus	Coût du projet (K FCFA)
1	Création d'un poste source 90/30KV 20 MVA dans la ville de Dschang	2016	Décharge de la ligne HTB Nkongsamba -Bafoussam	2 000 000
2	Construction de 37 km de ligne 90 KV HTB Nkongsamba-Dschang	2016	Décharge de la ligne HTB Nkongsamba –Bafoussam	2 960 000

Tableau 27: Liste des Projet HTB de développement des Réseaux 30 KV

b) Projets d'ossature HTA

Les projets de développement des réseaux d'ossature suivant doivent être réalisés pour maintenir l'équilibre entre l'offre et la demande à court et à moyen terme. Ces projets garantiront une bonne qualité de service.

N°	Travaux	Échéances	Problèmes résolus	Coût du projet (K FCFA)
1	Construction de 11 Km de ligne 15 KV , 93 mm² almelec de Bafoussam à Bandjoun pour l'alimentation de la ville de Bandjoun	**2013**	Décharge du Départ Bangangté	**110 226**
2	Construction de 60 Km de ligne 30 KV , 93 mm² almelec de Bafoussam à Dschang pour l'alimentation de la ville de Dschang , Penka michel et autres localités environnantes	**2013**	Décharge du Départ Mbouda et Bouclage future ente Dschang et Bafoussam	**601 450**
3	Construction de 25 Km de ligne 30 KV , 93 mm² almélec de Bafoussam à Foumbot pour l'alimentation des localités de Koutaba , Foumbot et autres localités environnantes	**2013**	Décharge du Départ Foumban	**250 604**
4	Renforcement du tronçon Santchou –Melong sur 25 Km en 93mm²	**2015**	Bouclage 30 KV Dschang-Nkongsamba	**250 604**
5	La construction de 20 Km de ligne 30 KV Dschang –Santchou 93mm² Almélec	**2016**	Bouclage 30 KV Dschang-Nkongsamba	**200 483**

Tableau 28 : Liste des Projet HTA de développement des Réseaux 30 KV

(Voir Schéma du plan de développement en annexe)

c) Projets de desserte

Les projets de desserte suivants faciliteront le raccordement des nouveaux clients et l'électrification des nouveaux quartiers. Ils permettront également d'éradiquer les réseaux pirates qui sont le plus souvent sujet aux chutes de tension excessives.

- **Localités de Mbouda et villages environnants**

DEPART	Titre du Projet	Année	Cout réseau (kFCFA)
D32 FOUMBOT	Renforcement MT/BT BT monophasé au quartier MAMBAN PAR FOUMBAN	2011	8 247
	Renforcement MT/BT BT monophasé au quartier KOUROM MARCHE PAR FOUMBAN	2011	7 010
	Renforcement MT/BT au quartier MAMBAN ENI PAR FOUMBAN	2011	52 037
	Création d'un poste H 61 50 kVA - 30 kV avec 250 m de réseau MT en 3x34² et amélioration de la qualité de service de 450 clients	2011	12 105
	Mutation transfo mono H 61 25 kVA - 17,32 kV par un transfo triphasé de 50 kVA - 30 kV avec Renforcement MT/BT de 1500 m de réseau MT en 3x34² et 1500 m de BT avec amélioration de la qualité de service de 300 clients BT	2011	32 456
	Création d'un poste H 61 50 kVA 30 kV et Renforcement MT/BT de 100 m de réseau MT en 3x34² et 600 m de réseau 3x50 + NP + 2EP avec amélioration de la qualité de service de 60 clients BT et récupération de 40 nouveaux clients BT	2011	15 377
D31 MBOUDA	Renforcement MT/BT de réseau BT à BAZIFENG	2011	5 127
	Renforcement MT/BT de réseau BT à MBI - BAMOUNGOUM	2011	6 804
	Renforcement MT/BT de réseau BT à FONAKEKEU	2011	9 522
	Renforcement MT/BT de réseau BT à MBENG-KEMGO	2011	3 662
	Renforcement MT/BT de réseau BT AU QUARTIER NGUI A DSCHANG	2011	9 936
	Renforcement MT/BT de réseau BT à ZINKOP-FOZONG	2011	2 062
	Renforcement MT/BT de réseau BT à BAWA - BAMESSINGUE A MBOUDA	2011	3 662
	Création d'un poste H 61 25 kVA - avec 3500m de réseau MT mono et 2350 m de réseau BT mono en 4x25avec possibilité de récupérer 300 clients potentiels BT	2011	19 972
	Création d'un poste H 61 25 kVA - avec 600m de réseau MT mono et 2100 m de réseau BT mono en 4x25 avec possibilité de récupérer 60 clients potentiels BT	2011	12 799
	Création d'un poste H 61 50 kVA avec Renforcement MT/BT de 300 m de réseau MT en 3x34² et 900 m de BT amélioration de la qualité de service de près de 80 clients	2011	19 072

Tableau 29 : Liste des Projets de dessertes de Foumbot et Mbouda

- **Localités de Bangangté et villages environnants**

DEPART	Titre du Projet	Année	Cout réseau (kFCFA)
D33 BANGANGTE	Renforcement MT/BT de réseau BT A BAZIFENG	2011	5 127
	Renforcement MT/BT de réseau BT A MBI - BAMOUNGOUM	2011	6 804
	Renforcement MT/BT de réseau BT A FONAKEKEU	2011	9 522
	Renforcement MT/BT RESEAU BT A MBENG-KEMGO	2011	3 662
	Renforcement MT/BT de réseau BT monophasé AU QUARTIER NGUI A DSCHANG	2011	9 936
	Renforcement de Réseau BT A ZINKOP-FOZONG	2011	2 062
	Renforcement MT/BT de réseau BT au QUARTIER BAWA - BAMESSINGUE A MBOUDA	2011	3 662
	Création d'un poste H 61 25 kVA - avec 3500m de réseau MT mono et 2350 m de réseau BT mono en 4x25avec possibilité de récupérer 300 clients potentiels BT	2011	19 972
	Création d'un poste H 61 25 kVA - avec 600m de réseau MT mono et 2100 m de réseau BT mono en 4x25 avec possibilité de récupérer 60 clients potentiels BT	2011	12 799
	Création d'un poste H 61 50 kVA avec Renforcement MT/BT de 300 m de réseau MT en 3x34² et 900 m de BT amélioration de la qualité de service de près de 80 clients	2011	19 072
	Création d'un poste H 61 100 kVA - 30kV avec Renforcement MT/BT de 1800m de MT et 2300 m réseau BT en 3x50 + NP avec amélioraion de la qualité de service et195 clients potentiels	2011	41 700
	Extension 2000 m réseau BT 3x50mm²	2011	18 385
	Extension 2600 m réseau BT 3x70mm² pour récupération de 200 clients	2011	23 901
	Pose transfo H61/30KV/100KVA à Makénéné Marché 1	2011	11 370
	Pose transfo H61/30KV/100KVA à Makénéné Marché 2	2011	11 370
	Pose transfo H61/15KV/100KVA au Carrefour Pnachi à Bafang	2011	11 370
	Renforcement MT/BT MT/BT A MASSAGAM	2011	52 037
	ALIMENTATION MT/BT MONO CANTON NENGON A DEMDENG PAR BANDJOUN	2011	9 445
	Création d'un poste H 61 100 kVA - 30 kV/B2 avec Renforcement MT/BT de 700 m de réseau MT en 3x34²	2011	11 370
	Création d'un poste H 61 100 kVA - 15 kV/B2 avec Renforcement MT/BT de 800 m de réseau MT en 3x34²	2011	11 370
	Création d'un poste H 61 100 kVA -15 kV avec Renforcement MT/BT de 700 m de réseau MT en 3x34² et 1400 m de réseau BT en 3x50 + NP + 2 EP avec possibilité de récupérer 80 clients	2011	26 868
	Création d'un poste H 61 50 kVA - 30 kV avec Renforcement MT/BT de 700 m de réseau MT en 3x34² et récupération de 60 clients environs	2011	15 476
	Création d'un poste H 61 100 kVA -30 kV avec Renforcement MT/BT de 450 m de réseau MT en 3x34² et 500 m de réseau BT en 3x70 + NP + 2 EP avec possibilité de récupérer 105 clients BT	2011	19 337

Tableau 30 : Liste des Projets de dessertes de Bangangté

V-1.3. Plan d'action de Maintenance

Les investissements jouent un rôle essentiel dans le renouvellement des réseaux. Mais les travaux de maintenance sont tout aussi importants, bien qu'ils ressortent de façon moins évidente des statistiques. Il est assez souvent affirmé que l'opérateur, confronté à des impératifs financiers d'ordre divers, a tendance à négliger la maintenance préventive, ce qui entraîne des dépenses de maintenance curative accrue. L'analyse des causes profondes des incidents nous ont montrés que l'insuffisance de l'élagage est de nature à accroître la vulnérabilité climatique des lignes de distribution.

Les travaux de maintenance ci-après définis doivent être réalisés prioritairement dans le cadre de la maintenance préventive. Ces travaux auront un grand impact sur la disponibilité des départs à fournir l'énergie électrique.

Départ	Travaux de maintenance Prioritaires 2011	Échéance	Problèmes résolus	Coût (KFCFA)
Mbouda	Contrôle systématique des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Campagne de mesure des postes critiques	Mois de Mars	Avarie matériel	1 000
	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Avant le mois de juin	Végétation	10 014
	Nettoyage des pieds de support	Avant fin Décembre	Feu de brouisse	2 400
Foumbot	Protection des transformateurs par parafoudre	Au cours de l'année	Foudre	3 520
	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Avant le mois de juin	Végétation	8 909
	Contrôle des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Remplacement des supports et traverses pourris	Au cours de l'année	Pourriture support	769
Banganté	Elagage et abattage d'arbre dans le corridor, Débroussaillement dans le corridor	Au cours de l'année	Végétation	20 953
	Remplacement des supports et traverses bois pourris	Au cours de l'année	Pourriture support	769
	Contrôle des supports bois	1 visite par an	Pourriture support	2 400
	Campagne de mesure des postes critique	Mois de Mars	Avarie matériel	2 400

Tableau 31: Travaux prioritaires de maintenance 2010

V.2 IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAL DES STRATEGIES DEVELOPPEES SUR L'ACCES AU SERVICE ENERGETIQUE

Il serait intéressant d'évaluer l'impact de la réalisation des différentes stratégies développées sur les conditions de vie des populations de la région de l'ouest Cameroun.

V.2.1 Impacts Sociaux

- **Impact sur la santé des populations**

La pénurie de l'énergie électrique oblige les populations à se tourner vers des solutions de remplacement potentiellement toxiques, le feu de bois pour s'éclairer. Ces choix énergétiques désespérés mettent en péril la santé des femmes aggrave les maladies respiratoires actuelles provoquées par les longues heures d'exposition à la fumée de bois de feu. Les populations utilisent des lampes-tempête pour étudier le soir et la fumée dégagée par le kérosène qui brûle leur donne le rhume.

L'augmentation de l'accès à l'électricité en milieu rural bénéficiera particulièrement aux femmes et aux enfants qui seront déchargés de la collecte de combustibles traditionnels et/ou plus polluants pour l'éclairage.

- **Amélioration de l'accès à l'eau potable et autres services**

L'absence de l'énergie électrique a une incidence sur l'approvisionnement en eau potable. En effet, les stations de pompage d'eau ont du mal à fonctionner lors des interruptions d'électricité. L'eau est synonyme de survie pour les populations. Malheureusement, par manque d'énergie électrique, ces dernières ont un accès des plus limités à une eau à la fois potable et en quantité suffisante pour satisfaire leurs besoins quotidiens. Les stratégies développées améliorons le fonctionnement des services d'accès à l'eau potable.

L'amélioration de l'accès au service énergétique favorisera, la sécurité, le développement des écoles et des centres de santé primaire et l'accès facilité aux média.

- **Réduction du coût de branchement au réseau électrique**

Dans de nombreux villages à l'ouest Cameroun, une importante fraction de la population est entièrement privée d'accès aux services énergétiques modernes, et ceux qui y ont accès doivent généralement payer relativement cher pour avoir accès à des services énergétiques de moindre qualité, irréguliers ou peu fiables.

Les abonnés ruraux, situés en bout de réseau bénéficieront plus particulièrement de l'amélioration de la qualité de tension. En outre les projets d'extension du réseau de distribution facilitera la construction de lignes de distribution pour connecter les populations jusque là situées loin du réseau de distribution.

Les projets de dessertes ainsi définies dans le cadre de ce projet permettront aux populations d'être à moins de 100 m du réseau électrique basse tension de section 3* 50 mm². Ce qui diminuerait considérablement le cout de raccordement au réseau électrique. En effet, à plus de 100 m du réseau basse tension, il faut faire un renforcement basse tension en 3x50 mm² avant d'avoir un branchement en 2*16 mm² ou 4x25 mm²

V.2.2 Impact économique

L'amélioration de l'approvisionnement de l'électricité permettra de développer de nouvelles activités économiques. L'énergie est, un élément qui permet de développer des activités de production, comme la production agricole et la transformation de ces produits, le commerce, la production industrielle ou manufacturière.

V.2.3 Impact environnemental

- **Environnement**

Le projet de développement de réseaux n'entraînera pas de déplacement de population. Ses principaux impacts négatifs sont des dommages aux cultures et aux sols engendrés par le passage des véhicules et le déroulage des câbles et des pertes d'usage de terres liées à l'implantation des supports bois. Les mesures proposées pour atténuer les principaux impacts négatifs consistent à dédommager les personnes subissant les dégâts et pertes de revenus.

Les impacts positifs du projet sont : la création d'emplois pendant les travaux ; le désenclavement de certains douars par le biais de la construction de pistes d'accès aux lignes et postes l'augmentation des revenus des populations riveraines grâce aux activités lucratives liées aux chantiers ; l'amélioration des conditions de vie des populations.

- **Changement climatique**

La pénurie d'énergie joue un rôle déterminant dans la persistance de la pauvreté au sein des groupes de populations rurales, qui dépendent en grande partie du bois de feu pour la satisfaction de leurs besoins énergétiques domestiques. La pression qui en résulte sur les ressources forestières locales ne fait qu'accélérer la déforestation. Cette déforestation est responsable des changements climatiques actuel.

Aux heures de pointe, les centrales thermiques sont mises à contribution pour satisfaire à la demande. Lors de leur utilisation, les combustibles fossiles quant à eux libèrent du carbone préalablement stocké dans le sol (carbone fossile). Leur valorisation augmente donc la concentration en CO_2 dans l'atmosphère.

Le gain d'énergie réalisé sur les pertes technique permet d'éviter une quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Le projet compensation de l'énergie réactive a permis de réduire de 9 à 7% les pertes en énergie d'électricité. Cette réduction permettra d'économiser 1586 MWh et d'éviter le rejet dans l'atmosphère de 904 T/an de CO2 par an à partir de 2011.

VI- RECOMMANDATIONS

Pour améliorer déjà l'accès au service énergétique dans les localités de la région de l'ouest desservis par les réseaux 30 KV, les recommandations suivantes doivent être prise en compte :

a) *Mettre à niveau les réseaux 30 KV par les actions d'organisation et de maintenance*

Plus précisément :

- Mettre en place et suivre un programme de maintenance préventive
- Améliorer le reporting technique
- Mettre à la disposition des équipes de dépannage des moyens de travail adéquats pour l'exploitation et la maintenance (véhicule, outillage, moyen de communication)

b) *Mettre à niveau les réseaux HTB et HTA de la région par l'équilibre demande d'énergie et capacité des équipements.*

Plus précisément réaliser les projets d'investissements (Capex) définis dans le cadre de ce projet à temps.

c) *Promouvoir l'utilisation des énergies alternatives pour les localités qui ne peuvent pas facilement être raccordés au réseau électrique d'AES SONEL.*

- Utilisation de l'énergie solaire pour les besoin d'éclairage domestique
- Système de pompage photovoltaïque pour l'alimentation en eau potable
- Mettre sur pied une commission de suivi et maintenance des installations

VI- CONCLUSIONS

Notre projet de fin de formation s'est déroulé dans l'entreprise AES SONEL, entreprise en charge de la production, Transport et Distribution de l'énergie électrique au Cameroun. Elle avait pour objectif d'une part, de faire un diagnostic de la qualité de service électrique des localités alimentées par les réseaux 30 KV de la région de l'Ouest Cameroun et d'autres part, de développer des stratégies d'amélioration de l'accès au service énergétique. Il s'agissait alors d'évaluer le fonctionnement actuel des Départ 30 KV du poste HTB de Bafoussam, mesurer les performances techniques et de proposer des solutions pour l'amélioration de ces performances.

Pour atteindre ces différents objectifs, nous avons commencé par établir une analyse de la qualité de service actuel des réseaux 30 KV de la région de l'Ouest. Le diagnostic de ces réseaux a montré que l'alimentation des zones périurbaines de la région de l'Ouest présente quelques insuffisances techniques liées aux chutes de tension excessives aux heures de pointes et aux fréquentes interruptions d'énergie du faites des incidents sur le réseau.

Des stratégies d'améliorations ont été définies. Ainsi, pour pallier aux problèmes des chutes de tension aux heures de pointes, le projet de la compensation réactive HTA ont été définies et étudiés sur les 5 sites pilotes. Les réseaux électriques ont été modélisés pour simulation du fonctionnement, et le dimensionnement des batteries de condensateurs s'en est dégagé. L'entreprise AES SONEL a financé le projet de la compensation réactive HTA et les travaux ainsi réalisés ont été mis en service en Juin 2011. Les populations sont actuellement soulagées aux heures pointe.

En ce qui concerne les problèmes liés aux interruptions fréquentes , le diagramme de Pareto a permis la sélection de projets de maintenance en les orientant vers ceux qui ont un grand impact sur l'amélioration des performances. Pour assurer une bonne qualité de service énergique à moyen et long terme, un certains nombre de projets de développement des réseaux ont été définis. Ils permettront l'amélioration de la fourniture de l'énergie en rapprochant les réseaux des populations.

Enfin, pour permettre l'accès aux services énergétiques pour les populations pauvres, ne pouvant pas être facilement raccordés au réseau AES SONEL , nous avons proposés les projets d'extensions des réseaux .

VIII- BIOGRAPHIES

1- Module de compensation automatique MT jusqu'à 36 KV. Schneider Electric -Merlin gerin

2- Guide de conception des réseaux électriques industriels T & D 6 883 427/A Schneider Electric

3- Cours d'installation électrique BT 2IE (***Ahmed O BAGRE)***

4- Cours de maintenance des installations du 2IE (***GOUNDIAM Madi***)

5- Cours de gestion financière de projet 2IE (***Frédéric TRAORE)***

6- Cours d'accès au service énergétique du 2IE ***(FRANCIS SEMPORE***

7- La planification des réseaux électrique (***Henri Persoz ; Géraed Santucci***)

8- **www .Wikipédia.**

9- **www.mosohcameroun.org**/.../VivreLeHandicapAuCameroun.pdf

10- **http://membres.lycos.fr/jflippes/pareto.htm**

11- Programme Energie Environnement et Développement—Enda –TM Brochure publiée avec le soutien financier du programme SURF Afrique de l'Ouest du PNID et du CTA Pays BAS.

12- « Etude technique sur la fragilité du réseau public de distribution d'électricité face aux événements climatique majeurs » publié par KB INTELLIGENCE le 10 septembre 2009

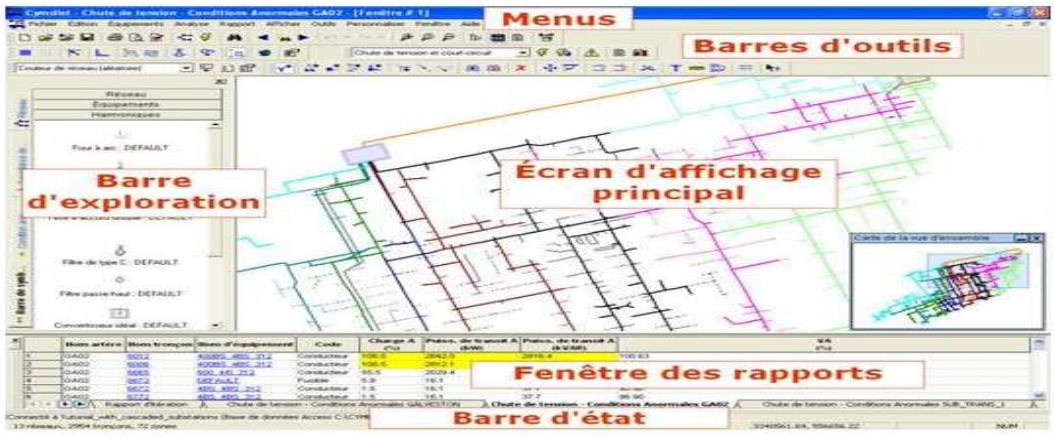
IX- ANNEXE

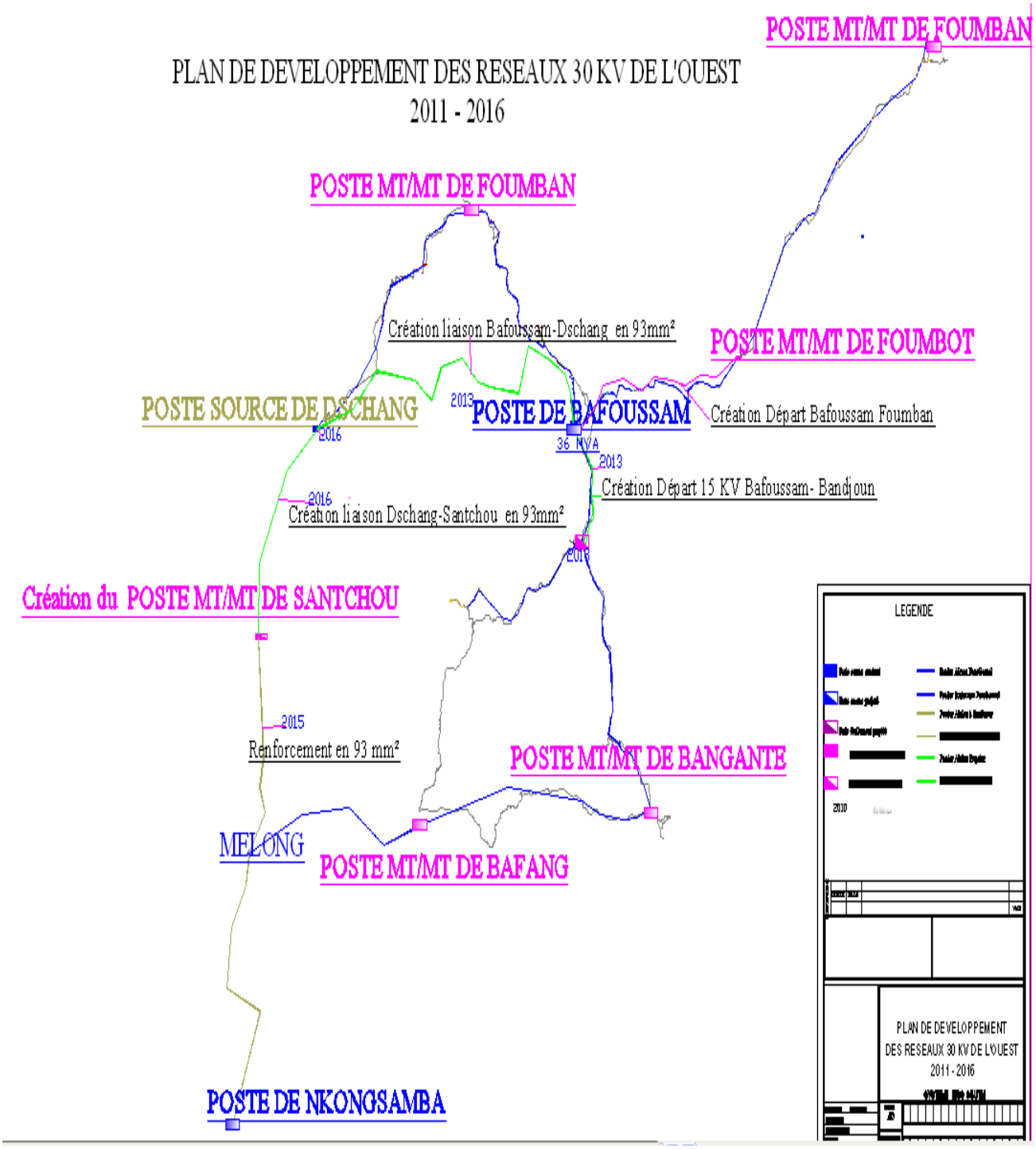
Présentation du logiciel CYMDIST - Analyse de réseaux de distribution

PRESENTATION DU LOGICIEL CYMDIST

CYMDIST est un logiciel permettant l'étude et la simulation du comportement des réseaux de distribution d'énergie électrique sous différentes conditions et scénarios. Il permet d'accomplir plusieurs fonctions requises pour la planification, l'exploitation et l'analyse des réseaux de distribution. Des fonctions d'analyse de réseau telles que la répartition de puissance, la chute de tension, le calcul des courants de court-circuit, la configuration optimale du réseau, entre autres, peuvent être effectuées sur des réseaux de distribution équilibrés ou non, construits sur n'importe quelle combinaison de phases et de configurations. D'autres fonctions et modules complémentaires tels que les modules d'emplacement optimal des condensateurs, d'équilibrage de la charge ou de configuration optimale suggèrent des façons de minimiser les pertes. Vous pouvez dès maintenant analyser votre réseau à l'aide du module d'accroissement de la charge ou vous servir du programme CYMTCC de coordination des dispositifs de protection pour vérifier leurs réglages.

Les modules facultatifs d'évaluation de la fiabilité, d'analyse des contingences, de rétablissement du service, d'analyse harmonique, de réduction de réseaux, de modélisation de réseaux secondaires, de sous-réseaux et de postes offrent des fonctions permettant la réalisation d'études plus spécialisées et aident l'utilisateur dans la création d'études représentant différents scénarios hypothétiques et dans l'évaluation de projets dans la plage de temps voulue.



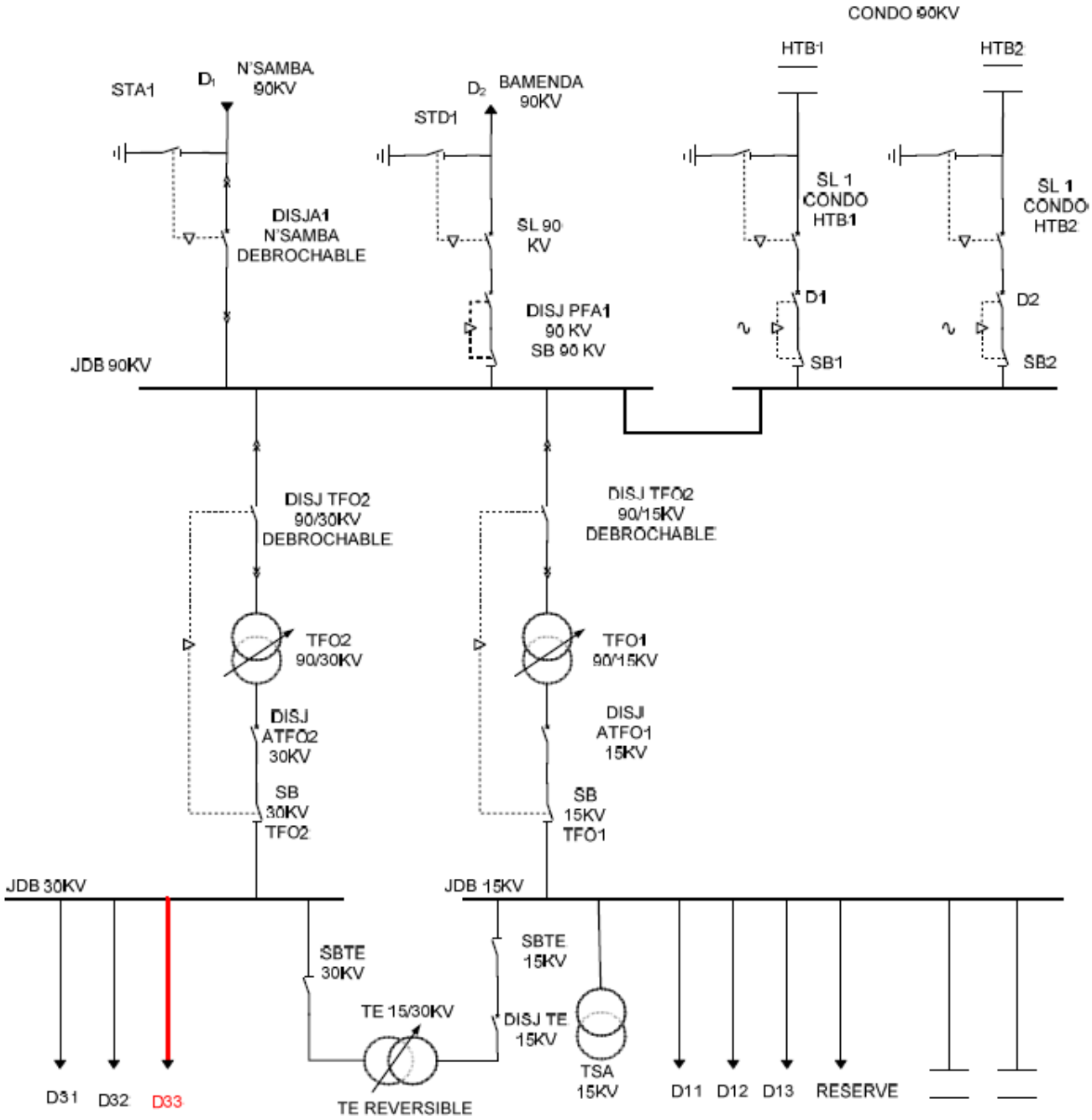

PLAN DE DEVELOPPEMENT DES RESEAUX 30 KV DE L'OUEST
2011 - 2016
POSTE MT/MT DE FOUMBAN
POSTE MT/MT DE FOUMBAN
Création liaison Bafoussam-Dschang en 93mm²
POSTE MT/MT DE FOUMBOT
POSTE SOURCE DE DSCHANG
2013
POSTE DE BAFOUSSAM
Création Départ Bafoussam Foumban
2016
36 MVA
2013
Création Départ 15 KV Bafoussam- Bandjoun
2016
Création liaison Dschang-Santchou en 93mm²
2016
Création du POSTE MT/MT DE SANTCHOU
2015
Renforcement en 93 mm²
POSTE MT/MT DE BANGANTE
MELONG
POSTE MT/MT DE BAFANG
POSTE DE NKONGSAMBA
LEGENDE
2010
PLAN DE DEVELOPPEMENT
DES RESEAUX 30 KV DE L'OUEST
2011 - 2016

Le module de compensation MT

VUE EXTERRIEUR DES CONDENSATEURS

MARQUE DE CONDENSATEUR UTILISE

Schéma du poste source de Bafoussam



RESULTATS DETAILLES DES SIMULATIONS SUR CYMDIST

Artère	**D33 BANGANGTE**
Poste	504
Tension de source	32,50 kVLL, 0,00 Deg.

Paramètres

Type Analyse : Chute de tension équilibrée

Sommaire Charge

	Charge totale			
	kW	kVAR	kVA	FP(%)
Puissance des sources	**10000,00**	**4288,82**	**10880,90**	**91,90**
Charge lue (non ajustée)	10000,00	4843,22	11111,11	90,00
Chage utilisée (ajustée)	8991,22	3782,91	9754,61	92,17
Pertes	1008,78	938,32	1377,71	73,22

Résumé de la production

Nom de l'appareil	Type	Phase	Capacité	Production	
			kVA	kW	kVAR
504	Source	ABC	36000,0	10000,00	4288,82

Conditions Anormales

	Phase	Nombre	Pire cas	%
Surcharge	A	0	D33 BANGANGTE	84,19
	B	0	D33 BANGANGTE	84,19
	C	0	D33 BANGANGTE	84,19
Sous-tension	A	10	511	87,66
	B	10	511	87,66
	C	10	511	87,66
Haute tension	A	2	D33 BANGANGTE	108,33
	B	2	D33 BANGANGTE	108,33
	C	2	D33 BANGANGTE	108,33

Artère	**D32 FOUMBAN**
Poste	513
Tension de source	32,20 kVLL, 0,00 Deg.

Paramètres

Type Analyse : Chute de tension équilibrée

Sommaire Charge

	Charge totale			
	kW	kVAR	kVA	FP(%)
Puissance des sources	**8000,00**	**3452,33**	**8713,13**	**91,82**
Charge lue (non ajustée)	8000,00	3749,62	8835,14	90,55
Chage utilisée (ajustée)	7045,42	2788,94	7577,34	92,98
Pertes	954,58	890,04	1305,14	73,14

Résumé de la production

Nom de l'appareil	Type	Phase	Capacité	Production	
			kVA	kW	kVAR
513	Source	ABC	36000,0	8000,00	3452,33

Conditions Anormales

	Phase	Nombre	Pire cas	%
Surcharge	A	0	D32 FOUMBAN	84,19
	B	0	D32 FOUMBAN	84,19
	C	0	D32 FOUMBAN	84,19
Sous-tension	A	11	518	86,54
	B	11	518	86,54
	C	11	518	86,54
Haute tension	A	1	D32 FOUMBAN	107,33
	B	1	D32 FOUMBAN	107,33
	C	1	D32 FOUMBAN	107,33

Artère	**D31 MBOUDA**
Poste	520
Tension de source	32,20 kVLL, 0,00 Deg.

Paramètres

Type Analyse : Chute de tension équilibrée

Sommaire Charge

	Charge totale			
	kW	kVAR	kVA	FP(%)
Puissance des sources	**10000,00**	**3845,67**	**10713,97**	**93,34**
Charge lue (non ajustée)	9991,80	4288,58	10873,27	91,89
Chage utilisée (ajustée)	8705,41	2849,00	9159,75	95,04
Pertes	1294,59	1321,27	1849,79	69,99

Résumé de la production

Nom de l'appareil	Type	Phase	Capacité	Production	
			kVA	kW	kVAR
520	Source	ABC	36000,0	10000,00	3845,67

Conditions Anormales

	Phase	Nombre	Pire cas	%
Surcharge	A	0	D31 MBOUDA	84,19
	B	0	D31 MBOUDA	84,19
	C	0	D31 MBOUDA	84,19
Sous-tension	A	22	525	81,33
	B	22	525	81,33
	C	22	525	81,33
Haute tension	A	1	D31 MBOUDA	107,33
	B	1	D31 MBOUDA	107,33
	C	1	D31 MBOUDA	107,33

Poste : BAFOUSSAM 90KV :

	Charge totale		Charge totale		Pertes totales	
Nom poste/artère	kVA	FP (%)	kW	FP (%)	kVA	FP (%)
D31 MBOUDA	10713,97	93,34	10000,00	93,34	1849,79	69,99
D32 FOUMBAN	8713,13	91,82	8000,00	91,82	1305,14	73,14
D33 BANGANGTE	10880,90	91,90	10000,00	91,90	1377,71	73,22
Total	30302,71	92,40	28000,00	92,40	4531,49	71,90