

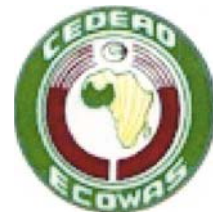
Rapport Final

Etude de Stabilité de Transport Régional en Afrique de l'Ouest

Rapport Synthèse du Projet

Préparé Pour:

USAID, et le Secrétariat de CEDEAO



Rapport Final

Etude de Stabilité de Transport Régional en Afrique de l'Ouest Rapport Synthèse du Projet

Août 2004

Préparé Pour:

USAID, et le Secrétariat de la CEDEAO



 **Nexant**

1030 15th Street NW, Suite 750, Washington, D.C. 20005, USA

Tel: +1 202 326 0700 Fax: +1 202 326 0745

Copyright © par Nexant Inc. 2004. Tous droits réservés.

“Ce rapport a été préparé par Nexant Inc (“Nexant”), à l’usage de USAID et du Secrétariat de CEDEAO (CLIENT) comme support à leur propres interrogations concernant la possibilité ou la manière de procéder avec l’objet du rapport. Excepté lorsque cela est spécifiquement mentionné dans le rapport, les informations contenues ici ont été préparées à partir d’informations librement accessibles ou fournies par le Client et n’ont pas été vérifiées individuellement ou autrement examinées pour en déterminer la justesse, l’exhaustivité ou la faisabilité financière.

Ni NEXANT, ni le CLIENT, ni toute personne les représentant ne peuvent être tenu responsables de l’usage ou des dommages résultant de l’utilisation d’une information quelle qu’elle soit contenue dans ce rapport. NEXANT ne peut ni assurer ni garantir que les conditions présumées ne subiront pas de modifications. Ce rapport ne concerne que les dates qui y sont mentionnées et NEXANT n’est pas responsable de sa mise à jour.

Ce rapport est complet et doit être lu dans son intégralité.

Ce rapport est remis étant entendu que le CLIENT gardera son contenu confidentiel excepté pour usage interne. Ce rapport ne doit pas être reproduit, distribué ou utilisé sans l’accord écrit préalable de Nexant. Ce rapport ne peut être utilisé par d’autres.

Cette note doit accompagner toute copie de ce rapport.”

Contents

Section	Page
1 Introduction	1-1
2 Historique de Projet	2-1
3 Developpement Futur du Reseau Electrique Regional	3-1
3.1 LA DEMANDE EN ELECTRICITE	3-1
3.2 LES OPTIONS D'ALIMENTATION EN ELECTRICITE.....	3-2
3.3 LES AVANTAGES DE L'INTEGRATION REGIONALE	3-3
3.4 L'EVOLUTION DES ECHANGES COMMERCIAUX D'ENERGIE.....	3-4
4 Les Projets Prioritaires du WAPP	4-1
4.1 LES INTERCONNEXIONS D'ICI 2007	4-3
4.2 LES INTERCONNEXIONS ENTRE 2007 ET 2011	4-4
4.2.1 L'interconnexion Côte d'Ivoire – Ghana – Bénin/Togo – Nigeria	4-4
4.2.2 Interconnexion Côte d'Ivoire – Mali.....	4-5
4.2.3 Réseau OMVG.....	4-7
4.2.4 Centres de Contrôle Nationaux	4-8
4.3 LES INTERCONNEXIONS POSTERIEURES A 2011	4-9
5 Flux D'Energie Regionaux	5-1
5.1 CHARGES PREVUES POUR LES INTERCONNEXIONS	5-1
5.2 RESULTATS DE L'ETUDE DE TRANSIT DE PUISSANCE	5-2
5.3 RESULTATS DE L'ETUDE DE STABILITE TRANSITOIRE	5-4
6 Mise en Oeuvre du Projet	6-1
6.1 PROCEDE D'ELABORATION D'UN PROJET	6-1
6.2 RECAPITULATIF DES INVESTISSEMENTS	6-2
7 Les Prochaines Etapes	7-1
7.1 LES CONDITIONS PREALABLES A LA CONSTITUTION DU POOL D'ENERGIE	7-1
7.2 GESTION ET SUPERVISION DU WAPP	7-2
7.3 CENTRES DE CONTROLE	7-3
7.4 ETUDES DU TRANSPORT ET DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU.....	7-4
Appendix	Page
A Synthèse des Activites du Project	A-1

Figure	Page
4.1 Interconnexions transfrontalières du WAPP avant 2011	4-2
4.2 Plan du WAPP pour l'Interconnexion CIE-VRA-CEB-NEPA.....	4-4
4.3 Côte d'Ivoire – Mali et Côte d'Ivoire – Burkina Faso	4-6
4.4 Réseau proposé pour la Zone B d'ici 2011	4-7

Tableau	Page
4.1 Programme indicatif pour les interconnexions prioritaires du WAPP	4-1
5.1 Flux d'Energie Maximum attendus pour les interconnexions du WAPP, MW moyen, 2007-15	5-1
6.1 Programme de l'élaboration d'une ligne de transport.....	6-1
6.2 Investissements par Projet et par Pays	6-3
6.3 Investissements par Année et par Pays	6-4

Section 1
Introduction

L'Etude du transport régional en Afrique de l'Ouest financée par l'USAID évalue les nouveaux projets de transport transfrontaliers qui sont proposés pour le système d'énergie interconnecté de l'Afrique de l'Ouest pour la période s'étalant de 2004 à 2020. Cette étude est destinée aux pays membres du CEDEAO, à l'USAID, aux bailleurs de fonds et autres organismes de financement.

Ce rapport de synthèse du projet présente les informations suivantes provenant de travaux précédents :

- les perspectives envisagées pour le développement du système régional d'énergie ;
- les motifs et les hypothèses pour les interconnexions transfrontalières proposées ;
- les flux d'énergie prévus pour les interconnexions ;
- les estimations des investissements ; et
- un résumé des prochaines étapes pour l'intégration régionale du WAPP.

Un résumé des diverses activités qui ont été effectuées depuis le rapport initial jusqu'au présent rapport est exposé en annexe.

Section 2
Historique de l'Étude

En octobre 2003, l'USAID a sélectionné un groupe formé de Nexant Inc. et Electricité de France pour effectuer une Etude du Transport Régional en Afrique de l'Ouest. Cette étude a pour objectifs principaux de :

- Présenter les caractéristiques du réseau régional de transport d'énergie ;
- Effectuer les études de planification techniques ; et
- De recommander une stratégie de mise en œuvre par étapes pour les interconnexions de transport.

Le projet comporte les principaux documents à produire suivants :

- **Le Rapport Initial** - Présente l'historique du projet, décrit l'approche technique et la planification du projet et donne une vue d'ensemble de l'alimentation électrique, des ressources en énergie, des données démographiques et économiques de la région Ouest de l'Afrique.
- **Le Schéma Directeur** - Récapitule la demande/l'offre en énergie actuelle dans la région et confirme les investissements prioritaires dans les nouveaux projets de transport et le renforcement des extensions du réseau pour la période 2003 à 2020.
- **L'Etude de Stabilité et l'Analyse Opérationnelle** - Analyse la viabilité technique du système électrique régional proposé pour l'acheminement des flux d'énergie transfrontaliers, présente les résultats des études de stabilité dynamique et statique, identifie les renforcements éventuellement nécessaires du système et recommande les mesures permettant d'éviter les coupures, de restaurer le système dans le cas de coupures importantes et d'agir selon les règles et procédures communes.
- **La Stratégie de Réalisation** - Présente les perspectives du développement du réseau électrique régional, propose un programme pour les interconnexions prioritaires du WAPP, montre une prévision des futurs flux d'énergie régionaux transfrontaliers et résume les investissements à envisager pour les nouvelles installations des interconnexions.
- **La Synthèse du Projet** - Le rapport actuel fournit une synthèse concise des précédents travaux.

Section 3

Développement Futur du Réseau Electrique

3.1 LA DEMANDE EN ELECTRICITE

Les pays membres de la CEDEAO ont une population de 250 millions et couvrent une superficie de 5 millions de kilomètres carrés. En 2003, la demande maximale en électricité pour la région a été de 6.500 MW. On attend un accroissement de cette demande à un rythme d'environ 7,6 pour cent jusqu'en 2020, la demande de pointe dépassera alors 22.000 MW et la population atteindra 380 millions.

La demande dans la Zone A (Nigeria, Bénin, Togo, Ghana, Côte d'Ivoire, Niger et Burkina Faso) pourrait augmenter de 5.785 MW aujourd'hui à 19.500 MW d'ici 2020. La demande dans la Zone B (Mali, Sénégal, Guinée, Gambie, Guinée-Bissau, Sierra Leone et Liberia) pourrait augmenter de 700 MW à 2.900 MW en 2020. On prévoit que le Nigeria, le pays le plus étendu de la CEDEAO, consommera environ les deux-tiers de l'électricité produite dans la région.

A l'heure actuelle l'Afrique de l'Ouest a la consommation d'électricité par habitant la plus basse dans le monde. La croissance de la demande prévue est importante dans tous les cas de figure du fait de la perspective du développement fondamental de la région. Les facteurs clés de l'accroissement de la consommation en électricité sont principalement la croissance du PIB par habitant, la croissance de la population, l'urbanisation, le développement des industries de base, l'électrification rurale et l'utilisation croissante des appareils électroménagers.

3.2 LES OPTIONS D'ALIMENTATION EN ELECTRICITE

Les ressources primaires en énergie sont le pétrole, le gaz et l'énergie hydroélectrique. Le combustible préféré pour la nouvelle production d'énergie est le gaz naturel. Le Nigeria possède des réserves de gaz répertoriées de 3.500 milliards de mètres cubes, ce qui est plus que nécessaire pour couvrir les besoins en électricité de toute la région pour les 20 prochaines années. La Côte d'Ivoire possède des réserves de gaz répertoriées de 30 milliards de mètres cubes et on a également trouvé du gaz au large du Ghana. Il existe le potentiel à développer les ressources significatives au littoral de Sénégal, La Gambie et Guinée-Bissau.

Le gazoduc ouest africain (WAGP) est un projet de gazoduc de 600 km de long pour le transport du gaz du Nigeria au Bénin, au Togo et au Ghana. Avec l'aide du WAGP, l'avenir s'annonce bien pour la production d'énergie au gaz naturel du corridor côtier de la Zone A. La plus grande partie du reste de la région continuera à utiliser du diesel et du fuel lourd d'importation, dont le coût est relativement élevé, pour les années à venir.

Le coût de la production thermique s'étale d'un prix bas, à environ 4 cents USD/kWh pour une centrale à cycle combiné utilisant le gaz en provenance du Nigeria, à 8 cents USD/kWh pour une centrale au diesel située sur la côte, jusqu'à un prix élevé de 13 cents USD/kWh pour une centrale à l'intérieur des terres au Mali, au Niger ou au Burkina Faso, qui sont tributaires du combustible transporté par camion sur de longues distances.

Certains pays dont le coût de production est élevé ont la possibilité d'importer de l'énergie de pays voisins où elle n'est pas chère. Par exemple, le Burkina Faso projète d'importer une grande partie de son énergie de la Côte d'Ivoire, qui possède un excédent de production au gaz. Cependant, l'importation d'énergie représente un investissement important en transport longue distance, pertes techniques dans les lignes et en réserves de production pour palier les coupures des interconnexions de transport.

Certains pays de la région ont la possibilité de développer leurs ressources hydroélectriques mais le problème clé est le coût de l'énergie hydroélectrique par rapport à celui de la solution thermique. Les solutions hydroélectriques les plus économiques se situent au Mali et en Guinée. La plupart des pays de la région ont des projets hydroélectriques en gestation.

3.3 LES AVANTAGES DE L'INTEGRATION REGIONALE

En Afrique Occidentale, la source d'énergie la plus économique et la plus propre pour un pays donné peut se trouver de l'autre côté de la frontière nationale ou dans une zone éloignée du pays. Le transport longue distance peut être une solution viable pour les pays enclavés à l'intérieur des terres, pauvres en énergie comme le Mali, le Burkina Faso et le Niger, ainsi que les arrière-pays des pays côtiers où le transport d'électricité transfrontalier ou longue distance entre en concurrence avec la production de groupes générateurs diesel de petite taille, d'un rendement relativement faible.

Les avantages du transport transfrontalier ne se limitent pas aux arrière-pays pauvres en énergie. L'interconnexion des marchés nationaux peut donner des économies d'échelle pour certains pays tels que le Bénin et le Togo, qui sont trop petits pour justifier des centrales de production de grande taille. Pour les réseaux relativement grands du Nigeria, du Ghana et de la Côte d'Ivoire les avantages résident dans l'amélioration de la sécurité de la fourniture d'énergie et dans un échange économique d'énergie temporaire, qui dépend de la disponibilité de la production, des conditions hydrologiques et de la demande de charge.

3.4 L'EVOLUTION DES ECHANGES COMMERCIAUX D'ENERGIE

Les échanges commerciaux d'énergie entre les pays d'Afrique Occidentale en sont encore au premier stade de leur développement. Dans la Zone B, la ligne OMVS relie le Sénégal, la Mauritanie et le Mali leur permettant de partager la production de la centrale hydroélectrique de Manantali. Dans la Zone A, existe un réseau d'interconnexions transfrontalières qui permet le commerce bilatéral d'énergie entre la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Bénin/Togo. A l'heure actuelle, la Côte d'Ivoire est le principal pourvoyeur et le seul pays du WAPP qui possède une énergie excédentaire conséquente. D'ici 2006, lorsque la nouvelle interconnexion Nigeria-Bénin sera opérationnelle, le Nigeria rejoindra le marché de la Zone A.

D'ici 2011, la plupart des pays de la région seront interconnectés. La production la moins chère se trouve au Nigeria du fait de ses abondantes ressources en gaz naturel, et au Bénin/Togo et au Ghana qui importera du gaz nigérian par le WAGP. Le WAPP fonctionnera comme un pool « lâche » de coopérative à propriétaires multiples, systèmes multiples et zones de contrôle multiples. L'accès au transport se fera librement moyennant des frais d'acheminement.

D'ici 2020, le WAPP peut prétendre atteindre les buts suivants :

- Un réseau robuste qui facilite le transfert d'énergie inter-régional d'un état membre à un autre état membre opérant en synchrone (fréquence unique) ;
- Un accès ouvert au transport pour tous les acheteurs et fournisseurs d'électricité ;
- Un système moderne de contrôle des services et des communications, conçu pour des exploitations du système intégré régionalement ;
- Des marchés d'énergie à court terme facilitant le commerce d'énergie au jour le jour entre les membres participants ;
- Des échanges de réserves tournantes et de services annexes.

Section 4

Les Projets Prioritaires du WAPP

Le Tableau 4.1 montre un programme indicatif pour les interconnexions prioritaires du WAPP proposées.

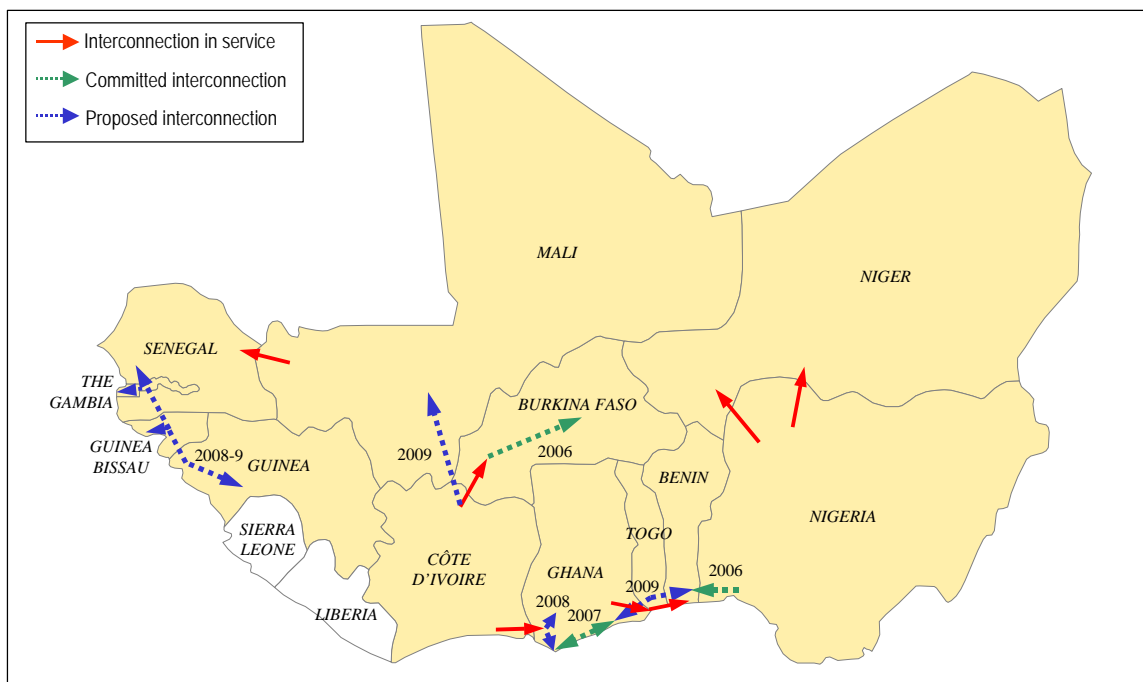
Tableau 4.1 Programme indicatif pour les interconnexions prioritaires du WAPP

No.	Nom du projet	Date	Durée en mois ¹
Phase I – Engagés			
1	Ligne Sakété – Ikeja West (Bénin – Nigeria), 330 kV	2006	40
2	Ligne Bobo Dioulasso – Ouagadougou (Burkina Faso), 225 kV	2006	40
3	Ligne Aboadze – Volta Line (Ghana), 330 kV	2007	40
Phase II, jusqu'à 2011			
4	Ligne Aboadze – Prestea (ou Kumasi) (Ghana), 330 kV	2008	36
5	Volta – Momé Hagou – Sakété (Ghana – Bénin/Togo – Nigeria), 330 kV	2009	40
6	Ligne Ferke – Sikasso, 225 kV et Sikasso – Ségou, 150 kV (Côte d'Ivoire – Mali)	2009	40
7	Boucle OMVG (Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau, Guinée)	2008-11	72
8	Centres de Contrôle Nationaux (Burkina Faso, Ghana, Gambie, Guinée, Guinée-Bissau, Mali, Nigeria et Sénégal)	2007-8	40
Autres Projets			
9	Ligne Bumbuna – Linsan (Sierra Leone – Guinée), 225 kV	2015	40
10	Ligne Kayes – Tambacounda (Mali – Sénégal), 225 kV	2015	40
11	Ligne Sikasso – Bamako (Mali), 225 kV	2015	40
12	Ligne d'interconnexion Ghana – Burkina Faso, 225 kV	2015	40
13	Ligne d'interconnexion Nigeria – Niger – Burkina Faso, 330 kV	2020	46
14	Ligne d'interconnexion Côte d'Ivoire – Guinée – Mali, 225 kV	2020	60

¹ La durée de développement du projet est basée sur un cycle CAC typique de l'attribution du contrat d'ingénierie jusqu'au moment où la ligne est opérationnelle.

Figure 4.1 représente un carte des interconnexions régionales existantes et proposées qui seront opérationnelles d'ici 2011 selon la stratégie de mise en oeuvre du WAPP. On peut voir sur la carte que presque tous les pays de la région auront au moins une interconnexion transfrontalière avec un pays voisin. Les seules exceptions sont la Sierra Leone et le Liberia, qui resteront isolés pour le moment.

Figure 4.1 Interconnexions transfrontalières du WAPP avant 2011



Les sections suivantes présentent les motifs pour chaque interconnexion proposée et résumement la mise en oeuvre par étapes des interconnexions transfrontalières du WAPP jusqu'en 2020. En ce qui concerne la prise de décision, l'accent est mis sur les interconnexions à réaliser entre maintenant et 2011 car ce sont des projets qui, dans l'idéal, devraient être réalisés immédiatement.

4.1 LES INTERCONNEXIONS D'ICI 2007

La phase I de la stratégie de l'interconnexion du WAPP inclut les projets engagés suivants, qui sont déjà en développement et qui pourront être terminés d'ici 2007:

- Ligne Sakété – Ikeja West, 330 kV (Interconnexion Nigeria – Bénin : L'entreprise de construction a été sélectionnée et le projet peut être opérationnel d'ici 2006. Initialement, l'interconnexion transportera une vente d'énergie de 75 MW de NEPA à CEB.
- Ligne Bobo Dioulasso – Ouagadougou, 225 kV (Côte d'Ivoire – Burkina Faso) : Cette nouvelle ligne fournira de l'énergie de la Côte d'Ivoire à Ouagadougou. La préparation de la soumission est en cours et le projet pourrait être terminé d'ici 2006.
- Ligne Aboadze – Volta, 330 kV (Renforcement du réseau du Ghana : La troisième ligne côtière du Ghana transportera l'énergie d'ouest en est par le réseau VRA. Un financement partiel est disponible au Kuwait fund. Le projet peut être terminé d'ici 2007.

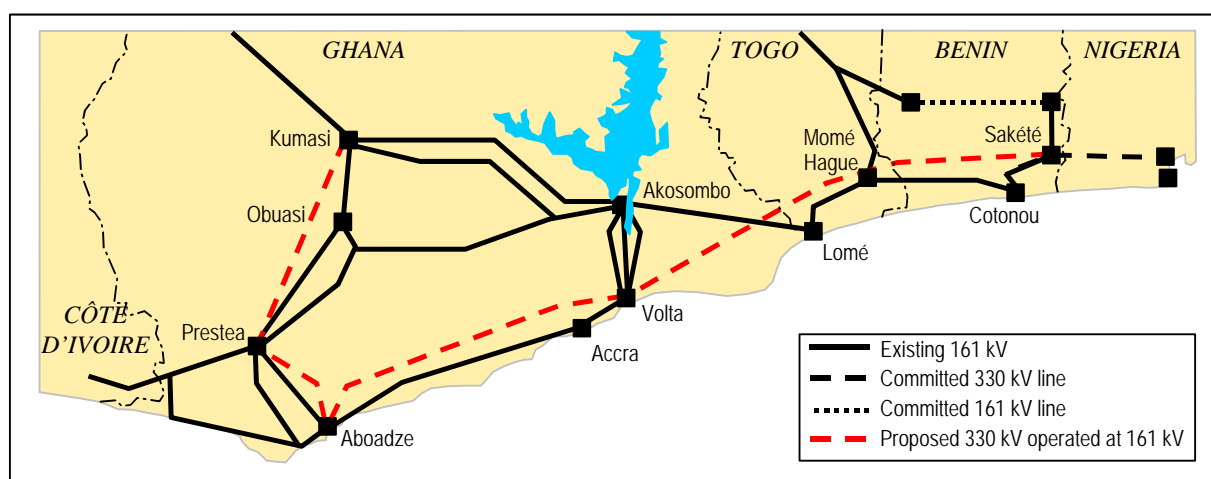
4.2 LES INTERCONNEXIONS ENTRE 2007 ET 2011

La Phase II de la stratégie d'interconnexion du WAPP pour la période 2007 à 2011 se présentera comme suit : 1) l'extension, le long du corridor côtier, du réseau 330 kV Côte d'Ivoire – Ghana – Bénin/Togo – Nigeria ; 2) l'interconnexion entre la Côte d'Ivoire et le Mali ; et 3) la construction du réseau de l'OMVG pour relier les pays côtiers du Sénégal, de la Gambie, de la Guinée-Bissau et de la Guinée. Grâce à ces nouvelles liaisons l'Afrique de l'Ouest opérera en réseau intégré unique à la même fréquence.

4.2.1 L'interconnexion Côte d'Ivoire – Ghana – Bénin/Togo – Nigeria

La Figure 4.2 montre une carte du réseau de 330 kV proposé dans la Zone A, qui relie la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Bénin et le Nigeria. L'épine dorsale du transport côtier sera significativement renforcée avec une capacité de réseau additionnelle sur toute la distance depuis le poste de Prestea au Ghana de l'Ouest, qui est le point d'interconnexion entre le Ghana et la Côte d'Ivoire, jusqu'au poste de Ikeja-Ouest à Lagos, Nigeria. Les nouvelles lignes seront construites pour être exploitées à 330 kV, mais elles seront initialement exploitées à 161 kV jusqu'à ce que la croissance de la charge justifie la tension plus élevée.

Figure 4.2 Plan du WAPP pour l'Interconnexion CIE-VRA-CEB-NEPA



Les nouvelles installations suivantes font partie intégrante du programme de développement du WAPP pour l'Interconnexion CIE-VRA-CEB-NEPA:

- Deux nouveaux projets de transport au Ghana pour le renforcement de l'interconnexion de la centrale thermique de Takoradi vers le réseau du VRA :
 - Ligne Aboadze – Prestea, 330 kV (75 km, 21 million USD, opérationnelle d'ici 2008) : Transporte l'énergie de Takoradi à la région nord du Ghana. VRA est en cours de sélection des consultants.
 - Ligne Aboadze – Volta, 330 kV (216 km, 39 millions USD, opérationnelle d'ici 2007) : Transporte l'énergie de Takoradi vers les centres de charge du Ghana oriental. VRA est en cours de sélection des consultants.

- Projet de ligne de transport 330 kV Volta – Mome Hagou – Sakete (327 km, 58 millions USD, opérationnelle d'ici 2009) : Le projet allègera la surcharge des lignes Akosombo – Lomé – Cotonou et augmentera la capacité pour les importations vers le Bénin/Togo à partir de la Côte d'Ivoire, du Ghana et du Nigeria. VRA, CEB et CEDEAO sont actuellement en cours de sélection d'un consultant pour l'ingénierie.
- Projet de ligne 330 kV Sakete – Ikeja Ouest (en cours).

La nouvelle épine dorsale du transport de 330 kV le long du corridor côtier de la Zone A fournira la capacité nécessaire pour un trafic d'énergie illimité entre les pays au moins pour les dix prochaines années. Les principaux avantages du renforcement des réseaux sont une réduction des coûts d'exploitation, une réduction des investissements, une réduction des pertes et une plus grande fiabilité de transport.

Une question clé est le moment choisi pour le projet de ligne Volta – Mome Hagou – Sakété. Le segment Volta – Momé Hagou est immédiatement nécessaire pour éviter la saturation du goulet d'étranglement de Akosombo – Lomé, afin de réduire les pertes sur le réseau et fournir une capacité supplémentaire de transport entre VRA et CEB. La section Momé Hagou – Sakété renforcera la stabilité du réseau et augmentera la capacité maximum de transport du Nigeria – Bénin de 150 MW à environ 370 MW, cependant le projet ne pourra atteindre la totalité de son potentiel avant que le Nigeria ne développe son infrastructure pour pouvoir répondre à sa propre demande non encore satisfaite et devenir le principal exportateur de la région. Ceci implique que le projet de ligne Volta - Momé Hagou - Sakete pourra être mis en oeuvre soit en une seule fois soit en deux phases dont la première serait le segment Volta – Momé Hagou.

En complément des projets mentionnés ci-dessus, il est recommandé que VRA et CIE étudient la faisabilité d'une deuxième interconnexion entre la Côte d'Ivoire et le Ghana pour renforcer la ligne 225 kV circuit simple existante Abobo – Prestea. Les études de stabilité montrent qu'au fur et à mesure que les systèmes d'énergie s'étendent, les liaisons existantes ne seront plus suffisantes pour permettre de réduire les perturbations sur les réseaux de VRA, CEB et NEPA.

4.2.2 Interconnexion Côte d'Ivoire – Mali

Figure 4.3 montre un carte des interconnexions Côte d'Ivoire - Mali et Côte d'Ivoire - Burkina Faso proposées d'ici 2011. Ces interconnexions transporteront un surplus d'énergie à bas prix en provenance de la Côte d'Ivoire pour satisfaire l'augmentation de charge au Mali et au Burkina Faso. Les interconnexions réduiront le coût de production dans les pays intérieurs, pauvres en énergie, elles renforceront la fiabilité de leur réseau et étendront le service du réseau à des charges actuellement isolées.

L'interconnexion proposée Côte d'Ivoire – Mali consiste en une ligne 150 kV de 300 km Ségou – Sikasso (Mali), deux nouveaux postes au Mali et la ligne 225 kV de 234 km Ferkessedougou – Sikasso (Côte d'Ivoire – Mali). Le coût total de l'interconnexion est estimé à 64 millions USD (45 millions USD au Mali et 19 millions USD en Côte d'Ivoire). De plus des renforcements du réseau d'environ 58+ millions USD seront nécessaires en Côte d'Ivoire pour permettre les échanges d'énergie avec le Mali et le Burkina Faso. Le contrat pour l'ingénierie de l'interconnexion Côte d'Ivoire – Mali a déjà été attribué.

Le but de la liaison est principalement de permettre au Mali d'importer de l'énergie à bas prix de Côte d'Ivoire pour satisfaire l'augmentation de charge. Un accord de protocole a été signé en septembre 2003 pour l'achat par EDM à CIE d'un maximum de 80 MW sur la nouvelle ligne. Le projet desservira également des zones isolées du Mali, améliorera la fiabilité de son réseau et permettra au Mali d'exporter le surplus d'énergie hydroélectrique durant les mois de production hydro élevée afin de remplacer la production thermique en Côte d'Ivoire. Ceci représentera la première interconnexion entre la Zone A et la Zone B.

Figure 4.3 Côte d'Ivoire – Mali et Côte d'Ivoire – Burkina Faso



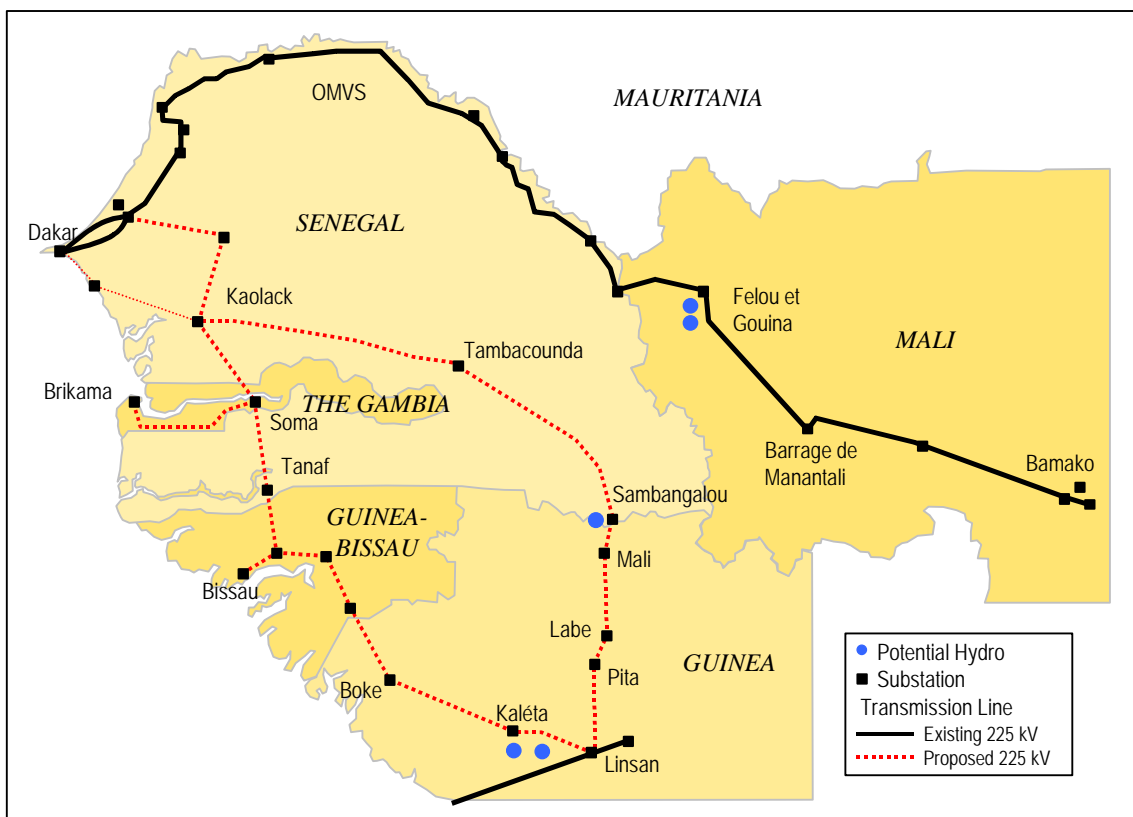
4.2.3 Réseau OMVG

Figure 4.4 montre une carte du réseau proposé pour la Zone B d'ici 2011. Les caractéristiques principales sont le réseau OMVS existant et la boucle de transport OMVG proposée.

Le réseau OMVG fournira la toute première liaison entre les pays côtiers Sénégal, Gambie, Guinée-Bissau et Guinée et rendra possible les échanges d'énergie longue distance de Conakry à Dakar. Les avantages du réseau OMVG résultent de la réduction de la capacité de réserve qui serait nécessaire dans chaque pays participant pour répondre à la norme de fiabilité voulue, le remplacement de la production très coûteuse en Gambie et Guinée-Bissau par l'énergie bon marché provenant du Sénégal et de la Guinée, et l'extension du réseau d'alimentation pour remplacer les centrales de production locales coûteuses, qui ont un moindre rendement et fréquemment consomment un combustible plus coûteux (diesel) que les usines connectées au réseau (qui consomment du HFO ou sont des centrales hydroélectriques).

Les projets hydroélectriques de Sambangalou et Kaléta sont intégrés au projet OMVG. Des projets hydroélectriques ultérieurs pourraient inclure Souapiti, Fomi, Saltinho et Fello Sounga.

Figure 4.4 Réseau proposé pour la Zone B d'ici 2011



Le projet OMVG peut être mis en œuvre selon trois phases, en commençant par la très importante interconnexion occidentale de 929 km de Linsan en Guinée à Kaolack au Sénégal, via la Guinée-Bissau et la Gambie. La ligne principale elle-même est de 739 km avec des lignes secondaires vers Bissau en Guinée-Bissau (35 km) et Brikama en Gambie (155 km). Le projet hydroélectrique de Kaléta sera développé en même temps que la première phase des installations de transport. La seconde phase qui pourrait empiéter sur la première, connectera le projet hydroélectrique de Sambangalou sur la frontière entre le Sénégal et la Guinée jusqu'à Linsan. La troisième phase bouclera la boucle avec la connexion nord de Sambangalou à Kaolack via Tambacounda.

Le projet peut être opérationnel d'ici 2011, si l'on considère que la première phase du développement pourrait commencer immédiatement. Le projet est estimé à environ 335 millions USD, prix 2004, dont 120 millions USD en Guinée, 52 millions en Guinée-Bissau, 41 millions en Gambie et 122 millions USD au Sénégal. Un engagement de cette ampleur représentera un défi considérable pour la région, non seulement en raison de son coût, mais aussi par ses dimensions sociales, environnementales et politiques. L'ingénierie du projet est en cours.

4.2.4 Centres de Contrôle Nationaux

Les opérations de mise en pool demanderont que tous les pays aient des centres de contrôle modernes afin de minimiser les possibilités d'interruptions et améliorer l'efficacité du système. En particulier, le Burkina Faso, la Guinée, le Mali et le Sénégal doivent mettre en œuvre de nouveaux centres de contrôle équipés de SCADA, et de systèmes de communications et de télémétrie modernes. Le coût est estimé à environ 4-10 millions USD par pays. Les nouvelles installations peuvent être opérationnelles d'ici 2008.

4.3 LES INTERCONNEXIONS POSTERIEURES A 2011

Les projets d'interconnexions transfrontalières suivantes en sont au début de leur développement et pourront être en service d'ici 2015 :

- Ligne Bumbuna – Linsan, 225 kV (170 km, 26 millions USD) : Ce projet raccordera la centrale hydroélectrique partiellement achevée de Bumbuna en Sierra Leone (50 MW) au réseau de transport guinéen à Linsan pour permettre les échanges d'énergie entre les deux pays.
- Ligne Kayes – Tambacounda, 225 kV (280 km, 45 millions USD) : Cette seconde ligne de transport OMVS acheminera l'énergie de Manantali et des centrales hydroélectriques proposées de Felou et Gouina, interconnectera les réseaux de OMVS et OMVG, allègera la surcharge du réseau OMVS existant et améliorera la stabilité du réseau régional.
- Ligne Sikasso – Bamako, 225 kV (370 km, 60 millions USD) : Ce projet développera le réseau de transport du Mali et renforcera l'interconnexion Côte d'Ivoire – Mali afin de satisfaire aux critères N-1 pour échanges d'énergie entre les deux pays.
- Ligne Bolgatanga – Ouagadougou, 225 kV (198 km, 34 millions USD) : La toute première interconnexion Ghana – Burkina Faso permettra de substituer aux générateurs diesel de petite taille du Burkina Faso les centrales à cycle combiné au gaz à bon rendement du Ghana.

Il est prématuré de fixer un calendrier définitif pour ces projets avant l'obtention des résultats des études additionnelles de planification et de faisabilité. Les projets peuvent être réévalués au cours de la prochaine mise à jour du schéma directeur régional.

Il est prévu que les projets d'interconnexions suivants auront une période de gestation plus longue, au delà de 2015 :

- Interconnexion Nigeria – Niger – Burkina Faso, 330 kV (715 km, 130 millions USD) : Ce projet transportera de l'énergie du Nigeria, riche en énergie, vers les pays de l'intérieur du Niger et du Burkina Faso qui en manquent. Pour le moment, le projet ne peut se justifier car le coût en est trop élevé pour un flux d'énergie relativement faible.
- Interconnexions Côte d'Ivoire – Guinée et Guinée – Mali, 225 kV (805 km, 143 millions USD) : Ce projet facilitera les échanges d'énergie entre la Guinée, la Côte d'Ivoire et le Mali et prolongera le transport d'énergie vers plusieurs centres de charge isolés en Guinée. Les équipements de transport pourraient être construits en association avec le projet hydraulique à buts multiples de Fomi en Guinée. Les investissements ne sont pas justifiés pour le moment étant donné le coût élevé du transport d'un flux d'énergie relativement faible.

Section 5
Flux d'Energie

Cette partie fait la synthèse des résultats des études de charge et de stabilité de transport, qui ont été effectuées afin de définir l'impact des interconnexions régionales proposées. Il est conseillé au lecteur de se reporter directement au Rapport concernant *l'Etude de stabilité et l'analyse opérationnelle* pour les résultats et recommandations complètes, qui sont résumés ici dans un souci de concision. *L'Etude de Stabilité* donne également une liste des compléments de production et de transport qui seront nécessaires aux compagnies de service pour effectuer une planification.

5.1 CHARGES PREVUES POUR LES INTERCONNEXIONS

Table 5.1 présente les futurs flux d'énergie maximum escomptés sur les interconnexions transfrontalières du WAPP basés sur la modélisation des bilans offre/demande prévus pour les pays respectifs. Les flux d'énergie sont par étapes de 4 ans pour 2007, 2011 et 2015. Le tableau montre une tendance à l'utilisation accrue des liaisons transfrontalières. Le plan du WAPP pour le développement par phases des interconnexions est très adapté au schéma d'utilisation attendu.

Tableau 5.1 Flux d'Energie Maximum attendus pour les interconnexions du WAPP, MW moyen, 2007-15

Interconnexion	2007	2011	2015
Nigeria au Bénin & Togo	106	115	360
Ghana au Bénin & Togo	120	120	0
Bénin & Togo au Ghana	0	0	164
Côte d'Ivoire au Ghana	196	0	62
Ghana à la Côte d'Ivoire	0	140	64
Côte d'Ivoire au Burkina Faso	44	61	82
Côte d'Ivoire au Mali	0	80	80
Mali au Sénégal	66	85	111
Guinée au Sénégal/Gambie/Guinée-Bissau	0	112	158

Il est à noter que le réseau du WAPP n'est pas planifié pour satisfaire aux critères N-1, ce qui rend les échanges d'énergie transfrontaliers sujets aux coupures. Les nouvelles interconnexions proposées amélioreront la fiabilité des échanges transfrontaliers. Toutefois, les investissements supplémentaires nécessaires pour assurer la redondance du réseau régional sont prohibitifs à ce temps à cause des distances importantes à couvrir, d'où coût – au moins 50% supplémentaires pour une ligne double circuit au lieu d'une ligne à circuit simple terre, ou plus pour un deuxième jeu de pylônes.

Le WAPP devrait prendre l'initiative et développer un recueil commun de règles et de procédures pour les réserves tournantes, les délestages et la restauration du système afin d'assurer des opérations coordonnées, et sûres en entendant que le réseau soit renforcé pour permettre son exploitation selon les critères N-1. Les directives d'exploitation recommandées pour les interconnexions régionales sont présentées dans le Rapport *Volume 3 : Etude de Stabilité et Analyse Opérationnelle*.

5.2 RESULTATS DE L'ETUDE DE TRANSIT DE PUISSANCE

L'objectif de l'étude de transit de puissance est de vérifier que le réseau électrique sera en mesure de répondre à la demande en se servant des ressources de production disponibles et que les tensions et flux ligne/transformateur resteront dans les limites prédéfinies. Cette étude est utilisée pour dresser une liste de raccordements et de dérivations qui ne respectent pas les limites et qui exigent donc un renforcement ou une correction du fonctionnement. L'analyse du transit de puissance du WAPP couvre une période d'étude s'étalant de 2003 à 2020, par étapes de quatre ans.

L'étude de cas de 2003 a mis en évidence les conclusions suivantes :

- Le réseau interconnecté Nigeria-Niger est adapté à la demande actuellement limitée d'environ 3 500 MW, néanmoins des renforcements significatifs du transport seront nécessaires pour répondre aux critères de fiabilité de la tension au fur et à mesure de l'augmentation de la charge.
- L'autre réseau interconnecté de la zone A (Côte d'Ivoire, Ghana, Bénin/Togo, Burkina Faso) est adapté à l'acheminement des charges actuelles dans et entre les pays de la zone. Le réseau comporte une faiblesse face aux contingences N-1 impliquant les lignes de 161 kV Akosombo – Lomé et Akosombo – Kumasi.
- Le réseau interconnecté de la zone B (Mali, Sénégal et Mauritanie) est adapté à l'acheminement des charges actuelles, néanmoins la ligne OMVS de 225 kV est proche de ses limites avec un taux de charge de 80%. Une contingence N-1 impliquant la ligne OMVS est sérieuse et conduit à une divergence dans le réseau.

L'étude de cas 2007 couvre des simulations séparées pour la Zone A (Côte d'Ivoire, Ghana, Bénin/Togo, Burkina Faso, Nigeria et Niger) et la Zone B (Mali, Sénégal et Mauritanie). Cette étude a mis en évidence les conclusions suivantes :

- La Zone A ajoutera un complément d'environ 2 000 MW de capacité de production, la nouvelle interconnexion Nigeria – Bénin ainsi que la ligne proposée Aboadze – Volta au Ghana. Le réseau électrique sera adapté à l'acheminement des charges prévues dans et entre les pays, dans la mesure où les installations des membres apporteront suffisamment de compensation en puissance réactive, là où cela sera nécessaire. Les contingences de ligne N-1 dans le couloir NEPA-CEB-VRA ne causeront pas d'effondrement du système ; tandis que les contingences N-1 du réseau CIE (Man – Laboa et Man – Buyo) seront fatales. L'analyse de la contingence G-1 du générateur montre que les réserves tournantes au Nigeria peuvent potentiellement représenter un avantage de fiabilité pour la sous-région si le programme d'expansion de la production du Nigeria se déroule comme prévu.
- L'étude de cas de la Zone B est similaire à celle de 2003 avec des productions et des ressources en transport supplémentaires au sein des pays de l'OMVS. Le réseau électrique interconnecté sera adapté à l'acheminement de la charge. Néanmoins, la ligne OMVS fonctionnera à la limite de ses capacités, à 77% de charge. En raison des renforcements du transport du réseau sénégalais, le réseau régional sera plus fiable et capable de supporter les pires contingences du cas 2003, comme par exemple la coupure de la ligne OMVS.

Le cas 2011 part du principe que les pays du WAPP construiront environ 4 500 MW de nouvelle capacité de production et renforceront les réseaux de transport dans et entre les pays. La ligne proposée Volta – Mome Hagou – Sakete étendra la capacité de l'interconnexion NEPA-CEB-VRA. Un réseau unifié sera en place pour l'ensemble du WAPP (à l'exception du Liberia et de la Sierra Leone) suite à la mise en service de la boucle OMVG et de la ligne proposée Mali – Côte d'Ivoire.

Les résultats de l'étude de cas montrent que le réseau 2011 unifié du WAPP permettra l'acheminement des charges prévues dans des conditions normales d'utilisation pour autant que la puissance réactive soit suffisante. La réponse du réseau de la Zone A aux contingences de ligne N-1 sera améliorée par rapport aux cas précédents. Ainsi, les contingences sur les lignes Akosombo – Lome et Akosombo – Kumasi ne seront plus critiques, même si l'on observe des cas de lignes surchargées et de raccordements ne disposant pas de suffisamment de voltage. Le réseau 225 KV – tout particulièrement la ligne OMVS, le réseau OMVG, la ligne Mali – Côte d'Ivoire et le réseau interne de Côte d'Ivoire demeureront vulnérables aux défaillances de ligne. Ceci constitue un dilemme pour le fonctionnement intégré entre la Zone A et la Zone B sans redondance suffisante des lignes de transport.

Le cas 2015 part du principe que chaque membre du WAPP disposera de réserves de production suffisantes et que les goulets d'étranglement du transport seront résolus par la construction de la deuxième ligne OMVS, la deuxième ligne Mali – Côte d'Ivoire et le renforcement du réseau interne dans tous les pays. Le système restera vulnérable aux contingences N-1 sur le réseau 225 kV, bien que la fiabilité globale sera améliorée par rapport aux années précédentes. Ce cas démontre que le réseau de la Côte d'Ivoire peut être un maillon faible dans la stabilité régionale et qu'il sera important de renforcer le système d'électricité du pays afin qu'il puisse remplir son rôle central.

Le cas 2020, qui utilise la même topologie que le cas 2015, démontre que le réseau de la Zone A et le réseau OMVG seront à même de supporter les charges prévues. L'OMVS et le Sénégal devront tenir compte des surcharges potentielles dans leurs futures études de planification.

5.3 RESULTATS DE L'ETUDE DE STABILITE TRANSITOIRE

L'étude de stabilité transitoire a pour objectif de vérifier que le réseau électrique peut retrouver une stabilité après une panne grave ou la coupure imprévue d'une ligne transfrontalière. Cette étude a mis en évidence les conclusions suivantes:

- **Interconnexion Nigeria – Bénin :** Le cas 2007 prouve que l'interconnexion Nigeria – Bénin ne met pas en danger le réseau de la Zone A en cas de défaillance. Le retrait de la ligne de 100 MW Sakete - Ikeja West n'a pas d'impact sur les tensions ni sur la fréquence des réseaux. Les générateurs de la région CEB indiquent des oscillations dont l'amortissement est insuffisant, bien qu'ils restent synchrones. Les générateurs au Nigeria et au Ghana indiquent des oscillations amorties correctement.
- **Ligne Volta – Mome Hagou – Sakete :** Cette ligne qui est proposée améliore de façon significative la stabilité générale du réseau interconnecté. Le cas de l'année 2011 démontre que le réseau reste stable après la perte de segment de ligne. Cependant, en cas de défaillance du bus triphasé à six cycles, la région CEB devient instable. Les générateurs CIE restent synchronisés entre eux, mais les angles de rotor indiquent des oscillations par rapport aux générateurs VRA.
- **Interconnexion Cote d'Ivoire – Mali :** Le cas 2011 montre que suite à la perte de la ligne Côte d'Ivoire – Mali ou à une défaillance triphasée de la ligne pendant l'acheminement de 64 MW, les tensions et fréquences du réseau restent au-dessus des limites de fiabilité. Mais les générateurs du Mali indiquent des oscillations dont l'atténuation est insuffisante. Cela signifie que la défaillance se propagerait dans la zone B.
- **Boucle OMVG :** Le cas 2011 démontre le potentiel d'instabilité du réseau OMVS à la suite d'une défaillance sur la barre de 225 kV de Soma ou sur celle de Tambacounda.

En général, l'étude de stabilité transitoire montre que la Zone A retrouve un état normal suite aux défaillances des lignes, mais le réseau de la Zone B est vulnérable à des interruptions en cascade. Les contingences majeures identifiées pour les nouvelles interconnexions transfrontalières peuvent être abordées dans les dernières études d'ingénierie ainsi qu'au cours des procédures de fonctionnement du réseau pour les lignes afin de veiller à ce que le réseau d'alimentation régional soit correctement protégé.

Section 6
Mise en Oeuvre du Projet

6.1 PROCÉDE D'ÉLABORATION D'UN PROJET

La plupart des lignes prioritaires du WAPP demanderont environ 40 mois de l'étude à la mise en service, selon l'étendue du projet. Le Tableau 6.1 montre un calendrier illustrant un projet typique de 40 mois.

Tableau 6.1 Programme de l'élaboration d'une ligne de transport

No.	Activité	Durée (mois)	Mois de départ	Fin (mois)
1	Préparation de la soumission	4	0	4
2	Appel d'offre et finalisation des contrats	6	5	10
3	Etudes et approbations	6	11	16
4	Relevé topographique du tracé et approbations	6	11	16
5	Fourniture d'équipement et matériaux	12	14	25
6	Construction des fondations des pylônes	14	16	29
7	Montage des pylônes	12	19	30
8	Câblage des conducteurs	12	27	38
9	Génie civil des postes	12	17	28
10	Montage d'équipement des postes	10	29	38
11	Installation des systèmes de protection et de communication	2	38	39
12	Essais & mise en service	1	40	40

L'approche générale recommandée pour l'ingénierie est de désigner un consultant réputé pour la direction générale du processus, de la préparation de l'appel d'offre pour la construction jusqu'aux essais et à la remise au client. Le Consultant pourra agir alors en tant qu'ingénieur du Maître d'Ouvrage durant la construction, représentant les intérêts du Client.

L'approche générale recommandée pour les contrats de construction est de réduire les coûts en divisant le projet en lots de taille/étendue optimale et en utilisant le processus d'appel d'offre pour attirer des entreprises de conception-achat-construction (CAC). Si l'on considère le profil de ces entreprises dans le contexte global de construction dans le domaine du transport, il est avantageux de séparer les travaux concernant les lignes de transport de ceux concernant les postes afin d'obtenir des prix plus compétitifs lors des soumissions.

La meilleure solution pour l'approvisionnement des matériaux dépend en grande partie de la capacité de l'agence qui s'en occupe. L'entreprise CAC devra généralement prendre en main l'approvisionnement des matériaux et des services requis pour le projet. Cependant, une compagnie de service peut être mieux placée pour s'approvisionner en matériels tels que les conducteurs et les isolateurs directement chez les fabricants à des prix moins élevés.

6.2 RECAPITULATIF DES INVESTISSEMENTS

Tableaux 6.2 and 6.3 résument les investissements pour les projets prioritaires du WAPP. Le premier tableau donne la ventilation des coûts par projet par pays et le deuxième tableau donne la ventilation des coûts par pays et par année.

Le coût total des 14 projets WAPP est d'environ 1.1 milliards USD prix 2004. Les investissements seront répartis sur les 18 prochaines années avec une moyenne de 60 millions USD par an. Le poids des investissements des projets prioritaires du WAPP est particulièrement lourd en Guinée (245 millions USD), au Sénégal (169 millions USD), au Mali (140 millions USD) et au Burkina Faso (143 millions USD) et, en relation à leur importance, aussi en Guinée Bissau (52 millions USD) et en Gambie (41 millions USD).

Tableau 6.2 Investissements par Projet et par Pays

No	Projet	In service	Bénin, Togo	Burkina Faso	Côte d'Ivoire	Gambie	Ghana	Guinée	Guinée Bissau	Mali	Niger	Nigeria	Sénégal	Sierra Leone	Total
1	Ligne 330 KV Sakété - Ikeja Juesi	2006	19									21			40
2	Ligne 225 KV Bobo-Ouagadougou	2006		61											61
3	Ligne 330 KV Aboadze - Volta	2007					38								38
4	Ligne 330 KV Aboadze - Prestea	2008					21								21
5	Ligne 330 KV Volta - Momé - Sakété	2009	37				21								58
6	225/150 KV Ferke - Sikasso - Ségou	2009			19					45					64
7	Boucle 225 KV OMVG	2011				41		120	52				122		335
8	Centres Nationaux de Contrôle	2008	2	4	2	4	4	6	4	6		12	10		54
9	Ligne 225 KV Bumbuna - Linsan	2015						10						16	26
10	Ligne 225 KV Kayes - Tambacounda	2015								7			37		44
11	Ligne 225 KV Sikasso - Bamako	2015								59					59
12	Ligne 225 KV Ghana - Burkina Faso	2015		23			11								34
13	Ligne 330 KV Igeria - Niger - Burkina Faso	2020		55							64	10			130
14	Ligne 225 KV Guinée - Côte d'Ivoire - Mali	2020			13			108		22					143
	Total		57	143	34	45	96	245	56	140	64	44	169	16	1 108

Tableau 6.3 Investissements par Année et par Pays

Année	Bénin, Togo	Burkina Faso	Côte d'Ivoire	Gambia	Ghana	Guinée	Guinée Bissau	Mali	Niger	Nigeria	Sénégal	Sierra Leone	Total
2004	7	21	-	-	2	-	-	-	-	7	-	-	37
2005	7	21	0	0	14	0	0	0	-	8	1	-	52
2006	11	16	3	3	24	8	4	9	-	9	9	-	96
2007	13	4	6	7	23	20	9	15	-	5	21	-	124
2008	10	1	5	9	13	26	11	13	-	3	27	-	118
2009	9	0	5	9	7	25	11	12	-	1	25	-	104
2010	2	-	1	8	1	24	10	2	-	-	24	-	73
2011	-	-	-	6	-	20	8	-	-	-	18	2	54
2012	-	3	-	2	2	9	3	7	-	-	10	5	40
2013	-	7	-	-	3	3	-	20	-	-	11	4	48
2014	-	6	-	-	3	3	-	20	-	-	11	4	46
2015	-	6	-	-	3	1	-	17	-	-	9	1	36
2016	-	1	1	-	1	11	-	5	-	-	2	-	21
2017	-	8	3	-	-	22	-	4	10	2	-	-	48
2018	-	17	3	-	-	22	-	4	19	3	-	-	68
2019	-	14	3	-	-	27	-	5	16	3	-	-	68
2020	-	14	3	-	-	22	-	4	16	3	-	-	61
2021	-	3	1	-	-	5	-	1	3	1	-	-	14
Total	57	143	34	45	96	245	56	140	64	44	169	16	1 108

Figure 6.1 Investissements pour les projets de transport prioritaires du WAPP 2004-2020
(millions USD 2004)

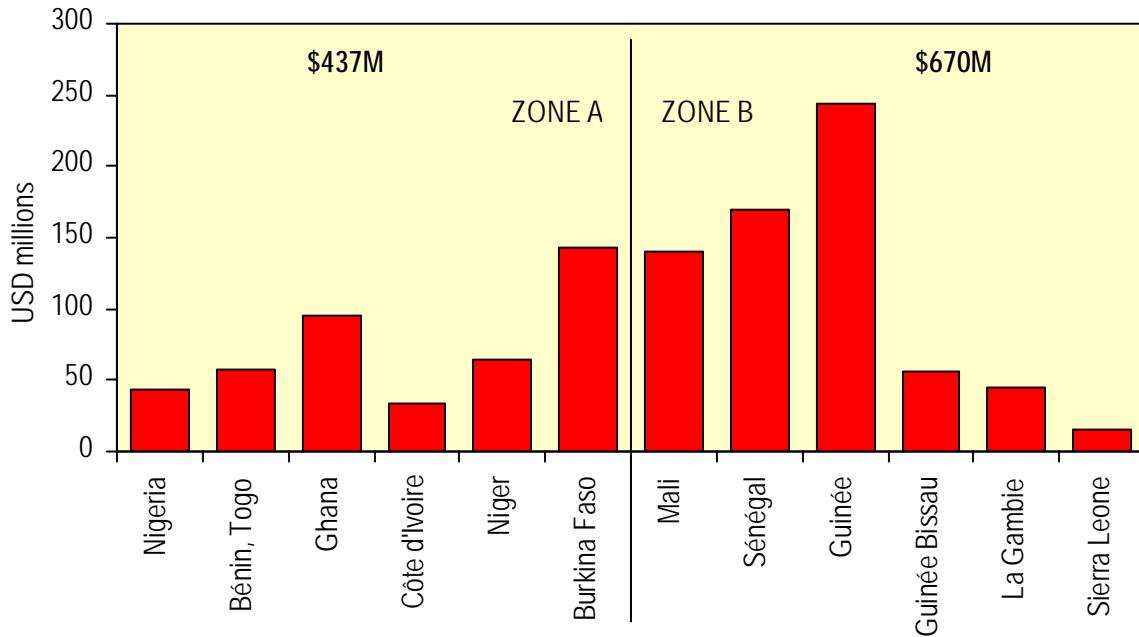
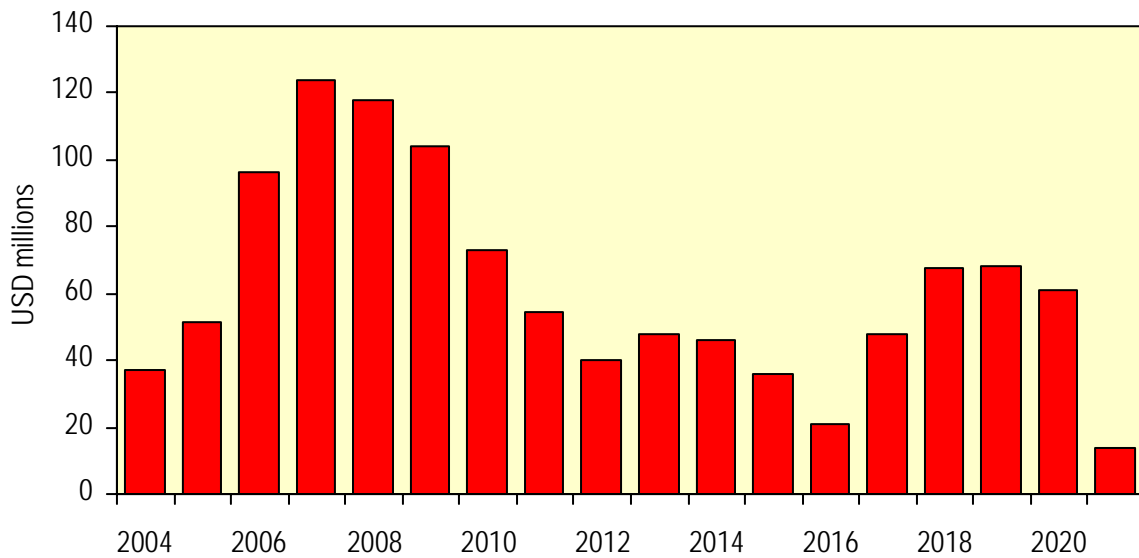


Figure 6.2 Profil d'investissement global pour les projets de transport prioritaires WAPP, 2004-2020
(millions USD 2004)



Section 7
Les Prochaines Etapes

7.1 LES CONDITIONS PREALABLES A LA CONSTITUTION DU POOL D'ENERGIE

Les mesures suivantes sont recommandées pour établir un Pool d'Energie d'Afrique de l'Ouest coordonné de façon centrale :

- Infrastructure:
 - Compléter les lignes d'interconnexion à haute capacité et autres renforcements de réseaux nécessaires (voir le Rapport sur *l'Etude de Stabilité et l'Analyse opérationnelle* pour une liste complète des projets);
 - Construire une capacité de production suffisante pour satisfaire la charge, y compris la réalisation d'une capacité de réserve adéquate;
 - Améliorer la surveillance et la capacité de contrôle en renforçant les systèmes de protection et en installant ou en mettant à niveau des installations de communication, SCADA et EMS, et en assurant une compatibilité au niveau régional.

- Accords commerciaux, codes et normes:
 - Etablir des normes communes pour la conception du système (par exemple. N-1, protection)
 - Développer des règles techniques (planification, connexion et codes d'exploitation)
 - Etablir des systèmes et procédures de comptage et de règlement
 - Rédiger des directives pour les opérations intégrées du Pool d'énergie;
 - Etablir un système de règlements et de frais de transport;
 - Développer des mécanismes contractuels pour le commerce bi-latéral/multilatéral par le biais d'accords d'achat d'énergie, fournissant des accords et des mécanismes pour la résolution des désaccords.

- Institutionnel:
 - Créer des comités de gestion et de supervision du pool d'énergie, des comités de travail et l'Observatoire de l'énergie; et
 - Assurer la formation nécessaire pour les opérations du Pool.

7.2 GESTION ET SUPERVISION DU WAPP

Les compagnies de service membres du WAPP doivent discuter et convenir de règles et de procédures communes pour les interconnexions, la planification et les opérations. Ces tâches peuvent être effectuées dans le cadre d'un(de) groupe(s) de travail mis en place par un comité de gestion du réseau électrique du WAPP composé de représentants des sociétés et agences participantes ainsi que tout personnel nécessaire impliqué. L'observatoire de l'énergie du WAPP, récemment créé, peut aussi jouer ce rôle d'envergure.

Les domaines prioritaires suivants devraient être traités à court terme par le(s) groupe(s) de travail compétent(s) :

- le délestage coordonné ;
- le partage régional des réserves tournantes ;
- les procédures de surveillance et d'établissement de rapports concernant les réserves tournantes ;
- le chargement maximum des interconnexions pour un fonctionnement régional sûr et sans danger ;
- les critères de fonctionnement pour les générateurs connectés au réseau électrique ;
- la désignation d'unités de démarrage à blanc ;
- les rôles et responsabilités des services des membres dans des programmes prédéfinis de restauration du réseau (scénarios multiples);
- les communications en cas d'urgence et rapport sur les événements ;
- les directives pour les opérations coordonnées (règlement technique du WAPP) ; et
- la mise en place de blocs de comptage.

Deux autres conditions préalables pour l'intégration régionale et qu'il faut immédiatement étudier, sont : 1) formation des directeurs et opérateurs des services sur le fonctionnement d'un système coordonné ; et 2) la modernisation et l'actualisation des centres de contrôle nationaux. Dans la mesure où un large éventail de compétences est exigé dans ces domaines et qu'il est nécessaire d'harmoniser les pratiques, le WAPP devrait mettre en place des programmes à l'échelle régionale dont tous les services des membres pourraient bénéficier.

7.3 CENTRES DE CONTROLE

Une structure d'organisation à deux niveaux est recommandée pour le contrôle et la surveillance des échanges d'énergie du WAPP : 1) *zones de contrôle* et 2) *blocs de comptage*. Les fonctions d'une zone de contrôle sont : adapter la production à la charge ; maintenir le programme d'échange avec les autres zones de contrôle ; et réguler la fréquence en coordination avec les autres services interconnectés du WAPP. Les zones de contrôle de chaque service national de transport continueront de fonctionner au sein du WAPP.

Les fonctions d'un bloc de comptage sont : surveiller et contrôler les échanges de puissance ; coordonner les planifications ; coordonner la mesure et la vérification des échanges ; justifier les transits accidentels ; prendre des mesures préventives de façon à ce qu'aucun problème majeur ne survienne dans le contrôle de la fréquence de charge ; et mener des études opérationnelles pour s'assurer que l'ensemble du réseau a la capacité de faire face à des conditions normales et inhabituelles. Un bloc de comptage peut couvrir une ou plusieurs zones de contrôle. Dans des conditions normales, les activités d'un bloc de comptage seront gérées par un service de zone de contrôle existant.

Dans l'immédiat, six blocs de comptage du WAPP peuvent être mis en place pour les groupements de pays suivants :

- **OMVS:** Mali, Sénégal, Mauritanie
- **OMVG:** Guinée, Guinée-Bissau, Gambie
- **CIE:** Côte d'Ivoire, Burkina Faso
- **NEPA TransysCo:** Nigeria, Niger
- **VRA:** Ghana
- **CEB :** Togo et Bénin

7.4 ETUDES DU TRANSPORT ET DU FONCTIONNEMENT DU RESEAU

Cette étude confirme que les plans d'expansion des compagnies de service membres sont raisonnables. Il demeure nécessaire de mener une analyse plus poussée des zones-clés définies dans cette étude. Les études supplémentaires du transport et du fonctionnement du système qui suivent sont nécessaires au soutien de la phase suivante de l'intégration régionale :

- Etude du renforcement du réseau de Côte d'Ivoire
- Etude de faisabilité pour la seconde interconnexion entre la Côte d'Ivoire et le Ghana
- Schéma directeur pour le transport et la production au Nigeria
- Projet de protection et de restauration de l'interconnexion Côte d'Ivoire – Ghana – Bénin/Togo – Nigeria
- Projet de protection et de restauration de l'interconnexion Côte d'Ivoire – Mali
- Schéma directeur pour le transport et la production au Sénégal
- Etude opérationnelle et de protection pour OMVS/Mali/Sénégal
- Etude de compensation de réseau (analyse Q-V et P-V du modèle 2011)

Le programme d'assistance technique de l'USAID a livré le tout premier modèle de stabilité de l'ensemble du réseau régional du WAPP. L'ensemble de données de GE-PSLF développé dans le cadre de l'étude est maintenant disponible pour le WAPP, qui peut désormais mettre en place sa propre capacité à utiliser le modèle, si nécessaire. L'équipe Nexant et ses interlocuteurs ouest africains désignés dans le cadre de l'étude ont acquis une très grande expérience grâce à l'analyse du réseau régional et à l'utilisation du modèle GE-PSLF. Ceci constitue une base solide pour des analyses complémentaires des opérations interconnectées du WAPP.

Ce modèle de stabilité a été développé spécifiquement dans l'optique d'analyser les interconnexions transfrontalières. Il peut néanmoins être aussi utilisé dans le cadre d'importantes études techniques du réseau régional, telles que:

- L'optimisation de séries et de dispositifs de compensation de shunts en cas de pertes de puissance électrique réactive dans le réseau de transport.
- L'analyse des systèmes d'excitatrices et de régulateurs.
- L'évaluation de stabilisateurs du réseau électrique pour des générateurs puissants afin d'améliorer ses caractéristiques de stabilité.
- L'évaluation des avantages de différents points de l'interconnexion.

Appendix A
Synthèse des Activités du Project

Nexant a effectué l'Etude de transport régional en Afrique de l'Ouest en coordination avec CEDEAO, qui fait la liaison avec les représentants des pays du WAPP. Nexant a également travaillé directement avec les compagnies nationales de services et les autres organismes publics responsables du système électrique de la région.

Le projet a été réparti selon les activités suivantes qui ont été effectuées entre novembre 2003 et septembre 2004 :

- **Réunion de démarrage** – Le projet a été lancé à la 5ème réunion du Comité Pilote à Dakar, Sénégal en novembre 2003. Nexant a présenté une vue d'ensemble de l'étude et a tenu une session questions/réponses sur l'étendue du projet avec les membres du Groupe Technique du WAPP.
- **Données** – Immédiatement après le démarrage à Dakar, Nexant a distribué un recueil de données aux services membres du WAPP par l'intermédiaire du Groupe de Travail Technique.
- **Récolte de données et révisions des plans** – Durant la période de novembre 2003 à janvier 2004, Nexant s'est déplacé dans les bureaux des services membres et de CEDEAO pour le suivi de l'étude pour recueillir les rapports, les entretiens et les données requises pour l'étude. En conséquence, l'équipe du projet a pu réunir une bibliothèque exhaustive d'informations couvrant tous les systèmes électriques de la région.
- **Réunion pour la révision des données** – En février, une réunion de deux semaines pour la révision des données s'est tenue à Cotonou, au Bénin. Les personnes présentes étaient l'équipe des analystes de Nexant-EdF, les correspondants pour VRA et SENELEC et plusieurs autres représentants des compagnies de services du WAPP. Il a résulté de la réunion un accord sur les hypothèses et les approches de la modélisation qui devaient être utilisées pour l'analyse du réseau.
- **Grandes lignes des prestations à fournir** – A la suite de la réunion de Cotonou, Nexant a soumis à l'approbation de l'USAID et CEDEAO un projet pour les prestations à fournir pour le projet.
- **Mise à jour du Schéma Directeur du système électrique régional** – A l'aide des informations collectées auprès des services membres du WAPP, l'équipe du projet a mis à jour les bilans offre/demande et révisé les plans d'expansion du système électrique national et les études de faisabilité pour les interconnexions transfrontalières proposées. En mai, Nexant a complété la *Version Finale du Schéma Directeur* et l'a soumise pour commentaires à l'USAID, au CEDEAO et aux services membres du WAPP.
- **Présentation du Schéma Directeur** – Les hypothèses et les conclusions rapportées dans le *Schéma Directeur* ont été présentées au Groupe de Travail Technique du WAPP lors de la réunion de Accra, au Ghana en avril. Nexant a tenu une session questions/réponses détaillée et des discussions informelles avec un groupe d'experts et de décisionnaires.

- **Etude de stabilité** – Des sessions de travail intensives se sont tenues avec les représentants locaux à Cotonou afin d'introduire la totalité des réseaux régionaux dans le modèle. A la suite de la réunion de Cotonou, l'équipe de Nexant a affiné le modèle à partir du quartier général avec un suivi grâce à de fréquents e-mails et entretiens téléphoniques avec les correspondants locaux. En juin, Nexant a complété le modèle et soumis la version provisoire de *l'Etude de stabilité et l'Analyse opérationnelle* pour commentaires à l'USAID et au CEDEAO. En juillet, le rapport a été distribué aux services membres du WAPP pour révision.
- **Stratégie de Mise en Oeuvre** – Un programme pour l'achèvement des nouvelles interconnexions régionales a été soumis à discussion en février 2004 à Cotonou puis présenté au Groupe Technique à Accra, où des retours d'information ont été obtenus des parties prenantes du projet. Puis, l'équipe de l'étude a développé des plans d'actions détaillés et des estimations des coûts pour les projets d'interconnexions. La version provisoire de la *Stratégie de Réalisation* a été soumise à l'USAID, au CEDEAO et aux services membres du WAPP en juin.
- **Rapport de Synthèse du Projet** – Ce *Rapport de synthèse du projet* a été achevé en août et soumis à l'USAID et au CEDEAO.
- **La Réunion de Synthèse du Projet** – L'équipe du projet prévoit une session de synthèse pour les membres du WAPP et autres acteurs durant le deuxième semestre 2004 afin que cela coïncide avec la prochaine réunion habituelle du Groupe Technique du WAPP.

Nexant Ltd

Griffin House
1st Floor South
161 Hammersmith Road
London W6 8BS
UK
Telephone: +44 20 7950 1600
Facsimile: +44 20 7950 1550

Nexant Inc**Head Office**

11th Floor
101 Second Street
San Francisco CA 94105-3672
USA
Telephone: +1 415 369 1000
Facsimile: +1 415 369 9700

Nexant Inc

5th Floor
44 South Broadway
White Plains
New York NY 10601-4425
USA
Telephone: +1 914 609 0300
Facsimile: +1 914 609 0399

Nexant Inc

Suite 1275
909 Fannin Street
Houston TX 77010-1038
USA
Telephone: +1 713 982 5550
Facsimile: +1 713 739 0741

Nexant (Thailand) Ltd

Lake Rajada Office Complex
15th Floor
193/59 Rachadapisek Road
Klongtoey Bangkok 10110
Thailand
Telephone: +662 661 8510
Facsimile: +662 264 0420

www.nexant.com

e-mail:info@nexant.com

