



WEST AFRICAN POWER POOL
SYSTEME D'ECHANGES D'ENERGIE ELECTRIQUE OUEST AFRICAIN
General Secrétariat / Secrétariat Général

**PROJETS DE PARCS SOLAIRES A VOCATION REGIONALE
AU BURKINA FASO ET AU MALI**

**TERMES DE REFERENCE INDICATIFS ET PROVISOIRES POUR DEUX ETUDES
DE FAISABILITE**

**CES TERMES DE REFERENCE SONT FOURNIS A TITRE D'INFORMATION POUR
L'APPEL A MANIFESTATION D'INTERET ET NE CONSTITUENT PAS UN DOCUMENT
CONTRACTUEL**

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS.....	4
1. INTRODUCTION.....	5
1.1 Le Système d'Echange d'Energie Ouest Africain	5
1.2 Le Plan Directeur de l'EEEOA	5
1.3 Le Concept de Parc Solaire « Plug & Play »	6
1.4 Objectifs des Termes de Références	7
2. PARC SOLAIRE AU BURKINA FASO : ETUDE DE FAISABILITE	8
2.1 Introduction.....	8
2.2 Contexte de l'Etude.....	10
2.3 Objectif de l'Etude.....	11
2.4 Etendue de la Prestation.....	12
2.5 Détails de la Prestation	14
2.6 Documents à Produire : Rapports et Présentations.....	31
2.7 Durée de l'Etude et Calendrier.....	37
3. PARC SOLAIRE AU MALI : ETUDE DE FAISABILITE	39
3.1 Introduction.....	39
3.2 Contexte de l'Etude.....	41
3.3 Objectif de l'Etude.....	42
3.4 Etendue de la Prestation.....	43
3.5 Détails de la Prestation	45
3.6 Documents à Produire : Rapports et Présentations.....	60
3.7 Durée de l'Etude et Calendrier.....	65
4. CALENDRIER DE PAIEMENT	67
5. PERSONNEL CLE POUR LES DEUX ETUDES	68
6. AUTRES INFORMATIONS.....	71
6.1 Informations/Données à Fournir par le Client.....	71
6.2 Exigences en Matière de Rapport	71
6.3 Conduite des Activités	71
6.4 Participation de l'EEEOA et des Ministère de l'Energie	72
7. ANNEXES.....	73

7.1 Critères de Sélection.....73
7.2 Liste des Etudes Burkina Faso.....74
7.3 Liste des Etudes Mali.....75

LISTE DES ABREVIATIONS

ABN	Autorité du Bassin du Niger
AFLS	Délestage par Mini-Fréquence
BEI	Banque Européenne d'Investissement
CC	Cycle Combiné
CCMO	Comité Conjoint de Mise en Œuvre
CEDEAO	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
CGFO	Câble de Garde à Fibres Optiques
SONABEL	Société Nationale d'Electricité du Burkina Faso
EEEOA	Système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest Africain
EIES	Etude Impact Environnementale et Sociale
FCR	Marge de Fréquence de Réserve
FOTS	Système de Transmission par Fibres Optiques
MALS	Délestage Manuel
MDR	Marge d'Exploitation
PPP	Partenariat Public Privé
PSVR	Parc Solaire a Vocation Régionale
ROW	Droit de Passage
SCADA	Système d'Acquisition et de Contrôle des Données
SOS	Société à Objectif Spécifique
TdR	Termes de Référence

1. INTRODUCTION

1.1 Le Système d'Echange d'Energie Ouest Africain

Le Système d'Echanges d'Energie Electrique Ouest Africain (« **EEEOA** ») a été créé en 1999 lors de la conférence des Chefs d'Etat et de Gouvernement de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (« **CEDEAO** »). Il y eut une prise de conscience que les immenses ressources énergétiques dont dispose la région, même si elles y sont non équitablement réparties d'un point de vue géographique, pourraient être exploitées pour le bénéfice mutuel de l'ensemble des Etats Membres et permettre d'accroître l'accès à une énergie électrique de qualité et fiable pour le développement socio-économique des pays. En 2006, la Conférence des Chefs d'Etat et de Gouvernement de la CEDEAO a investi l'EEEOA de la mission de promouvoir et de développer les infrastructures de production et de transmission de l'énergie électrique ainsi que celle d'assurer la coordination des échanges d'énergie électrique entre les Etats Membres de la CEDEAO.

La stratégie de mise en œuvre de l'EEEOA est basée sur la réalisation de programmes d'infrastructures comportant divers projets régionaux de production et de transport d'énergie électrique, qui mutuellement se complètent et se renforcent. A terme, la réalisation de ces projets d'infrastructures permettra l'intégration de l'ensemble des réseaux électriques en Afrique de l'Ouest. Le Programme d'infrastructures de l'EEEOA repose sur les résultats du Plan Directeur des moyens de production et de transport d'énergie électrique de la CEDEAO approuvé par les Chefs d'Etat et de Gouvernement en février 2012.

1.2 Le Plan Directeur de l'EEEOA

Depuis sa création, le Secrétariat de l'EEEOA a pris un rôle de premier plan dans le développement de l'infrastructure régionale et dans la mise en œuvre des projets prioritaires définis dans le Plan Directeur des moyens de production de transport de l'énergie électrique de la CEDEAO.

Le Plan Directeur approuvé par les chefs d'État en 2012 constitue la base pour le développement de projets régionaux dans la région. Le Plan Directeur de l'EEEOA a identifié 36 projets/programmes régionaux prioritaires, relatifs à la production pour un total d'environ 10 GW (dont 7 GW hydro) et au transport pour un total d'environ 16.000 km. L'EEEOA soutient les sociétés nationales dans leur mise en œuvre et la réalisation des études de faisabilité et des études environnementales nécessaires pour en assurer le financement.

Le Plan Directeur a montré l'intérêt du développement massif de l'hydroélectricité en Afrique de l'Ouest et de la construction d'un réseau de transport fiable permettant le partage des ressources dans toute la région.

Néanmoins, il a été souligné que dans un cadre régional où les paramètres macro-économiques pourraient influencer fortement le coût actualisé, il est important de maintenir un mix énergétique équilibré entre les différentes ressources afin de garantir un coût de développement raisonnable en toutes circonstances et d'assurer la viabilité technique et financière du plan de développement.

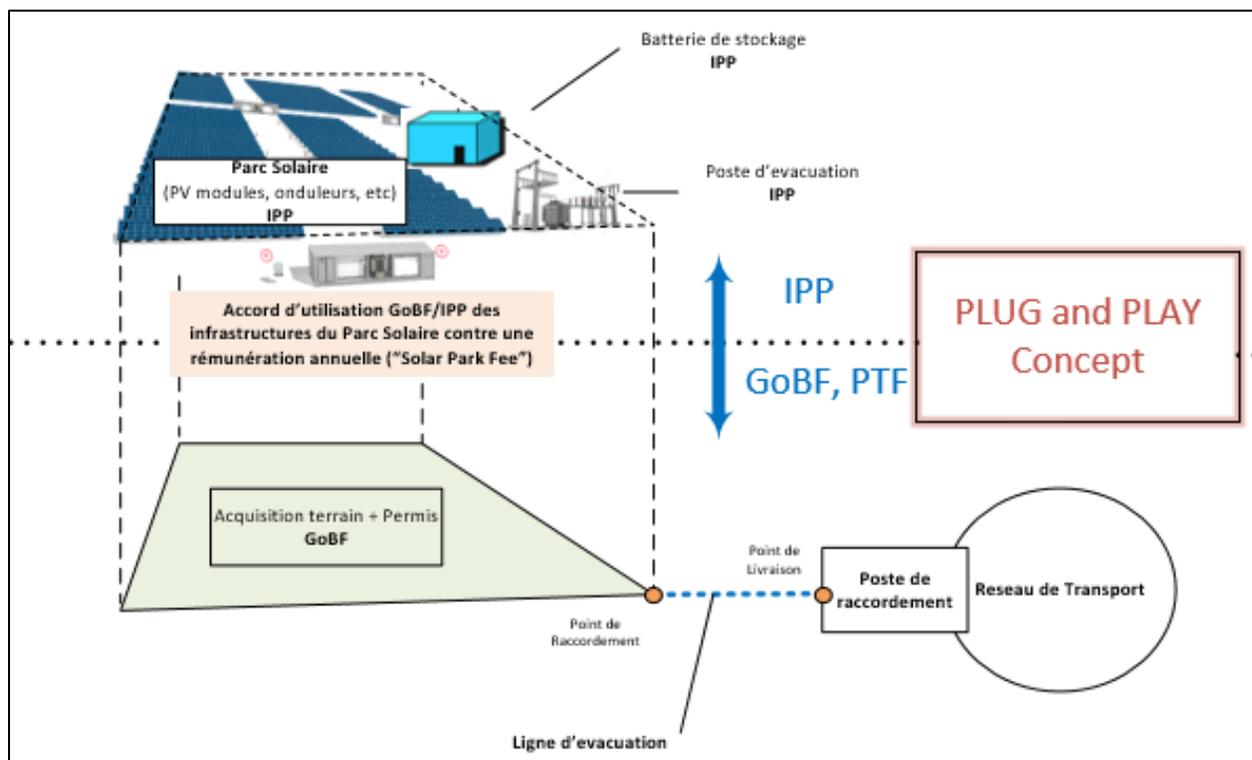
Le Plan Directeur a également montré l'intérêt d'un scénario volontariste de développement d'énergie renouvelable à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest. Un objectif de 10% d'énergie renouvelable hors hydro à l'horizon 2020 a été considéré comme ambitieux mais réalisable par

les différents pays. C'est pourquoi quelques projets renouvelables de grande taille ont été proposés parmi les projets régionaux prioritaires. Deux centrales solaires de 150 MW ont ainsi été envisagées au Mali et au Burkina Faso. Il a de plus été recommandé aux pays ayant un grand potentiel solaire ou éolien ou ayant des ressources de biomasse de développer ces ressources à l'échelle nationale.

Depuis l'approbation du Plan Directeur, le coût des installations solaires photovoltaïques (« PV ») a d'autre part été fortement réduit, et favorise d'autant plus le développement d'installations solaires.

1.3 Le Concept de Parc Solaire « Plug & Play »

Il est proposé que les deux projets solaires régionaux d'une capacité indicative de 150 MW au Mali et au Burkina Faso soient développés selon le concept de Parc Solaire « Plug & Play ». Le concept de Parc Solaire « Plug & Play » a été développé dans de nombreux pays (ex. : Inde), pour permettre un développement contrôlé et moins coûteux du solaire dans un pays. Le gouvernement choisit un site en fonction de (i) la capacité d'un poste de raccordement donné et le réseau d'absorber l'électricité produite par le parc solaire ; (ii) de son irradiation solaire ; (iii) de la disponibilité des terres pour permettre le développement d'un projet de taille conséquente pour avoir des économies d'échelle ; et (iv) de son accès routier. Le gouvernement assure la disponibilité des terres, obtient certains permis nécessaires avant la signature du contrat d'achat d'électricité (« PPA ») et prépare l'infrastructure d'évacuation et les lignes de transmission entre le Parc et le poste de raccordement. La réduction des obstacles réglementaires qui résulte, le développement d'un système d'enchère organisé avec un PPA banquable et l'accès par les producteurs indépendants d'électricité (« IPP ») aux terrains et infrastructures du Parc Solaire permettent une réduction importante du coût de rachat de l'électricité.



1.4 Objectifs des Termes de Références

L'EEEOA avec les Gouvernements du Mali et du Burkina Faso (le « **Client** ») cherche des consultants ou un consortium de consultants (le « **Consultant** ») pour produire deux études de faisabilités techniques et financières suivant le concept de Parc Solaire « Plug & Play » au Burkina Faso et au Mali.

Ces études devront permettre aussi de définir la stratégie optimale pour le phasage de la construction de ces parcs solaires avec la prise en considération de batterie de stockage et leur raccordement au réseau de transport.

De plus ces études effectueront un diagnostic et une évaluation des investissements pour le renforcement et la modernisation du Centre de Conduite Nationale en vue de l'intégration de la production solaire.

2. PARC SOLAIRE AU BURKINA FASO : ETUDE DE FAISABILITE

2.1 Introduction

2.1.1 Secteur de l'Electricité au Burkina Faso

Avec un taux d'accès à l'électricité inférieur à 20 % et une demande qui connaît une croissance annuelle d'environ 10 %, le Burkina Faso est confronté à un important défi énergétique. Ses ressources sont limitées (faible potentiel hydroélectrique, pas de gisement de pétrole ou de gaz), le coût de l'énergie est élevé et la qualité de l'approvisionnement doit être améliorée.

L'accès continu à une énergie en quantité suffisante et à un tarif raisonnable est indispensable au développement économique et social. L'expansion de la puissance installée, l'extension du réseau et l'utilisation des ressources endogènes d'énergie renouvelable sont inscrites comme priorités dans la stratégie nationale de développement de l'État, qui vise à porter le taux de couverture en électricité à près de 80 % d'ici 2020.

La production, le transport et la distribution d'électricité sont assurés principalement par la Société Nationale d'Electricité du Burkina (« **SONABEL** »), entreprise publique intégralement détenue par l'État. La SONABEL détient le monopole du transport d'électricité, mais la production est accessible aux IPPs (avec actuellement la SONABEL comme acheteur unique). La distribution peut de même être assurée par d'autres intervenants (privés ou coopératives d'électricité) dans les zones qui ne sont pas couvertes par la SONABEL.

Le parc de production sur le réseau interconnecté existant est composé principalement de centrales thermiques (groupes diesel) ainsi que de petites centrales hydrauliques. Fin 2015, la puissance installée totale du parc de production était de 325 MW et l'énergie produite en 2015 était de 1.442.144 MWh dont 62,8% proviennent des centrales thermiques, 30,7% de l'importation des pays limitrophes essentiellement de la Côte d'Ivoire via la ligne d'interconnexion 225 kV avec la Côte d'Ivoire et 6,5% des barrages hydroélectriques. Des interconnexions moyenne tension (« **MT** ») existent également avec le Ghana et le Togo.

En vue de renforcer la capacité de production, différents projets ont été initiés et devraient être mis en service à court et moyen terme (avant 2020) :

- De nouvelles centrales thermiques pour un total de 223 MW (200 MW exploitable), dont la majeure partie sera installée à proximité de Ouagadougou
- Une nouvelle centrale hydroélectrique à proximité de Bobo-Dioulasso
- La centrale de Samendeni (2 MW) est en construction et devrait être mise en service en 2017
- Des centrales solaires PV pour un total installé de 160 MWc dont la centrale solaire de 33 MWc de Zagtoui mise en service fin 2017.

2.1.2 Le Développement de l'Energie Solaire au Burkina Faso

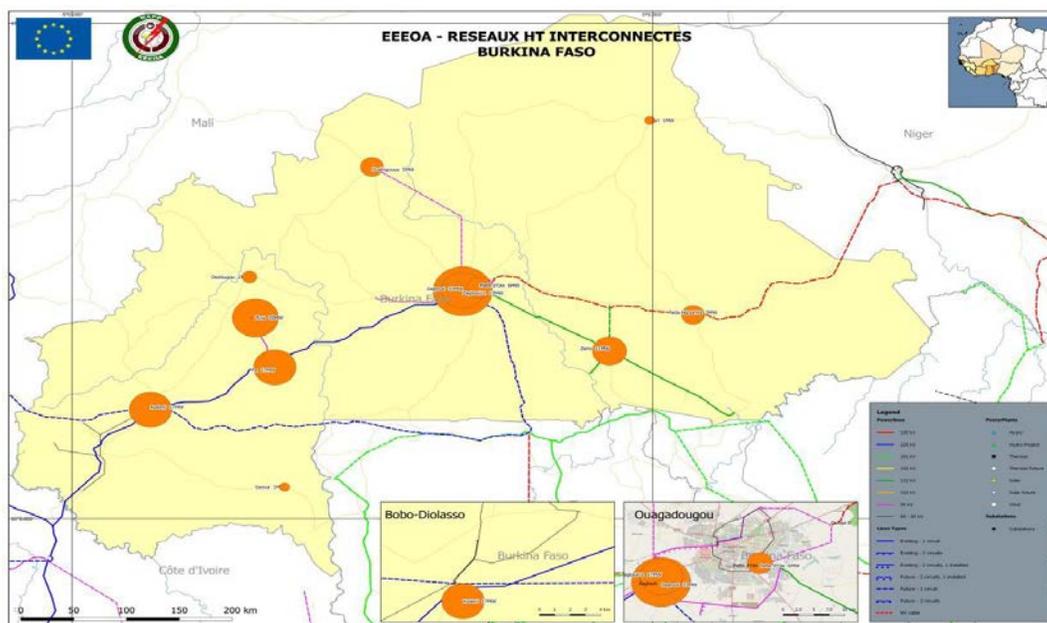
L'énergie solaire fait l'objet d'un développement important au Burkina Faso. Plusieurs projets sont en construction ou sont en cours de développement, principalement par des IPP, correspondant à un total de près de 160 MWc planifié par le Burkina à moyen terme. Deux projets sont en

construction ou vienne de finir construction : (i) la première phase de Zagtouli de 33 MWc et (ii) 15 MWc pour alimenter la mine d'or de Essakane (hors réseau).

Nom	Puissance	Promoteur	Financement	Etat	Mise en service	Certitude du projet	2017	2018	2019	2020
Zagtouli (I)	33	SONABEL	UE - AFD	En construction	Automne 2017		33	33	33	33
Essakane	15	EREN - AEMP	?	Financé - Construction en préparation	Février-Mars 2018		15	15	15	
Zina (Windiga)	25	WINDIGA ENERGIE	SFI - ?	Financé - Construction lancée	Automne 2018 ?		25	25	25	
Zagtouli II	17	SONABEL	BEI	En cours de financement	2019 ?			17	17	
Koudougou	20	SONABEL	BM	Intention	2020					20
Kaya	10	SONABEL	BM	Intention	2020					10
2-3 sites	40	SONABEL	AFD-BAD	Intention	2020					40
3 - 4 sites	10	SONABEL	AFD-BAD	Intention	2020					10
Centrale Régionale Tranche 1	50	?	BM - ?	Intention	?					
Centrale Régionale Tranche 2	50	?	BM - ?	Intention	?					
Centrale Régionale Tranche 3	50	?	BM - ?	Intention	?					
Patte d'Oie (Ouagadougou)	5,5	NAANGE	?	Attribué appel à projet juin 2014 - Etat inconnu	?					
Kodeni	17	CANOPY	?	Attribué appel à projet juin 2014 - Etat inconnu	?					
Pâ	17	CANOPY	?	Attribué appel à projet juin 2014 - Etat inconnu	?					
Zano	11	SOLTECH	?	Attribué appel à projet juin 2014 - Etat inconnu	?					
Ouagadougou (où ?)	30	?	?	Attribué appel à projet juin 2014 - Etat inconnu	?					
Bobo Dioulasso	10	?	?	Attribué appel à projet août 2016 - Etat inconnu	?					
Fada N'Gourma	10	?	?	Attribué appel à projet août 2016 - Etat inconnu	?					
Dori	15	?	?	Attribué appel à projet août 2016 - Etat inconnu	?					
Dédougou ?	10	?	?	Attribué appel à projet août 2016 - Etat inconnu	?					
TOTAL PREVISIONNEL	445,5					Puissance potentielle installée	33	73	90	170

Les projets d'Essakane, Kodeni, Pâ, Zina, Zagtouli 2 et Patte d'Oie sont des projets développés par des IPP et Zagtouli 1, Kaya et Koudougou sont développés et opérés par la SONABEL. D'autres projets solaires sont également envisagés. Des pôles régionaux de croissance ont ainsi été identifiés dans une étude préliminaire pour accueillir des centrales solaires d'une puissance comprise entre 1 et 5 MWc. Il s'agit de Fada Ngourma, Dori, Ouahigouya, Dédougou et Gaoua.

La localisation des centrales solaires envisagées de capacité égale ou supérieure à 1 MWc est indiquée ci-dessous.



2.2 Contexte de l'Etude

2.2.1 Etude de Préfaisabilité

Dans le cadre du développement d'un Parc Solaire à vocation régionale au Burkina Faso (« **Parc Solaire Burkinabè** »), une étude de préfaisabilité a été conduite sous la supervision de l'EEEEAO en 2016. Cette étude de préfaisabilité a évalué quatre sites - Kodeni, Pa, Ouaga Est et Fada N'Gourma/Koupela - où entre 50 et 150 MWc de solaire PV étaient considérés. Selon l'étude de préfaisabilité, les quatre sites pourraient être développés selon des critères techniques d'intégration dans le réseau.

Les principales conclusions de cette étude étaient :

- Du point de vue technique et sur la base des hypothèses considérées, 150 MW de production PV peut être installés dans le réseau burkinabé en configuration mono site ou multi site pour être intégrés dans le système interconnecté de l'EEEEAO, tout en respectant l'ensemble des contraintes statiques et dynamiques ;
- Du fait qu'aucun engagement d'achat d'énergie ou de participation au projet n'ait été identifié à cette étape, l'étude recommande d'implanter 50 MW en première phase du projet ; et
- Le site de Kodéni est bien situé pour un export vers l'ouest (Mali) mais également vers le sud et l'est (Côte d'Ivoire, Ghana et Togo/Bénin). Un second site proposé à évaluer en profondeur au moment de l'étude de faisabilité est le site de Ouaga Est, qui présente une localisation intéressante par rapport à l'exportation vers les pays limitrophes. Alternativement, un emplacement sur la ligne 330 kV vers le Niger, autour de Koupela ou Fada N'Gourma, en tenant compte du plan de développement de la SONABEL et la localisation des charges à alimenter pourrait être intéressant

2.2.2 Sélection des Sites et des Postes de raccordement

L'étude de préfaisabilité n'apportant pas de jugement sur la hiérarchisation des sites, il y avait un besoin d'approfondir les critères de sélection pour choisir deux sites sur les quatre pour l'étude de faisabilité. Les critères de sélection du/des meilleur(s) site(s) sont :

- (i) Une excellente irradiation solaire
- (ii) Une disponibilité importante de terrain dans un alentours de 20 km du poste de raccordement
- (iii) Une faible utilisation agricole des terres
- (iv) Un accès direct à une zone de demande forte en électricité et/ou à une interconnexion.

Le Gouvernement Burkinabé a aussi demandé que, si possible, les sites choisis soient vers le Nord pour répondre à sa volonté de développer son territoire vers le Sahel et ne de pas bloquer les terres les plus fertiles du Sud.

Fada N'Gourma/Koupela est alors apparu comme le meilleur choix car ce site a une très bonne irradiation solaire, est dans une zone peu productible, Un site non-revu par la préfaisabilité est apparu comme aussi potentiellement excellent, Kaya. Kaya, tout comme Fada N'Gourma/Koupela, a une très bonne irradiation solaire, est dans une zone peu productible, et sera connecté au réseau de Ouagadougou avec ses diverses interconnexions (Dorsale Nord,

Ghana et Cote d'Ivoire). Un projet public de 10 MWc de solaire y est déjà en développement avec des fonds de la Banque Mondiale et pourra être utilisé comme pilote du Parc Solaire Burkinabè.

2.2.3 Intégration dans le Réseau et Stockage

L'étude de préfaisabilité considérant que les 150 MWc seront prévu entièrement pour l'export il est important de développer un scénario prenant en compte la demande Burkinabé et ainsi, une approche plus pragmatique doit être considérée.

L'étude de préfaisabilité mentionne le fait qu'il y a un risque de manque de puissance réactive et de réserves tournantes qui auront un impact potentiellement néfaste sur le réseau électrique.

Pour mieux comprendre ces problématiques et au vu de la feuille de route nationale sur les Energies Renouvelables, la SONABEL a lancé une étude de réseau qui analysera entre autres les problématiques réseaux liées à l'intégration de la production solaire sur le réseau de la SONABEL.

Les Consultants de l'étude de faisabilité du Parc Solaire devront donc travailler en coordination avec les consultants de l'étude de réseau sur l'intégration dans le réseau du Parc Solaire pour affiner le phasage du parc, le raccordement et l'intégration au réseau de la SONABEL ainsi que le potentiel besoin de support du réseau par le stockage.

Selon des premières estimations, le 150 MWc Parc Solaire Burkinabè sera combiné avec entre 100 et 150 MWh de batterie.

De plus, le Consultant réalisera un diagnostic et une évaluation des besoins en investissements pour le renforcement et la modernisation du Centre de Conduite National.

2.3 Objectif de l'Etude

L'étude de faisabilité a trois objectifs principaux :

➤ Sélectionner le foncier du Parc Solaire Burkinabè

Le Consultant devra identifier des parcelles de terre d'une taille d'environ 225 hectares dans un périmètre de 20 km des postes de Koupela et Kaya grâce à une revue du cadastre, des zones sensibles environnementales, des zones d'habitations (hameaux/villages etc.), des particularités géotechniques de la zone, et de l'irradiation solaire et ce en partenariat avec le Client et le gouvernement local. Une analyse d'intégration dans le réseau permettra d'identifier des potentielles contraintes d'intégration d'un Parc Solaire Burkinabè de 150 MWc avec entre 100-150 MWh de batteries au poste d'évacuation du parc n. Le Consultant évaluera la faisabilité de l'intégration du Parc Solaire Burkinabè aux deux postes de raccordement sélectionnées Kaya et Koupela.

Le Consultant devra souligner les risques potentiels de chaque parcelle de terre et travaillera en étroite collaboration avec les équipes juridiques et Environnementales/Sociales de la Banque Mondiale pour tout ce qui est sauvegardes et vérification du foncier. Une étude d'impact environnementale et sociale suivant les principes de l'Equateur de l'IFC et les sauvegardes de la Banque Mondiale (« EIES ») sera développée de façon séparée, sous un autre contrat.

Grace au résultat de l'étude d'intégration et d'identification de terrain, le Consultant avec le Client sélectionnera un terrain pour une connexion dans l'un ou les deux postes de raccordement de Koupela et/ou Kaya..

➤ **Finaliser les aspects techniques de la centrale solaire**

Le Consultant devra finaliser les caractéristiques techniques du Parc Solaire Burkinabè pour permettre un déplacement dans le temps de la production solaire de deux à trois heures vers le pic du soir ainsi que d'une production plus contrôlée et stable dans la journée. Cela devra être fait en partenariat avec l'équipe en charge de l'étude de réseau, ainsi que par des discussions avec des constructeurs de centrales solaires et des équipementiers de batteries ainsi qu'avec les équipes financières et techniques de la Banque Mondiale.

Le Consultant devra optimiser le phasage et l'évacuation du projet grâce à une étude d'intégration dans le réseau du Parc Solaire Burkinabè.

Le Consultant devra élaborer tous les schémas relatifs à la conception technique préliminaire du Parc Solaire. Le Consultant devra aussi finaliser les caractéristiques techniques de la ligne de transmission entre le Parc Solaire Burkinabè et le poste de raccordement.

➤ **Diagnostic et Evaluation Investissements pour le Renforcement et la Modernisation du Centre de Conduite National**

Le Consultant devra entreprendre un diagnostic du Centre de Conduite National et des règles de conduite afin d'établir une évaluation des investissements de renforcement (étude, formation) et de modernisation (équipements hardware, software, etc.) du réseau et du Centre de Conduite National afin d'assurer l'intégration de la production solaire.

2.4 Etendue de la Prestation

Le Consultant devra fournir des services conformément aux pratiques internationalement reconnues en la matière. Le Consultant assurera également ses services d'une manière indépendante, conformément aux normes internationales acceptables et aux lois et règlements en vigueur au Burkina Faso et dans les autres pays concernés par le projet.

L'EIES sera assuré par un autre consultant dans le cadre d'un contrat distinct. Le Consultant devra collaborer étroitement avec l'équipe de consultants chargé de l'ESIA et celle en charge de l'étude de stabilité en vue de garantir l'achèvement de l'Etude de Faisabilité dans les délais prescrits.

L'étendue des prestations de base devra consister à la fourniture de livrables ou des activités suivantes sans s'y limiter :

- Assurer la collecte de données sur l'ensemble des éléments à considérer pour le développement, la construction et l'exploitation de centrales régionales d'énergie renouvelable au Burkina Faso ;
- Développer une carte avec les différents critères de sélection représentés - cadastre, zones sensibles environnementales, zones d'habitations (hameaux/villages etc.), particularités géotechniques de la zone, et irradiation solaire – dans un rayon de 20 km du poste de raccordement sélectionné ;

- Organiser des discussions avec les collectivités locales de Kaya et Koupela sur le Parc Solaire Burkinabè ;
- Identifier des parcelles de terre qui pourraient être utilisées pour le Parc Solaire Burkinabè et confirmer en collaboration avec le Consultant en charge de l'ESIA, et les collectivités locales et nationales, la faisabilité des parcelles de terre sélectionnés ;
- Valider la disponibilité des postes de raccordement de Kaya et Koupela pour un projet de 150 MWc de solaire PV avec de la batterie, le Consultant donnera un classement entre les deux sites et leur faisabilité ;
- Réaliser une étude d'écoulement de charge et stabilité en tension afin d'analyser les impacts de la production des parcs solaires sur la stabilité du réseau. Cette étude sera réalisée sur une modélisation statique et dynamique du réseau et permettra d'assurer la faisabilité de l'évacuation et du raccordement au réseau ainsi qu'une évaluation des investissements nécessaires pour le raccordement (ligne et poste) et les renforcements éventuels du réseau ;
- Finaliser la sélection du foncier pour les 150 MWc et leur droit de passage pour les lignes de transmission, pour les deux sites ou pour un seul dans le cas où l'un des deux sites se révélera irréalisable (le « **Foncier Sélectionné**») ;
- Réaliser une analyse poussée du potentiel solaire du site (après sélection du foncier), avec une analyse des données SolarGIS revue en fonction des données au sol du ZIE qui sera partagée avec l'équipe de consultants ;
- Installation d'un ou deux postes de mesure de l'irradiation solaire sur le Foncier Sélectionné (dépendant si un ou deux sites auront été sélectionnés) selon les critères techniques fournis par les experts techniques des différentes parties prenantes ;
- Déterminer la faisabilité technique du Parc Solaire et conception technique d'un niveau de détail correspondant à l'étape de la faisabilité ;
- Confirmer la solution technologique et la configuration recommandée du Parc Solaire avec un système de stockage, avec une attention plus importante sur la taille du stockage. Le Consultant devra suggérer le phasage optimal avec les différentes étapes pour atteindre 150 MWc sur chaque site en fonction du réseau ;
- Organiser des discussions avec des constructeurs de centrales solaires et des équipementiers de batteries ;
- Finaliser l'optimum de batterie pour le Parc Solaire ainsi que son phasage ;
- Finaliser l'étude de stabilité transitoire avec la solution technique retenue pour assurer l'intégration dans le réseau du Parc Solaire ;
- Développer une simulation du système complet solaire et batterie utilisant le software PVSyst après sélection de la technologie. Le PVSyst sera rajouté en annexe du Rapport Final ;
- Déterminer la viabilité du Parc Solaire en développant une analyse financière, une analyse économique, une analyse de risques et une analyse légale et juridique sur le développement d'un projet IPP au Burkina Faso ;
- Déterminer le potentiel de vente de cette électricité aux pays limitrophes ;
- Développer un Rapport Final pour chaque site sélectionné qui inclura :
 - (i) **Vue d'ensemble du Parc Solaire Burkinabè** : description, soutien gouvernemental local et national, potentiel solaire du site, bénéfices environnementaux et sociaux

- (ii) **Evaluation du site** : localisation du site, son utilisation actuelle, son statut d'acquisition, évaluation technique (topographique, géologique, climatologique et hydrologique, risque d'inondation), évaluation sociale (démographique, développement régional économique et social)
- (iii) **Intégration au réseau** (en partenariat avec l'équipe de consultant de l'étude de réseau) : description de la capacité installée, de la demande d'énergie actuelle et future, du réseau électrique et l'étude d'intégration dans le réseau du Parc Solaire
- (iv) **Description de la solution technique** : description du système et de sa configuration, description de sa production avec l'usage de batteries et du phasage
- (v) **Analyse économique et financière** : valeur actuelle nette du projet et taux de rendement interne selon différents scénarios techniques et de montage financier.
- (vi) **Analyse de risque**
 - Le renforcement des capacités du personnel du Ministère de l'Énergie, du Secrétariat Général de l'EEEOA, de SONABEL et d'autres opérateurs concernés à travers un programme d'assistance à la préparation du Parc Solaire incluant tous les aspects techniques, économiques et financiers ; et
 - Effectuer un diagnostic du Centre de Conduite National évaluant les investissements de renforcement et de modernisation.

2.5 Détails de la Prestation

2.5.1 Tache 1 : Collecte et Examen des Données

L'objectif principal de la collecte des données est de déterminer (i) les données physiques et socio-environnementales des deux zones identifiées de développement, (ii) les conditions de raccordement, (iii) les données internationales pertinentes pour l'analyse des options techniques de la centrale régionale, leur dimensionnement et leurs coûts et (iv) collecter auprès de la SONABEL les caractéristiques du réseau existant et planifiée avec les futurs investissements dans les zones des deux sites étudiés.

Dans ce cadre, le Consultant collectera, examinera et compilera toutes les données pertinentes techniques, économiques et de coûts sur les réseaux de transport du Burkina Faso ainsi que les échanges existants et prévus avec les pays voisins, indispensables à la conduite de l'étude.

Pour ce qui concerne les données physiques et socio-environnementales des sites potentiels, le Consultant collectera entre autres les données :

- Les caractéristiques des sites : localisation et coordonnées, superficie, forme du terrain, topographie, données géotechniques et sismiques, élévations à proximité susceptibles de créer des ombres portées (tel que collines, arbres et maisons), cadastre, zones sensibles environnementales, et zones d'habitations
- Les informations concernant le voisinage des sites : présence d'eau à proximité (eau de surface et eau souterraine, débit disponible), routes et chemins d'accès, moyens de télécommunication (couverture par réseau téléphonique mobile), habitations et activités économiques, terres agricoles, proximité d'un poste HT/MT existant ou réalisable à bref délai
- Particularités géotechniques de la zone (topographique, géologique, risque d'inondation)
- Irradiation solaire

- Conditions climatiques et météorologiques tel que l'ensoleillement, la température, l'hygrométrie, la vitesse du vent, le niveau de pollution atmosphérique, etc., ces données doivent permettre de déterminer les variations journalières, mensuelles ou saisonnières de ces différents paramètres et d'établir des courbes typiques correspondantes, ainsi que les valeurs extrêmes potentielles. L'existence d'une station météo à proximité sera vérifiée pour valider ces données
- Phénomènes météorologiques spécifiques et à leur impact (par exemple, l'harmattan). Le Consultant devra notamment estimer le dépôt de poussière ou de sable sur les installations pour les deux sites et analyser l'impact correspondant sur la performance

Ces données seront complétées lors de visites de ces sites. Dans le cas où certaines données ne seraient pas disponibles, le Consultant aura recours à son bon sens, basé sur la pratique internationale, pour fournir des données de remplacement. Toutefois, le Consultant fournira une justification du choix des données dans le rapport sur les données.

Le Consultant réalisera une carte avec les différents critères de sélection dans un rayon de 20 km des deux sites sélectionnés.

Les données du réseau de l'EEEOA sous un format SIG seront mises à la disposition du Consultant. Les caractéristiques de l'ensemble des sites potentiels seront reprises dans le rapport de données. Ces caractéristiques seront également fournies sous un format SIG approuvé par l'EEEOA.

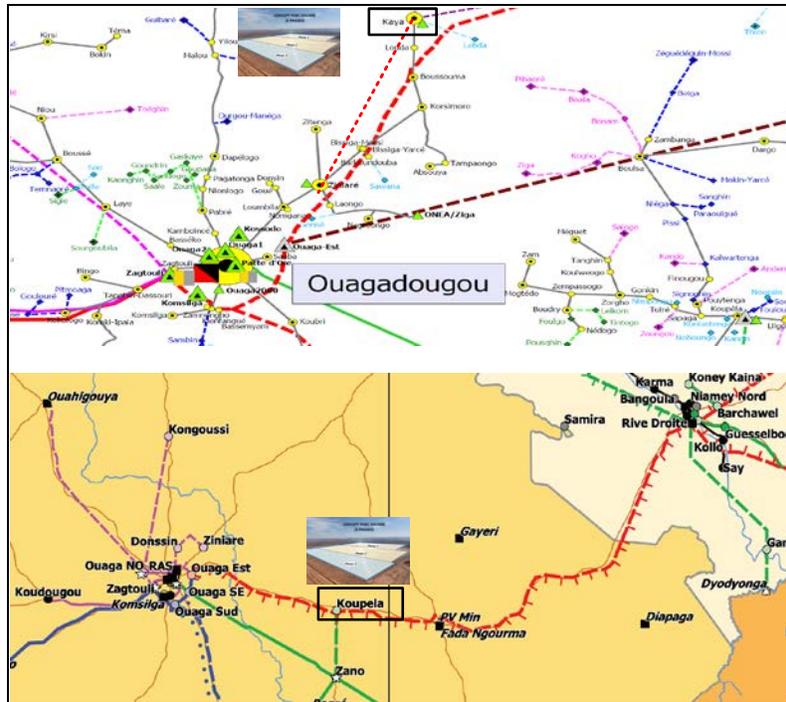
Les conditions de raccordement permettront d'étudier le point de connexion au réseau, les règles de raccordement et d'exploitation du Parc Solaire, le design du poste d'évacuation du parc solaire, de la ligne d'évacuation ainsi que l'extension du poste de raccordement afin de préciser ses caractéristiques techniques principales et optimiser son fonctionnement. Les données couvriront, sans s'y limiter :

- Les plans d'expansion du système de production et de transport
- Les conditions actuelles d'exploitation des réseaux
- Les schémas unifilaires, les plans de site, les schémas de montage, les plans de protection, les types de disjoncteurs et leurs calibres (valeurs nominales) des postes du réseau interconnecté proches des sites préférentiels
- Les conditions et exigences de raccordement dont l'ensemble des limites techniques applicables aux connexions de centrales solaires raccordées au réseau MT et Haute-Tension (« HT ») de la SONABEL

2.5.2 Tache 2 : Détermination du ou des sites

➤ Etude Préliminaire d'Intégration dans le Réseau des Postes de raccordement Sélectionnés

Les deux postes de raccordement de la SONABEL sélectionnées sont Kaya et Koupela. Une étude préliminaire d'intégration dans le réseau permettra d'appuyer la finalisation de la sélection de l'un ou de l'autre, ou des deux sites. Une étude de stabilité complète sera développée en Tache 4.



Le Consultant analysera les deux postes de raccordement sélectionnées et complétera les données relevées sur le terrain pour confirmer ou infirmer la viabilité de ces sites. L'étude d'intégration (Etude d'écoulement de charge et du plan de tension) dans le réseau se fera pour un Parc Solaire de 150 MWc avec entre 100 et 150 MWh de batterie et ce tant que possible en coordination avec l'équipe de consultant de l'étude de réseau.

L'analyse des impacts de la production des parcs solaires sur la stabilité du réseau sera réalisée sur une modélisation statique et dynamique du réseau. Cette modélisation du réseau national comprend les générateurs existants, les lignes et postes. Elle permettra l'analyse technique du point de vue des flux de puissance, du plan de tension, des courants de court-circuit et protections, des harmoniques et de la stabilité transitoire.

La démarche d'analyse technique est décomposée en 2 phases :

Phase 1 : Modélisation

Cette phase porte sur la modélisation à l'horizon de la mise en service des premiers projets solaires prévus et à un horizon plus lointain intégrant les nouveaux projets. Ce modèle porte sur le réseau de transport dans son intégralité afin d'avoir une vision globale. Les réseaux de distribution seront détaillés dans les zones candidates pour accueillir les parcs solaires.

Le consultant effectuera une collecte des informations auprès de la SONABEL et des acteurs locaux afin de prendre en compte le parc de production et le réseau existant ainsi que les nouveaux projets d'infrastructures prévus.

Les données minimales suivantes seront collectées :

- Les données sur l'évolution de la charge du réseau et notamment sur les réseaux de distribution à proximité des sites visés ;
- Les données sur l'évolution du contrat d'échange avec les pays voisins ;

- Caractéristiques des postes où sont prévues le raccordement des parcs solaires.

Sur cette base, le Consultant préparera :

- Préparation de fiches de collecte ;
- Travail de prises d'hypothèses pour les données manquantes ;
- Synthèse des données d'entrée dans un rapport d'étude ;
- Modélisation du réseau sur le périmètre décrit plus haut intégrant les parcs solaires envisagées et les projets futurs de la SONABEL et des interconnexions ;
- Calculs de validations sur la base d'un scénario de référence actuel;
- Rédaction de la description des modèles et de leur validation.

Le modèle portera sur le réseau dans sa configuration à l'horizon de la mise en production des parcs solaires et à l'issue de ces connexions.

Phase 2 : Etude d'écoulement de charge et stabilité en tension

Ce calcul fondamental définira la répartition de charge (Load Flow) en déterminant les puissances actives et réactives transitant par chaque ouvrage, le plan de tension dans tous les nœuds du réseau, et cela aussi bien au moment de la pointe saisonnière ou annuelle qu'au moment du creux de charge.

Ces calculs de Load flow seront réalisés aussi bien à l'état normal de fonctionnement du réseau qu'à l'état perturbé suite à un incident, règle « n-1 ». L'étude d'écoulement de charge concernant le fonctionnement en régime statique portera sur les questions suivantes :

- L'étude du couplage/découplage des centrales ;
- Les calculs d'écoulement de charge de l'ensemble du réseau avec et sans production solaire ;
- La prise en compte des incidents simples (n-1) ;
- Le calcul des pertes ohmiques dans le réseau dues au transit de puissance.

Ces calculs seront réalisés sans centrale solaire (référence) et avec l'ajout progressif en phasage des parcs solaires. Les capacités d'absorption sont vérifiées par les critères suivants:

- Absence de mise en contraintes thermiques d'ouvrages (principalement lignes, transformateurs) et définition de renforcements éventuels à prévoir pour le raccordement ;
- Absence de dépassement des critères de tension. Dans le cas du réseau de distribution et du raccordement au sein d'une boucle notamment, il est nécessaire de maîtriser l'élévation de tension le long des lignes lors d'une production solaire maximale et pour une consommation locale faible ;

Dans le cas du réseau de transport, l'influence des parcs solaires de puissances significatives sur les flux dans les lignes et les interconnexions avec les pays voisins (Niger, Cote d'Ivoire, Ghana, Mali) sera étudiée pour définir les principes de réglage de tension (puissance réactive régulée).

Cette phase comprend les tâches suivantes :

- Définition des configurations et scénarios extrêmes de Load flow/plan de tension fonction du nombre de groupes de production en service, de l'état des interconnexions, de l'état de la charge, etc. ;
- Simulations des scénarios avec approche N-1 avec pour objectif la validation du Load flow et plan de tension sur les cas extrêmes en tenant compte :
 - Des critères de conformités imposés par la SONABEL ou à définir (niveau de tension, charge des lignes, etc.) ;
 - Du besoin de puissance réactive pour le fonctionnement des onduleurs/machines ;
 - De la capacité du transformateur d'évacuation.
- Analyse spécifique des capacités constructives à exiger du point de vue de la production de puissance réactive ;
- Calcul des pertes dans les différentes situations.

Les résultats attendus de cette étude sont :

- i) La faisabilité technique du raccordement ;
- ii) Les investissements nécessaires pour le raccordement (postes d'évacuation, lignes d'évacuation et extension du poste de raccordement) et le renforcement/extension éventuel du réseau de la SONABEL ;
- iii) le phasage le plus judicieux pour les parcs solaires ;

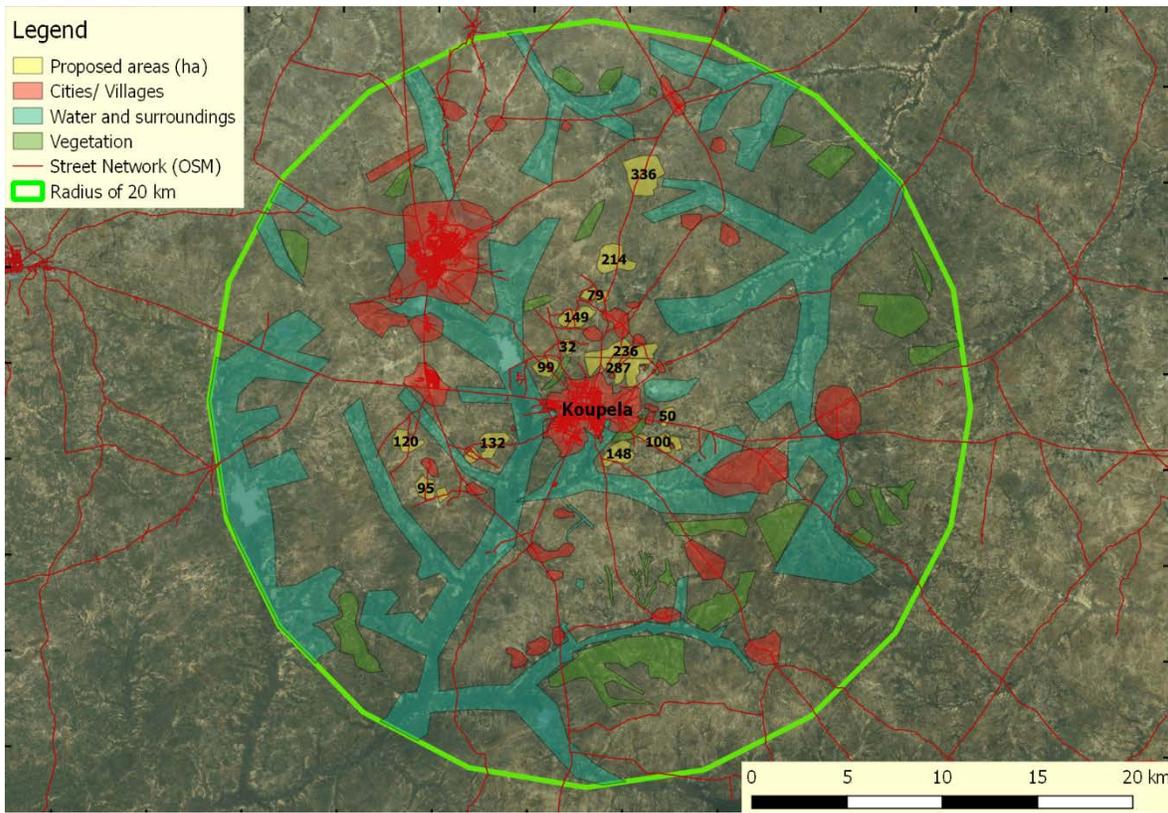
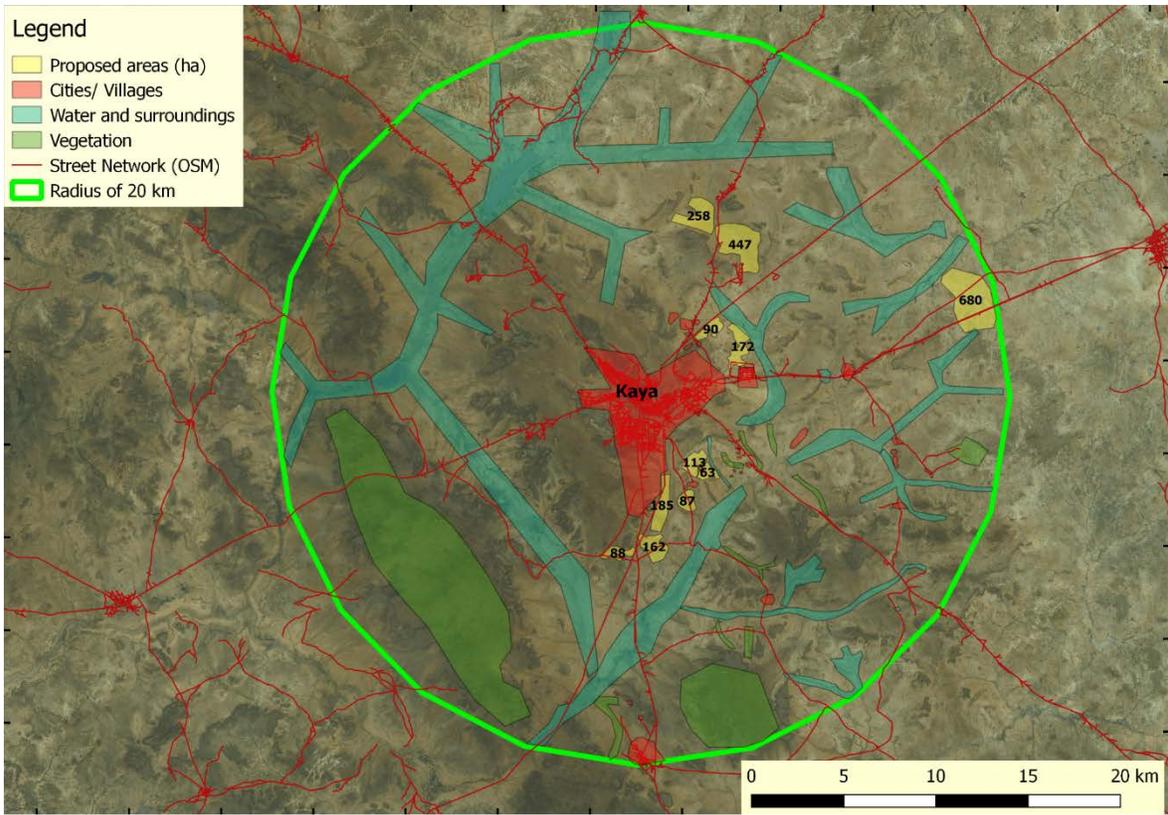
➤ **Identification de Parcelles de Terre Potentielles**

Le Consultant devra identifier plusieurs parcelles de terre d'une taille supérieure à 225 hectares autour des postes de raccordement sélectionnés en fonction d'une revue du cadastre, des zones sensibles environnementales, des zones d'habitations (hameaux/villages etc.), des particularités géotechniques de la zone, et de l'irradiation solaire.

Les parcelles sélectionnées devront remplir les critères suivants :

- (i) Etre situé dans un périmètre de 20 km du poste de raccordement ;
- (ii) Avoir un espace global d'au moins 225 hectares qui peut être divisé en trois (un minimum de 75 hectares chaque) ;
- (iii) Ne pas être dans une zone environnementale sensible ou dans une zone avec des propriétés géotechniques et géologiques qui ne sont pas compatibles avec le développement d'une centrale solaire ;
- (iv) Minimiser la population locale à relocaliser ; et
- (v) Avoir une excellente irradiation solaire.

Une identification géospatiale préliminaire a été réalisée par les équipes de la Banque Mondiale.



L'analyse portera entre autres sur la viabilité environnementale des sites en collaboration avec le consultant en charge de l'étude environnementale, les possibilités de raccordement au réseau interconnecté, la localisation des charges et de la capacité de transit du réseau, les possibilités d'évacuer l'énergie vers les pays de la sous-région.

Des discussions avec les collectivités locales devront être tenues pour d'assurer de la disponibilité des terrains et de leur potentielle allocation pour un Parc Solaire.

➤ **Sélection du/des Site(s) Finaux**

Le Consultant présentera les résultats de l'étude préliminaire d'intégration et de l'identification des parcelles de terres et développera une analyse des sites de Koupela et Kaya présentant leur potentiel pour développer le Parc Solaire. Le choix de développer l'un ou l'autre, ou les deux sites se fera conjointement avec les différentes parties prenantes et le Client.

Lorsque le foncier final sera sélectionné sur l'un ou les deux sites approuvés, le Consultant devra aussi proposer le tracé de la ligne de transmission selon les mêmes critères de sélection environnementaux et sociaux que pour la sélection du foncier du Parc Solaire.

Le Consultant devra souligner les risques potentiels de chaque site et travaillera en étroite collaboration avec les équipes juridiques des différentes parties prenantes et du consultant en charge de l'ESIA pour tout ce qui est clauses de sauvegarde et vérification du foncier.

➤ **Campagne de mesure du rayonnement solaire**

Afin de compléter et de valider les données déjà disponibles sur le rayonnement solaire au Burkina Faso, une campagne de mesure du rayonnement solaire sera effectuée sur l'ensemble des sites déterminés (Kaya ou Koupela, ou les deux).

Les relevés et enregistrements des paramètres nécessaires seront effectués sur une période minimum d'un an. Cette campagne de mesure devra être initiée dès la sélection du foncier. Les mesures effectuées devront permettre de compléter les données disponibles à partir des relevés satellites ou des mesures effectuées dans les stations météo existantes, de façon à préciser l'identification de la technologie la plus appropriée et la sélection des sites recommandés.

Dans la suite de l'étude, les mesures effectuées sur le(s) site(s) sélectionné(s) seront ensuite utilisées pour optimiser le dimensionnement des installations et affiner l'analyse technico-économique et le calcul de production.

Les mesures seront effectuées par des stations autonomes, alimentées par énergie solaire. Les enregistrements seront relevés régulièrement de préférence via une liaison GSM ou GPRS. L'ensemble des données collectées devra être mis disponible au Client. Les paramètres techniques seront discutés en amont avec les équipes techniques du Client.

Les données suivantes seront notamment enregistrées :

- Le rayonnement horizontal global (« **GHI** ») mesuré avec un pyranomètre de précision (étalon secondaire suivant la classe ISO 9060 :1990)
- Le rayonnement direct (« **DNI** ») mesuré à l'aide d'un pyréliomètre et d'un système de suivi automatique du soleil. Le pyréliomètre doit être de première classe suivant ISO 9060
- Le rayonnement diffus horizontal (« **DHI** ») au moyen d'un pyranomètre supplémentaire équipé d'un élément d'ombrage
- Ces mesures de rayonnement seront également complétées par un relevé de paramètres météo de base tels que la température et la vitesse du vent

Les équipements de mesure seront protégés contre les éléments susceptibles d'influencer les mesures. Un nettoyage régulier ou automatique des dômes des pyranomètres devra notamment être prévu. Les mesures seront effectuées et enregistrées toutes les minutes au minimum.

2.5.3 Tache 3 : Conception Technique Préliminaire

Les prestations à fournir par le Consultant dans le cadre de la présente étude devront couvrir toutes les études préliminaires techniques qui permettront de confirmer la faisabilité technique et d'établir les cahiers des charges opérationnels des installations, équipements et travaux de la centrale solaire a vocation régionale. La conception préliminaire permettra :

- Définir les cahiers des charges opérationnels et les principaux critères de conception de la centrale et du poste d'évacuation
- Définir les cahiers des charges et les principaux critères de conception de la ligne d'évacuation, l'extension du poste de raccordement et le renforcement/extension éventuel du réseau de la SONABEL ;
- Analyser des alternatives en termes de stockage d'énergie
- Proposer l'optimisation pour le phasage de la réalisation de la centrale solaire
- Examiner les besoins d'exploitation et de maintenance et évaluer les conséquences de la conception sur les systèmes de SONABEL

Le Consultant identifiera les questions fondamentales que l'étude doit prendre en considération en vue d'assurer que le projet soit économiquement viable (sur la base de son coût total actualisé sur le cycle de vie minimum).

Le Consultant définira le phasage optimal pour le développement du parc solaire pour atteindre 150 MWc avec un ou plusieurs sites basés sur la technologie PV avec du stockage :

- (i) Délimitation de l'aire proposée pour l'implantation des capteurs et de la centrale régionale solaire et du poste
- (ii) Conditions techniques incluant entre autres :
 - Les conditions d'ingénierie prenant en compte les normes pertinentes, internationales, nationales et celles propres aux sociétés d'électricité
 - Les conditions ambiantes prenant en compte les données climatiques et environnementales telles que : qualité de l'air (densité, aérosols), vitesse et direction du vent, température, hygrométrie, niveau de pollution, données géotechniques, sismiques, eaux de surface et souterraines, tenant compte des variations saisonnières de ces conditions et de leur évolution à moyen et long terme

(iii) Exigences techniques incluant entre autres :

- Le dimensionnement des installations de contrôle des panneaux et de conversion DC/AC dans le cas d'une installation photovoltaïque
- Le dimensionnement du système de stockage
- Le système SCADA

Le choix des technologies proposées devra veiller à minimiser les problèmes d'exploitation, de maintenance ou de réparation des équipements. On se limitera d'autre part à des technologies déjà éprouvées d'un point de vue industriel, ayant fait l'objet d'une exploitation continue de 5 ans minimum (avec l'exception du stockage ou le critère principal sera lié à sa pertinence pour l'utilisation précisée).

Les variantes étudiées devront aussi considérer en détail le mode d'exploitation du système national et régional permettant d'intégrer au mieux la production d'origine solaire.

Le Consultant proposera un nombre limité d'options de fonctionnement à examiner (au maximum 3) avec l'accord du Client. L'analyse des alternatives et options de fonctionnement à examiner se basera sur un nombre limité de scénarios réalistes de développement des réseaux nationaux, des interconnexions internationales et des moyens de production prévus au Burkina et dans la région.

Ces scénarios devront se baser sur les plans de développement proposés par l'EEEOA et le Gouvernement du Burkina dans le cadre de l'étude de stabilité, et être validés par l'ensemble des parties prenantes de l'étude. Un modèle sera mis à la disposition du Consultant pour sa mise à jour en vue d'effectuer les simulations nécessaires.

2.5.4 Tache 4 : Etude de Stabilité Transitoire du Réseau pour Technologie Finalisée

Le Consultant devra développer une étude de raccordement au réseau poussée basée sur celle développée en Tache 2. Cette étude couvrira le poste d'évacuation, la ligne d'évacuation et le poste de raccordement au réseau HT de la SONABEL, éventuellement aussi des renforcements et/ou améliorations nécessaires des réseaux : postes, systèmes SCADA, dispatching et de communications éventuellement requis.

Cette étude analysera l'impact et le phasage du parc solaire sur la stabilité dynamique de l'ensemble de son réseau afin entre autres de vérifier l'impact de la production solaires de forte puissance intermittentes en rapport à la puissance totale du parc de production et un fort taux de centrale PV dans le parc de production global conduisant à une faible inertie (réserve tournante) et à plus forte sensibilité sur la fréquence lors d'incident.

L'étude permettra de définir le taux de pénétration limite du solaire pour lequel tout dépassement peut conduire à des variations de fréquence excessives. Les points suivants seront affinés :

- Définir le niveau de réserves tournantes que ce soit au niveau du Burkina mais aussi au niveau des interconnexions pour maximiser la part de production solaire (sans inertie) et évaluer la part minimale qui doit être garantie sur ces interconnexions.
- Calculer le risque d'effacement et de délestage (délestage de charge par sous-fréquence) et de la vitesse de variation de la fréquence en cas d'incident.

L'étude dynamique proposée aura pour objectif d'analyser le comportement transitoire du système électrique étudié face à des perturbations de fortes amplitudes (perte de production due à l'intermittence solaire, mais aussi interconnexion ou centrales thermiques) pendant la pointe ou autres conditions pénalisantes.

L'état initial du réseau est celui déterminé par l'étude statique en situation de pointe ou dans des configurations pénalisantes comme par exemple les situations sans interconnexion et à faible charge réseau où les centrales solaires représentent une part plus forte de la production totale (fort taux de pénétration).

Il s'agit en particulier de vérifier que les parcs solaires ne conduisent pas à déstabiliser la fréquence et la tension dans une configuration minimale avec le risque d'activation des protections et le délestage de consommateurs. Les cas les plus intéressants étant :

- le passage de nuages avec baisse de production sur les parcs solaires (80 % en quelques dizaines secondes) et la remontée de puissance qui peut suivre.
- La perte d'une centrale ou d'un groupe significatif (non solaire) et la réaction compte tenu de la nouvelle réserve tournante.
- Perte de ligne chargée (notamment interconnexion).

A partir de cette approche les résultats sont analysés pour :

- La détermination de limites, spécifications particulières sur les matériels des centrales ou de renforcement à prévoir ;
- Préconiser des nouveaux modes opératoires à prévoir :
 - Ordre de marche des sources et réserve thermique/hydraulique à prévoir
 - Gestion des réserves tournantes.

Les outils et méthodes mises en place seront détaillés dans un rapport d'étude.

L'analyse dynamique suppose une modélisation dynamique des générateurs existants, cette modélisation est menée sur la base des données collectée complétée par des hypothèses typiques pénalisantes le cas échéant.

Un consultant va être recruté par la SONABEL pour réaliser une étude de stabilité globale sur le Burkina Faso. Dans le cadre de cette étude de stabilité, une étude d'intégration sera développée en parallèle de cette étude de faisabilité du parc solaire afin d'analyser la capacité d'absorption de la production du parc par le réseau interconnecté de la SONABEL.

Le Consultant travaillera donc en coordination avec l'équipe en charge de l'étude de stabilité pour développer les spécifications techniques du Projet et évaluer son intégration dans le réseau.

➤ **Etude d'intégration**

Le Consultant avec l'équipe en charge de l'étude d'intégration réalisera les simulations nécessaires pour analyser les modalités d'intégration dans le réseau et les contraintes engendrées. Cette étude permettra de confirmer le niveau maximum de pénétration de production solaire et les contraintes d'implantation correspondantes (taille maximale des centrales, moyens de compensation à mettre en œuvre, taille du stockage...).

Cette étude d'intégration sera effectuée conjointement et en collaboration avec le consultant en charge des Etudes de Stabilité du Système Electrique du Burkina Faso pour l'intégration

de la production solaire. Cette étude de stabilité doit déterminer les impacts de la production solaire, les limites de capacités installables induites et les investissements nécessaires pour assurer la stabilité et l'exploitation du réseau de la SONABEL au sein du EEEOA.

Le Consultant effectuera toutes les simulations nécessaires à l'examen de l'impact de la centrale régionale sur le fonctionnement du système et au dimensionnement des équipements de la centrale. Les analyses porteront au minimum :

- Calculs de transits de puissance afin d'établir les besoins éventuels de renforcement du réseau HT liés à la présence de la centrale régionale solaire, y compris les besoins éventuels en compensation réactive
- Calcul des pertes réseau pour les différentes alternatives technologiques et options de fonctionnement
- Calcul du niveau de stockage nécessaire pour limiter l'impact de la centrale régionale sur la réserve nationale et pour limiter les variations de la production
- Réglage de la tension. Besoins en compensation réactive
- Réglage de la fréquence. Impact sur la réserve tournante
- Protections spécifiques. Protections ou contrôles systémiques
- Contrôle et supervision. Informations à transmettre aux dispatchings nationaux et régionaux

Le Consultant s'assurera du respect des limites techniques applicables aux raccordements de centrales photovoltaïques sur le réseau de la SONABEL. Les limites techniques signifient les limites et contraintes techniques qu'une centrale photovoltaïque doit respecter pour pouvoir se raccorder au réseau de la SONABEL. Le consultant vérifiera les exigences (liste non exhaustive) en termes de :

- Plage de variation normale de la tension
- Plage de variation normale de la tension
- Fonctionnement dans les plages de de fréquence anormales
- Fonctionnement dans les plages de tension anormales
- Régulation de la puissance active
- Régulation de la puissance réactive
- Tenue aux creux de tension (« **LVRT** »)
- Tenue aux surtensions de brève durée (« **HVRT** »)
- Harmoniques
- Papillotement (Flicker)
- Déséquilibre
- Dispositifs de protection et de coupure
- Communication et télé-opération
- Vitesse de variation de puissance active pour le démarrage
- Alimentation sans interruption (« **ASI** »)
- Black Start (redémarrage à froid)

➤ **Design du raccordement**

Le Consultant réalisera les études d'ingénierie relatives à la réalisation des ouvrages de transport : poste d'évacuation de la centrale, ligne d'évacuation et poste de raccordement de

la SONABEL. Les études d'ingénierie permettant d'aboutir à une conception préliminaire des ouvrages de transport ainsi que les analyses permettant d'en vérifier la faisabilité technico-économique. Les études couvriront les volets ci-dessous :

- L'étude du tracé de la ligne de raccordement
- L'identification et l'étude des sites d'implantation des postes
- La conception d'ingénierie des lignes et des postes
- La préparation des schémas et des plans
- Les devis estimatifs sommaires des projets

La conception d'ingénierie des lignes et des postes sera effectuée selon les Standards au Burkina Faso. Le Consultant se rapprochera de la SONABEL pour s'assurer de la prise en compte de ces exigences. Les conditions et exigences suivantes devront être respectées.

(i) Conditions techniques incluant entre autres :

- Les conditions techniques prenant en compte les normes pertinentes, internationales, nationales et celles propres aux sociétés d'électricité
- Les conditions ambiantes prenant en compte les données climatiques et environnementales telles que : qualité de l'air (densité, aérosols), vitesse et direction du vent, température, hygrométrie, niveau de pollution, données géotechniques, sismiques, eaux de surface et souterraines, etc..., tenant compte des variations saisonnières de ces conditions
- Les conditions de réseau en prenant en compte la stabilité de fréquence et de tension, les perturbations admissibles (harmoniques, ...), les puissances de court-circuit, le risque de congestion, le plan de protection, les niveaux de tenue en court-circuit des équipements, le pouvoir de coupure des disjoncteurs, les réseaux de mise à la terre et les systèmes de communications incluant la fibre optique, le système SCADA et leurs compatibilités etc.

(ii) Exigences techniques incluant entre autres :

- La capacité de transit dans des conditions données (en situation normale ou dégradée du système) prenant en compte le réglage de tension, la production de puissance réactive
- La capacité de couplage prenant en compte le réglage de tension, les pertes réactives
- La fiabilité de fonctionnement, prenant en compte, la disponibilité et la maintenance et l'entretien
- Les aspects environnementaux prenant en compte les bruits d'origine électrique, l'impact visuel, le bruit acoustique, l'influence du champ électrique et magnétique, l'utilisation de la terre / droits de passage
- Les questions de protection et de sécurité publique et du personnel pendant les phases d'implémentation et d'exploitation

➤ **Contrôle-commande et SCADA**

Le Consultant devra examiner les systèmes existants et prévus de contrôle et communication incluant des plans de télé-protection, contrôle-commande et système d'acquisition et de contrôle des données (« **SCADA** ») et proposera, s'il y a lieu, l'extension de ces systèmes

pour prendre en compte la centrale solaire. S'ils sont inadaptés, le Consultant fera une proposition appropriée.

Toute nouvelle extension proposée sera du type numérique. Le Consultant devra aussi tenir compte, de manière adéquate, de l'évolution en cours du Centre d'Information et de Coordination (« **CIC** ») de l'EEEOA.

Le Consultant veillera à ce que les éventuels systèmes de communication et SCADA proposés soient compatibles avec les systèmes existants et prévus à court et moyen terme. L'utilisation d'une liaison à fibre optique comme canal principal de communication sera à considérer. Un système de back-up sera également à prévoir, le cas échéant via une liaison CPL. Le Consultant recommandera les équipements et outils nécessaires à l'estimation du productible en temps réel et en prévisionnel à court et moyen terme. Les données relevées par les équipements météorologiques installés au niveau du site (dont les mesures de rayonnement solaire) devront pouvoir être transmises au centre de conduite national et au CIC.

2.5.5 Mission 5 : Etudes de Production, de Viabilité Economique et des Arrangements Institutionnels

➤ **Etude de Production**

Le Consultant réalisera une analyse poussée du potentiel solaire du site après sélection du foncier, avec une analyse des données SolarGIS revue en fonction des données au sol du ZIE qui sera partagée avec le Consultant.

Après sélection de la conception technique, le Consultant produira une simulation de production sur un logiciel tel que PVSyst pour permettre d'utiliser ces données de simulation de production dans l'analyse financière.

➤ **Etude de l'Intérêt des Pays Limitrophes**

L'électricité du Parc Solaire sera vendue par l'IPP à la SONABEL. Comme le Parc Solaire est un projet régional sous l'EEEOA, une partie de l'électricité produite par le Parc Solaire pourrait être vendue aux pays limitrophes.

Dans le cadre de la formulation de propositions tarifaires, le Consultant devra également effectuer des consultations avec l'Autorité Régionale de Régulation de l'Electricité de la CEDEAO (« **ARREC** »), ainsi qu'avec l'autorité en charge de la régulation du secteur électrique au Burkina et de ses pays limitrophes. Le Consultant devra travailler avec les membres de l'EEEOA pour évaluer leur intérêt dans le Parc Solaire, leur utilisation potentielle de cette électricité (i.e. besoin en journée, pour leur pic du soir etc.) et le prix optimum pour le Parc Solaire qu'ils auraient identifié.

➤ **Arrangements Institutionnels**

Le Consultant développera un cadre dans lequel le projet pourra se mettre en place prenant en compte la mission et le mandat du WAPP ainsi que la législation du Burkina Faso. Dans ce cadre, le Consultant devra décrire le processus du développement de l'enchère (i.e. comment le consultant en transaction sera recruté et par qui), qui sera le signataire de l'accord d'achat d'Electricité avec l'IPP, la responsabilité des différents acteurs au niveau national et

régional et le cadre pour la gestion des infrastructures du Parc Solaire. Une étude du contexte légal et juridique dans le cas d'un projet privé devra aussi être développée présentant les contraintes qui peuvent être présentes dans le pays pour la mise en place d'une enchère pour le secteur privé.

➤ **Etudes Economiques et Financières**

Les objectifs des présentes études sont de déterminer la viabilité économique et la viabilité financière du Parc Solaire, et de fournir les justifications pertinentes et suffisantes pour sa réalisation. Le Consultant devra en outre effectuer les analyses et justifier de façon détaillée un schéma de développement pour la mise en œuvre et l'exploitation du Parc Solaire après sa réalisation.

Le consultant devra évaluer et comparer les coûts et bénéfices du projet par rapport aux scénarios alternatifs (production thermique d'origine locale et/ou importée, et autres options renouvelables) afin de déterminer la rentabilité économique du projet. Les avantages découlant du Parc Solaire seront mesurés en utilisant le concept de comparaison des meilleurs scénarios "avec le projet" et "sans le projet". Le consultant calculera le coût d'évitement de la tonne de CO₂. Pour cela, les avantages économiques liés à la réduction des émissions de CO₂ par rapport à une solution thermique « équivalente » seront quantifiés en volume et en valeur selon des hypothèses raisonnables et acceptables par les parties prenantes. Des avantages non quantifiables comme la réduction de la pollution locale seront examinés qualitativement. Le Consultant calculera entre autres indices la Valeur Actuelle Nette (« **VAN** »), le Taux de Rentabilité Financière et le Taux de Rentabilité Economique Interne (« **TREI** ») du projet et expliquera en détail les résultats.

La base principale pour le calcul de la rentabilité sera le calcul du productible électrique. Ce calcul doit être exécuté avec les valeurs P90 et doit tenir compte de toutes les pertes de l'installation ainsi que des rendements des différentes parties techniques soit champ solaire, onduleurs, stockage électrique le cas échéant, etc. pour le parc PV.

L'analyse financière devrait proposer et évaluer différents tarifs et structures institutionnelles de projets, ainsi que des montages financiers, qui rendraient le projet financièrement viable et garantirait un retour sur investissement acceptable pour l'achèvement du projet. Les inputs utilisés seront discutés en amont avec le Client.

Les propositions tarifaires se baseront sur une analyse du marché régional et devront proposer également des mesures complémentaires pour garantir la viabilité financière et la pérennité du projet. A cet effet, le consultant déterminera le gap de financement du projet en tenant compte de la différence entre le prix moyen de l'électricité et le coût de revient du Parc Solaire (pour chaque alternative technique), sur la durée de vie des installations.

Les analyses économiques et financières, feront l'objet d'analyses de sensibilité sur les paramètres affectant la viabilité du projet, entre autres, des prévisions de charge, des coûts de production, des plans d'expansion de la production et du transport, des coûts d'investissement, du mode de développement et de fonctionnement envisagé, des retards dans la mise en œuvre du projet, et des paramètres économiques.

➤ **Etudes des risques**

Le Consultant devra identifier et évaluer les menaces qui pèsent sur le Parc Solaire et recommander des mesures appropriées pour prévenir l'échec ou à tout le moins la diminution de la rentabilité du projet, ou justifier les principaux objectifs du projet, en ce qui concerne les délais, les coûts et les imprévus techniques ; cela durant la phase de mise en œuvre et de réalisation, ainsi qu'au cours de la phase opérationnelle.

Cette étude portera sur les prestations suivantes :

- (i) Identification des risques potentiels et classification de ces risques en fonction de :
 - Relation avec le projet : interne ou externe
 - Nature : politique, économique, institutionnelle, juridique, technique, organisationnelle, risques financiers, etc...
 - Origine : Sous-Contractants, Pouvoirs Publics, Bailleurs de Fonds, Consommateurs, etc...
 - Impact : dépassements de coûts, non-respect des délais et des devis techniques, contre-performances opérationnelles.
- (ii) Etude quantitative des risques en vue d'évaluer les impacts directs et indirects sur les objectifs du projet et les probabilités de leurs apparitions. Cette évaluation peut être complétée par une analyse qualitative.
- (iii) Proposition de mesures pour prévenir les risques et réduire leurs impacts, tout éventuel scénario de plan d'urgence, et une définition des devoirs et des responsabilités de la gestion des risques.

Le Consultant proposera une stratégie appropriée de mise en œuvre du Parc Solaire qui atténue les risques identifiés et prévoit des scénarios d'aléas qui tiendraient compte de l'exécution complète du projet.

2.5.6 Mission 6 : Diagnostic et Evaluation des Investissements pour le Renforcement et de Modernisation du Centre de Conduite National

Il est important pour le Burkina Faso de disposer d'un Centre de Conduite National performant permettant le pilotage des différentes centrales solaires en assurant la stabilité du réseau et la qualité du service électrique. Le développement prévu de la production solaire doit ainsi s'accompagner d'une mise à niveau du centre de télé-conduite de transport et de distribution en vue de :

- Augmenter le taux de pénétration des VRE tout en tenant compte des capacités d'intégration sur le réseau électrique sans mettre en péril sa stabilité générale
- Exploitation et conduite du réseau avec la gestion de l'intermittence de la production solaire
- Réduire les pertes techniques et commerciales
- Diminuer la puissance appelée en pointe en travaillant sur l'effacement de la demande

Afin de répondre à ces objectifs, en complément des travaux usuels de réhabilitation-renforcement du réseau, la mise en place de systèmes « intelligents » de type smart grid (exploitation en temps réel, automatisation de la réserve primaire et du réglage de fréquence, prévision de la production solaire, etc.) en supplément des traditionnels SCADA doit être considérée comme un axe de développement prioritaire.

Le Consultant devra donc entreprendre un diagnostic du Centre de Conduite National et des règles de conduite afin d'établir une évaluation des investissements de renforcement (étude, formation) et de modernisation (équipements hardware, software, etc.) afin d'assurer l'intégration de la production solaire.

Le Consultant effectuera des visites de terrain pour se rendre compte de l'état actuel du système électrique en vue de recueillir toutes les données requises pour sa mission.

Ces visites lui permettront de pouvoir analyser tous les documents et plans disponibles afin d'appréhender et analyser entre autres les points suivants :

- Description du système électrique actuel et futur sur les conditions d'exploitation des ouvrages et le procédé de conduite
- Evaluation de l'impact des centrales solaires sur les contraintes opérationnelles pour la télé- conduite du réseau
- Analyse et proposition d'amélioration des nouvelles règles de conduite à adopter
- Proposition des méthodes analyses d'évènements et de prise de bonnes décisions en vue de l'intégration des centrales solaires
- Proposition pour la mise à niveau du centre de télé-conduite dont entres autres la mise en place (i) WAMS (Wide Area Measurement System) pour mesurer en temps réel le niveau de stabilité du réseau (ii) d'un poste d'exploitation dédié à la gestion des énergies renouvelables (iii) système d'effacement pour la production solaire en tenant compte des implications financières liées à l'obligation d'achat des IPP (iv) Intégration de systèmes de télégestion des centrales solaires (v) mise en place d'outils (logicielle pour étude de l'intégration des VRE sur les réseaux) et de procédures (vi) remontée d'informations vers le Centre de Conduite et interface télécoms/ d'intégrations de toutes les données issues des centrales PV
- Mise en place d'une autonomisation de la prédiction des VRE et réduction des déviations des programmes de production. Le Consultant devra s'assurer que ce système de prévision ainsi que les échanges d'information avec les parcs de production des énergies renouvelables permettront aux opérateurs la conduite optimale du système électrique
- Identification des écarts et proposition des pistes d'amélioration en termes d'études, investissements et formation
- Evaluation et définition du renforcement de capacités des dispatchers pour assurer l'Exploitation et la Conduite des nouvelles centrales VRE.
- Configuration optimale (réhabilitation du dispatching actuel avec un poste dédié à l'énergie renouvelable ou création d'un dispatching dédié à l'énergie renouvelable) pour l'exploitation en temps réel des énergies renouvelables variables (« VRE ») au Burkina Faso en considérant les autres projets actuellement planifiés. Le Consultant recommandera les équipements hardware et software et outils nécessaires afin de réaliser une exploitation en temps réel sur la base de la technologie Smart Grid.

Le Consultant soumettra dans son offre une méthodologie détaillée de son approche pour cette tâche.

Après ces visites et l'examen critique de la situation ainsi établie, il établira les possibilités techniques d'installation de systèmes modernes dotés des outils requis pour accroître la sécurité et la fiabilité de la fourniture en énergie électrique. Ces analyses lui permettront ainsi de définir

les financements requis en termes d'investissements, d'étude et de formation pour la mise à niveau du centre de télé-conduite pour assurer l'intégration de la production solaire. Le Consultant établira une estimation financière pour ces 3 composantes en priorisant les investissements pour une mise à niveau réaliste des solutions à mettre en œuvre.

Le rapport sur cette tâche comprendra deux volets :

- Un diagnostic de l'exploitation et conduite du réseau de transport (postes sources, automatisme, contrôle-commande, dispatching, système d'information) permettant d'évaluer les « projets de réseaux intelligents qui permettront une amélioration rapide de la qualité de service et faciliteront l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux existants et à venir
- Une évaluation des besoins d'investissements sur le réseau de transport portant sur des travaux ou de l'appareillage conventionnel (renforcement/extension de ligne, installation de postes HT, GIS notamment...) ainsi que sur des systèmes intelligents permettant d'améliorer ses performances, réduire les pertes techniques et commerciales, faciliter sa gestion et permettre l'intégration d'une forte proportion d'énergies renouvelables intermittentes

2.5.7 Mission 7 : Formation

Les services du Consultant incluront un transfert de connaissances et une formation dans les locaux du Consultant sur les domaines couverts par l'étude. Le transfert de connaissances sera effectué sur le terrain. A cette fin, le Consultant devra intégrer les homologues désignés par les bénéficiaires respectifs dans ses équipes et travailler en étroite collaboration avec eux au cours des différentes phases de l'étude.

La formation dans les locaux du Consultant sera dispensée après la réception du Rapport d'Etude de Faisabilité par le Secrétariat Général de l'EEEOA et le Ministère de l'Energie. En plus d'un renforcement de capacités dans les domaines couverts par l'étude, cette formation devra permettre aux experts locaux d'appréhender au mieux le contenu du rapport et de donner leur réaction initiale. Ce sera également l'occasion pour le Consultant d'obtenir des clarifications ou des précisions sur les attentes des bénéficiaires.

À cette fin, la Direction Nationale de l'Energie, la Direction des Energies Renouvelables et la SONABEL devront désigner chacun deux cadres homologues, et un cadre sera désigné par le Secrétariat Général de l'EEEOA. Un cadre de la l'Autorité de Régulation du Sous-secteur de l'Electricité du Burkina (« **ARSE** ») et de l'ARREC seront également désignés pour participer à la formation.

Cette formation sera en français. La proposition du Consultant doit comporter les détails du programme de formation et décharger le Client de tous frais associés à l'organisation de la formation des experts dans les locaux du Consultant. La formation devra durer environ une semaine. La proposition du Consultant devra également contenir l'approche et la méthodologie qu'il compte utiliser pour arriver à un véritable transfert de connaissances aux cadres homologues. Le programme de formation se focalisera, entre autres sur :

- Le choix des critères de conception, l'organisation de la campagne de mesure, l'étude de site et la conception de la centrale, y compris le choix des équipements, les spécifications, ainsi que les logiciels/modèles utilisés

- Le modèle et la méthodologie utilisés pour la réalisation des analyses techniques de la centrale et des réseaux et les logiciels/modèles utilisés. Les études menées sur le projet seront expliquées en détail au cours du programme de formation
- Le modèle et la méthodologie utilisés pour conduire les études économiques et financières. Les études menées sur le projet doivent être expliquées en détail au cours du programme de formation

Par conséquent, la proposition devra également inclure les coûts associés à la cession intégrale au Secrétariat Général de l'EEEOA et à chacun des bénéficiaires, du matériel informatique et des différents logiciels/modèles utilisés dans le cadre des études techniques, économiques et financières en vue d'un rendement maximal. À l'issue de la formation, le Consultant devra soumettre un rapport détaillé sur la formation dispensée.

2.6 Documents à Produire : Rapports et Présentations

Les prestations à fournir au Client comprennent la préparation puis la soumission, dans les délais fixés, de tous les documents et rapports. Tous les documents et rapports doivent être préparés en français et doivent être soumis par le Consultant en version papier et en version électronique simultanément au Secrétariat Général de l'EEEOA, et au Ministère de l'Énergie du Burkina conformément aux spécifications ci-dessous. Les rapports seront transmis par lettre officielle du Secrétariat Général de l'EEEOA au Ministère de l'Énergie du Burkina et à l'Agence de financement. Toutes les cartes seront fournies sous forme informatique dans un format de Système d'Information Géographique (« **SIG** ») approuvé par les parties prenantes.

Les copies imprimées seront fournies dans le nombre spécifié d'exemplaires à chaque destinataire.

Les versions électroniques seront fournies sur une clé USB et comprendront :

- une version PDF complète du rapport imprimé, éventuellement sous forme de portfolio de façon à limiter la taille des fichiers individuels. Cette version PDF sera produite à partir des fichiers source de façon à pouvoir être indexée ; un scan du rapport imprimé n'est pas acceptable
- les fichiers source d'origine des documents dans un format approuvé par les parties prenantes (par exemple, fichier Word pour les textes ou Excel pour les tableaux). Les cartes seront fournies dans un format SIG approuvé par les parties prenantes. Les autres schémas seront fournis sous format Autocad

Dans sa proposition, le Consultant devra prévoir une réunion de lancement et des ateliers pour présenter toutes les versions provisoires des rapports en vue de faciliter la préparation des commentaires.

Toutes ces réunions et ateliers se tiendront à Ouagadougou ou à Cotonou selon la volonté du Client, soit :

- (i) La réunion de lancement de l'étude de faisabilité présentant le Rapport Initial
- (ii) Présentation des résultats préliminaires sur l'identification et sélection des sites
- (iii) Présentation des résultats préliminaires du choix technologique et la configuration de la centrale, et l'étude d'intégration dans le réseau
- (iv) L'examen du rapport préliminaire de l'étude de faisabilité

- (v) L'examen du rapport provisoire d'étude de faisabilité
- (vi) L'examen du rapport provisoire du « Diagnostic et Evaluation des Investissements pour le Renforcement et de Modernisation du Centre de Conduite National »
- (vii) Deux Conférences des Partenaires Techniques et Financiers
- (viii) Formations avec le Client

Le Consultant supportera pour le compte du Client tous les coûts liés à l'organisation des réunions et des séminaires, conformément aux pratiques du Secrétariat Général de l'EEEOA.

L'ensemble des rapports et présentations devront également être disponibles sur un site web dédié du projet à mettre en place par le Consultant.

2.6.1 Rapport Initial

Le Consultant devra présenter dans un délai de deux semaines, à compter du démarrage de la prestation, un rapport initial qui contiendra, entre autres, le plan de travail et la méthodologie, le calendrier de travail, les commentaires annotés de chaque rapport qui seront présentés et fournis au Secrétariat Général de l'EEEOA, au Ministère de l'Énergie du Burkina.

Le nombre de copies de rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Initial :

- Trois exemplaires imprimés et trois copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina Faso
- Trois exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.2 Rapport de Collecte des Données (Tache 1)

Sur la base de résultats de la réévaluation de l'étude préliminaire, le Consultant devra préparer un rapport de données, après l'achèvement de la tâche de collecte et d'analyse des données. Le rapport inclura toutes les données techniques et économiques sur les réseaux nationaux de transport, y compris les schémas unifilaires du réseau de transport HT et les postes de transformation. Il indiquera aussi les données physiques et environnementales recueillies sur les sites identifiés pour l'installation de la centrale régionale solaire. Pour les deux postes de raccordement identifiés, ces données seront représentées sur une carte dans un rayon de 20 km avec les différents critères de sélection suivants :

- Cadastre
- Zones sensibles environnementales
- Zones d'habitations
- Particularités géotechniques de la zone
- Irradiation solaire

Le rapport de collecte des données devra aussi indiquer les hypothèses et les données d'entrée pour la conduite de l'étude de faisabilité. En outre, le rapport devra préciser les critères de

conception qui seront utilisés dans l'étude technique de la centrale, du poste et de la ligne de connexion au réseau HT.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire de collecte de données :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final de collecte de données :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.3 Rapport sur la Sélection du Site (Tache 2)

Le rapport inclura toutes les données qui ont permis de sélectionner le(s) site(s) pour le Parc Solaire. Les éléments suivants devront être partie intégrante du rapport entre autres :

- Cartographie avec les différents critères de sélection représentés - cadastre, zones sensibles environnementales, zones d'habitations (hameaux/villages etc.), particularités géotechniques de la zone, et irradiation solaire – dans un rayon de 20km du poste de raccordement sélectionné
- Synthèse des discussions avec les collectivités locales
- Argumentations Techniques, Juridiques, E&S, Foncier pour le(s) sites sélectionnés
- Caractéristiques du raccordement au réseau de la SONABEL et étude préliminaire d'intégration dans le réseau aux deux postes de raccordement
- Analyse détaillée du potentiel solaire du site sélectionné avec une analyse des données SolarGIS revue en fonction des données au sol du 2IE qui sera partagée avec l'équipe de consultants
- Une fois que le(s) site(s) ont été sélectionnés, rapport d'installation d'un poste de mesure de l'irradiation solaire sur le foncier sélectionné selon les critères techniques fournis par les experts techniques

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.4 Rapport sur la Conception Technique de la Centrale (Tache 3 et 4)

Le rapport sur la configuration de la centrale et son raccordement au réseau comprendra les recommandations du Consultant en ce qui concerne la technologie à mettre en œuvre sur le site sélectionné (panneaux solaire, équipementiers de batteries, etc.), les configurations proposées pour l'implémentation par phase de la centrale, l'étude d'intégration et les infrastructures et équipements (SCADA, etc.) nécessaires au raccordement. De plus, le rapport comprendra les résultats de l'étude de raccordement au réseau pour la configuration technologique finalisée.

Le rapport sur le choix technologique, la configuration du phasage de la centrale et du raccordement au réseau de la SONABEL se basera sur l'étude d'intégration au réseau du Parc Solaire.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.5 Mémoire sur l'Intérêt des Pays Limitrophes et des Arrangements Institutionnels (Tache 5)

Le Consultant produira un mémoire sur l'intérêt des pays limitrophes pour l'achat de l'électricité du Parc Solaire en organisant des réunions avec les pays de l'EEEOA et sur les arrangements institutionnels. Ces réunions peuvent être combinés avec celle prévue pour le Parc Solaire du Mali.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Mémoire Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Mémoire Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.6 Rapport d'Etude de Faisabilité (Tache 1 - 5)

Le rapport devra comprendre un rapport de synthèse et un rapport principal. Basée sur les résultats de la Tache 2, le Consultant devra produire une ou deux études de faisabilité dépendant si les deux sites ont été approuvé ou non.

Le Consultant soumettra un rapport préliminaire pour les commentaires du Client, et une version provisoire du rapport d'étude de faisabilité intégrant tous les commentaires requis et un rapport final intégrant les commentaires du Client et des bailleurs pour chaque étude de faisabilité.

Dans le Rapport Final de chaque étude de faisabilité sera inclus :

- Vue d'ensemble du projet** : description, soutien gouvernemental local, potentiel solaire du site, bénéfices environnementaux et sociaux
- Evaluation du site** : localisation du site, son utilisation actuelle, son statut d'acquisition, évaluation technique (topographique, géologique, climatologique et hydrologique, risque d'inondation), évaluation sociale (démographique, développement régional économique et social)
- Intégration au réseau** (en partenariat avec l'équipe de consultant de l'étude de réseau) : description de la capacité installée, de la demande d'énergie actuelle et future, du réseau électrique et l'analyse de réseau du Parc Solaire
- Description de la solution technique choisie** : description du système et de sa configuration, description de sa production (si usage de batteries)
- Analyses économiques et financières** : évaluation de l'impact économique et de la viabilité financière du projet sous différents scénarios et montages financiers.
- Analyse de risque**

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit pour chaque étude de faisabilité :

Rapport Préliminaire de l'étude de faisabilité :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Provisoire de l'étude de faisabilité :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final de l'étude de faisabilité :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Le Rapport final de l'étude de faisabilité devra être livré sous une forme adéquate (avec page de garde et mise en forme en particulier) conformément aux bonnes pratiques acceptables par le Client et les Agences Internationales de Financement.

2.6.7 Diagnostic et Evaluation des Besoin pour le Centre de Contrôle (Tache 6)

Le Consultant produira (i) un diagnostic de l'exploitation et conduite du réseau de transport (postes sources, automatisme, contrôle-commande, dispatching, système d'information) permettant d'évaluer les « projets de réseaux intelligents qui permettront une amélioration rapide de la qualité de service et faciliteront l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux existants et à venir ; ainsi que (ii) une évaluation des besoins d'investissements sur le réseau de transport portant sur des travaux ou de l'appareillage conventionnel (renforcement/extension de ligne, installation de postes HT, GIS notamment...) ainsi que sur des systèmes intelligents permettant d'améliorer ses performances, réduire les pertes techniques et commerciales, faciliter sa gestion et permettre l'intégration d'une forte proportion d'énergies renouvelables intermittentes.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.6.8 Formation (Tache 7)

Les services du Consultant incluront un transfert de connaissances et une formation dans les locaux du Consultant sur les domaines couverts par l'étude.

Cette formation durera au moins une semaine et le Consultant devra soumettre un rapport détaillé sur la formation dispensée.

Le nombre d'exemplaires du rapport détaillé à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Détaillé :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Burkina
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

2.7 Durée de l'Etude et Calendrier

La durée d'exécution des prestations de base ne doit pas dépasser 6 mois (28 semaines). Le Consultant proposera dans son offre, un calendrier détaillé d'exécution de la consultation.

A cet effet le calendrier suivant est proposé à titre indicatif :

Etape clé	Date
Date d'Entrée en Vigueur du Contrat du Consultant	
Réunion de lancement (*1)	So
Rapport Initial	So + 1 semaine
Rapport de collecte des données (Tache 1)	
Rapport Préliminaire	So + 5 semaines
Réunion de Validation	So + 6 semaines
Rapport Final	So + 9 semaines
Rapport sur la sélection du site (Tache 2)	
Rapport Préliminaire et discussions avec les collectivités locales	So + 12 semaines
Réunion de Validation	So + 13 semaines
Rapport Final avec sélection finale de(s) site(s)	So + 15 semaines
Rapport sur la conception technique du Parc Solaire (Tache 3 et 4)	
Rapport Préliminaire	So + 15 semaines
Réunion de Validation	So + 16 semaines
Rapport Final	So + 18 semaines
Mémorandum sur l'intérêt des pays limitrophes et arrangement institutionnels (Tache 5)	
Discussions avec les pays de l'EEEOA sur le Parc Solaire	So + 18 semaines
Mémorandum Final intégrant commentaires des membres de l'EEOA	So + 21 semaines
Rapport d'Etude de Faisabilité (Tache 1 à 5)	
Rapport Préliminaire	So + 21 semaines
Réunion de Validation	So + 23 semaines

	Rapport Final	So + 25 semaines
Diagnostic et Evaluation des Besoins du Centre de Contrôle (Tache 6)		
	Rapport Préliminaire	So + 15 semaines
	Réunion de Validation	So + 17 semaines
	Rapport Final	So + 20 semaines
Formation (Tache 7)		
	Formation	So + 26 semaines
	Rapport Final	So + 27 semaines

3. PARC SOLAIRE AU MALI : ETUDE DE FAISABILITE

3.1 Introduction

3.1.1 Secteur de l'Electricité au Mali

Le secteur de l'électricité se caractérise par une forte demande d'énergie s'élevant à 10% en moyenne par an. Pour satisfaire cette forte croissance, la société Energie du Mali-SA (« **EDM-SA** ») fournit des efforts importants pour renforcer ses capacités de production, de transport et de distribution en vue d'assurer la continuité du service public de l'électricité tant au niveau du réseau interconnecté (« **RI** ») que des centres isolés (« **CI** »).

Toutefois, cet engagement se traduit par une situation très préoccupante au plan technique et financier. En effet, la société a recours à la location de groupes diesel qui génèrent des coûts de production défavorables à la trésorerie de EDM-SA.

Face à cette situation, le Gouvernement du Mali dans le cadre de son Plan d'actions 2013-2018, a adopté en 2014, un Plan de Redressement de la Situation Financière et Opérationnelle du Secteur de l'Electricité pour la période 2014-2020, qui vise l'amélioration de la disponibilité de l'énergie électrique à travers :

- L'augmentation de la production hydroélectrique, par l'exploitation du potentiel hydroélectrique du pays
- La réduction des pertes techniques et commerciales sur les réseaux électriques
- L'accroissement de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité
- L'augmentation des capacités de transit la réalisation des lignes d'interconnexion électriques avec les pays voisins et le renforcement du réseau de transport

De plus, le Plan Directeur d'Investissement Optimal (« **PDIO** ») du sous-secteur de l'électricité élaboré en 2008, qui a été mis à jour pour la période 2015-2035, indique la nécessité de poursuivre les interconnexions sous régionales à la suite de celle réalisée en 2011 avec la Cote d'Ivoire, pour la satisfaction de la demande à moindre cout.

3.1.2 EDM-SA

Energie du Mali, SA, est responsable du transport et de la distribution d'électricité dans un périmètre concédé couvrant les grands centres urbains du pays. Elle agit aussi pour une durée déterminée, comme acheteur central auprès des producteurs privés récemment installés ou en cours d'installation dans le pays.

Le RI dessert un certain nombre de localités autour de la capitale Bamako et EDM-SA exploite aussi des CI de production et distribution autonome par localité.

La production EDM-SA sur le RI comprend six centrales (puissance installée 294,5 MW) :

- Centrale hydroélectrique de Sélingué : 46,4 MW
- Centrale hydroélectrique de Sotuba : 5,7 MW
- Centrale thermique de Darsalam : 36,6 MW
- Centrale thermique de Balingué : 19 MW

- Centrale thermique B.I.D à Balingué : 68 MW

EDM SA s'approvisionne en énergie auprès d'autres producteurs qui exploitent des centrales sur le territoire national. Il s'agit :

- De la SOGEM qui opère pour le compte de l'OMVS les centrales hydroélectriques de :
 - Manantali : 200 MW installés dont 104 MW de quote-part du Mali
 - Félou : 60 MW installés dont 27 MW de quotepart du Mali
- Du producteur indépendant SOPAM qui a exploité en Build-Own-Operate-Transfer (« **BOOT** ») une centrale thermique diesel de 56 MW installés, fonctionnant au fuel lourd. La concession étant arrivée à terme en mai 2016, la centrale est en cours de transfert au Gouvernement du Mali.
- Les centrales thermiques de location Aggreko Kati et Balingué pour 58 MW et SES à Lafia et Sikasso pour 10 MW chacun et AKSA pour 40 MW soit une puissance installée de 118 MW au total.

Deux projets solaires sont en cours de financement et plusieurs dans le pipeline.

3.1.3 Réseau Interconnecté

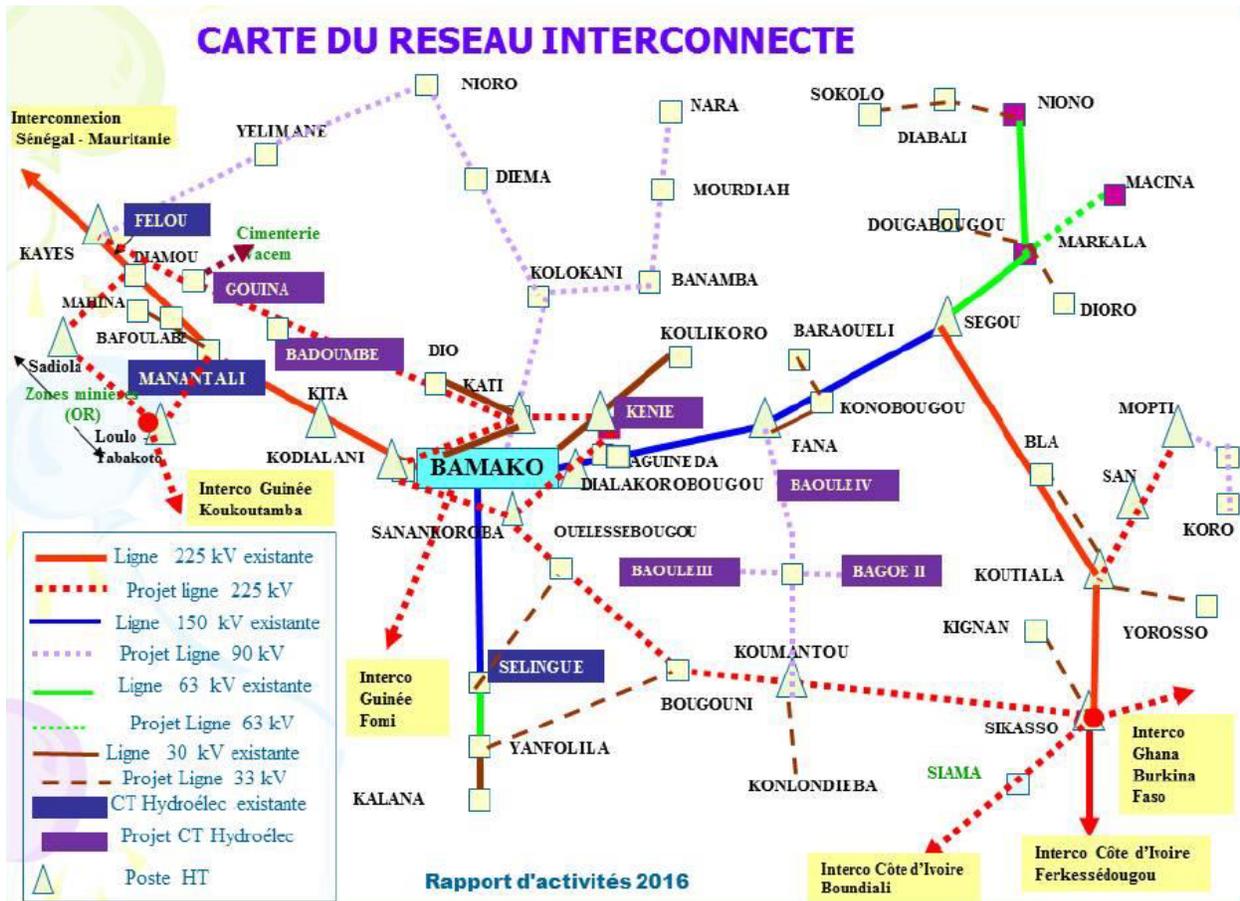
L'alimentation en énergie électrique du Mali repose fortement sur les centrales thermiques et hydroélectriques. Compte tenu de l'instabilité actuelle du coût des hydrocarbures, EDM-SA s'est tournée vers les réseaux internationaux interconnectés en vue de diversifier ses sources d'énergie et augmenter son potentiel de couverture sécurisée.

Le réseau interconnecté comprend des infrastructures de transport aux tensions nominales de 225 kV, 150 kV et 63 kV. Il est interconnecté avec une ligne de 225 kV avec le Sénégal et la Côte d'Ivoire. Le réseau interconnecté comprend une ligne de 150 kV qui relie Bamako à Sélingué, la ligne 150 kV Bamako-Ségou, la ligne 225 kV SOGEM EST qui relie Manantali à Bamako, la ligne d'interconnexion Mali – Côte d'Ivoire 225 kV Sikasso – Koutiala – Ségou en provenance de Ferkessedougou, la ligne 225 kV SOGEM OUEST Manatali – Kayes en partance vers Dakar et Nouakchott.

Les différents projets de ligne de transport 225 kV devant aboutir à la ville de Bamako pour livrer l'énergie en vue de satisfaire la demande et nécessitant la réalisation de la boucle 225 kV sont :

- Interconnexion Guinée-Mali : Cette interconnexion vise l'objectif d'amener l'énergie de la Guinée jusqu'à Bamako à travers une liaison 225 kV partant de Siguiri pour rejoindre Bamako par Sanakoroba. La Guinée planifie de rendre disponible la centrale hydroélectrique de Souapiti d'une puissance de près de 500 MW à l'horizon 2020 après Kaleta.
- Interconnexion Ghana-Burkina-Mali : Cette interconnexion vise le double objectif d'amener l'énergie de la Côte d'Ivoire et du Ghana jusqu'à Bamako à travers une liaison 225 kV partant de Bobo au Burkina Faso pour rejoindre Sikasso puis Bamako. Le EEEOA dans son plan d'urgence a entrepris la réalisation de centrales thermiques au gaz au coût de production modéré (450 MW à Doumuni au Ghana et 450 MW à Maria Gleta au Bénin). L'intérêt pour EDM-SA étant de pouvoir négocier le contrat d'achat avec ces centrales pour suppléer la centrale thermique diesel

La centrale de Gouina troisième du genre de l'OMVS nécessite la réalisation d'une ligne double terre 225 kV aboutissant à Bamako par le futur poste de Kati, l'ancienne ligne Manantali-Kita-Kodialani (Bamako) étant saturée. Il faut noter que l'énergie d'autres futures centrales de l'OMVS tel que Badoumbé, Koukoutamba et Boureya en Guinée sont prévue d'être évacuée par cette ligne sur Bamako.



3.2 Contexte de l'Etude

3.2.1 Etude de Préfaisabilité

Dans le cadre du développement d'un Parc Solaire à vocation régionale au Mali (« **Parc Solaire Malien** »), une étude de préfaisabilité a été conduite sous la supervision de l'EEEO en 2011. Cette étude de préfaisabilité a évalué les conditions techniques, économiques et environnementales pour un parc de 30 Mwc. La localisation du projet n'a pas été définie précisément dans le cadre de l'étude de préfaisabilité.

La principale conclusion de cette étude est qu'une puissance de 30 MW est compatible avec la capacité du réseau interconnecté du Mali d'absorber l'énergie électrique produite, les technologies éprouvées disponibles sur le marché pour cette taille de centrale, et le volume des investissements et aides financières disponibles pour réaliser le projet.

3.2.2 Sélection des Sites et des Postes de raccordement

L'étude de pré-faisabilité n'apportant pas de jugement sur la location du Parc Solaire Malien, il y a un besoin d'approfondir les critères de sélection pour choisir les meilleures postes de raccordement pour l'étude de faisabilité. Les critères de sélection du/des meilleur(s) site(s) sont :

- (i) Une excellente irradiation solaire
- (ii) Une disponibilité importante de terrain dans un alentours de 20 km du poste de raccordement
- (iii) Une faible utilisation agricole des terres
- (iv) Un accès direct à une zone de demande forte en électricité et/ou à une interconnexion

La pré-sélection de trois postes de raccordement d'EDM-SA qui seront communiquées en amont avec le Consultant avant le début de l'étude de faisabilité.

3.2.3 Intégration dans le Réseau et Stockage

L'étude de pré-faisabilité ne considérant que 30 MWc il est important de développer un scénario prenant en compte la capacité totale de 150 MWc du Parc Solaire Malien.

Par ailleurs le réseau Malien ayant un manque de puissance réactive et de réserve tournante, une large centrale solaire aurait un impact potentiellement néfaste sur le réseau électrique. Pour mieux comprendre ces problématiques une étude d'intégration et de stabilité dans le réseau du Parc Solaire sera développée par le Consultant ainsi qu'un diagnostic et évaluation des besoins en investissements pour le renforcement et la modernisation du Centre de Conduite National. Selon des premières estimations, le 150 MWc Parc Solaire sera combiné avec entre 100 et 150 MWh de batterie. Le Consultant devra raffiner les caractéristiques techniques du Parc Solaire par rapport à ces études.

3.3 Objectif de l'Etude

L'étude de faisabilité a trois objectifs principaux :

➤ Identifier et Sélectionner le foncier du Parc Solaire

Le Consultant devra identifier des parcelles de terre d'une taille d'environ 100 hectares dans un périmètre de 20 km des trois postes de raccordement sélectionnés par le Gouvernement Malien. Ces parcelles devront être proches les unes des autres pour permettre une agrégation des parcelles équivalente à 225 hectares. Cela se fera grâce à une revue du cadastre, des zones sensibles environnementales, des zones d'habitations (hameaux/villages etc.), des particularités géotechniques de la zone, et de l'irradiation solaire et ce en partenariat avec le Client et le gouvernement local. Une analyse d'intégration dans le réseau permettra d'identifier des potentielles contraintes d'intégration d'un Parc Solaire de 150 MWc avec entre 100-150 MWh de batteries au poste d'évacuation du parc. Le Consultant évaluera la faisabilité de l'intégration du Parc Solaire aux trois postes de raccordement sélectionnés.

Le Consultant devra souligner les risques potentiels de chaque parcelle de terre et sous-stations et travaillera en étroite collaboration avec les équipes juridiques et Environnementales/Sociales de la Banque Mondiale pour tout ce qui est sauvegardes et vérification du foncier. Une EIES sera développée de façon séparée, sous un autre contrat.

Grace au résultat de l'étude d'intégration et d'identification de terrain, le Consultant avec le Client sélectionnera un terrain dans l'un ou deux postes de raccordement.

➤ **Finaliser les aspects techniques de la centrale solaire**

Le Consultant devra finaliser les caractéristiques techniques du Parc Solaire pour permettre un déplacement dans le temps de la production solaire de deux à trois heures vers le pic du soir ainsi que d'une production plus contrôlée et stable dans la journée. Cela devra être fait à partir des résultats de l'étude d'intégration dans le réseau du Parc Solaire et par des discussions avec des constructeurs de centrales solaires et des équipementiers de batteries ainsi qu'avec les équipes financières et techniques de la Banque Mondiale.

Le Consultant devra optimiser le phasage et l'évacuation du projet grâce à une étude d'intégration dans le réseau du Parc Solaire.

Le Consultant devra élaborer tous les schémas relatifs à la conception technique préliminaire du Parc Solaire. Le Consultant devra aussi finaliser les caractéristiques techniques de la ligne de transmission entre le Parc Solaire et le poste de raccordement.

➤ **Diagnostic et Evaluation Investissements pour le Renforcement et la Modernisation du Centre de Conduite National**

Le Consultant devra entreprendre un diagnostic du Centre de Conduite National et des règles de conduite afin d'établir une évaluation des investissements de renforcement (étude, formation) et de modernisation (équipements hardware, software, etc.) du réseau et du Centre de Conduite National afin d'assurer l'intégration de la production solaire.

3.4 Etendue de la Prestation

Le Consultant devra fournir des services conformément aux pratiques internationalement reconnues en la matière. Le Consultant assurera également ses services d'une manière indépendante, conformément aux normes internationales acceptables et aux lois et règlements en vigueur au Mali et dans les autres pays concernés par le projet.

L'EIES sera assuré par un autre consultant dans le cadre d'un contrat distinct. Le Consultant devra collaborer étroitement avec l'équipe de consultants chargé de l'EIES en vue de garantir l'achèvement de l'Etude de Faisabilité dans les délais prescrits.

L'étendue des prestations de base devra consister à la fourniture de livrables ou des activités suivantes sans s'y limiter :

- Assurer la collecte de données sur l'ensemble des éléments à considérer pour le développement, la construction et l'exploitation de centrales régionales d'énergie renouvelable au Mali ;
- Développer une carte avec les différents critères de sélection représentés - cadastre, zones sensibles environnementales, zones d'habitations (hameaux/villages etc.), particularités géotechniques de la zone, et irradiation solaire – dans un rayon de 20 km du poste de raccordement sélectionné ;
- Organiser des discussions avec les collectivités locales sur le Parc Solaire ;

- Identifier des parcelles de terre qui pourraient être utilisées pour le Parc Solaire et confirmer en collaboration avec le Consultant en charge de l'EIES, et les collectivités locales et national, la faisabilité des parcelles de terre sélectionnés ;
- Valider la disponibilité du poste de raccordement pour un projet de 150 MWc de solaire PV avec de la batterie, le Consultant donnera un classement entre les deux sites et leur faisabilité ;
- Réaliser une étude d'écoulement de charge et stabilité en tension afin d'analyser les impacts de la production des parcs solaires sur la stabilité du réseau. Cette étude sera réalisée sur une modélisation statique et dynamique du réseau et permettra d'assurer la faisabilité de l'évacuation et du raccordement au réseau ainsi qu'une évaluation des investissements nécessaires pour le raccordement (ligne et poste) et les renforcements éventuels du réseau ;
- Finaliser la sélection du foncier pour les 150 MWc et leur droit de passage pour les lignes de transmission, pour les deux sites ou pour un seul dans le cas où l'un des deux sites se révélera irréalisable (le « **Foncier Sélectionné**») ;
- Réaliser une analyse poussée du potentiel solaire du site (après sélection du foncier), avec une analyse des données SolarGIS ;
- Installation d'un ou deux postes de mesure de l'irradiation solaire sur le Foncier Sélectionné (dépendant si un ou deux sites auront été sélectionnés) selon les critères techniques fournis par les experts techniques des différentes parties prenantes ;
- Déterminer la faisabilité technique du Parc Solaire et conception technique d'un niveau de détail correspondant à l'étape de la faisabilité ;
- Confirmer la solution technologique et la configuration recommandée du Parc Solaire avec un système de stockage, avec une attention plus importante sur la taille du stockage. Le Consultant devra suggérer le phasage optimal avec les différentes étapes pour atteindre 150 MWc sur chaque site en fonction du réseau ;
- Organiser des discussions avec des constructeurs de centrales solaires et des équipementiers de batteries ;
- Finaliser l'optimum de batterie pour le Parc Solaire ainsi que son phasage ;
- Finaliser l'étude de stabilité transitoire avec la solution technique retenue pour assurer l'intégration dans le réseau du Parc Solaire ;
- Développer une simulation du système complet solaire et batterie utilisant le software PVSyst après sélection de la technologie. Le PVSyst sera rajouté en annexe du Rapport Final ;
- Déterminer la viabilité du Parc Solaire en développant une analyse financière, une analyse économique, une analyse de risques et une analyse légale et juridique sur le développement d'un projet IPP au Mali ;
- Déterminer le potentiel de vente de cette électricité aux pays limitrophes ;
- Développer un Rapport Final pour chaque site sélectionné qui inclura :
 - (i) **Vue d'ensemble du Parc Solaire** : description, soutien gouvernemental local et national, potentiel solaire du site, bénéfices environnementaux et sociaux
 - (ii) **Evaluation du site** : localisation du site, son utilisation actuelle, son statut d'acquisition, évaluation technique (topographique, géologique, climatologique et hydrologique, risque d'inondation), évaluation sociale (démographique, développement régional économique et social)

- (iii) **Intégration au réseau** (en partenariat avec l'équipe de consultant de l'étude de réseau) : description de la capacité installée, de la demande d'énergie actuelle et future, du réseau électrique et l'étude d'intégration dans le réseau du Parc Solaire
- (iv) **Description de la solution technique** : description du système et de sa configuration, description de sa production avec l'usage de batteries et du phasage
- (v) **Analyse économique et financière** : évaluation de l'impact économique et de la viabilité financière du projet sous différents scénarios et montages financiers
- (vi) **Analyse de risque**
 - Le renforcement des capacités du personnel du Ministère de l'Énergie, du Secrétariat Général de l'EEEOA, de l'EDM-SA et d'autres opérateurs concernés à travers un programme d'assistance à la préparation du Parc Solaire incluant tous les aspects techniques, économiques et financiers ; et
 - Effectuer un diagnostic du Centre de Conduite National évaluant les investissements de renforcement et de modernisation.

3.5 Détails de la Prestation

3.5.1 Tache 1 : Collecte et Examen des Données

L'objectif principal de la collecte des données est de déterminer (i) les données physiques et socio-environnementales des deux zones identifiées de développement, (ii) les conditions de raccordement, (iii) les données internationales pertinentes pour l'analyse des options techniques de la centrale régionale, leur dimensionnement et leurs coûts et (iv) collecter auprès de EDM-SA les caractéristiques du réseau existant et planifiée avec les futurs investissements dans les zones des deux sites étudiés.

Dans ce cadre, le Consultant collectera, examinera et compilera toutes les données pertinentes techniques, économiques et de coûts sur les réseaux de transport du Mali ainsi que les échanges existants et prévus avec les pays voisins, indispensables à la conduite de l'étude.

Pour ce qui concerne les données physiques et socio-environnementales des sites potentiels, le Consultant collectera entre autres les données :

- Les caractéristiques des sites : localisation et coordonnées, superficie, forme du terrain, topographie, données géotechniques et sismiques, élévations à proximité susceptibles de créer des ombres portées (tel que collines, arbres et maisons), cadastre, zones sensibles environnementales, et zones d'habitations
- Les informations concernant le voisinage des sites : présence d'eau à proximité (eau de surface et eau souterraine, débit disponible), routes et chemins d'accès, moyens de télécommunication (couverture par réseau téléphonique mobile), habitations et activités économiques, terres agricoles, proximité d'un poste HT/MT existant ou réalisable à bref délai
- Particularités géotechniques de la zone (topographique, géologique, risque d'inondation)
- Irradiation solaire
- Conditions climatiques et météorologiques tel que l'ensoleillement, la température, l'hygrométrie, la vitesse du vent, le niveau de pollution atmosphérique, etc., ces données doivent permettre de déterminer les variations journalières, mensuelles ou saisonnières de ces différents paramètres et d'établir des courbes typiques correspondantes, ainsi que

les valeurs extrêmes potentielles. L'existence d'une station météo à proximité sera vérifiée pour valider ces données

- Phénomènes météorologiques spécifiques et à leur impact (par exemple, l'harmattan). Le Consultant devra notamment estimer le dépôt de poussière ou de sable sur les installations pour les deux sites et analyser l'impact correspondant sur la performance

Ces données seront complétées lors de visites de ces sites. Dans le cas où certaines données ne seraient pas disponibles, le Consultant aura recours à son bon sens, basé sur la pratique internationale, pour fournir des données de remplacement. Toutefois, le Consultant fournira une justification du choix des données dans le rapport sur les données.

Le Consultant réalisera une carte avec les différents critères de sélection dans un rayon de 20 km des deux sites sélectionnés.

Les données du réseau de l'EEEOA sous un format SIG seront mises à la disposition du Consultant. Les caractéristiques de l'ensemble des sites potentiels seront reprises dans le rapport de données. Ces caractéristiques seront également fournies sous un format SIG approuvé par l'EEEOA.

Les conditions de raccordement permettront d'étudier le point de connexion au réseau, les règles de raccordement et d'exploitation du Parc Solaire, le design du poste d'évacuation du Parc Solaire postes et de la ligne d'évacuation ainsi que l'extension du poste de raccordement afin de préciser ses caractéristiques techniques principales et optimiser son fonctionnement. Les données couvriront, sans s'y limiter :

- Les plans d'expansion du système de production et de transport
- Les conditions actuelles d'exploitation des réseaux
- Les schémas unifilaires, les plans de site, les schémas de montage, les plans de protection, les types de disjoncteurs et leurs calibres (valeurs nominales) des postes du réseau interconnecté proches des sites préférentiels
- Les conditions et exigences de raccordement dont l'ensemble des limites techniques applicables aux connections de centrales solaires raccordées au réseau MT et HT de EDM-SA

3.5.2 Tache 2 : Détermination du site

➤ Etude Préliminaire d'Intégration dans le Réseau des postes de raccordement Sélectionnés

Trois postes de raccordement potentiel d'EDM SA seront sélectionnés. Une étude préliminaire d'intégration (Etude d'écoulement de charge et du plan de tension) dans le réseau permettra d'appuyer la finalisation de la sélection de l'une des trois. Une étude de stabilité complète sera développée en Tache 4.

Le Consultant analysera les trois postes de raccordement sélectionnés et complétera les données relevées sur le terrain pour confirmer ou infirmer la viabilité de ces sites. L'étude d'intégration dans le réseau se fera avec un logiciel tel que PSS/E pour un Parc Solaire de 150 MWc avec entre 100 et 150 MWh de batterie.

L'analyse des impacts de la production des parcs solaires sur la stabilité du réseau sera réalisée sur une modélisation statique et dynamique du réseau. Cette modélisation du réseau national comprend les générateurs existants, les lignes et postes. Elle permettra l'analyse technique du point de vue des flux de puissance, du plan de tension, des courants de court-circuit et protections, des harmoniques et de la stabilité transitoire.

La démarche d'analyse technique est décomposée en 2 phases :

Phase 1 : Modélisation

Cette phase porte sur la modélisation à l'horizon de la mise en service des premiers projets solaires prévus et à un horizon plus lointain intégrant les nouveaux projets. Ce modèle porte sur le réseau de transport dans son intégralité afin d'avoir une vision globale. Les réseaux de distribution seront détaillés dans les zones candidates pour accueillir les parcs solaires.

Le consultant effectuera une collecte des informations auprès de la EDM-SA et des acteurs locaux afin de prendre en compte le parc de production et le réseau existant ainsi que les nouveaux projets d'infrastructures prévus.

Les données minimales suivantes seront collectées :

- Les données sur l'évolution de la charge du réseau et notamment sur les réseaux de distribution à proximité des sites visés ;
- Les données sur l'évolution du contrat d'échange avec les pays voisins ;
- Caractéristiques des postes ou sont prévues le raccordement des parcs solaires.

Sur cette base, le Consultant préparera :

- Préparation de fiches de collecte ;
- Travail de prises d'hypothèses pour les données manquantes ;
- Synthèse des données d'entrée dans un rapport d'étude ;
- Modélisation du réseau sur le périmètre décrit plus haut intégrant les parcs solaires envisagées et les projets futurs de la EDM-SA et des interconnexions ;
- Calculs de validations sur la base d'un scénario de référence actuel ;
- Rédaction de la description des modèles et de leur validation.

Le modèle portera sur le réseau dans sa configuration à l'horizon de la mise en production des parcs solaires et à l'issue de ces connexions.

Phase 2 : Etude d'écoulement de charge et stabilité en tension

Ce calcul fondamental définira la répartition de charge (Load Flow) en déterminant les puissances actives et réactives transitant par chaque ouvrage, le plan de tension dans tous les nœuds du réseau, et cela aussi bien au moment de la pointe saisonnière ou annuelle qu'au moment du creux de charge.

Ces calculs de Load flow seront réalisés aussi bien à l'état normal de fonctionnement du réseau qu'à l'état perturbé suite à un incident, règle « n-1 ». L'étude d'écoulement de charge concernant le fonctionnement en régime statique portera sur les questions suivantes :

- L'étude du couplage/découplage des centrales ;

- Les calculs d'écoulement de charge de l'ensemble du réseau avec et sans production solaire ;
 - La prise en compte des incidents simples (n-1) ;
 - Le calcul des pertes ohmiques dans le réseau dues au transit de puissance.
- Ces calculs seront réalisés sans centrale solaire (référence) et avec l'ajout progressif en phasage des parcs solaires. Les capacités d'absorption sont vérifiées par les critères suivants :
- Absence de mise en contraintes thermiques d'ouvrages (principalement lignes, transformateurs) et définition de renforcements éventuels à prévoir pour le raccordement ;
 - Absence de dépassement des critères de tension. Dans le cas du réseau de distribution et du raccordement au sein d'une boucle notamment, il est nécessaire de maîtriser l'élévation de tension le long des lignes lors d'une production solaire maximale et pour une consommation locale faible ;

Dans le cas du réseau de transport, l'influence des parcs solaires de puissances significatives sur les flux dans les lignes et les interconnexions avec les pays voisins (Niger, Cote d'Ivoire, Ghana, Mali) sera étudiée pour définir les principes de réglage de tension (puissance réactive régulée).

Cette phase comprend les tâches suivantes :

- Définition des configurations et scénarios extrêmes de Load flow/plan de tension fonction du nombre de groupes de production en service, de l'état des interconnexions, de l'état de la charge, etc. ;
- Simulations des scénarios avec approche N-1 avec pour objectif la validation du load flow et plan de tension sur les cas extrêmes en tenant compte :
 - Des critères de conformités imposés par la EDM-SA ou à définir (niveau de tension, charge des lignes, etc. ;
 - Du besoin de puissance réactive pour le fonctionnement des onduleurs/machines ;
 - De la capacité du transformateur d'évacuation.
- Analyse spécifique des capacités constructives à exiger du point de vue de la production de puissance réactive ;
- Calcul des pertes dans les différentes situations.

Les résultats attendus de cette étude sont :

- i) La faisabilité technique du raccordement ;
- ii) Les investissements nécessaires pour le raccordement (postes d'évacuation, lignes d'évacuation et extension du poste de raccordement) et le renforcement/extension éventuel du réseau de la EDM-SA ;
- iii) le phasage le plus judicieux pour les parcs solaires ;

➤ **Identification de Parcelles de Terre Potentielles**

Le Consultant devra identifier plusieurs parcelles de terre d'une taille supérieure à 225 hectares autour des postes de raccordement sélectionnés en fonction d'une revue du cadastre, des zones sensibles environnementales, des zones d'habitations (hameaux/villages etc.), des particularités géotechniques de la zone, et de l'irradiation solaire.

Les parcelles sélectionnées devront remplir les critères suivants :

- (i) Etre situé dans un périmètre de 20 km du poste de raccordement ;
- (ii) Avoir un espace global d'au moins 225 hectares qui peut être divisé en trois (un minimum de 75 hectares chaque) ;
- (iii) Ne pas être dans une zone environnementale sensible ou dans une zone avec des propriétés géotechniques et géologiques qui ne sont pas compatibles avec le développement d'une centrale solaire ;
- (iv) Minimiser la population locale à relocaliser ; et
- (v) Avoir une excellente irradiation solaire.

L'analyse portera entre autres sur la viabilité environnementale des sites en collaboration avec le consultant en charge de l'étude environnementale, les possibilités de raccordement au réseau interconnecté, la localisation des charges et de la capacité de transit du réseau, les possibilités d'évacuer l'énergie vers les pays de la sous-région.

Des discussions avec les collectivités locales devront être tenues pour d'assurer de la disponibilité des terrains et de leur potentielle allocation pour un Parc Solaire.

➤ **Sélection du Site Final**

Le Consultant présentera les résultats de l'étude préliminaire d'intégration et de l'identification des parcelles de terres et développera une analyse des sites présentant leur potentiel pour développer le Parc Solaire. Le choix de développer l'un ou l'autre se fera conjointement avec les différentes parties prenantes et le Client.

Lorsque le foncier final sera sélectionné à côté de l'un des postes de raccordement, le Consultant devra aussi proposer le tracé de la ligne de transmission selon les mêmes critères de sélection environnementaux et sociaux que pour la sélection du foncier du Parc Solaire.

Le Consultant devra souligner les risques potentiels de chaque site et travaillera en étroite collaboration avec les équipes juridiques des différentes parties prenantes et du consultant en charge de l'ESIA pour tout ce qui est clauses de sauvegarde et vérification du foncier.

➤ **Campagne de mesure du rayonnement solaire**

Afin de compléter et de valider les données déjà disponibles sur le rayonnement solaire au Mali, une campagne de mesure du rayonnement solaire sera effectuée sur le site sélectionné.

Les relevés et enregistrements des paramètres nécessaires seront effectués sur une période minimum d'un an. Cette campagne de mesure devra être initiée dès la sélection du foncier. Les mesures effectuées devront permettre de compléter les données disponibles à partir des relevés satellites ou des mesures effectuées dans les stations météo existantes, de façon à préciser l'identification de la technologie la plus appropriée et la sélection des sites recommandés.

Dans la suite de l'étude, les mesures effectuées sur le site sélectionné seront ensuite utilisées pour optimiser le dimensionnement des installations et affiner l'analyse technico-économique et le calcul de production.

Les mesures seront effectuées par des stations autonomes, alimentées par énergie solaire. Les enregistrements seront relevés régulièrement de préférence via une liaison GSM ou GPRS. L'ensemble des données collectées devra être mis disponible au Client. Les paramètres techniques seront discutés en amont avec les équipes techniques du Client.

Les données suivantes seront notamment enregistrées :

- Le GHI mesuré avec un pyranomètre de précision (étalon secondaire suivant la classe ISO 9060 :1990)
- Le DNI mesuré à l'aide d'un pyréliomètre et d'un système de suivi automatique du soleil. Le pyréliomètre doit être de première classe suivant ISO 9060
- Le DHI au moyen d'un pyranomètre supplémentaire équipé d'un élément d'ombrage
- Ces mesures de rayonnement seront également complétées par un relevé de paramètres météo de base tels que la température et la vitesse du vent

Les équipements de mesure seront protégés contre les éléments susceptibles d'influencer les mesures. Un nettoyage régulier ou automatique des dômes des pyranomètres devra notamment être prévu. Les mesures seront effectuées et enregistrées toutes les minutes au minimum.

3.5.3 Tache 3 : Conception Technique Préliminaire

Les prestations à fournir par le Consultant dans le cadre de la présente étude devront couvrir toutes les études préliminaires techniques qui permettront d'établir les cahiers des charges opérationnels des installations, équipements et travaux du Parc Solaire. La conception préliminaire permettra :

- Définir les cahiers des charges opérationnels et les principaux critères de conception de la centrale et du poste d'évacuation
- Définir les cahiers des charges et les principaux critères de conception de la ligne d'évacuation, l'extension du poste de raccordement et le renforcement/extension éventuel du réseau de EDM-SA
- Analyser des alternatives en termes de stockage d'énergie
- Proposer l'optimisation pour le phasage de la réalisation de la centrale solaire
- Examiner les besoins d'exploitation et de maintenance et évaluer les conséquences de la conception sur les systèmes de EDM-SA

Le Consultant identifiera les questions fondamentales que l'étude doit prendre en considération en vue d'assurer que le projet soit économiquement viable (sur la base de son coût total actualisé sur le cycle de vie minimum).

Le Consultant définira le phasage optimal pour le développement du parc solaire pour atteindre 150 MWc avec un ou plusieurs sites basés sur la technologie PV avec du stockage :

- (i) Délimitation de l'aire proposée pour l'implantation des capteurs et de la centrale régionale solaire et du poste
- (ii) Conditions techniques incluant entre autres :

- Les conditions d'ingénierie prenant en compte les normes pertinentes, internationales, nationales et celles propres aux sociétés d'électricité
 - Les conditions ambiantes prenant en compte les données climatiques et environnementales telles que : qualité de l'air (densité, aérosols), vitesse et direction du vent, température, hygrométrie, niveau de pollution, données géotechniques, sismiques, eaux de surface et souterraines, tenant compte des variations saisonnières de ces conditions et de leur évolution à moyen et long terme
- (iii) Exigences techniques incluant entre autres :
- Le dimensionnement des installations de contrôle des panneaux et de conversion DC/AC dans le cas d'une installation photovoltaïque
 - Le dimensionnement du système de stockage
 - Le système SCADA

Le choix des technologies proposées devra veiller à minimiser les problèmes d'exploitation, de maintenance ou de réparation des équipements. On se limitera d'autre part à des technologies déjà éprouvées d'un point de vue industriel, ayant fait l'objet d'une exploitation continue de 5 ans minimum (avec l'exception du stockage ou le critère principal sera lié à sa pertinence pour l'utilisation précisée).

Les variantes étudiées devront aussi considérer en détail le mode d'exploitation du système national et régional permettant d'intégrer au mieux la production d'origine solaire.

Le Consultant proposera un nombre limité d'options de fonctionnement à examiner (au maximum 3) avec l'accord du Client. L'analyse des alternatives et options de fonctionnement à examiner se basera sur un nombre limité de scénarios réalistes de développement des réseaux nationaux, des interconnexions internationales et des moyens de production prévus au Burkina et dans la région.

Ces scénarios devront se baser sur les plans de développement proposés par l'EEEOA et le Gouvernement du Mali dans le cadre de l'étude de stabilité, et être validés par l'ensemble des parties prenantes de l'étude. Un modèle sera mis à la disposition du Consultant pour sa mise à jour en vue d'effectuer les simulations nécessaires.

3.5.4 Tache 4 : Etude de Stabilité Transitoire au Réseau pour Technologie Finalisée

Le Consultant devra développer une étude de raccordement au réseau poussée basée sur celle développée en Tache 2. Cette étude couvrira le poste d'évacuation, la ligne d'évacuation et le poste de raccordement au réseau HT de la EDM-SA, éventuellement aussi des renforcements et/ou améliorations nécessaires des réseaux : postes, systèmes SCADA, dispatching et de communications éventuellement requis.

Cette étude analysera l'impact et le phasage du parc solaire sur la stabilité dynamique de l'ensemble de son réseau afin entre autres de vérifier l'impact de la production solaires de forte puissance intermittentes en rapport à la puissance totale du parc de production et un fort taux de centrale PV dans le parc de production global conduisant à une faible inertie (réserve tournante) et à plus forte sensibilité sur la fréquence lors d'incident.

L'étude permettra de définir le taux de pénétration limite du solaire pour lequel tout dépassement peut conduire à des variations de fréquence excessives. Les points suivants seront affiner :

- Définir le niveau de réserves tournantes que ce soit au niveau du Burkina mais aussi au niveau des interconnexions pour maximiser la part de production solaire (sans inertie) et évaluer la part minimale qui doit être garantie sur ces interconnexions.
- Calculer le risque d'effacement et de délestage (délestage de charge par sous-fréquence) et de la vitesse de variation de la fréquence en cas d'incident.

L'étude dynamique proposée aura pour objectif d'analyser le comportement transitoire du système électrique étudié face à des perturbations de fortes amplitudes (perte de production due à l'intermittence solaire, mais aussi interconnexion ou centrales thermiques) pendant la pointe ou autres conditions pénalisantes.

L'état initial du réseau est celui déterminé par l'étude statique en situation de pointe ou dans des configurations pénalisantes comme par exemple les situations sans interconnexion et à faible charge réseau où les centrales solaires représentent une part plus forte de la production totale (fort taux de pénétration).

Il s'agit en particulier de vérifier que les parcs solaires ne conduisent pas à déstabiliser la fréquence et la tension dans une configuration minimale avec le risque d'activation des protections et le délestage de consommateurs. Les cas les plus intéressants étant :

- le passage de nuages avec baisse de production sur les parcs solaires (80 % en quelques dizaines secondes) et la remontée de puissance qui peut suivre.
- La perte d'une centrale ou d'un groupe significatif (non solaire) et la réaction compte tenu de la nouvelle réserve tournante.
- Perte de ligne chargée (notamment interconnexion).

A partir de cette approche les résultats sont analysés pour :

- La détermination de limites, spécifications particulières sur les matériels des centrales ou de renforcement à prévoir ;
- Préconiser des nouveaux modes opératoires à prévoir :
 - Ordre de marche des sources et réserve thermique/hydraulique à prévoir
 - Gestion des réserves tournantes.

Les outils et méthodes mises en place seront détaillés dans un rapport d'étude.

L'analyse dynamique suppose une modélisation dynamique des générateurs existants, cette modélisation est menée sur la base des données collectée complétée par des hypothèses typiques pénalisantes le cas échéant.

➤ **Etude d'intégration**

Le Consultant réalisera les simulations nécessaires pour analyser les modalités d'intégration dans le réseau et les contraintes engendrées. Cette étude permettra de confirmer le niveau maximum de pénétration de production solaire et les contraintes d'implantation correspondantes (taille maximale des centrales, moyens de compensation à mettre en œuvre, taille du stockage...).

Cette étude de stabilité doit déterminer les impacts de la production solaire, les limites de capacités installables induites et les investissements nécessaires pour assurer la stabilité et l'exploitation du réseau de la EDM-SA au sein du EEEOA.

Le Consultant effectuera toutes les simulations nécessaires à l'examen de l'impact de la centrale régionale sur le fonctionnement du système et au dimensionnement des équipements de la centrale. Les analyses porteront au minimum :

- Calculs de transits de puissance afin d'établir les besoins éventuels de renforcement du réseau HT liés à la présence de la centrale régionale solaire, y compris les besoins éventuels en compensation réactive
- Calcul des pertes réseau pour les différentes alternatives technologiques et options de fonctionnement
- Calcul du niveau de stockage nécessaire pour limiter l'impact de la centrale régionale sur la réserve nationale et pour limiter les variations de la production
- Réglage de la tension. Besoins en compensation réactive
- Réglage de la fréquence. Impact sur la réserve tournante
- Protections spécifiques. Protections ou contrôles systémiques
- Contrôle et supervision. Informations à transmettre aux dispatchings nationaux et régionaux

Le Consultant s'assurera du respect des limites techniques applicables aux raccordements de centrales photovoltaïques sur le réseau de la EDM-SA. Les limites techniques signifient les limites et contraintes techniques qu'une centrale photovoltaïque doit respecter pour pouvoir se raccorder au réseau de la EDM-SA. Le consultant vérifiera les exigences (liste non exhaustive) en termes de :

- Plage de variation normale de la tension
- Plage de variation normale de la tension
- Fonctionnement dans les plages de de fréquence anormales
- Fonctionnement dans les plages de tension anormales
- Régulation de la puissance active
- Régulation de la puissance réactive
- LVRT
- HVRT
- Harmoniques
- Papillotement (Flicker)
- Déséquilibre
- Dispositifs de protection et de coupure
- Communication et télé-opération
- Vitesse de variation de puissance active pour le démarrage
- ASI
- Black Start (redémarrage à froid)

➤ **Design du raccordement**

Le Consultant réalisera les études d'ingénierie relatives à la réalisation des ouvrages de transport : poste d'évacuation de la centrale, ligne d'évacuation et poste de raccordement de la EDM-SA. Les études d'ingénierie permettant d'aboutir à une conception préliminaire des ouvrages de transport ainsi que les analyses permettant d'en vérifier la faisabilité technico-économique. Les études couvriront les volets ci-dessous :

- L'étude du tracé de la ligne de raccordement
- L'identification et l'étude des sites d'implantation des postes
- La conception d'ingénierie des lignes et des postes
- La préparation des schémas et des plans
- Les devis estimatifs sommaires des projets

La conception d'ingénierie des lignes et des postes sera effectuée selon les Standards au Mali. Le Consultant se rapprochera de la EDM-SA pour s'assurer de la prise en compte de ces exigences. Les conditions et exigences suivantes devront être respectées.

(iii) Conditions techniques incluant entre autres :

- Les conditions techniques prenant en compte les normes pertinentes, internationales, nationales et celles propres aux sociétés d'électricité
- Les conditions ambiantes prenant en compte les données climatiques et environnementales telles que : qualité de l'air (densité, aérosols), vitesse et direction du vent, température, hygrométrie, niveau de pollution, données géotechniques, sismiques, eaux de surface et souterraines, etc..., tenant compte des variations saisonnières de ces conditions
- Les conditions de réseau en prenant en compte la stabilité de fréquence et de tension, les perturbations admissibles (harmoniques, ...), les puissances de court-circuit, le risque de congestion, le plan de protection, les niveaux de tenue en court-circuit des équipements, le pouvoir de coupure des disjoncteurs, les réseaux de mise à la terre et les systèmes de communications incluant la fibre optique, le système SCADA et leurs compatibilités etc.

(iv) Exigences techniques incluant entre autres :

- La capacité de transit dans des conditions données (en situation normale ou dégradée du système) prenant en compte le réglage de tension, la production de puissance réactive
- La capacité de couplage prenant en compte le réglage de tension, les pertes réactives
- La fiabilité de fonctionnement, prenant en compte, la disponibilité et la maintenance et l'entretien
- Les aspects environnementaux prenant en compte les bruits d'origine électrique, l'impact visuel, le bruit acoustique, l'influence du champ électrique et magnétique, l'utilisation de la terre / droits de passage
- Les questions de protection et de sécurité publique et du personnel pendant les phases d'implémentation et d'exploitation

➤ **Contrôle-commande et SCADA**

Le Consultant devra examiner les systèmes existants et prévus de contrôle et communication incluant des plans de télé-protection, contrôle-commande et SCADA et proposera, s'il y a lieu, l'extension de ces systèmes pour prendre en compte la centrale solaire. S'ils sont inadaptés, le Consultant fera une proposition appropriée.

Toute nouvelle extension proposée sera du type numérique. Le Consultant devra aussi tenir compte, de manière adéquate, de l'évolution en cours du CIC de l'EEEOA.

Le Consultant veillera à ce que les éventuels systèmes de communication et SCADA proposés soient compatibles avec les systèmes existants et prévus à court et moyen terme. L'utilisation d'une liaison à fibre optique comme canal principal de communication sera à considérer. Un système de back-up sera également à prévoir, le cas échéant via une liaison CPL. Le Consultant recommandera les équipements et outils nécessaires à l'estimation du productible en temps réel et en prévisionnel à court et moyen terme. Les données relevées par les équipements météorologiques installés au niveau du site (dont les mesures de rayonnement solaire) devront pouvoir être transmises au centre de conduite national et au CIC.

3.5.5 Tache 5 : Etudes de Production, de Viabilité Economique et Arrangements Institutionnels

➤ Etude de Production

Le Consultant réalisera une analyse poussée du potentiel solaire du site après sélection du foncier, avec une analyse des données SolarGIS.

Après sélection de la conception technique, le Consultant produira une simulation de production sur un software tel que PVSyst pour permettre d'utiliser ces données de simulation de production dans l'analyse financière.

➤ Etude de l'Intérêt des Pays Limitrophes

L'électricité du Parc Solaire sera vendue par l'IPP à la EDM-SA. Comme le Parc Solaire est un projet régional sous l'EEEOA, une partie de l'électricité produite par le Parc Solaire pourrait être vendue aux pays limitrophes.

Dans le cadre de la formulation de propositions tarifaires, le Consultant devra également effectuer des consultations avec l'ARREC, ainsi qu'avec l'autorité en charge de la régulation du secteur électrique au Mali et de ses pays limitrophes. Le Consultant devra travailler avec les membres de l'EEEOA pour évaluer leur intérêt dans le Parc Solaire, leur utilisation potentielle de cette électricité (i.e. besoin en journée, pour leur pic du soir etc.) et le prix optimum pour le Parc Solaire qu'ils auraient identifié.

➤ Arrangements Institutionnels

Le Consultant développera un cadre dans lequel le projet pourra se mettre en place prenant en compte la mission et le mandat du WAPP ainsi que la législation du Burkina Faso. Dans ce cadre, le Consultant devra décrire le processus du développement de l'enchère (i.e. comment le consultant en transaction sera recruté et par qui), qui sera le signataire de l'accord d'achat d'Electricité avec l'IPP, la responsabilité des différents acteurs au niveau national et régional et le cadre pour la gestion des infrastructures du Parc Solaire. Une étude du contexte légal et juridique dans le cas d'un projet privé devra aussi être développée présentant les contraintes qui peuvent être présentes dans le pays pour la mise en place d'une enchère pour le secteur privé.

➤ Etudes Economiques et Financières

L'objectif de la présente étude est de déterminer la viabilité économique et financière du Parc Solaire, et de fournir les justifications pertinentes et suffisantes pour sa réalisation. Le Consultant devra en outre effectuer les analyses et justifier de façon détaillée un schéma de développement pour la mise en œuvre et l'exploitation du Parc Solaire après sa réalisation.

Le Consultant devra évaluer et comparer les coûts et bénéfices du projet par rapport aux scénarios alternatifs (production thermique d'origine locale et/ou importée, et autres options renouvelables) afin de déterminer la rentabilité économique du projet. Les avantages découlant du Parc Solaire seront mesurés en utilisant le concept de comparaison des meilleurs scénarios "avec le projet" et "sans le projet". Le consultant calculera le coût d'évitement de la tonne de CO2. Pour cela, les avantages économiques liés à la réduction des émissions de CO2 par rapport à une solution thermique « équivalente » seront quantifiés en volume et en valeur selon des hypothèses raisonnables et acceptables par les parties prenantes. Des avantages non quantifiables comme la réduction de la pollution locale seront examinés qualitativement. Le Consultant calculera entre autres indices la VAN, le TREI du projet et expliquera en détail les résultats.

La base principale pour le calcul de la rentabilité sera le calcul du productible électrique. Ce calcul doit être exécuté avec les valeurs P90 et doit tenir compte de toutes les pertes de l'installation ainsi que des rendements des différentes parties techniques soit champ solaire, onduleurs, stockage électrique le cas échéant, etc. pour le Parc Solaire.

L'analyse financière devrait proposer et évaluer différents tarifs, structures institutionnelles de projets, et montages financiers, qui rendraient le projet financièrement viable et garantiraient un retour sur investissement acceptable pour l'achèvement du projet. Les inputs utilisés seront discutés en amont avec le Client.

Les propositions tarifaires se baseront sur une analyse du marché régional et devront proposer également des mesures complémentaires pour garantir la viabilité financière et la pérennité du projet. A cet effet, le consultant déterminera le gap de financement du projet en tenant compte de la différence entre le prix moyen de l'électricité et le coût de revient du Parc Solaire (pour chaque alternative technique), sur la durée de vie des installations.

Les analyses économiques et financières feront l'objet d'analyses de sensibilité sur les paramètres affectant la viabilité du projet, entre autres, des prévisions de charge, des coûts de production, des plans d'expansion de la production et du transport, des coûts d'investissement, du mode de développement et de fonctionnement envisagé, des retards dans la mise en œuvre du projet, et des paramètres économiques.

➤ **Etudes des risques**

Le Consultant devra identifier et évaluer les menaces qui pèsent sur le Parc Solaire et recommander des mesures appropriées pour prévenir l'échec ou à tout le moins la diminution de la rentabilité du projet, ou justifier les principaux objectifs du projet, en ce qui concerne les délais, les coûts et les imprévus techniques ; cela durant la phase de mise en œuvre et de réalisation, ainsi qu'au cours de la phase opérationnelle.

Cette étude portera sur les prestations suivantes :

- (iv) Identification des risques potentiels et classification de ces risques en fonction de :
 - Relation avec le projet : interne ou externe

- Nature : politique, économique, institutionnelle, juridique, technique, organisationnelle, risques financiers, etc...
 - Origine : Sous-Contractants, Pouvoirs Publics, Bailleurs de Fonds, Consommateurs, etc...
 - Impact : dépassements de coûts, non-respect des délais et des devis techniques, contre-performances opérationnelles.
- (v) Etude quantitative des risques en vue d'évaluer les impacts directs et indirects sur les objectifs du projet et les probabilités de leurs apparitions. Cette évaluation peut être complétée par une analyse qualitative
- (vi) Proposition de mesures pour prévenir les risques et réduire leurs impacts, tout éventuel scénario de plan d'urgence, et une définition des devoirs et des responsabilités de la gestion des risques.

Le Consultant proposera une stratégie appropriée de mise en œuvre du Parc Solaire qui atténue les risques identifiés et prévoit des scénarios d'aléas qui tiendraient compte de l'exécution complète du projet.

3.5.6 Tache 6 : Diagnostic et Evaluation des Investissements pour le Renforcement et de Modernisation du Centre de Conduite National

Il est important pour le Mali de disposer d'un Centre de Conduite National performant permettant le pilotage des différentes centrales solaires en assurant la stabilité du réseau et la qualité du service électrique. Le développement prévu de la production solaire doit ainsi s'accompagner d'une mise à niveau du centre de télé-conduite de transport et de distribution en vue de :

- Augmenter le taux de pénétration des VRE tout en tenant compte des capacités d'intégration sur le réseau électrique sans mettre en péril sa stabilité générale
- Exploitation et conduite du réseau avec la gestion de l'intermittence de la production solaire
- Réduire les pertes techniques et commerciales
- Diminuer la puissance appelée en pointe en travaillant sur l'effacement de la demande

Afin de répondre à ces objectifs, en complément des travaux usuels de réhabilitation-renforcement du réseau, la mise en place de systèmes « intelligents » de type smart grid (exploitation en temps réel, automatisation de la réserve primaire et du réglage de fréquence, prévision de la production solaire, etc.) en supplément des traditionnels SCADA doit être considérée comme un axe de développement prioritaire.

Le Consultant devra donc entreprendre un diagnostic du Centre de Conduite National et des règles de conduite afin d'établir une évaluation des investissements de renforcement (étude, formation) et de modernisation (équipements hardware, software, etc.) afin d'assurer l'intégration de la production solaire.

Le Consultant effectuera des visites de terrain pour se rendre compte de l'état actuel du système électrique en vue de recueillir toutes les données requises pour sa mission.

Ces visites lui permettront de pouvoir analyser tous les documents et plans disponibles afin d'appréhender et analyser entre autres les points suivants :

- Description du système électrique actuel et futur sur les conditions d'exploitation des ouvrages et le procédé de conduite
- Evaluation de l'impact des centrales solaires sur les contraintes opérationnelles pour la télé- conduite du réseau
- Analyse et proposition d'amélioration des nouvelles règles de conduite à adopter
- Proposition des méthodes analyses d'évènements et de prise de bonnes décisions en vue de l'intégration des centrales solaires
- Proposition pour la mise à niveau du centre de télé-conduite dont entres autres la mise en place (i) WAMS (Wide Area Measurement System) pour mesurer en temps réel le niveau de stabilité du réseau (ii) d'un poste d'exploitation dédié à la gestion des énergies renouvelables (iii) système d'effacement pour la production solaire en tenant compte des implications financières liées à l'obligation d'achat des IPP (iv) Intégration de systèmes de télégestion des centrales solaires (v) mise en place d'outils (logicielle pour étude de l'intégration des VRE sur les réseaux) et de procédures (vi) remontée d'informations vers le Centre de Conduite et interface télécoms/ d'intégrations de toutes les données issues des centrales PV
- Mise en place d'une autonomisation de la prédiction des VRE et réduction des déviations des programmes de production. Le Consultant devra s'assurer que ce système de prévision ainsi que les échanges d'information avec les parcs de production des énergies renouvelables permettront aux opérateurs la conduite optimale du système électrique
- Identification des écarts et proposition des pistes d'amélioration en termes d'études, investissements et formation
- Evaluation et définition du renforcement de capacités des dispatchers pour assurer l'Exploitation et la Conduite des nouvelles centrales VRE.
- Configuration optimale (réhabilitation du dispatching actuel avec un poste dédié à l'énergie renouvelable ou création d'un dispatching dédié à l'énergie renouvelable) pour l'exploitation en temps réel des énergies renouvelables variables (« VRE ») au Burkina Faso en considérant les autres projets actuellement planifiés. Le Consultant recommandera les équipements hardware et software et outils nécessaires afin de réaliser une exploitation en temps réel sur la base de la technologie Smart Grid.

Le Consultant soumettra dans son offre une méthodologie détaillée de son approche pour cette tâche.

Après ces visites et l'examen critique de la situation ainsi établie, il établira les possibilités techniques d'installation de systèmes modernes dotés des outils requis pour accroître la sécurité et la fiabilité de la fourniture en énergie électrique. Ces analyses lui permettront ainsi de définir les financements requis en termes d'investissements, d'étude et de formation pour la mise à niveau du centre de télé-conduite pour assurer l'intégration de la production solaire. Le Consultant établira une estimation financière pour ces 3 composantes en priorisant les investissements pour une mise à niveau réaliste des solutions à mettre en œuvre.

Le rapport sur cette tâche comprendra deux volets :

- Un diagnostic de l'exploitation et conduite du réseau de transport (postes sources, automatisme, contrôle-commande, dispatching, système d'information) permettant

d'évaluer les « projets de réseaux intelligents qui permettront une amélioration rapide de la qualité de service et faciliteront l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux existants et à venir

- Une évaluation des besoins d'investissements sur le réseau de transport portant sur des travaux ou de l'appareillage conventionnel (renforcement/extension de ligne, installation de postes HT, GIS notamment...) ainsi que sur des systèmes intelligents permettant d'améliorer ses performances, réduire les pertes techniques et commerciales, faciliter sa gestion et permettre l'intégration d'une forte proportion d'énergies renouvelables intermittentes

3.5.7 Tache 7 : Formation

Les services du Consultant incluront un transfert de connaissances et une formation dans les locaux du Consultant sur les domaines couverts par l'étude. Le transfert de connaissances sera effectué sur le terrain. A cette fin, le Consultant devra intégrer les homologues désignés par les bénéficiaires respectifs dans ses équipes et travailler en étroite collaboration avec eux au cours des différentes phases de l'étude.

La formation dans les locaux du Consultant sera dispensée après la réception du Rapport d'Etude de Faisabilité par le Secrétariat Général de l'EEEOA et le Ministère de l'Energie. En plus d'un renforcement de capacités dans les domaines couverts par l'étude, cette formation devra permettre aux experts locaux d'appréhender au mieux le contenu du rapport et de donner leur réaction initiale. Ce sera également l'occasion pour le Consultant d'obtenir des clarifications ou des précisions sur les attentes des bénéficiaires.

Cette formation sera en français. La proposition du Consultant doit comporter les détails du programme de formation et décharger le Client de tous frais associés à l'organisation de la formation des experts dans les locaux du Consultant. La formation devra durer environ une semaine. La proposition du Consultant devra également contenir l'approche et la méthodologie qu'il compte utiliser pour arriver à un véritable transfert de connaissances aux cadres homologues. Le programme de formation se focalisera, entre autres sur :

- Le choix des critères de conception, l'organisation de la campagne de mesure, l'étude de site et la conception de la centrale, y compris le choix des équipements, les spécifications, ainsi que les logiciels/modèles utilisés
- Le modèle et la méthodologie utilisés pour la réalisation des analyses techniques de la centrale et des réseaux et les logiciels/modèles utilisés. Les études menées sur le projet seront expliquées en détail au cours du programme de formation
- Le modèle et la méthodologie utilisés pour conduire les études économiques et financières. Les études menées sur le projet doivent être expliquées en détail au cours du programme de formation

Par conséquent, la proposition devra également inclure les coûts associés à la cession intégrale au Secrétariat Général de l'EEEOA et à chacun des bénéficiaires, du matériel informatique et des différents logiciels/modèles utilisés dans le cadre des études techniques, économiques et financières en vue d'un rendement maximal. À l'issue de la formation, le Consultant devra soumettre un rapport détaillé sur la formation dispensée.

3.6 Documents à Produire : Rapports et Présentations

Les prestations à fournir au Client comprennent la préparation puis la soumission, dans les délais fixés, de tous les documents et rapports. Tous les documents et rapports doivent être préparés en français et doivent être soumis par le Consultant en version papier et en version électronique simultanément au Secrétariat Général de l'EEEOA, et au Ministère de l'Énergie du Mali conformément aux spécifications ci-dessous. Les rapports seront transmis par lettre officielle du Secrétariat Général de l'EEEOA et au Ministère de l'Énergie du Mali. Toutes les cartes seront fournies sous forme informatique dans un format de SIG approuvé par les parties prenantes.

Les copies imprimées seront fournies dans le nombre spécifié d'exemplaires à chaque destinataire.

Les versions électroniques seront fournies sur une clé USB et comprendront :

- une version PDF complète du rapport imprimé, éventuellement sous forme de portfolio de façon à limiter la taille des fichiers individuels. Cette version PDF sera produite à partir des fichiers source de façon à pouvoir être indexée ; un scan du rapport imprimé n'est pas acceptable
- les fichiers source d'origine des documents dans un format approuvé par les parties prenantes (par exemple, fichier Word pour les textes ou Excel pour les tableaux). Les cartes seront fournies dans un format SIG approuvé par les parties prenantes. Les autres schémas seront fournis sous format Autocad

Dans sa proposition, le Consultant devra prévoir une réunion de lancement et des ateliers pour présenter toutes les versions provisoires des rapports en vue de faciliter la préparation des commentaires.

Toutes ces réunions et ateliers se tiendront à Bamako ou à Cotonou selon la volonté du Client, soit :

- (i) La réunion de lancement de l'étude de faisabilité présentant le Rapport Initial
- (ii) Présentation des résultats préliminaires sur l'identification et sélection des sites
- (iii) Présentation des résultats préliminaires du choix technologique et la configuration de la centrale, et l'étude d'intégration dans le réseau
- (iv) L'examen du rapport préliminaire de l'étude de faisabilité
- (v) L'examen du rapport provisoire d'étude de faisabilité
- (vi) L'examen du rapport provisoire du « Diagnostic et Evaluation des Investissements pour le Renforcement et de Modernisation du Centre de Conduite National »
- (vii) Deux Conférences des Partenaires Techniques et Financiers
- (viii) Formations avec le Client

Le Consultant supportera pour le compte du Client tous les coûts liés à l'organisation des réunions et des séminaires, conformément aux pratiques du Secrétariat Général de l'EEEOA.

L'ensemble des rapports et présentations devront également être disponibles sur un site web dédié du projet à mettre en place par le Consultant.

3.6.1 Rapport Initial

Le Consultant devra présenter dans un délai de deux semaines, à compter du démarrage de la prestation, un rapport initial qui contiendra, entre autres, le plan de travail et la méthodologie, le calendrier de travail, les commentaires annotés de chaque rapport qui seront présentés et fournis au Secrétariat Général de l'EEEOA, au Ministère de l'Énergie du Mali.

Le nombre de copies de rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Initial :

- Trois exemplaires imprimés et trois copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Trois exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.2 Rapport de Collecte des Données (Tache 1)

Sur la base de résultats de la réévaluation de l'étude préliminaire, le Consultant devra préparer un rapport de données, après l'achèvement de la tâche de collecte et d'analyse des données. Le rapport inclura toutes les données techniques et économiques sur les réseaux nationaux de transport, y compris les schémas unifilaires du réseau de transport HT et les postes de transformation. Il indiquera aussi les données physiques et environnementales recueillies sur les sites identifiés pour l'installation de la centrale régionale solaire. Pour les trois postes de raccordement, ces données seront représentées sur une carte dans un rayon de 20 km avec les différents critères de sélection suivants :

- Cadastre
- Zones sensibles environnementales
- Zones d'habitations
- Particularités géotechniques de la zone
- Irradiation solaire

Le rapport de collecte des données devra aussi indiquer les hypothèses et les données d'entrée pour la conduite de l'étude de faisabilité. En outre, le rapport devra préciser les critères de conception qui seront utilisés dans l'étude technique de la centrale, du poste et de la ligne de connexion au réseau HT.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire de collecte de données :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final de collecte de données :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali

- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.3 Rapport sur la Sélection du Site (Tache 2)

Le rapport inclura toutes les données qui ont permis de sélectionner le site pour le Parc Solaire. Les éléments suivants devront être partie intégrante du rapport entre autres :

- Cartographie avec les différents critères de sélection représentés - cadastre, zones sensibles environnementales, zones d'habitations (hameaux/villages etc.), particularités géotechniques de la zone, et irradiation solaire – dans un rayon de 20km du poste de raccordement sélectionné
- Synthèse des discussions avec les collectivités locales
- Argumentations Techniques, Juridiques, E&S, Foncier pour le site sélectionné
- Caractéristiques du raccordement au réseau de la EDM-SA et étude préliminaire d'intégration dans le réseau aux trois postes de raccordement
- Analyse détaillée du potentiel solaire du site sélectionné avec une analyse des données SolarGIS
- Une fois que le site a été sélectionné, rapport d'installation d'un poste de mesure de l'irradiation solaire sur le foncier sélectionné selon les critères techniques fournis par les experts techniques

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.4 Rapport sur la Conception Technique de la Centrale (Tache 3 et 4)

Le rapport sur la configuration de la centrale et son raccordement au réseau comprendra les recommandations du Consultant en ce qui concerne la technologie à mettre en œuvre sur le site sélectionné (panneaux solaire, équipementiers de batteries, etc.), les configurations proposées pour l'implémentation par phase de la centrale, l'étude d'intégration et les infrastructures et équipements (SCADA, etc.) nécessaires au raccordement. De plus, le rapport comprendra les résultats de l'étude de raccordement au réseau pour la configuration technologique finalisée.

Le rapport sur le choix technologique, la configuration du phasage de la centrale et du raccordement au réseau de la EDM-SA se basera sur l'étude d'intégration au réseau du Parc Solaire.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.5 Mémoire sur l'Intérêt des Pays Limitrophes et Arrangements Institutionnels (Tache 5)

Le Consultant produira un mémoire sur l'intérêt des pays limitrophes pour l'achat de l'électricité du Parc Solaire en organisant des réunions avec les pays de l'EEEOA et sur les arrangements institutionnels. Ces réunions peuvent être combinés avec celle prévue pour le Parc Solaire du Mali.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Mémoire Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Mémoire Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.6 Rapport d'Étude de Faisabilité (Tache 1 - 5)

Le rapport devra comprendre un rapport de synthèse et un rapport principal.

Le Consultant soumettra un rapport préliminaire pour les commentaires du Client, et une version provisoire du rapport d'étude de faisabilité intégrant tous les commentaires requis et un rapport final intégrant les commentaires du Client et des bailleurs pour chaque étude de faisabilité.

Dans le Rapport Final de l'étude de faisabilité sera inclus :

- (i) **Vue d'ensemble du projet** : description, soutien gouvernemental local, potentiel solaire du site, bénéfices environnementaux et sociaux

- (ii) **Evaluation du site** : localisation du site, son utilisation actuelle, son statut d'acquisition, évaluation technique (topographique, géologique, climatologique et hydrologique, risque d'inondation), évaluation sociale (démographique, développement régional économique et social)
- (iii) **Intégration au réseau** (en partenariat avec l'équipe de consultant de l'étude de réseau) : description de la capacité installée, de la demande d'énergie actuelle et future, du réseau électrique et l'analyse de réseau du Parc Solaire
- (iv) **Description de la solution technique choisie** : description du système et de sa configuration, description de sa production (si usage de batteries)
- (v) **Analyses commerciales et financières**
- (vi) **Analyse de risque**

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit pour l'étude de faisabilité :

Rapport Préliminaire de l'étude de faisabilité :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Provisoire de l'étude de faisabilité :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final de l'étude de faisabilité :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Le Rapport final de l'étude de faisabilité devra être livré sous une forme adéquate (avec page de garde et mise en forme en particulier) conformément aux bonnes pratiques acceptables par le Client et les Agences Internationales de Financement.

3.6.7 Diagnostic et Evaluation des Besoin pour le Centre de Contrôle (Tache 6)

Le Consultant produira (i) un diagnostic de l'exploitation et conduite du réseau de transport (postes sources, automatisme, contrôle-commande, dispatching, système d'information) permettant d'évaluer les « projets de réseaux intelligents qui permettront une amélioration rapide de la qualité de service et faciliteront l'intégration des énergies renouvelables sur les réseaux existants et à venir ; ainsi que (ii) une évaluation des besoins d'investissements sur le réseau de transport portant sur des travaux ou de l'appareillage conventionnel (renforcement/extension de ligne, installation de postes HT, GIS notamment...) ainsi que sur des systèmes intelligents permettant d'améliorer ses performances, réduire les pertes techniques et commerciales, faciliter

sa gestion et permettre l'intégration d'une forte proportion d'énergies renouvelables intermittentes.

Le nombre d'exemplaires des rapports à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Préliminaire :

- Cinq exemplaires imprimés et cinq copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Cinq exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

Rapport Final :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.6.8 Formation (Tache 7)

Les services du Consultant incluront un transfert de connaissances et une formation dans les locaux du Consultant sur les domaines couverts par l'étude.

Cette formation durera au moins une semaine et le Consultant devra soumettre un rapport détaillé sur la formation dispensée.

Le nombre d'exemplaires du rapport détaillé à soumettre se présentera comme suit :

Rapport Détaillé :

- Dix exemplaires imprimés et dix copies électroniques en français à remettre au Ministère de l'Énergie du Mali
- Dix exemplaires imprimés et une copie électronique en français, à remettre au Secrétariat Général de l'EEEOA

3.7 Durée de l'Etude et Calendrier

La durée d'exécution des prestations de base ne doit pas dépasser 6 mois (28 semaines). Le Consultant proposera dans son offre, un calendrier détaillé d'exécution de la consultation.

A cet effet le calendrier suivant est proposé à titre indicatif :

Etape clé	Date
Date d'Entrée en Vigueur du Contrat du Consultant	
Réunion de lancement (*1)	So
Rapport Initial	So + 1 semaine
Rapport de collecte des données (Tache 1)	

	Rapport Préliminaire	So + 5 semaines
	Réunion de Validation	So + 6 semaines
	Rapport Final	So + 9 semaines
Rapport sur la sélection du site (Tache 2)		
	Rapport Préliminaire et discussions avec les collectivités locales	So + 12 semaines
	Réunion de Validation	So + 13 semaines
	Rapport Final avec sélection finale du site	So + 15 semaines
Rapport sur la conception technique du Parc Solaire (Tache 3 et 4)		
	Rapport Préliminaire	So + 15 semaines
	Réunion de Validation	So + 16 semaines
	Rapport Final	So + 18 semaines
Mémorandum sur l'intérêt des pays limitrophes et arrangements institutionnels (Tache 5)		
	Discussions avec les pays de l'EEEOA sur le Parc Solaire	So + 18 semaines
	Mémorandum Final intégrant commentaires des membres de l'EEOA	So + 21 semaines
Rapport d'Etude de Faisabilité (Tache 1 à 5)		
	Rapport Préliminaire	So + 21 semaines
	Réunion de Validation	So + 23 semaines
	Rapport Final	So + 25 semaines
Diagnostic et Evaluation des Besoins du Centre de Contrôle (Tache 6)		
	Rapport Préliminaire	So + 15 semaines
	Réunion de Validation	So + 17 semaines
	Rapport Final	So + 20 semaines
Formation (Tache 7)		
	Formation	So + 26 semaines
	Rapport Final	So + 27 semaines

4. CALENDRIER DE PAIEMENT

L'échéancier de paiement est le suivant pour les deux pays pour chaque Rapport.

Rapport	Calendrier d'Exécution	Paiement
Rapport Initial	So + 1 semaine	10%
Rapport sur la sélection du site	So + 15 semaines	20%
Diagnostic et Evaluation des Besoins du Centre de Contrôle	So + 20 semaines	20%
Rapport Final Etude de Faisabilité	So + 25 semaines	40%
Rapport Formation	So + 27 semaines	10%

Le Consultant fournira un prix unitaire par les stations de mesure pour la fourniture, l'installation et l'entretien de ces équipements, y compris la collecte et la mise à disposition des données.

5. PERSONNEL CLE POUR LES DEUX ETUDES

Le Consultant devra s'organiser de façon à répondre aux contraintes en termes de calendrier et en termes de contenu de la prestation. Le Consultant devra avoir une équipe spécialisée par pays.

Le personnel requis devra à minima inclure les profils suivants :

- ✓ **Chef de projet** : expert en projets solaires ayant un minimum de 15 ans d'expérience ;
- ✓ **Expert Raccordement Centrale** : expert en conception de Lignes et Postes avec des connaissances sur la planification et le raccordement de centrales solaires sur des réseaux HT avec un minimum de 15 ans ;
- ✓ **Expert Réseau** : ingénieur spécialisé chargé de la modélisation et des simulations pour les études de stabilité avec une expérience d'au moins 10 ans dans les études de raccordement, d'intégration d'Energie renouvelable ;
- ✓ **Expert en Energie Solaire** : ingénieur Electricité ou Master spécialisé en énergies renouvelables avec une expérience d'au moins 10 ans dans la mise en œuvre de centrales solaires photovoltaïques de plus de 10 MWc minimum ;
- ✓ **Expert en Projets Hybrides** : ingénieur spécialisé dans les systèmes hybrides (diesel/batteries/solaire) et ayant un minimum de 10 ans d'expérience ;
- ✓ **Expert Foncier, Social et Environnemental** : expert dans les problématiques du foncier en Afrique et ayant un minimum de 10 ans d'expérience. Expérience au Burkina Faso et au Mali appréciée ;
- ✓ **Expert Economiste et Financier Energie** : expert dans les études financières et économiques de projets énergétiques ayant un minimum de 10 ans d'expérience. Expérience en Afrique appréciée ;
- ✓ **Expert Scada/Dispatching** : expert dans la conception, installation et mise en service des systèmes SCADA et de Dispatching et ayant un minimum de 15 ans d'expérience. Expérience en Afrique appréciée ;

Le personnel devra avoir la maîtrise du français. L'expérience minimale requise du personnel clé se présente comme suit :

Chef de Projet	
Année d'expérience professionnelle	15
Expérience spécifique	Gestion ou planification d'au moins deux (2) projets de centrales de production d'énergie d'origine renouvelable, incluant Etudes de Faisabilité, et préparation du Dossier d'Appel d'Offres et de Contrats (voir ci-dessus). L'un au moins des projets devrait avoir une valeur d'au moins US\$1 500.000 et un devrait être en Afrique. Une expérience en centrales photovoltaïque ou en solaires thermiques sera particulièrement appréciée.

Expert raccordement Centrale	
Année d'expérience professionnelle	15
Expérience spécifique	Impliqué dans la conception et la mise en œuvre d'au moins trois (3) études de raccordement de centrale solaires incluant des Simulations et Analyses de Réseau, des Conceptions Préliminaires, des études de faisabilité ligne/poste/scada et la préparation de Dossier d'Appel d'Offres. Les études devraient avoir une valeur d'au moins US\$100.000 chacune et une devrait idéalement concerner un projet en Afrique ou dans des conditions similaires.
Expert Réseau	
Année d'expérience professionnelle	10
Expérience spécifique	Ingénieur en électrotechnique spécialisé dans la modélisation et les calculs de réseau avec au moins 10 ans d'expérience dans les simulations relatives aux études de stabilité et de raccordement et impliqué dans l'étude d'intégration d'au moins trois (3) projets de centrales de production d'énergie solaires de plus de 10 MWc minimum, incluant les Etudes de Faisabilité, les Conceptions Préliminaires et la préparation du Dossier d'Appel d'Offres. L'un au moins des projets devrait avoir une valeur d'au moins US\$1.000.000 et un devrait être situé idéalement en Afrique ou dans des conditions similaires.
Expert en Energie Solaire	
Année d'expérience professionnelle	10
Expérience spécifique	Impliqué dans la conception et la mise en œuvre d'au moins trois (3) projets de centrales de production d'énergie solaires de plus de 10 MWc minimum, incluant les Etudes de Faisabilité, les Conceptions Préliminaires et la préparation du Dossier d'Appel d'Offres. L'un au moins des projets devrait avoir une valeur d'au moins US\$1.000.000 et un devrait être situé idéalement en Afrique ou dans des conditions similaires.
Expert en projet hybride	
Année d'expérience professionnelle	10

Expérience spécifique	Impliqué dans la conception et la mise en œuvre d'au moins trois (3) projets de centrales solaires de production d'énergie avec des systèmes hybrides (diesel/batteries/solaire) incluant les Etudes de Faisabilité, les Conceptions Préliminaires et la préparation du Dossier d'Appel d'Offres. L'un au moins des projets devrait avoir une valeur d'au moins US\$1.000.000 et un devrait être situé idéalement en Afrique ou dans des conditions similaires.
Expert Foncier, Social et Environnemental	
Année d'expérience professionnelle	10
Expérience spécifique	Implique dans l'évaluation foncières et des impacts sociaux et environnementaux d'au moins trois (3) projets de centrales de production d'énergie solaires de plus de 10 MWc minimum avec les infrastructures de raccordement, ainsi que dans la mise en œuvre des Plans de Gestion Environnementale et Sociale (PGES) associés et la mise en œuvre du PAR.
Expert Economiste et Financier en Energie	
Année d'expérience professionnelle	10
Expérience spécifique	Dix 10 ans d'expérience dans la conduite d'analyses économiques et financières de projets d'investissements en énergie en Afrique, en particulier pour des projets de centrales de production d'énergie solaires connectées au réseau.
Expert Scada/Dispatching	
Année d'expérience professionnelle	15
	Quinze 15 ans d'expérience dans la conception, installation et mise en service des systèmes SCADA et de Dispatching. Implique dans au moins deux (2) projets de réhabilitation et renforcement de Centre de Conduite dont 1 projet avec l'installation de technologie Smart Grid.

6. AUTRES INFORMATIONS

6.1 Informations/Données à Fournir par le Client

➤ **Burkina Faso**

Le Client fournira ce qui suit :

- Les données sur les réseaux électriques existants
- Tous les documents pertinents disponibles qui pourraient faciliter la réalisation des études
- Etude pré-faisabilité (conditions techniques et économiques d'une centrale régionale solaire de 150MW au Burkina)

➤ **Mali**

Le Client fournira ce qui suit :

- Les données sur les réseaux électriques existants
- Tous les documents pertinents disponibles qui pourraient faciliter la réalisation des études
- Etude pré-faisabilité

6.2 Exigences en Matière de Rapport

Le Consultant rendra compte au Secrétariat Général de l'EEEOA. Cependant le Ministère de l'Energie du Burkina Faso nommera des homologues, dont un Coordinateur de Projet qui coordonnera les activités du Consultant au Burkina Faso, le Ministère de l'Energie du Mali fera de même.

Toute correspondance provenant du Consultant et adressée à l'une ou l'autre des parties devra être adressée en copie à l'autre partie à titre d'information.

6.3 Conduite des Activités

Une coordination étroite entre le Secrétariat Général de l'EEEOA, le Ministère de l'Énergie du Burkina, du Mali et les Consultants chargés de l'Etude de Faisabilité et de l'Etude de Stabilité sera requise.

Le Consultant sera chargé de la gestion globale de tous les aspects des études et prestations. Le Consultant désignera un Chef de Projet et un Chef de Projet Adjoint (toutes les fois que le Chef de Projet sera indisponible) pour assurer la liaison avec le client, le Secrétariat Général de l'EEEOA et le Ministère de l'Énergie du Burkina et une deuxième équipe pour le Mali.

L'EEEOA désignera un coordinateur de projet pour gérer le projet et assurer la coordination avec les différents intervenants. Un point focal sera identifié au niveau du Ministère de l'Energie du Burkina Faso qui coordonnera les activités du Consultant pendant ses séjours au Burkina Faso. Le Ministère de l'Energie Burkina Faso et le Ministère de l'Energie du Mali désigneront également des homologues pour travailler avec l'équipe du Consultant sur le terrain.

Le Consultant participera aux réunions avec les organismes ci-dessus :

Le Consultant appliquera ses procédures internes de contrôle et d'assurance qualité pendant l'exécution du contrat, et démontrera qu'elles sont effectivement appliquées.

L'ensemble des données, rapports, feuilles de calculs cartes, ainsi que les relevés des mesures effectuées, sera placé sur un site web dédié après approbation du Secrétariat Général de l'EEEOA.

La configuration et le design du site devront être approuvés par le Secrétariat Général de l'EEEOA. Le site sera mis en place au plus tard un mois après la mise en vigueur du projet et devra rester accessible après la finalisation du projet, pour une durée minimale de trois ans.

6.4 Participation de l'EEEOA et des Ministère de l'Énergie

Si cela leur est demandé, le Secrétariat Général de l'EEEOA, le Ministère de l'Énergie du Burkina Faso et le Ministère de l'Énergie du Mali pourront faciliter les prises de contact avec les représentants des organismes régionaux.

Le Consultant prendra ses propres dispositions, en coordination avec le Secrétariat Général de l'EEEOA, pour tout autre service/prestation que le Secrétariat Général de l'EEEOA ne pourra pas lui fournir.

7. ANNEXES

7.1 Critères de Sélection

Critères, sous critères et système de points pour l'évaluation des Propositions Techniques Complètes :

(i) Expérience des consultants pertinente pour la mission : 15 points

En raison de 2 points par expérience pertinente pour un total ne dépassant pas 15 points

(ii) Adéquation et qualité de la méthodologie proposée et du Programme de travail par rapport aux Termes de Référence (TdR) : 25 points

a) Approche technique et méthodologie : 15 points

b) Programme de Formation : 10 points

Total des points pour le critère (ii) : 25 points

(iii) Qualifications et compétence du personnel clé pour la mission : 60 points

- Chef de projet : 20 points

- Expert Raccordement Centrale : 10 points

- Expert en Energie Solaire Expert : 10 points

- Expert en Projets Hybrides Expert en Energie Solaire : 10 points

- Expert Foncier, Social et Environnemental : 10 points

Total des points pour le critère (iii) : 60 points

Total pour les critères (i + ii + iii) = 100 points

Le nombre de points attribués à chaque poste ou discipline pour le personnel clé ci-dessus est déterminé en tenant compte des trois sous critères suivants et des pourcentages de pondération :

1) Qualifications générales : 20%

2) Pertinence avec la mission : 70%

3) Expérience de la région et de la langue : 10%

Pondération totale : **100%**

La note technique minimum (Nt) requise pour être admis est : **75** Points

La Proposition financière dont le prix évalué est le moins disant (Pm) se voit attribuer la note de prix (Np) maximale de 100.

La formule pour déterminer les notes de prix (Np) des autres Propositions est la suivante :

$Np = 100 \times Pm / P$, dans laquelle "Np" est la note de prix, "Pm" est le prix le moins élevé, et "P" le prix de la proposition évaluée.

Les pondérations attribuées respectivement à la Proposition technique (T) et à la Proposition financière (F) sont:

T = 0,80 et

F = 0,20

Les Propositions seront classées en fonction de leur note technique (Nt) et de prix (Np) combinées en utilisant les pondérations (T = la pondération attribuée à la Proposition technique; F = la pondération attribuée à la Proposition financière; T + F = 1) comme suit: $N = Nt \times T\% + Np \times F\%$.

7.2 Liste des Etudes Burkina Faso

- Assistance A La Mise En Place Des Conditions Technico-Economiques Pour Le Soutien Au Developpement De La Filiere Photovoltaïque Raccordee Au Reseau - Rapport N°3 : Proposition Des Mecanismes Administratifs, Financiers Et Reglementaires (Version Provisoire) - Union Européenne - Taf Se4all - Juillet 2017
- Plan Directeur National Production-Transport-Distribution Et D'électrification Rurale 2017 – 2025 - Juin 2017
- Assistance A La Mise En Place Des Conditions Technico-Economiques Pour Le Soutien Au Developpement De La Filiere Photovoltaïque Raccordee Au Reseau - Rapport N°2 : Benchmark, Evaluation Des Potentiels Et Proposition Des Dispositions Techniques - Union Européenne - Taf Se4all - Mai 2017
- Projet D'appui Au Secteur De L'électricite - Conseil Technique Et Juridique Au Gouvernement Du Burkina Faso En Partenariat Public-Prive (Ppp) Dans Le Domaine De L'énergie - Ananda Covindassamy-Avril 2017
- Etude De Prefaisabilite De La Centrale Solaire A Vocation Regionale De L'eeeo Au Burkina Faso - Union Européenne– Tractebel – Janvier 2017
- Assistance A La Mise En Place Des Conditions Technico-Economiques Pour Le Soutien Au Developpement De La Filiere Photovoltaïque Raccordee Au Reseau - Rapport

Intermediaire N°1 : Etat Des Lieux Et Diagnostic De La Situation Actuelle – Union Européenne - Taf Se4all - Novembre 2016

- Feuille De Route Pour La Diversification De L'approvisionnement En Electricite Du Burkina Faso – Banque Mondiale – Avril 2016
- Étude Strategique Pour L'integration Des Energies Renouvelables Dans Le Mix Energetique A Court-Terme – Tractebel – Juin 2015
- Etude D'analyse Et De Conseil Pour Le Developpement De La Filiere Solaire Au Burkina Faso - Afd- Nodalis -Juin 2014
- Burkina Faso – Elaboration D'une Feuille De Route Provisoire Pour La Diversification De L'approvisionnement En Electricite / Phase 2 Et Phase 3 – Scénarios De Diversification - Tractebel – Janvier 2016
- Complements D'etudes Et Assistance A La Sonabel En Vue De La Mise En Œuvre Du Projet De Centrale Solaire Photovoltaïque De Zagtoui - Etude De Stabilite Complementary D'une Centrale De 33 MWc - Union Européenne – Aets - Mars 2013
- Complements D'etudes Et Assistance A La Sonabel En Vue De La Mise En Œuvre Du Projet De Centrale Solaire Photovoltaïque De Zagtoui - Etude De Stabilite (22 Mwc) - Union Européenne – Aets - Décembre 2012

7.3 Liste des Etudes Mali

- Etude de la demande et du plan directeur d'investissements optimaux pour le secteur de l'électricité au Mali
- Etude de Préfaisabilité - CONDITIONS TECHNIQUES ET ECONOMIQUES D'IMPLANTATION D'UNE CENTRALE SOLAIRE DE 30 MW AU MALI