



**CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE :
CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE LA BCEAO A ZINDER-NIGER**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE EN GENIE
ELECTIQUE, ENERGETIQUE ET INDUSTRIEL AVEC GRADE DE MASTER

OPTION: RESEAUX ELECTRIQUES

Présenté et soutenu en ligne le 01/07/2020 par :

Mohamed Laakizab SIDI MAHAMAN AMINOU BABA SIDI / N° 20160137

Travaux dirigés par :

M. Justin BASSOLE

Enseignant au département de génie électrique, énergétique et industrielle : 2iE

M. Ibrahim KARIMOU

Architecte – Urbaniste, Chef de projet du chantier BCEAO - Zinder

M. Al Moustapha ISSOUFOU

Ingénieur-structure, Chef de mission du chantier BCEAO - Zinder

Structure : BATE INTERNATIONAL

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Daniel YAMEGUEU

Membres et correcteurs : M. Madieumbe GAYE

Promotion [2019 - 2020]

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

CITATIONS

‘‘Au nom d’Allah le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux’’ Coran, sourate 1, verset 1.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes Parents pour leurs soutiens Physique, Moral et Matériel, qu'ils m'ont apporté dans ma vie entière et en particulier durant mon Coursus académique ;
- Aux Familles de BABA SIDI et DAN BAOUROU pour leurs encouragements multiformes ;
- Tous ceux qui m'ont apporté leur soutien de près ou de loin pour la réussite de ce mémoire.

REMERCIEMENTS

Louange à ALLAH, le tout Puissant, l'Omniscient, l'Omnipotent, nous le remercions infiniment pour ses bienfaits dont il nous gratifie nuit et jour.

Nous n'aurions sans doute pas pu réussir cette formation, sans le concours et l'assistance des personnes bienveillantes ; qu'elles trouvent ici l'expression de notre profonde gratitude. Nous remercions particulièrement :

- Pr. Mady KOANDA, Directeur Général de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) ;
- Dr. Y. Moussa SORO, Chef de département génie électrique et énergétique industriel GEEI (2iE) ;
- Ing. Justin BASSOLE, Enseignant au département de génie électrique, énergétique et industrielle (2iE), notre encadreur interne pour sa patience, sa disponibilité, ses remarques pertinentes et son aide inestimable pendant la réalisation de ce document ;
- Le corps professoral et l'ensemble du personnel de 2iE pour m'avoir appris et formé.
- M. Adamou SOULEY Architecte – Urbaniste, Gérant de BATE INTERNATIONAL ;
- M. Souleymane ZERBO Architecte – Urbaniste, Gérant de SATA AFRIQUE ;
- M. Ibrahim KARIMOU Architecte – Urbaniste, Directeur Technique de BATE INTERNATIONAL, Chef de projet du chantier BCEAO – Zinder ;
- Ing. Al Moustapha ISSOUFOU, Chef de mission du chantier BCEAO – Zinder, Maître du mémoire, pour son appui durant la réalisation de ce travail ;
- Mes parents, frères, sœurs et mon épouse qui ont cru en moi et m'ont soutenu pendant toute la durée de ma formation ;
- Tous les collègues de travail, mes camarades de classe et amis de la CM – 2iE pour leur soutien.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

RESUME

La première phase de notre étude porte sur la conception d'une mini centrale photovoltaïque, qui couvrira la charge partielle de l'agence auxiliaire de la BCEAO – Zinder, en conformité aux directives du cahier des clauses techniques et particulières (CCTP). Cette partie est l'une des dix-neuf parties (lots) du projet de réhabilitation et d'extension de ce site. Ce projet entre dans la politique "la BCEAO", de couverture nationale en particulier et en général d'occuper l'ensemble de la zone de l'UEMOA, car le même projet est entrepris dans plusieurs villes de la sous-région. Par la suite de notre travail, nous avons effectué une étude comparative entre la centrale proposée par le CCTP et une deuxième approche que nous avons proposée. Enfin, nous avons achevé notre travail avec une étude d'impact environnementale et sociale. Cette étude comparative, nous a conduit aux résultats suivants :

- Une puissance installée de **96,7 kWc** contre **54 kWc** proposée initialement,
- La production énergétique annuelle a passée de **95 822,60 kWh** à **171 373,22 kWh**,
- Le coût du kilo Wattheure produit est de **45,719 FCFA** contre **47,596 FCFA** proposée par la deuxième approche,
- Le coût du kilo Watt installé de la centrale du CCTP se lève à **916 385,19 FCFA** contre **912 975,38 FCFA**,
- Enfin, l'émission en CO₂ évitée par la deuxième option proposée est de **102 886 kg/an** contre **57 468 kg/an**.

Mots Clés :

- 1 - Environnement ;
- 2 - Etude comparative ;
- 3 - Centrale photovoltaïque ;
- 4 - Coût moyen d'énergie (LCOE)
- 5 - Production énergétique.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

ABSTRACT

The first phase of our document focuses on the design of a mini photovoltaic power plant, which will cover the partial load of the site of the auxiliary agency of the BCEAO - Zinder, in accordance with the directives of the technical and specific clauses (CCTP). This part is one of the nineteen parts (lots) of the rehabilitation and extension project for this site. This project follows its policy 'BCEAO', with national coverage in particular and in general to occupy all the West African Country, in fact, the same project is being undertaken in several cities of the sub-region. Following our work, we carried out a comparative study between the power plant proposed by the CCTP and a variant that we proposed. Finally, we completed our document with an environmental and social impact study. This comparative study led us to the following results:

- An installed power of 96.7 kWc compared to 54 kWc initially proposed,
- Annual energy production increased from 95,822.60 kWh to 171,373.22kWh,
- The cost of kilo watt hour produced is 45,719 FCFA against 47,596 FCFA, which proposed by the variant,
- The cost of the kilo Watt installed of the CCTP variant rises to 916,385.19 FCFA against 912,975.38 FCFA,
- Finally, the CO2 emission avoided is of the proposed variant is 102,886 kg / year compared to 57,468 kg / year.

Key words:

-
- 1- Surroundings;
 - 2- Comparative study;
 - 3- Photovoltaic power plant;
 - 4- Cost per kilo watt hour produced (LCOE)
 - 5- Energy production.

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

A : Ampère

BT : Basse tension

EIESA : Etude d'impact environnemental et social approfondie

EIESD : Etude d'impact environnemental et social détaillée

FCFA : Franc des Colonies Françaises Africaines

kWc: Kilo Watt crêt

kVA: kilo Volt Ampère

HT : Haute Tension

LCOE : Coût moyen de l'énergie

M : Mètre

MT : Moyenne Tension

MW : Méga Watt

NIES : Notice d'impact environnemental et social

NIGELEC : Société nigérienne d'électricité

PV : Photovoltaïque

QGIS Quantum Geographical Information System

TLCC : Coût total cycle de vie

V : Volt

W : Watt

SOMMAIRE

<i>CITATIONS</i>	<i>I</i>
<i>DEDICACE</i>	<i>II</i>
REMERCIEMENTS	III
RESUME.....	IV
LISTE DES ABREVIATIONS	VI
<i>SOMMAIRE</i>	<i>VII</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i>	<i>XI</i>
<i>INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
I.1. Présentation de la structure d'accueil : BATE INTERNATIONAL	3
I.1.1. Domaine d'intervention et organigramme	3
I.1.2. Partenaires de la BATE International.....	5
I.2. Présentation de la BCEAO - Zinder	5
<i>II. PRESENTATION ET CONTEXTUALISATION DU PROJET</i>	<i>9</i>
II.1. Objectifs de l'étude	9
II.1.1. Objectif globale	9
II.1.2. Objectifs spécifiques	9
II.2. Résultats attendus	9
II.3. Inventaire des différentes sources énergétiques présentes sur le site.....	9
II.4. Contexte du projet	10
<i>III. le système photovoltaïque</i>	<i>11</i>
III.1 Classification des systèmes photovoltaïques	11
III.1.1 Système PV sur site isolé.....	11
III.1.2 Système PV combiné de production 'système hybride'	12
III.1.3 Système PV raccordé au réseau	12

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	13
IV.1. Matériels	13
IV.2. Méthodes	13
V. ETUDE TECHNIQUE	15
V.1. Première approche	15
V.1.1. Dimensionnement du champ PV	15
A) puissance crête (P_0)	16
V.1.2. Choix de l'onduleur	17
a. Tension nominale d'entrée de l'onduleur	18
b. Courant d'entré de l'onduleur	18
c. Le ratio de puissance	19
d. La plage de tension MPP	19
V.1.3. Choix des dispositifs de protection	21
V.1.3.1. Partie Courant continu (DC)	21
a. Protection contre les surintensités	21
b. Protection contre les surtensions atmosphériques	22
V.1.4. Sections de câble	22
V.1.4.1. Choix de section de câble de la partie DC	22
V.1.4.2. Méthodologie de dimensionnement des câbles de la partie AC	23
V.1.4.3. Résultats de la méthodologie	23
V.1.4.4. Choix et vérification des sections en fonction de la chute de tension	26
V.2. Seconde approche :	27
V.2.1. Puissance installée	27
V.2.2. Chute de tension au point d'injection	30
VI. ETUDE FINANCIERE	31
VI.1. Exonération des équipements et matériels à énergie renouvelable	31

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VI.2. Calcul de l'investissement total	31
VI.3. Energie annuelle produite (E_{ac})	32
VI.4. Coût d'investissement du kilo Watt installé	33
VI.5. Coût moyen de l'énergie (LCOE).....	33
VI.5. Calcul du coût total du cycle de vie (TLCC)	33
VI.6. Temps du retour sur investissement	33
VI.7. Coût de l'énergie perdue.....	34
VI.8. Comparaison économique.....	35
VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE	37
VII.1. Objectifs de l'Etude d'Impact Environnemental et Social.....	37
VII.2. Etat initial du site et son environnement.....	37
VII.3. Cadre politique, juridique et institutionnel	38
VII.4. Evaluation des changements probables	39
VII.4.1. Identification des activités sources d'impacts.....	39
VII.4.2. Composantes affectées	40
VII.4.3. Grille d'interrelation entre les activités et les composantes	40
VII.5. Evaluation de l'importance des impacts	41
VII.6. Mesures d'atténuation	41
CONCLUSION.....	42
RECOMMANDATION.....	43
BIBLIOGRAPHIE.....	44
Annexes.....	46

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les valeurs d'entrées	15
Tableau 2: Résultat de dimensionnement du champ PV réalisé par le logiciel PVSOL.....	20
Tableau 3: Mesure de protection	22
Tableau 4: Sections des câbles cuivre selon des courants admissibles	23
Tableau 5: Dimensionnement du câble du tronçon onduleur - coffret AC	24
Tableau 6: Dimensionnement du câble du tronçon coffret AC - TGBT	25
Tableau 7: Vérification des sections des câbles en fonction des chutes de tension	26
Tableau 8: Dimensionnement de la nouvelle option	29
Tableau 9: Résumé des calcul section de câble, dispositif de protection et chute de tension pour la nouvelle option.....	30
Tableau 10: Coût initial d'investissement du projet	32
Tableau 11: Etude financière de la nouvelle option	35
Tableau 12: Tableau comparatif de la proposition du CCTP et de la nouvelle option	35
Tableau 13: Sources d'impacts par phase	39
Tableau 14: Composantes et éléments affectés.....	40
Tableau 15: Matrice d'interrelation	40
Tableau 16: Critères d'évaluation et de l'importance des impacts.....	41

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Organigramme de BATE INTERNATIONAL	5
Figure 2: Emplacement géographique du site de la BCEAO - Zinder.....	6
Figure 3: Délimitation du terrain concerné	7
Figure 4: Synoptique d'une installation PV [11]	11
Figure 5: Schéma illustratif d'un onduleur réseau [12]	17
Figure 6: Résultats de simulation avec PV Sol (choix des onduleurs).....	17
Figure 7: Plage de tension	20
Figure 8: Démarches générale de dimensionnement [12]	28

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

INTRODUCTION

Au Niger, tout comme dans la plupart des pays en voie de développement, l'accès aux services énergétiques modernes est fortement discriminatoire suivant qu'il s'agisse du milieu urbain ou rural [1]. En effet, le taux d'accès à l'électricité est inférieur à 1% dans les zones rurales, et varie dans les petites villes entre 20% et 40%, se situe à environ 50% à Niamey la capitale du pays [2].

Le réseau électrique national est constitué de 800 km de lignes de transport et 2700 km de lignes de distribution [2] alors que le pays couvre une superficie de 1 267 000 km². A cela s'ajoute la dépendance énergétique du pays, plus de 65% de la consommation global est importée de son voisin, le Nigeria.

La NIGELEC, la société nationale chargée de la production, du transport et de la distribution de l'électricité peine à assurer la fourniture d'un service continue et de bonne qualité. Ce qui est naturellement justifiable avec une telle précarité du réseau et une si grande dépendance énergétique.

Ainsi, pour remédier à ce déficit énergétique, les organismes nantis se convergent de plus en plus vers la politique du mixte énergétique. Cette politique consiste à faire intervenir plusieurs sources énergétiques afin de couvrir le besoin global d'un site donné. Cela permet d'une part, de palier à tous les problèmes de délestage, d'assurer une fourniture constante en matière énergétique ; et d'autre part de réduire la pollution atmosphérique ainsi que le coût de la consommation énergétique annuelle.

C'est dans cette optique que la BCEAO à travers son programme de couverture nationale, a l'ambition de faire recours à cette politique dite " le mixte énergétique " dans son projet de **réhabilitation et d'extension de l'agence auxiliaire BCEAO Zinder**. Les principales sources d'énergies qui seront utilisées après la réalisation de ce projet sont les suivantes : une énergie conventionnelle de la NIGELEC "transformateur électrique", une énergie thermique "groupe électrogène" et enfin une énergie solaire "PHOTOVOLTAIQUE". Le présent mémoire se focalisera sur cette dernière source d'énergie.

Tout au long de notre travail, nous discuterons autour du thème central qui suit : **CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : cas de l'agence auxiliaire de BCEAO Zinder-Niger**.

Nous essayerons tout d'abord de faire l'inventaire des différentes sources énergétiques

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

présentes sur le site et de faire une prévision des éventuelles sources de substitution qui pourront couvrir la charge globale du site, ensuite nous réaliserons une étude comparative technico-économique entre l'approche du CCTP et l'approche que nous proposons, nous achèverons enfin ce travail avec une étude d'impact environnementale.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA BCEAO - ZINDER

I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL : BATE INTERNATIONAL

Bureau d'Assistance Technique et d'Etudes "BATE International", société à responsabilité limitée au capital social de 3. 000. 000 FCFA, a été créé le 15 novembre 2006, sous le numéro de registre de commerce RCCM NI- NIM- 2006- B- 1599 par l'architecte-Urbaniste Adamou SOULEY avec comme activités principales l'architecture, l'urbanisme, l'ingénierie et le développement. En novembre 2009, une modification de ses statuts consacre l'architecte M-Tech NABINGI MOHAMDOU Abdourahamane et l'architecte-Urbaniste TINNI Younoussa comme associés et étend les activités du bureau d'étude sur les sondages et les contrôles non destructifs.

I.1.1. DOMAINE D'INTERVENTION ET ORGANIGRAMME

- BATE International œuvre dans l'architecture :
 - Mission de maîtrise d'œuvre complète sur des projets de maison d'habitation, équipements marchands, équipements scolaires, équipements sanitaires, équipements culturels, banques, immeubles commerciaux, expertises, hôtels, réhabilitation / rénovation architecturale en application des sondages et contrôles non destructifs...

Mission de maîtrise d'œuvre complète : est la conceptualisation de l'idée du projet, sa programmation architecturale, sa conception, l'élaboration de ses plans détaillés, l'élaboration ses devis quantitatifs et estimatifs, l'élaboration de ses devis descriptifs, l'élaboration de son dossier d'appel d'offres, l'assistance à la sélection des entreprises, l'élaboration du dossier de demande de permis de construire, suivi architectural, technique et financier des travaux.

Dans son architecture à vocation intégrée, BATE International met un point d'honneur sur l'utilisation de l'éclairage et de la ventilation naturelle. En partenariat avec des structures spécialisées, BATE International se veut être le pionnier d'une architecture écologique avec un fort potentiel sur l'utilisation des énergies renouvelables.

- En matière d'urbanisme, BATE International dispose d'une expertise sur l'élaboration des documents de planification et de gestion urbaine suivants :
 - Schéma directeur d'aménagement d'urbanisme (SDAU) ;

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- Projet de développement urbain (PDU) ;
- Projet de développement municipal (PDM).

Aussi, BATE International se propose d'accompagner les municipalités nouvelles dans l'élaboration des documents de planification, de gestion urbaine et de mobilisation des ressources locales.

- Les activités d'ingénierie portent essentiellement sur l'ingénierie urbaine ;
 - Etudes Techniques Génie Civil,
 - Aménagement des espaces publics,
 - Ouvrages de décongestionnement de la circulation (aménagement des rond-point, des échangeurs...)
 - Etudes de viabilisation et d'assainissement des quartiers anciens ou nouveaux,
 - Réhabilitation urbaine,
 - Rénovation urbaine.
- Les activités de développement se regroupent dans le volet architectural et urbanistique de ses missions. Elles visent l'accompagnement des investisseurs publics ou privés dans tous projet de développement à travers la définition et la conception du projet, la recherche de financement et le suivi de la réalisation, la définition de la forme et des organes de gestion.
- Les sondages et les contrôles non destructifs constituent notre activité novatrice : BATE International est le seul cabinet d'architecture de la sous-région à disposer d'une expertise et du matériel nécessaire aux sondages et contrôles non destructifs. [3]

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

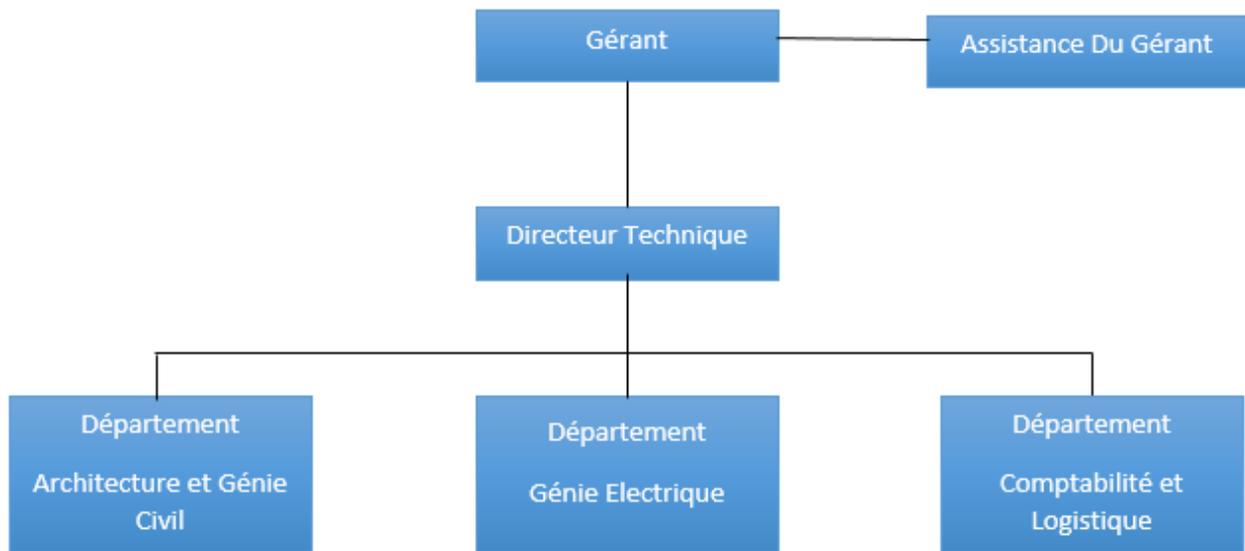


Figure 1: Organigramme de BATE INTERNATIONAL

I.1.2. PARTENAIRES DE LA BATE INTERNATIONAL

Le bureau d'assistance technique dispose d'un réseau de partenaire à travers le monde :

- Au Burkina Faso : SATA AFRIQUE
- Au Mali : CAD
- Au Togo et Benin : AGENCE DESCO
- En Madagascar : SEAP
- Au Tchad : Architectural

I.2. PRESENTATION DE LA BCEAO - ZINDER

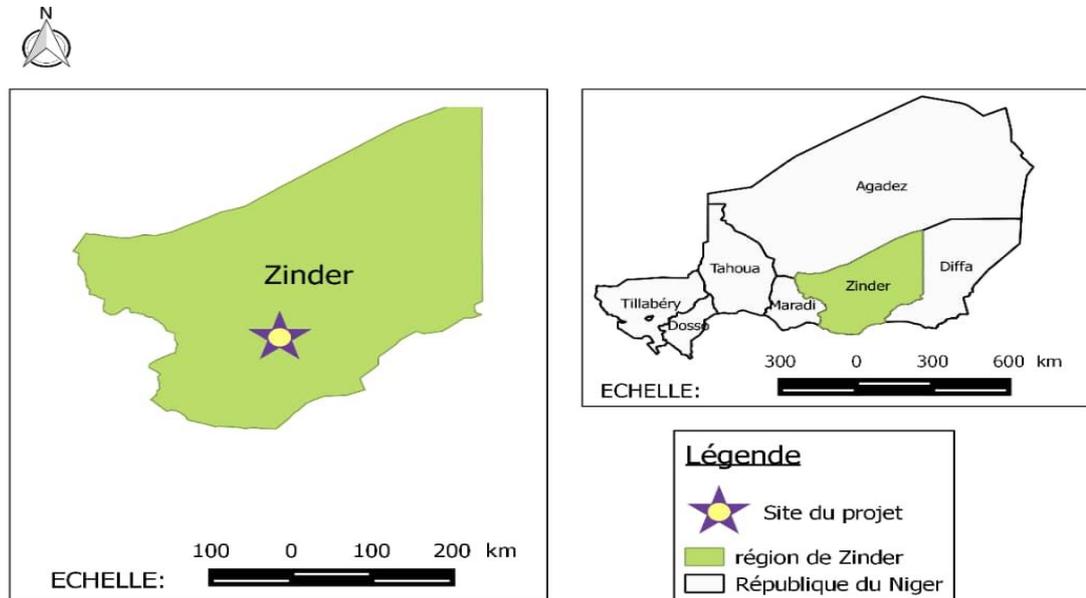
La BCEAO est créée en 1959 lors de la transformation de l'Institut d'Émission de l'Afrique Occidentale Française et du Togo en Banque Centrale des États de l'Afrique de l'Ouest. En concertation avec les banques centrales nationales des pays membres, son siège est à Dakar (Sénégal), elle a pour mission :

- L'émission monétaire frappe du Franc CFA (code monétaire : XOF), qui a cours légal dans les pays membres de l'UEMOA ;
- L'application de la politique monétaire commune ;
- La fixation des taux d'intérêt ;
- La gestion, le contrôle des réserves d'échange et de la dette extérieure ;

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- La législation bancaire et financière des États membres de l'Union ;
- L'assistance aux États membres de l'Union dans leurs relations avec les institutions financières et monétaires internationales. [4]

Localisation de la BCEAO Zinder



Source : IGB

Auteur : SIDI MAHAMAN
Mohamed Laakizab

Date: 18/10/2019

Figure 2: Emplacement géographique du site de la BCEAO - Zinder

Située au centre-ville de la commune urbaine de Zinder, de coordonnées géographiques : $13^{\circ}47'43,77''$ de latitude Nord et $8^{\circ}59'27,93''$ de longitude Est avec une altitude de 504m, l'agence auxiliaire de la BCEAO est en chantier depuis le 10 Avril 2019 où la remise officielle du site a été effectué en présence des représentants de la BCEAO "le maître d'ouvrage", du groupement BATE International/SATA AFRIQUE "le maître d'œuvre" et des sept (7) autres entreprises qui auront à exécuter les travaux. Il est important de souligner que l'agence auxiliaire de la BCEAO Zinder a pris service avant celle de Niamey depuis 1962, d'où la nécessité de rénover ce site. Afin que ce dernier puisse répondre à la directive de construction de la BCEAO, et mieux, répondre à l'attente de sa clientèle, aux différentes normes sécuritaires et enfin permettre à chaque agent d'avoir sa dépendance. Ces travaux de rénovation et d'extension sont repartis en dix-neuf (19) lots qui seront réalisés en quatre (4) phases à savoir :

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER



Figure 3: Délimitation du terrain concerné

TRAVAUX 1ère PHASE

- Démolitions, terrassements généraux et plateformes, voiries extérieures, espaces verts extérieurs + parkings visiteurs ;
- Construction de clôture d'enceinte ;
- Construction de l'ensemble d'habitation ;
- Construction du PCA, du restaurant, du local GAB et courrier, du local technique, du local poubelle, du local chauffeurs et parking ;
- Construction d'un abri provisoire pour les gardes ;
- Réalisation d'une partie des voiries internes et parkings personnels ;
- Assainissement général eaux pluviales.

TRAVAUX 2ème PHASE :

- Démolition du mur de séparation entre le site fonctionnel et le nouveau terrain ;
- Démolition de la guérite logement ;
- Démolition du local garde ;
- Extension et réhabilitation de l'immeuble fonctionnel B ;
- Construction du nouveau SAS de contrôle des fourgons ;
- Réalisation d'une partie des voiries internes.

TRAVAUX 3ème PHASE :

- Réhabilitation de l'ancien PCA en local police et local chauffeurs ;
- Réhabilitation de l'ancien local chauffeurs en local prestataires ;

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- Démolition du mur de séparation entre l'ancien ensemble fonctionnel et l'ancien immeuble d'habitation ;

- Finalisation des voiries internes.

TRAVAUX 4ème PHASE

- Réhabilitation de l'immeuble fonctionnel A ;

- Raccordements finaux, fin des travaux.

ALLOTISSEMENT

L'ensemble des travaux est divisé en dix-neuf (19) lots comme indiqué ci-après :

- Lot N° 1 : terrassement généraux – assainissement – VRD ;

- Lot N°2 : gros œuvre ;

- Lot N° 3 : étanchéité – charpente couverture ;

- Lot N° 4: miniseries aluminium;

- Lot N° 5: miniseries bois;

- Lot N° 6 : ferronnerie – serrurerie ;

- Lot N° 7 : faux plafonds – faux planchers ;

- Lot N° 8 : revêtements durs ;

- Lot N° 9 : peinture ;

- Lot N° 10 : plomberie sanitaire – réseau incendie ;

- Lot N° 11 : climatisation – ventilation ;

- Lot N° 12 : électricité courants forts ;

- Lot N° 13 : groupe électrogène ;

- Lot N° 14 : électricité courants faibles ;

- Lot N° 15 : énergie solaire ;

- Lot N° 16 : sécurité incendie ;

- Lot N° 17 : appareils élévateurs ;

- Lot N° 18 : espaces verts ;

- Lot N° 19 : sécurité banque.

II. PRESENTATION ET CONTEXTUALISATION DU PROJET

II.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE

II.1.1. OBJECTIF GLOBALE

Notre objectif principal est de concevoir une mini centrale photovoltaïque qui prendra la charge partielle du site.

II.1.2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

- Faire l'inventaire des différentes sources énergétiques présentes sur le site avant le projet de réhabilitation et d'extension du site,
- Dimensionner la mini centrale PV, qui couvrira partiellement le besoin énergétique du site,
- Faire une étude comparative technico – économique entre la mini centrale photovoltaïque proposée par le CCTP et proposer une nouvelle option.
- Réaliser une étude d'impact environnementale.

II.2. RESULTATS ATTENDUS

- L'inventaire des différentes sources énergétiques présentes sur le site avant le projet de réhabilitation et d'extension du site est fait,
- La centrale PV qui couvrira partiellement le besoin énergétique du site est dimensionnée,
- L'étude comparative technico - économique entre la mini centrale photovoltaïque proposée par le CCTP et la nouvelle option est effectué,
- L'étude d'impact environnementale est réalisée.

II.3. INVENTAIRE DES DIFFERENTES SOURCES ENERGETIQUES PRESENTES SUR LE SITE

Actuellement, l'ensemble du besoin énergétique du site de l'agence auxiliaire de la BCEAO - Zinder est assurée par deux sources d'énergies à savoir :

- L'énergie conventionnelle de la NIGELEC ‘transformateur électrique’,
- La production énergétique via un groupe électrogène.

La capacité de ces sources couvrant le besoin énergétique de ce site est de 200 kVA. Cependant, les travaux de réhabilitation et extension de ce site impose l'emploi d'une source énergétique d'une capacité nominale de 400 kVA d'après le bilan de puissance de la nouvelle l'installation électrique.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

La suite de notre travail portera sur la conception d'une source énergétique qui répond aux attentes des objectifs du développement durable. En effet, le développement durable est défini comme suit d'après le (Premier Ministre norvégien, 1987), « le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs » [5], il s'agit de la conception d'une mini centrale photovoltaïque.

II.4. CONTEXTE DU PROJET

Les travaux qu'entreprend l'agence auxiliaire de la BCEAO – Zinder s'aligne au contexte énergétique et environnemental mondial, qui a pour objectif de réduire les émissions des gaz à effet de serre et des substances polluantes, ainsi l'énergie photovoltaïque satisfait aisément à ces exigences. L'utilisation de cette source d'énergie se justifie d'une part, par la non fourniture d'un service de qualité et souvent indisponible par la société d'exploitation et de distribution d'énergie électrique la NIGELEC. Et d'autre part, la volonté de cet organisme de promouvoir les énergies renouvelables qui ne présentent aucun danger pour notre environnement.

III. LE SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

Un système PV peut être considéré comme un mini-réseau qui englobe la production de l'électricité, sa conversion et son transport. La conception d'une telle installation nécessite des équipements spécifiques qui doivent être dimensionnés avec rigueur et professionnalisme. En outre, la composition d'un système PV dépend de façon générale de l'utilisation que l'on veut en faire. Par conséquent, un système PV autonome n'aura pas la même configuration qu'un système raccordé au réseau ou un système hybride. Toutefois, les principaux éléments qui assurent la production, la conversion et le transport sont présents dans toutes les configurations ; seules les dimensions et les caractéristiques changent. [10] En effet, le schéma synoptique ci-dessous recouvre à peu près tous les cas de figure, mais il est bien évident qu'un système photovoltaïque donné ne comporte en général qu'un certain nombre de ces éléments. [11]

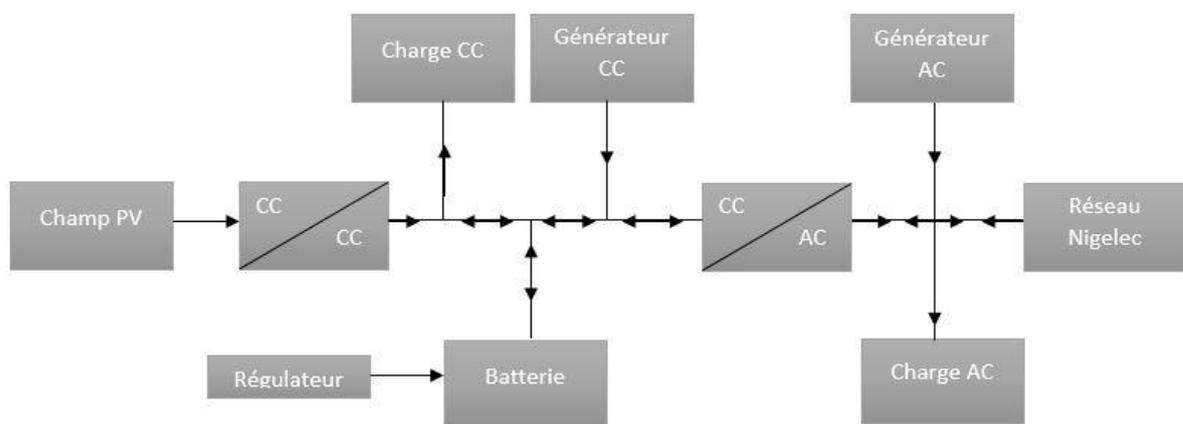


Figure 4: Synoptique d'une installation PV [11]

III.1 CLASSIFICATION DES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES

Les systèmes photovoltaïques sont classés en trois types : autonomes, hybrides et connectés au réseau. Le type de systèmes dépend des besoins, de l'emplacement et du budget du projet envisagé.

III.1.1 SYSTEME PV SUR SITE ISOLE

Le premier type, ce sont les systèmes autonomes qui sont complètement indépendants d'autres sources d'énergie. Ils servent habituellement à alimenter les maisons, les chalets ou les camps dans les régions éloignées ainsi qu'à des applications comme la surveillance à distance et le pompage de l'eau. Dans la majorité des cas, un système autonome exigera des

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

batteries d'accumulateurs pour stocker l'énergie. Les puissances photovoltaïques installées dans ce type de systèmes électriques s'étendent de 50 Wc à 1 kWc pour une maison solaire ou un relais de télécommunications, de 1 à quelques kWc pour les phares et balises ou les stations de pompage d'eau.

III.1.2 SYSTEME PV COMBINE DE PRODUCTION "SYSTEME HYBRIDE"

Le deuxième type est représenté par les systèmes hybrides qui reçoivent une partie de leur énergie d'une ou de plusieurs sources supplémentaires. En pratique, les modules de systèmes photovoltaïques sont souvent alliés à une éolienne ou une génératrice à combustible. Ces systèmes sont destinés à alimenter un unique usager ou une petite communauté dans le cas d'un village isolé et peuvent même atteindre en termes de puissance installée quelques dizaines de kWc. De tels systèmes ont habituellement des accumulateurs de stockage d'énergie.

III.1.3 SYSTEME PV RACCORDE AU RESEAU

Le dernier type représente les systèmes raccordés au réseau permettant de réduire la consommation d'électricité provenant du service public et dans certains cas, de lui renvoyer l'énergie excédentaire. Étant donné que l'énergie est normalement emmagasinée dans le réseau même, les accumulateurs ne sont pas nécessaires. Les systèmes raccordés au réseau sont rarement économiques, parce que le coût actuel de la technologie PV est beaucoup plus élevé que celui de l'énergie traditionnelle. [10]

Ce système dernièrement évoqué sera l'objet de notre étude tout au long de notre travail.

IV. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

IV.1. MATERIELS

- Les logiciels de Microsoft

Nous utilisons les produits basiques WORD et EXCEL de Microsoft. EXCEL a été utilisé pour les différents calculs et Word a servi à la rédaction du présent rapport.

- Le logiciel QGIS

Ce logiciel nous a permis d'obtenir une représentation cartographe de notre zone d'étude.

- Le logiciel PVSOL

Le choix ainsi que le nombre des modules photovoltaïques et des onduleurs, mais aussi la configuration du champ PV ont été effectué grâce à ce logiciel.

- Le logiciel XLPRO calcul

Cet outil nous a permis la réalisation du bilan de puissance de la nouvelle installation électrique du site.

- Le logiciel GOOGLE EARTH version "application Android"

Cet instrument nous a servi de matérialiser le site du projet.

IV.2. METHODES

a) Collecte des données

Pour la collecte des données, nous nous sommes essentiellement basés sur le Cahier des Clauses Techniques et Particulières (CCTP) et la base de données de notre logiciel de dimensionnement "PVSOL".

b) Etude de faisabilité technique

Dans cette partie, nous avons déterminé les caractéristiques des composants que comporte notre mini centrale PV. Ainsi pour ce faire nous avons utilisé deux approches différentes à savoir :

- Un dimensionnement de notre mini central PV à l'aide du logiciel PVSOL et épauler par une vérification avec une feuille de calcul Excel (que nous avons élaboré) dans ce volet, nous nous sommes basés des exigences fixées par le CCTP.
- Dans cette partie, nous essayerons de mener une étude complémentaire au CCTP, en proposant une nouvelle option techniquement plus raisonnable, mais aussi économiquement moins couteuse que la première option.

c) Etude de faisabilité financière

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Cette partie nous a servie de faire une étude économique-comparative entre la première et la deuxième option. Pour ce faire nous avons calculé des indicateurs financiers tels que : le coût d'investissement initial, le coût de production du kilowattheure et le temps retour sur investissement.

V. ETUDE TECHNIQUE

A la fin des travaux de réhabilitation et d'extension, le site de l'agence auxiliaire de la BCEAO – Zinder disposera de trois sources d'énergies à savoir : l'énergie conventionnelle de la NIGELEC "**transformateur électrique**" qui assurera permanemment la fourniture en énergie électrique sur l'ensemble du site, l'énergie thermique "**groupe électrogène**" qui relayera le transformateur en cas d'une éventuelle coupure ou délestage et l'énergie solaire photovoltaïque "**centrale PV**". L'énergie produite par cette dernière, sera instantanément injectée sur le TGBT, c'est à dire cette mini centrale prendra la charge partielle du site et ne fonctionnera qu'en pleine journée.

Nous utiliserons deux approches différentes afin de dimensionner notre mini centre PV

- Première approche : dimensionnement en se basant sur les directives du CCTP.
- Seconde approche : dimensionnement en apportant une amélioration sur les directives du CCTP.

V.1. PREMIERE APPROCHE :

Cette étude se composera de la manière ci-après :

- Dimensionnement du champ PV ;
- Choix des onduleurs ;
- Dispositifs de protection ;
- Sections des câbles ;
- Conclusion partielle.

V.1.1. DIMENSIONNEMENT DU CHAMP PV

Tableau 1: Les valeurs d'entrées

Désignations	Valeurs
Situation géographique du site	Zinder (aéroport)
Puissance crête (kWc)	54
Type d'installation	Système connecté au réseau
Type de planification	Sans planification 3D
Facteur de puissance	0,95 (imposer par le CCTP)

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- Méthodologie avec PVSOL

Premièrement, nous avons introduit les valeurs de départ exigées par PVSOL, à savoir : la situation géographique du site ‘‘Zinder (aéroport)’’, type d’installation ‘‘système raccordé au Oréseau’’, type de planification ‘‘sans planification 3D’’, facteur de puissance ‘‘ $\cos\Theta = 0,95$ ’’ et en fin la puissance crête qui est de ‘‘54 kWc’’ où le logiciel se charge de nous fournir instantanément les données suivantes : les coordonnées géographiques, le fuseau horaire, l’ensoleillement total annuelle, la température moyenne annuelle, la tension entre phase et neutre ‘‘tension simple’’, le nombre de phases, le facteur de puissance, le nombre des modules, l’inclinaison et la surface de ces derniers (voir annexe 3).

A) PUISSANCE CRETE (P_o)

La puissance crête d’un système PV connectée au réseau se calcule principale par de deux (2) méthode, à savoir :

- **Calcul de la puissance crête à partir de la surface disponible** : en se servant de la formule suivante :

$$P_o = G_o \times S \times \eta_m \quad (1)$$

Avec:

G_o : Ensoleillement STC (1000 W/m² ou 1 kW/m²),

S : Surface disponible orienté Sud (m²),

η_m : Rendement du module photovoltaïque (%)

- **Calcul de la puissance crête à partir du besoin énergétique annuelle** : en déduisant la puissance à installer de la formule suivante :

$$E_{ac} = 365 \times PR \times H \times P_o \quad (2)$$

Avec :

E_{ac} : Energie annuelle produite par l’installation (kWh)

H : Irradiation (rayonnement) solaire en moyenne par jour sur le plan incliné (kWh/m²/jour)

PR : Ratio de performance (%)

Dans notre cas, la puissance crête est donnée par le cahier de clauses techniques et particulières (CCTP), dont nous avons tout simplement intégré dans le logiciel, où ce dernier s’est chargé de nous fournir le nombre des modules en fonction du modèle du module choit. Ensuite le logiciel nous a émis la configuration de champ PV en fonction du modèle de l’onduleur choit que nous en revenons plus en détails par la suite de notre étude.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

V.1.2. CHOIX DE L'ONDULEUR

L'onduleur occupe une place importante au sein d'un système PV : il permet la conversion du courant continu délivré par les panneaux en courant alternatif compatible avec notre réseau de distribution. Comme l'illustre la figure ci-dessous l'onduleur est le cœur d'une installation PV :

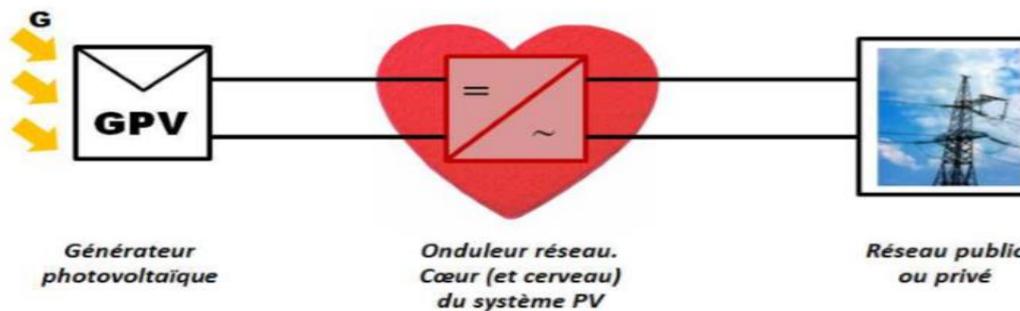


Figure 5: Schéma illustratif d'un onduleur réseau [12]

Afin de réaliser un choix optimal d'onduleur, nous nous sommes basés sur quatre (4) critères à savoir :

- La tension nominale d'entrée de l'onduleur ;
- Le courant d'entrée de l'onduleur ;
- Le ratio de puissance ;
- La plage de tension MPP.

Tout d'abord, nous rappelons que suite à notre simulation avec le logiciel PVSOL, nous avons obtenu les résultats suivants :



Figure 6: Résultats de simulation avec PV Sol (choix des onduleurs)

- Interprétation des résultats :

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

La figure 6 nous offre les données suivantes :

- Deux (2) onduleurs du fabricant : “SMA Solar Technology AG”, model : “Sunny Tripower 25000W” ;
- Deux (2) Maximum Power Point (MPP) par onduleur ;
- Trois strings par Maximum Power Point (MPP) ;
- Quinze (15) modules par string.

a. TENSION NOMINALE D'ENTREE DE L'ONDULEUR

La vérification de la tension nominale consiste à confirmer que la tension nominale d'entrée de l'onduleur fournit par la fiche technique est supérieure à la tension en circuit ouvert des strings ($U_{ond} > U_{oc}$).

Comme il est mentionné sur la fiche technique du module, la tension en circuit ouvert des modules est de : $V_{sc} = 45,3V$. Ainsi nous avons quinze (15) modules par string d'après notre simulation comme l'illustre la figure 6, donc le nombre des modules en série par string est de : $N_s = 15$.

$$U_{oc} = N_s \times V_{sc} \quad (3)$$

AN: $U_{oc} = 15 \times 45,3V = 679,5V$

Soit la tension en circuit ouvert des strings $U_{oc} = 679,5V$

D'après la fiche technique de l'onduleur la tension d'entrée maximale de l'onduleur est de :

$$U_{ond} = 1000V \Rightarrow U_{ond} > U_{oc}$$

D'où notre première condition est vérifiée.

b. COURANT D'ENTREE DE L'ONDULEUR

La vérification du courant d'entrée consiste à confirmer que le courant d'entrée de l'onduleur fournit par la fiche technique est supérieure au courant en circuit ouvert du champ ($I_{ond} > I_{oc}$).

Il est mentionné sur la fiche technique du module que la valeur du courant en circuit ouvert des modules (strings) est de : $I_{sc} = 8,84A$. Nous avons trois (3) strings en parallèle par MPP et deux (2) MPP par onduleur d'après notre simulation comme l'illustre la figure 6, donc le nombre des strings en parallèle par onduleur est de : $N_p = 6$.

$$I_{oc} = N_p \times I_{sc} \quad (4)$$

AN: $I_{oc} = 6 \times 8,84A = 53,04A$

Soit le courant en circuit ouvert de l'onduleur $I_{oc} = 53,04A$

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

D'après la fiche technique de l'onduleur le courant d'entrée maximum de l'onduleur est de :

$$I_{\text{ond}} = 66\text{A} \Rightarrow I_{\text{ond}} > I_{\text{oc}}$$

D'où notre seconde condition est vérifiée.

c. LE RATIO DE PUISSANCE

La vérification du ratio de puissance consiste à vérifier que le ratio de puissance de l'onduleur à calculer est dans la marge suivante : $(90\% \leq PR_{\text{puis}} \leq 110\%)$.

Comme dicté par la fiche technique de l'onduleur, la puissance de sortie de l'onduleur en courant alternatif est de : $P_{\text{ac}} = 25\,000\text{W}$ et la puissance d'entrée de l'onduleur en courant continu fournit par le champ PV est de : $P_{\text{cc}} = 27\,000\text{W}$ avec un rendement de $\eta = 98,3\%$.

La formule suivante nous permet de calculer le ratio de puissance :

$$PR_{\text{puis}} = \frac{P_{\text{ac}}/\eta}{P_{\text{cc}}} \quad (5)$$

$$\text{AN : } PR_{\text{puis}} = \frac{25000/0,983}{27000} = 0,9416$$

Soit le ratio de puissance $PR_{\text{puis}} = 94,16\% \Rightarrow 90\% \leq PR_{\text{puis}} \leq 110\%$

D'où notre troisième condition est vérifiée.

d. LA PLAGE DE TENSION MPP

La vérification de la plage de tension MPP consiste à vérifier simultanément, que la tension MPP d'entrée de l'onduleur fournit par le champ PV, en suite que la tension maximale fournit par le champ PV pour une température de 15°C sous un ensoleillement de $1000\text{W}/\text{m}^2$ (U_{max}) et en fin que, la tension minimale fournit par le champ PV pour une température de 70°C sous un ensoleillement de $1000\text{W}/\text{m}^2$ (U_{min}) soient dans la plage de tension MPP fournit par la fiche technique de l'onduleur.

La fiche technique de l'onduleur nous informe que, la plage de tension MPP est de $[150\text{V} ; 800\text{V}]$, d'après l'interprétation de la figure 6, nous avons 15 modules PV en série de tension MPP : $V_{\text{mpp}} = 36,6\text{V}$; donc la tension de l'onduleur au point de fonctionnement est de :

$$U_{\text{mpp}} = N_s \times V_{\text{mpp}} \quad (6)$$

$$\text{AN : } U_{\text{mpp}} = 15 \times 36,6\text{V} = 549\text{V}$$

Soit la tension de l'onduleur au point de fonctionnement $U_{\text{mpp}} = 549\text{V}$

Nous avons $V_{\text{min}} = 150\text{V} \leq U_{\text{mpp}} = 549\text{V} \leq V_{\text{max}} = 800\text{V}$

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

D'après notre simulation comme indique la figure 7, nous avons :



Figure 7: Plage de tension

$$V_{\min} = 150V \leq U_{\min} = 453,8V \leq U_{\max} = 800V \text{ et } V_{\min} = 150V \leq U_{\max} = 570,5V \leq V_{\max} = 800V$$

$$\Rightarrow V_{\min} = 150V \leq U_{\min} = 453,8V \leq U_{\text{mpp}} = 549V \leq U_{\max} = 570,5V \leq V_{\max} = 800V$$

D'où notre quatrième condition est vérifiée.

Tableau 2: Résultat de dimensionnement du champ PV réalisé par le logiciel PVSOL

Type de la technologie photovoltaïque	Si – poly cristallin
Fabriquant	Jinko Solar
Modèle	JKM300P – 72
Puissance nominale	300 Wc
Tension à circuit ouvert du module (V_{sc})	45,3 V
Tension maximale du module (V_{mpp})	36,6 V
Courant à circuit ouvert du module (I_{sc})	8,84 A
Courant maximum du module (I_{mpp})	8,2 A
Tension maximale du champ (U_{mpp})	549 V
Courant maximum du champ (I_{mpp})	49,2 A
Nombre de module	180
Nombre de strings en parallèle par onduleur (N_p)	6
Nombre de module en série par string (N_s)	15
Nombre de strings en parallèle par Maximum Power Point (MPP)	3
Nombre de Maximum Power Point (MPP) par onduleur	2
Nombre d'onduleur	2
Surface totale du champ	349,3 m ²
Puissance nominale du champ	54 kWc

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

V.1.3. CHOIX DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

V.1.3.1. PARTIE COURANT CONTINU (DC)

A. PROTECTION CONTRE LES SURINTENSITES

- Protection des strings (branches)

Afin de protéger les strings (branches) contre le courant de court-circuit, nous avons opté d'installer un fusible DC sur chaque string. Le dimensionnement du fusible se fait suivant les conditions suivantes :

- Tension : La tension de fonctionnement d'un fusible doit être de 1,15 fois la tension à vide dans les conditions STC des modules raccordés en série (string) :

$$U_{\text{fus}} \geq 1,15 \times V_{\text{sc}} \times N_s \quad (7)$$

AN: $U_{\text{fus}} \geq 1,15 \times 45,3\text{V} \times 15 = 781,43\text{V}$

$$U_{\text{fus}} \geq 781,43\text{V}$$

- Calibre fusible : Le calibre des fusibles doit être compris entre 1,5 et 2 fois le courant de court-circuit I_{sc} dans les conditions (STC) de chaque string.

$$1,5 \times I_{\text{sc}} \leq \text{cal}_{\text{fus}} \leq 2 \times I_{\text{sc}} \quad (8)$$

AN: $1,5 \times 8,84\text{A} \leq \text{cal}_{\text{fus}} \leq 2 \times 8,84\text{A}$

$$13,26\text{A} \leq \text{cal}_{\text{fus}} \leq 17,68\text{A}$$

Nous choisirons un fusible du fabricant LeGrand Référence : 4146 25/26/27/28/29/30 Fuses-Photovoltaic 1000VDC calibre 15 A. (voir annexe 18)

Nous utiliserons des boîtes de raccordement muni de diode by-pass pour protéger les modules contre le courant de retour.

- Protection des sous champs à l'entrée de l'onduleur

Nous aborderons les mêmes procédures que le dimensionnement des fusibles protégeant les strings,

- Tension : comme les strings sont de tension égale, alors la tension des fusibles protégeant les sous champs sera la même que la tension protégeant les strings.

$$U_{\text{disj}} \geq 781,43\text{V}$$

- Calibre disjoncteur : Vu les MPP sont équipés de trois (3) strings chacun, alors le courant traversant les MPP est de $I_{\text{oc}} = 26,52\text{A}$.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Etant donné que nous nous sommes décidés de protéger les sous champs par des disjoncteurs, alors nous avons la condition suivante : $I_{max} \leq Cal_{disj}$

Nous choisirons un disjoncteur du fabricant ABB Gamme S800PV-S, Fuses-Photovoltaic 1200 V DC calibre $I_n = 32$ A (voir annexe 19)

B. PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS ATMOSPHERIQUES

Sachant que le niveau kéraunique (Nk) au Niger (Zinder) est supérieur ou égale à 100 et que le CCTP prévoit l'installation d'un paratonnerre sur la toiture de l'immeuble fonctionnel B où sera implanté notre champ PV, nous sommes alors tenus d'installer des dispositifs de protection contre les surtensions atmosphériques, comme l'illustre le tableau 4 : la protection de chaque onduleur contre les surtensions atmosphériques sera assurée par deux parasurtenseurs (varistances) à haut écoulement d'énergie. C'est un dispositif qui permet de détecter une surtension dans un délai limité et de l'écouler vers la terre pour protéger l'installation. Ils sont de type 320 suivant la norme IEC – 61643-1 ayant une plage de tension (DC/AC) de 320/420 V, un courant nominal de décharge de 20/40kA, un niveau de protection de 1,5/2kV et un temps de réaction de 25/100 ns. (Voir annexe 24)

Tableau 3: Mesure de protection

Caractéristique de l'installation	Nk ≤ 25		Nk > 25	
	Côté DC	Côté AC	Côté DC	Côté AC
Bâtiment ou structure équipé d'un paratonnerre	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Peu utile Type 2	Peu utile Type	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2

V.1.4. SECTIONS DE CABLE

V.1.4.1. CHOIX DE SECTION DE CABLE DE LA PARTIE DC

- Section de câble du tronçon string – coffret DC

La plupart du temps, les sections des câbles dépendent des calibres des dispositifs de protection (I_{pro}), ils doivent être inférieurs ou égale aux courants admissibles des câbles. En effet, notre tronçon dispose un fusible de calibre 15 A, la section correspondante de câble en

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

cuivre est de 2,5 mm² avec un courant admissible de 21 A > 15. Vu, les modules PV sont munis des câbles de section 4 mm², nous nous sommes décidés d'adopter une section de 4 mm² pour ce tronçon. Par ailleurs, le tronçon a une distance de 5 m d'où la différence financière sera négligeable.

- Section de câble du tronçon string coffret DC – onduleur

Conformément à la logique du tronçon précédant, nous disposons d'un tronçon de calibre 32 A, la section de câble correspondante de câble en cuivre est de 6mm² avec un courant admissible de 36 A > 32 A.

Tableau 4: Sections des câbles cuivre selon des courants admissibles

Sections des câbles (mm ²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Courant admissible (A)	13	21	28	36	46	61	81	99	125	160	195	220	250	285	340	395

V.1.4.2. METHODOLOGIE DE DIMENSIONNEMENT DES CABLES DE LA PARTIE AC

Le dimensionnement des câbles électriques de la partie alternative de notre système se fait selon les étapes suivantes :

- Calcul du courant d'emploi I_b de l'équipement concerné (onduleurs PV, coffret AC) ;
- Choix du dispositif de protection de cet élément avec son courant nominal I_n ;
- Détermination des facteurs de corrections k_i
- Calcul du courant admissible I_z donné par la formule suivante :

$$I = \frac{I_n}{\sum f} \quad (9)$$

- Détermination de la section des câbles en fonction du courant admissible I_z , la nature de la canalisation, de l'âme du conducteur et de la méthode de référence

V.1.4.3. RESULTATS DE LA METHODOLOGIE

- Tronçon onduleur – coffret AC

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Tableau 5: Dimensionnement du câble du tronçon onduleur - coffret AC

Tronçon onduleur - coffret AC			
Nature du câble	PR3		
Courant d'emploi Ib(A)	36.2		
Choix du disjoncteur compact NS100 de In	40		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ (A)	43.01		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	6		
Courant admissible correspondant (A)	54		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés		
Lettre de la méthode de référence	E	13	1.21
Température ambiante 25 °C	1.04		
Groupement des circuits	0.88		
Disjoncteur	1		
Neutre chargé	0.84		
Produit des facteurs	0.93		

Avec :

Méthode de référence : 13 E,

Mode de pose : sur chemin de câble perforé,

Constitution du circuit : câble multifilaire,

Facteur de correction en fonction de la méthode de référence : 1,21 ;

Facteur de correction en fonction de la température ambiante 25°C : 1,04 ;

Facteur de correction en fonction du groupement des circuits : 0,88 :

Neutre chargé : 0,84.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- Tronçon coffret AC – TGBT

Tableau 6: Dimensionnement du câble du tronçon coffret AC - TGBT

Tronçon coffret AC - Tableau Général Basse Tension (TGBT)			
Nature du câble	PR3		
Courant d'emploi Ib(A)	72.4		
Choix du disjoncteur compact NS100 de In	80		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ (A)	110.897		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	25		
Courant admissible correspondant (A)	144		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés		
Lettre de la méthode de référence	D	63	1
Température ambiante 50 °C	0.76		
Terrain humide	1.13		
Disjoncteur	1		
Neutre chargé	0.84		
Produit des facteurs	0.72		

Avec :

Méthode de référence : 63 D,

Mode de pose : sur chemin de câble perforé,

Constitution du circuit : câble multifilaire,

Facteur de correction en fonction de la méthode de référence : 1 ;

Facteur de correction en fonction de la température ambiante 50°C : 0,76 ;

Facteur de correction en fonction de la nature du terrain (humide) : 1,13 ;

Neutre chargé : 0,84.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

V.1.4.4. CHOIX ET VERIFICATION DES SECTIONS EN FONCTION DE LA CHUTE DE TENSION

Le tableau ci-dessus nous fournit les résumés des calculs de chute tension de notre installation

Tableau 7: Vérification des sections des câbles en fonction des chutes de tension

Calculs de sections des cables							
Strings - coffrets CC		Coffrets CC - Onduleur		Onduleur - Coffret AC		Coffret AC - TGBT	
Is-c	Us-c	Ic-o	Uc-o	Io-c	Uo-c	Ic-tgbt	Uc-tgbt
11.05	781.425	33	781.425	36.2	400	72.4	400
calibre fusible In string-coffret		calibre disjoncteur In coffret-ond		calibre disjoncteur In ond-coff		calibre disjoncteur Incoffret-tgbt	
16		32		40		100	
Section s-c (mm2)		Section c-o (mm2)		Section o-c (mm2)		Section c-tgbt (mm2)	
4		6		6		25	
0.000004		0.000006		0.000006		0.000025	
Chute de tension							
	Résistivité(Ωm)	Réactance (Ω)	cosθ	sinθ	racine de 3	Section coffret-tgbt (mm2)	
	1.71E-08	0.00008	0.95	0.31	1.73	25	
Longueur cable string-coffret (m)		Longueur cable coffret-ondul (m)		Longueur cable ond-coffret (m)		Longueur cable coffret-tgbt (m)	
5		40		2		180	
ΔUs-c (V)	Ps-c (W)	ΔUc-o (V)	Pc-o(W)	ΔUo-c (V)	Po-c(W)	ΔUc-td (V)	Pc-tgbt(W)
0.351	2.875	6.047	160.355	0.342	20.361	15.209	1809.722
0.045%		0.774%		0.086%		3.802%	
Chute de tension DC (%)			0.819%	Chute de tension AC (%)			3.888%
Chute de tension totale ΔUt (%)				Puissance totale dissipée(W)			
4.706%				1993.312			

- Chute de tension partie DC

Dans cette partie nous nous sommes inspirés des formules suivantes, afin de déterminer la chute de tension de chaque tronçon :

$$\Delta U = \frac{2 \times L \times I \times \rho}{S} \quad (10)$$

Avec : L = longueur du câble en (m),

I = courant de service en (A),

S = section du câble en (mm²),

ρ = résistivité en (Ωm).

$$\Delta U (\%) = 100 \times \frac{\Delta U}{U_n} \quad (11)$$

Avec ΔU = chute de tension du tronçon considérée en (V) ;

Un = tension nominale du tronçon considéré en (V).

Pour la partie DC, la chute de tension doit être inférieure à la limite admise qui est de 2 %. Ainsi, comme illustrer dans le tableau 8, la chute de tension de la partie DC est de 0.819% < 2 %. D'où, les sections respectivement choisies de 4mm² et 6mm² sont techniquement bonnes.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

- Chute de tension partie AC

Nous avons utilisé les formules suivantes afin de déterminer la chute de tension des différents tronçons :

$$\Delta U (\%) = 100 \times \frac{\Delta U}{U_n}$$

$$\Delta U (V) = \sqrt{3} \times I_b \times \left(\frac{\rho \times L}{S} \cos\varphi + X \times L \times \sin\varphi \right) \quad (12)$$

Avec : ΔU = chute de tension du tronçon considéré en (V) ;

L = longueur du câble en (m),

I_b = courant de service en (A),

S = section du câble en (mm²),

ρ = résistivité en (Ω m),

X = réactance en (Ω).

Pour la partie AC et pour un site doté d'un poste (transformateur) privé, la chute de tension d'ordre de 5% est acceptable. Ainsi, comme illustrer dans le tableau 7, notre chute de tension de la partie AC est de 3.888% < 5 %. D'où, les sections respectivement choisies de 6mm² et 25mm² sont techniquement bonnes.

Conclusion : Ainsi, nous aboutissons au bout de cette étude de faisabilité technique avec une chute de tension globale de 4,706%, occasionnant la dissipation d'une puissance de 1993,312 W, soit 2 kWh d'énergie perdue chaque heure.

V.2. SECONDE APPROCHE : Etude technique en proposant une nouvelle option

Comme annoncer dans la méthodologie de conception, nous allons faire une étude comparative technico-économique entre la mini centrale dimensionnée précédemment et la nouvelle option que nous proposons. Cette approche se particularise de notre étude précédente principalement par une puissance supérieure de l'option précédemment dimensionnée. Cependant, dans le souci de se conformer au canevas de la rédaction et vu que nous avons suit les mêmes démarches que la précédente étude, cette étude ne concernera que deux (2) axes principaux dans cette partie à savoir : la puissance installée par conséquent l'énergie produite. Ensuite la chute de tension au point d'injection, impliquant la puissance dissipée, donc l'énergie perdues.

V.2.1. PUISSANCE INSTALLEE

Comme nous illustre la figure 8, le dimensionnement de la centrale PV dépend principalement

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

de trois (3) facteurs à savoir : le budget disponible, l'espace disponible et enfin le besoin énergétique annuel donc la puissance installée.

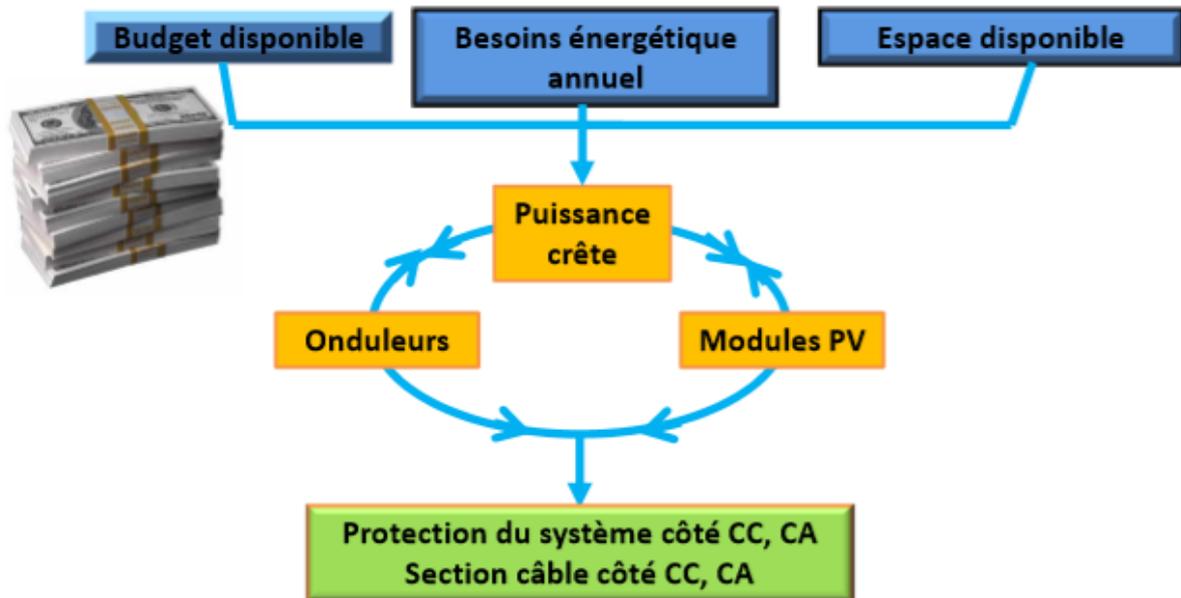


Figure 8: Démarches générale de dimensionnement [12]

Vu le problème budgétaire ne pose guère à la BCEAO, vu nous avons un espace disponible de plus de deux mille cinq cent mètre carré (2500 m^2) sur la toiture où sera implantée la mini centrale et que nous avons un besoin réel en matière énergétique, car la puissance à installer du transformateur est d'au moins 400 kVA, donc en augmentant la puissance du champ PV, ceci nous permettra de réaliser une économie considérable. Ainsi, une installation PV peut être raccordée à un réseau BT, MT ou HT en fonction de la valeur de puissance crête générée :

- Raccordement au réseau BT pour les installations jusqu'à 100 kW,
- Raccordement au réseau MT pour les installations jusqu'à 6 MW.

Particulièrement, le raccordement de l'installation PV au réseau BT :

- Peut-être monophasé pour des puissances jusqu'à 6 kW ;
- Peut-être triphasé pour des puissances supérieures à 6 kW et, si les onduleurs sont monophasés, la différence maximale entre les phases ne doit pas excéder 6 kW.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Ces limites peuvent être dépassées à la discrétion de l'autorité de distribution. De plus, s'agissant des installations déjà raccordées au réseau, ces limites sont augmentées jusqu'au niveau de puissance déjà disponible pour le retrait. [6]

A cet effet, comme nous sommes sur un raccordement à un réseau triphasé BT, nous n'excéderons pas la limite de 100 kW. Le dimensionnement de cette nouvelle option est résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8: Dimensionnement de la nouvelle option

Surface occupée par le champ PV							
Longueur (m)	Largeur (m)		S unitaire(m ²)		Nbre module		Surface utile (m ²)
1.956	0.992		1.940		312		605.390
Configuration du champ PV							
Nbre module série			Nbre string/MPP		Nbre de MPP	Nbre onduleur	Pch (kW)
13			3		2	4	96.74
Caractéristiques électriques des modules							
V _{mpp} (V)	I _{mpp} (A)	P _{mpp} (W)		I _{coef}	U _{coef}	V _{oc} (V)	I _{oc} (A)
37	8.38	310		1.25	1.15	45.9	8.96
Caractéristiques électriques des ondules							
U _{max mpp} (V)	U _{mi mpp} (V)	U _{oc} (V)	I _{max/mpp} (A)	Nbre de MPP	Rendement(%)	P _{nom CC} (kW)	P _{nom AC} (kW)
800	150	1000	33	2	98%	25.55	25
Verification du choix de l'onduleur							
U _{oc} (V)	I _{oc} (A)	U _{mpp} (V)	P _{cc} (W)	P _{ac/η} (kW)	coef G _{pv} (%)	Ratio (%)	
596.7	26.88	481	24.18	25.43	95.09	105.16	
596,7 < 1000	26,88 < 33	150 < 481 < 800			90 < 95,09 < 110	90 < 105,16 < 110	

D'après le tableau 8, nous remarquons que la surface utile du champ est de 605,39m², soit 24,2% de la surface disponible sur la toiture de l'immeuble fonctionnel B, où sera implantée la mini centrale PV, du coup nous ne serons pas confrontés à un problème lié à la disponibilité de surface. Ensuite, nous constatons que la puissance installée de la nouvelle option est de 96,74kW, soit presque le double de notre étude précédente, par conséquent il est de même de la production énergétique, car ces deux paramètres vont de pair. En fin, de ce qui est de la question budgétaire nous l'aborderons dans la partie de comparaison économique.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

V.2.2. CHUTE DE TENSION AU POINT D'INJECTION

La chute de tension, la puissance dissipée et l'énergie perdue à cet effet ont une étroite relation. Le tableau ci-dessous nous fournit le résumé du calcul de chute de tension :

Tableau 9: Résumé des calcul section de câble, dispositif de protection et chute de tension pour la nouvelle option

Calculs de sections des cables							
Strings - coffrets CC		Coffrets CC - Onduleur		Onduleur - Coffret AC		Coffret AC - TGBT	
Is-c	Us-c	Ic-o	Uc-o	Io-c	Uo-c	Ic-tgbt	Uc-tgbt
11.2	686.205	33	686.205	36.2	400	144.8	400
calibre fusible In s-c		calibre disjoncteur In c-o		calibre disjoncteur In o-c		calibre disjoncteur In c-tgbt	
16		32		40		160	
Section s-c (mm2)		Section c-o (mm2)		Section o-c (mm2)		Section c-td (mm2)	
4		6		6		70	
0.000004		0.000006		0.000006		0.00007	
Chute de tension							
Résistivité(Ωm)		Réactance (Ω)	cosΘ	sinΘ	racine de 3	Section coffret-tgbt (mm2)	
1.71E-08		0.00008	0.95	0.31	1.73	70	
Longueur cable s-c (m)		Longueur cable c-o (m)		Longueur cable o-c (m)		Longueur cable c-tgbt (m)	
5		40		2		180	
ΔUs-c (V)	Ps-c (W)	ΔUc-o (V)	Pc-o(W)	ΔUo-c (V)	Po-c(W)	ΔUc-tgbt (V)	Pc-tgbt(W)
0.358	3.002	6.129	164.738	0.342	20.361	11.583	2756.394
0.052%		0.893%		0.086%		2.896%	
Chute de tension DC (%)		0.945%		Chute de tension AC (%)		2.981%	
Chute de tension totale ΔUt (%)				Puissance totale dissipée (W)			
3.927%				2944.494			

D'après le tableau 9, la chute de tension est de 3,927%, contre 4,706% de la première approche.

VI. ETUDE FINANCIERE

L'investissement est par nature, une action définie et immédiate décidée en vue d'atteindre un résultat incertain et éloigné dans le temps, il induit donc des risques. Pour cela, une étude technico-économique est nécessaire pour tout projet. L'étude technique étant faite dans la partie précédente et le financement garanti, nous allons à présent faire une analyse économique de notre projet. Ainsi, l'analyse économique a pour but d'évaluer la rentabilité intrinsèque d'un projet indépendamment de son mode de financement. [10]

VI.1. EXONERATION DES EQUIPEMENTS ET MATERIELS A ENERGIE RENOUVELABLE

Pour promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables et ainsi faciliter leur acquisition, le Ministre de l'Energie et le Ministre des Finances nigérien ont dans l'arrêté conjoint N°0029 ME/MF précisés que les équipements et matériels d'énergies renouvelables sont exonérés de tous droits et taxes d'entrée à l'exception de la Redevance Statistique (RS), du Prélèvement Communautaire (PC), du Prélèvement Communautaire de Solidarité (PCS). [13] Par ailleurs, en raison de son statut d'établissement public international et afin d'assurer une équitable répartition des profits de son activité, la BCEAO, ses avoirs, biens et revenus, ainsi que les opérations et transactions auxquelles elle est autorisée par ses statuts, sont exemptés de tous impôts, droits et taxes perçus par les Etats membres de l'UMOA ou les collectivités publiques en relevant, à l'exception des taxes pour services particuliers effectivement rendus. En particulier, la Banque Centrale est exonérée des impôts sur les bénéfices réalisés et les produits distribués, de la taxe sur la valeur ajoutée et de toutes autres taxes sur le chiffre d'affaires, des droits de douane et de toutes autres perceptions au cordon douanier, des droits d'enregistrement, des taxes de publicité foncière et des taxes sur les véhicules à moteur. Le montant des impôts, taxes et droits inclus dans le prix des biens et services acquis par la Banque Centrale sera remboursé à celle-ci. [14]

VI.2. CALCUL DE L'INVESTISSEMENT TOTAL

L'investissement total est le coût total du projet lors de la première année. Il se caractérise par la somme des coûts de l'investissement initial, de maintenance et d'exploitation du système.

- Calcul du coût initial de l'installation

Le coût initial de l'installation représente le coût total de l'investissement comme illustré par le tableau ci-dessous.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Tableau 10: Coût initial d'investissement du projet

Devis estimatif							
N°	Désignation	Unité	Quatité	Prix unitaire(FCFA)		Montant (FCFA)	
1	Module (panneaux) solaires de 300 Wc	u	180	180,336.00		32,460,480.00	
2	Canalisation y compris divers support de modules	ens	1	1,050,000.00		1,050,000.00	
3	Boite de raccordement DC /1000V 6 entrées /2 sortie/	u	2	721,770.00		1,443,540.00	
4	UNNY SMA de 25 kW continu de chez SMA. Tension d	u	4	1,541,992.00		6,167,968.00	
5	Coffret de protection AC	u	2	855,964.00		1,711,928.00	
6	Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 4 mm2	ml	100	2,450.00		245,000.00	
7	Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 6 mm2	ml	200	4,550.00		910,000.00	
8	Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 25 mm2	ml	180	25,250.00		4,545,000.00	
9	Total du cout d'investissement initial						48,533,916.00

- Coût annuel de maintenance et d'exploitation du système

Le coût de maintenance et d'exploitation de l'installation est constitué des dépenses d'exploitation et de maintenance de la centrale PV, qui se lève ainsi à 2% du cout d'investissement initial qui se lève à 970 678,32 FCFA. Donc, le coût total de l'investissement est donné par la formule suivante :

$$I_{\text{total}} = \text{Coût initial investissement} + \text{coût exploitation et maintenance} \quad (13)$$

$$\text{AN :} \quad I_{\text{total}} = 48\,533,916 + 970\,678,32 = 49\,504\,594,32$$

D'où le coût total de l'investissement du projet s'élève à **$I_{\text{total}} = 49\,504\,594,32$ FCFA**

VI.3. ENERGIE ANNUELLE PRODUITE (E_{AC})

Cette énergie est obtenue par application de la formule suivante :

$$E_{ac} = PR \times H \times P_o \quad (14)$$

Avec : PR = Ration de performance en (%)

H = Irradiation (rayonnement) solaire en moyenne par an sur le plan incliné (kWh/m²/an)

P_o = Puissance installée

$$\text{AN :} \quad E_{ac} = 0,779 \times 2277 \times 54 = 95\,822,60 \text{ kWh}$$

Soit l'énergie annuelle produite est de **$E_{ac} = 95\,822,60$ kWh**

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VI.4. COUT D'INVESTISSEMENT DU KILO WATT INSTALLE

C'est le rapport entre le coût total de l'investissement du projet et la puissance totale de la centrale photovoltaïque, qui se calcule par la formule suivante :

$$I_{\text{unit}} = \frac{I_{\text{total}}}{P_o} \quad (15)$$

AN :
$$I_{\text{unit}} = \frac{49,504,594.32}{54} = 916\,385,19$$

D'où le coût d'investissement par kilo Watt installé est de **916 385,19 FCFA/kW**

VI.5. COUT MOYEN DE L'ENERGIE (LCOE)

Le coût moyen de l'énergie se détermine généralement par le rapport entre le coût total du cycle de vie et la production de l'énergie durant ce même cycle de vie. Il est donné par la formule ci-dessous :

$$LCOE = \frac{TLCC}{E_{\text{totale}}} = \frac{\text{Coût total du cycle de vie}}{E_{\text{totale}}} \quad (16)$$

VI.5. CALCUL DU COUT TOTAL DU CYCLE DE VIE (TLCC)

Le calcul du coût total du cycle de vie du système dépend fondamentalement de la durée de vie du projet qui est de 20 ans dans notre cas. Par ailleurs, le coût total de cycle de vie est la somme des dépenses totales de ces éléments relatifs à la durée de vie considérée. Ainsi, nous avons estimé à 2 % par année du coût d'investissement, le coût de cycle de vie pour les dépenses d'entretien, de maintenance et d'exploitation de différentes composantes. En outre, nous avons considéré un taux annuel de dégradation des cellules PV de 0,5%, un taux de dépréciation de la monnaie de 6 % et un taux d'indexation des prix de 2 % et ce, pour toute la durée du projet.

AN :
$$LCOE = \frac{87,617,872.52}{2,392,489.71} = 45,719$$

D'où le Coût moyen de l'énergie produite (LCOE) est de 45,719 FCFA.

VI.6. TEMPS DU RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Le temps du sur investissement est la durée à partir de laquelle, un projet commence à généré des bénéfiques. En effet, cette durée est obtenue par le rapport entre le coût total d'investissement du projet et le coût de la production énergétique annuelle.

$$\text{Temps de retour sur investissement} = \frac{I_{\text{total}}}{C_{ea}} \quad (17)$$

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Avec : I_{total} = le coût total d'investissement du projet en (FCFA)

C_{ea} = le coût production énergétique annuelle en (FCFA/an)

$$AN : \quad \text{Temps du retour sur investissement} = \frac{49,504,594.32}{8,517,263.38} = 5,802$$

Soit le temps du retour sur investissement est de **5 ans 10 mois**.

VI.7. COUT DE L'ENERGIE PERDUE

Suite à notre calcul de chute de tension, nous nous sommes rendues compte que nous une chute de tension totale de 4,706%, soit environ 2 kWh perdus chaque heure. Au fil d'une année de fonctionnement, nous enregistrons une perte en énergie de 3 531,163 kWh/an, soit une valeur perdue de 314 273,545 FCFA/an. Ce chiffre envoie Six (6) million de francs CFA tout au long du cycle de vie de notre centre photovoltaïque.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VI.8. COMPARAISON ECONOMIQUE

La rentabilité économique est l'objectif de tout projet, et tout projet sans rentabilité économique est conduit à l'échec.

Tableau 11: Etude financière de la nouvelle option

Devis estimatif				
Désignation	Unité	Quatité	Prix unitaire(FCFA)	Montant (FCFA)
Module (panneaux) solaires de 310 Wc	u	312	180,336.00	56,264,832.00
Installation y compris divers support de modules	ens	1	2,100,000.00	2,100,000.00
Boite de raccordement DC /1000V 6 entrées	u	4	721,770.00	2,887,080.00
Y SMA de 25 kW continu de chez SMA. Tens	u	8	1,541,992.00	12,335,936.00
Coffret de protection AC	u	4	855,964.00	3,423,856.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 4 mm2	ml	200	2,450.00	490,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 6 mm2	ml	400	4,550.00	1,820,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 70 mm2	ml	180	40,370.00	7,266,600.00
Total du cout d'investissement initial				86,588,304.00
Cout de maintenance et d'exploitation (2% du cout d'investissement initial)			1,731,766.08	2%
Total Hors Taxe				88,320,070.08
Retour sur investissement				
Ensoleiment : Hea (kWh/m2/j)	Ratio de performance : PR		Puissance crete (kWc)	Production annuelle Eac (kWh)
2277	77.800%		96.74	
Energie dissipée par an Ed (kWh)	Cout Energie dissipée / an (FCFA)	Cout du kWh produit (FCFA)		171,373.22
5216.189	464240.838	47.596		
Prix kWh (FCFA)	Cout Energie produite/an (FCFA)	Cout du kW installé (FCFA)	Temps de retour sur investissement	
89	15,252,216.84	912,975.38	5.791 Soit 5 ans 10 mois	

Vu, nous avons plusieurs paramètres de comparaison dans ce volet économique, nous essayerons de simplifier cette dernière en dressant un tableau récapitulatif des différents paramètres de l'étude et réserver une colonne exclusive servant d'observation.

Tableau 12: Tableau comparatif de la proposition du CCTP et de la nouvelle option

Tableau comparatif		
Désignation	CCTP	Nouvelle option
Puissance crete installé (kWc)	54	96,8
Cout d'investissement initial (FCFA)	48 533 916,00	86 588 304,00
Coût total du cycle de vie (TLCC)	87 617 872,52	163 135 106,12
Rentabilité du projet (FCFA)	163 700 681,14	292 985 350,90
Cout Energie annuelle produite (FCFA)	8 528 211,02	15 252 216,84
Cout du kWh produit (FCFA)	45,719	47,596
Cout de kW installé (FCFA)	916 385,19	912 975,38
Chute de tension en (%)	5%	4%
Temps de retour sur investissement (an)	Soit 5 ans 10 mois	Soit 5 ans 10 mois
Emissions de CO2 évitées (kg)	57 468	102 886

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Négatif : est traduit par une observation défavorable de la nouvelle option, mais en réalité ce négatif est indirectement favorable, car les deux premières valeurs permettent d'élever en puissance de la nouvelle option et la dernière valeur négative provient du coût de kWh produit, qui la production de la de deuxième approche est plus importante que celle de la première d'où économiquement la production de cette dernière sera plus rentable vu, sa production est à peu près le double de la première option.

Positif : est traduit par une observation favorable de la nouvelle option.

Conclusion : nous remarquons que le coût du kilo Wattheure produit est très abordable, ceci est dû d'une part par l'absence d'un parc de batterie qui est la partie la plus coûteuse d'une installation PV et souvent trop défailante. D'autre part, par l'exonération du marché comme évoquer dans la partie d'analyse financière. Par ailleurs, notons bien que le coût de l'énergie annuellement produite de la nouvelle option ainsi que sa rentabilité valent deux fois plus significatives que ceux de la mini centrale proposée par le CCTP, d'où la nécessité de d'adopter cette option.

VII. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Par définition, on entend par Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES), la procédure administrative et technique qui permet l'identification, l'examen et l'évaluation préalables des impacts positifs et négatifs qu'une activité ou qu'un projet envisagé peut avoir sur son milieu d'insertion. En effet, l'Etude d'Impact Environnemental et Social peut être détaillée lorsque les impacts sont jugés potentiellement importants, il s'agit alors, d'une Etude d'Impact Environnemental et Social Détaillée (EIESD) ou Approfondie (EIESA). Par contre, lorsque le projet ou l'activité a des impacts d'importance mineure et n'est pas prévu pour être réalisé dans une zone à risque ou écologiquement sensible, il s'agit d'une Etude d'Impact Environnemental et Social Simplifiée (EIESS) ou d'une Notice d'Impact Environnemental et Social (NIES) comme dans notre cas. [10]

VII.1. OBJECTIFS DE L'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'étude d'impact environnemental et social a pour but de prendre en compte les préoccupations environnementales et les effets susceptibles d'être générés par l'exploitation d'un établissement ou d'une installation, d'un projet, etc. En outre, certains projets ou établissements moins importants peuvent être aussi soumis à une évaluation environnementale. On procède très généralement soit à la réalisation :

- D'un dossier de déclaration d'activités ;
- D'une notice d'impact ;
- Ou d'un dossier d'enregistrement.

VII.2. ETAT INITIAL DU SITE ET SON ENVIRONNEMENT

Située au centre-ville de la commune urbaine de Zinder, de coordonnées géographiques : 13°47'43,77'' de latitude Nord et 8°59'27,93'' de longitude Est avec une altitude de 504m. Le climat de Zinder est de type tropical sec et présente de façon générale les caractéristiques suivantes : une courte saison de pluies allant de Juin à Septembre et une longue saison sèche. La région de Zinder a un fort potentiel en produit forestiers non ligneux, avec des peuplements importants de hanza, dattier du désert, marula, jujubier, jiga, baobab, épine de christ et plusieurs autres arbres alimentaires. La nature du sol est sablonneuse.

La détermination des limites géographiques du projet permet d'appréhender la zone d'influence environnementale et sociale des activités qui seront conduites. De ce fait, la prise

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

en compte de tous les éléments du milieu pouvant être touchés de près ou de loin lors de la réalisation du projet s'avère plus que nécessaire. La zone d'influence est subdivisée en trois zones principales à savoir :

- La zone d'influence directe qui correspond au site de l'agence auxiliaire de BCEAO - Zinder où les ressources naturelles pourraient directement ressentir les effets du projet pendant la phase de construction,
- La zone d'influence intermédiaire correspondant à la zone dans laquelle vont se manifester indirectement certains impacts. Référence fait de la commune urbaine de Zinder,
- La zone d'influence diffuse s'étend sur l'ensemble de la région de Zinder.

VII.3. CADRE POLITIQUE, JURIDIQUE ET INSTITUTIONNEL

La prise en compte des préoccupations environnementales par le gouvernement du Niger a été exprimée à travers des plans et programmes indispensables pour assurer les objectifs du développement. La protection de l'environnement constitue l'une des dimensions essentielles du développement durable et par conséquent, figure au nombre des préoccupations et priorités mises à jour par les textes fondamentaux du Niger. Cette volonté s'est traduite à travers l'élaboration d'un certain nombre d'instruments politiques et juridiques en matière de protection de l'environnement notamment [15] :

- Plusieurs conventions internationales ratifiées par le Niger dont les principes d'EIES, la gestion et la protection de l'environnement et de la sécurité au travail ;
- Les textes législatifs et réglementaires en vigueur au Niger dont l'application et le respect sont nécessaires dans la mise en œuvre des projets et programmes à savoir :
 - La constitution du 25 Novembre 2010 qui à son article 35, stipule que "toute personne a droit à un environnement sain" ;
 - La loi N°98-056 du 29 Décembre 1998 portant loi cadre relative à la gestion de l'environnement ;
 - L'ordonnance 97- 001 du 10 Janvier 1997 portant institutionnalisation des EIE. La mise en œuvre de la politique de protection, de gestion et de valorisation de l'environnement au Niger est sous la responsabilité d'une multitude d'acteurs dont le Ministère en charge de l'environnement et le chef de file des institutions publiques à travers ses services déconcentrés.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VII.4. EVALUATION DES CHANGEMENTS PROBABLES

L'évaluation des changements probables résulte d'une identification pertinente de toutes les activités liées au projet d'installation d'une centrale solaire photovoltaïque sur le site de l'agence auxiliaire de BCEAO à Zinder. Ainsi, la signification des impacts issus de l'interaction entre l'intensité, la durée et l'étendue des perturbations imposées aux composantes du milieu doit se faire selon un jugement de valeur approprié.

VII.4.1. IDENTIFICATION DES ACTIVITES SOURCES D'IMPACTS

Les activités sources d'impact qui sont identifiées dans le cadre du projet d'installation de la mini centrale PV sur ce site sont recensées au niveau de 3 phases essentielles du projet à savoir :

- La préparation ;
- La construction ;
- L'exploitation comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Sources d'impacts par phase

Phases	Activités sources d'impacts
Préparation	Acquisition du terrain
	Recrutement de la main d'œuvre
Construction	Nivellement et terrassement du terrain
	Construction de l'immeuble fonctionnel B
	Fixation des châssis de fixation des modules sur la toiture du l'immeuble fonctionnel B
	Pose des modules
	Déploiement des câbles
Exploitation	Fonctionnement
	Maintenance et entretien des équipements

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VII.4.2. COMPOSANTES AFFECTEES

Tableau 14: Composantes et éléments affectés

Composantes	Eléments
Biophysique	Végétation (Nombre pieds d'arbres coupés)
	Air (Atmosphère locale pendant les travaux)
	Sol (Terrassement et implantation des bâtiments)
Humaines	Sécurité et santé des travailleurs et populations
	Emploi de la jeunesse locale et revenus financiers

VII.4.3. GRILLE D'INTERRELATION ENTRE LES ACTIVITES ET LES COMPOSANTES

Tableau 15: Matrice d'interrelation

Phases	Activités sources d'impacts	Eléments biophysiques			Eléments humains		
		Végétation	Air	Sols	Sécurité et santé	Emploi et revenu	Cadre de vie
Préparation	Acquisition du terrain						(+)
	Recrutement					(+)	
Construction	Nivellement et terrassement du terrain	(-)	(-)	(-)	(-)		
	Construction de l'immeuble du fonctionnel B	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)
	Fixation des châssis de fixation des modules sur l'immeuble fonctionnel B				(-)	(+)	
	Pose des modules				(-)	(+)	
	Déploiement des câbles				(-)	(+)	(+)
	Exploitation	Fonctionnement				(-)	
Maintenance et entretien des équipements			(+)	(-)	(+)	(+)	

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

VII.5. EVALUATION DE L'IMPORTANCE DES IMPACTS

Tableau 16: Critères d'évaluation et de l'importance des impacts

Phases	Agents d'impacts	Milieux affectés		Critères d'évaluations des impacts			Critères d'importance des impacts		
				Portée	Intensité	Durée	Majeur	Modéré	Mineur
Préparation		Biophysique	Humain						
	Déchets	Sol		Locale	Faible	Moyen terme	X		
	Attribution du terrain		Cadre de vie	Locale	Forte	Long terme	X		
Construction	Décapage de terre végétale	Végétation, sol	Cadre de vie	Locale	Faible	Long terme		X	
	Soulèvement de poussière	Air	Cadre de vie	Locale	Moyenne	Court terme		X	
	Pollution et érosion du sol	Sol, Air	Cadre de vie	Locale	Faible	Long terme		X	
	Blessures et accidents		Sécurité et santé	Ponctuelle	Faible	Court terme		X	
Exploitation	Production des déchets	Sol, Air	Cadre de vie	Locale	Faible	Moyen terme			X
	Pas de CO ₂		Cadre de vie	Régionale	Moyenne	Long terme		X	

VII.6. MESURES D'ATTENUATION

- Renforcer le couvert végétal par des initiatives de plantations d'arbres sur le site en particulier et dans la localité en général ;
- Arrosage des voies de circulation et entretien régulier du site et des équipements ;
- Interdiction de tout brûlage sur le site ;
- Port d'équipements de protection individuels par les travailleurs exposés ;
- Sensibiliser les travailleurs ;
- Nettoyage du site et ses alentours.

CONCLUSION

Notre travail a porté sur la conception d'une mini centrale photovoltaïque qui couvrira la charge partielle du site de l'agence auxiliaire de la BCEAO – Zinder conformément aux prescriptions du cahier des clauses techniques et particulières (CCTP) avec une puissance crête de 54 kWc. A la suite de notre étude, nous avons procédé au dimensionnement d'une nouvelle option de centrale PV ayant une puissance à peu près le double de celle proposée par le CCTP en apportant des plus sur l'étude précédente à savoir : l'augmentation de la puissance de la centrale et la modification du point d'injection de l'énergie photovoltaïque produite, par conséquent la production énergétique annuelle a passée de 95 822,60 kWh à 171 373,22 kWh. Puis, nous avons procédé à la détermination du coût total de l'investissement initial du projet qui est de 49 504 594,32 FCFA pour la première approche et 88 320 070,08 FCFA pour la seconde, le coût d'installation par unité de kilo Watt est de 916 385,19 FCFA de la première approche, contre 912 975,38 FCFA. Enfin, nous avons pu déterminer le coût du kilo Wattheure produit qui se lève à 47,596 FCFA pour la seconde approche, ce qui est nettement plus abordable que l'énergie vendue par la NIGELEC. Du point de vue environnemental, nous retenons que la nouvelle option engendre l'abstention d'émission en CO₂ de 102 886kg/an contre 57 468 kg/an.

De tout ce qui précède, nous affirmons que le choix de la nouvelle option est techniquement plus avantageux et économiquement plus rentable que la proposition du CCTP.

RECOMMANDATION

Les recommandations permettent d'évoquer les manquements que nous avons constatés dans notre étude ou des points que nous ne pouvons pas développer plus en détails. Ces recommandations amélioreront davantage le système étudié. Ainsi nous conseillons :

- D'installer des candélabres dotés de système solaire, afin d'assurer l'éclairage du site tout au long des soirées,
- Vu la disponibilité d'une immense surface :
 - Prévoir l'extension du champ PV afin de produire une énergie saine,
 - Prévoir un système de revente d'énergie au réseau public "la NIGELEC",
- Installation des climatiseurs solaires,
- Installer des équipements à haut rendement et moins énergivores.
- Garder la position de l'ancien local technique à la fin du projet, vu sa proximité avec les charges importantes du site.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

BIBLIOGRAPHIE

- [1] NIGELEC, « Cadre de Politique de Réinstallation Involontaire des Populations (CPRI), » Niamey, 2017.
- [2] Cri de Cigogne (CDC), « Bilan et perspectives énergétique au Niger Par CrideCigogne.pdf, » Novembre 2009. [En ligne]. Available : <http://www.cridecigogne.org>.
- [3] <http://sites.nova-technologies.com/bate/produits-et-services.html>.
- [4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Banque_centrale_des_%C3%89tats_de_l%27Afrique_de_l%27Ouest.
- [5] Giraude ANDEOSSI, support de cours : Master, 2iE « management de la responsabilité sociale et environnementale ». 2016
- [6] ABB, SACE, « Document d'application technique N°10 d'installations photovoltaïques, » 2010. [En ligne]. Available: http://www.plaisance-pratique.com/IMG/pdf/Panneaux_solaires.pdf.
- [7] Ms.ELN.Tahraoui+Halil, « Dimensionnement et Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique : mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de master », Université Abou Berk Belkaid de Tlemcen, juin 2017. [En ligne]. Available.
- [8] Dr Ahmed O. BAGRE, support de cours : licence 3, 2iE « énergie solaire photovoltaïque ». 2013
- [9] MEDDOUR_Youcef & YAZI_Zoubir, « Etude de raccordement d'un système photovoltaïques au réseau électrique : mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de master », Université Kasdi Merbah Ouargla, juin 2015. [En ligne]. Available.
- [10] Hassane DAOUDA, « étude de l'alimentation en énergie électrique d'un centre isole par une centrale solaire photovoltaïque autonome : cas de la localité de Mounléla au Niger : mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur 2ie en génie électrique, énergétique et industriel avec grade de master, option : réseaux électriques » janvier 2019.
- [11] Dr HAMAN DJALO & M. TCHOFFO HOUDJI Etienne support de cours : licence 3, « Energie Solaire Photovoltaïque » Université de Maroua, 2011-2012.
- [12] Dr Ahmed O. BAGRE, support de cours : Master 1, 2iE « énergie photovoltaïque connectée au réseau ». 2016
- [13] Moussa Amani Mahamadou « étude sur la production d'énergie électrique au moyen d'un système hybride PV-diesel : cas de la localité de Kotchiri, mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur 2ie en génie électrique, énergétique et industriel avec grade de master, option : énergie renouvelable » janvier 2019.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

[14] Recueil des textes légaux et réglementaires régissant l'activité bancaire et financière dans l'UMOA, Vol. I, éd. 2018. [En ligne]. Available.

[15] SOCIETE ALNAHAR SARL, « Rapport de l'étude d'impact environnemental et social (EIES) du projet d'implantation d'une unité de production d'eau minérale à Hamdallaye » Niamey, 2016.

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

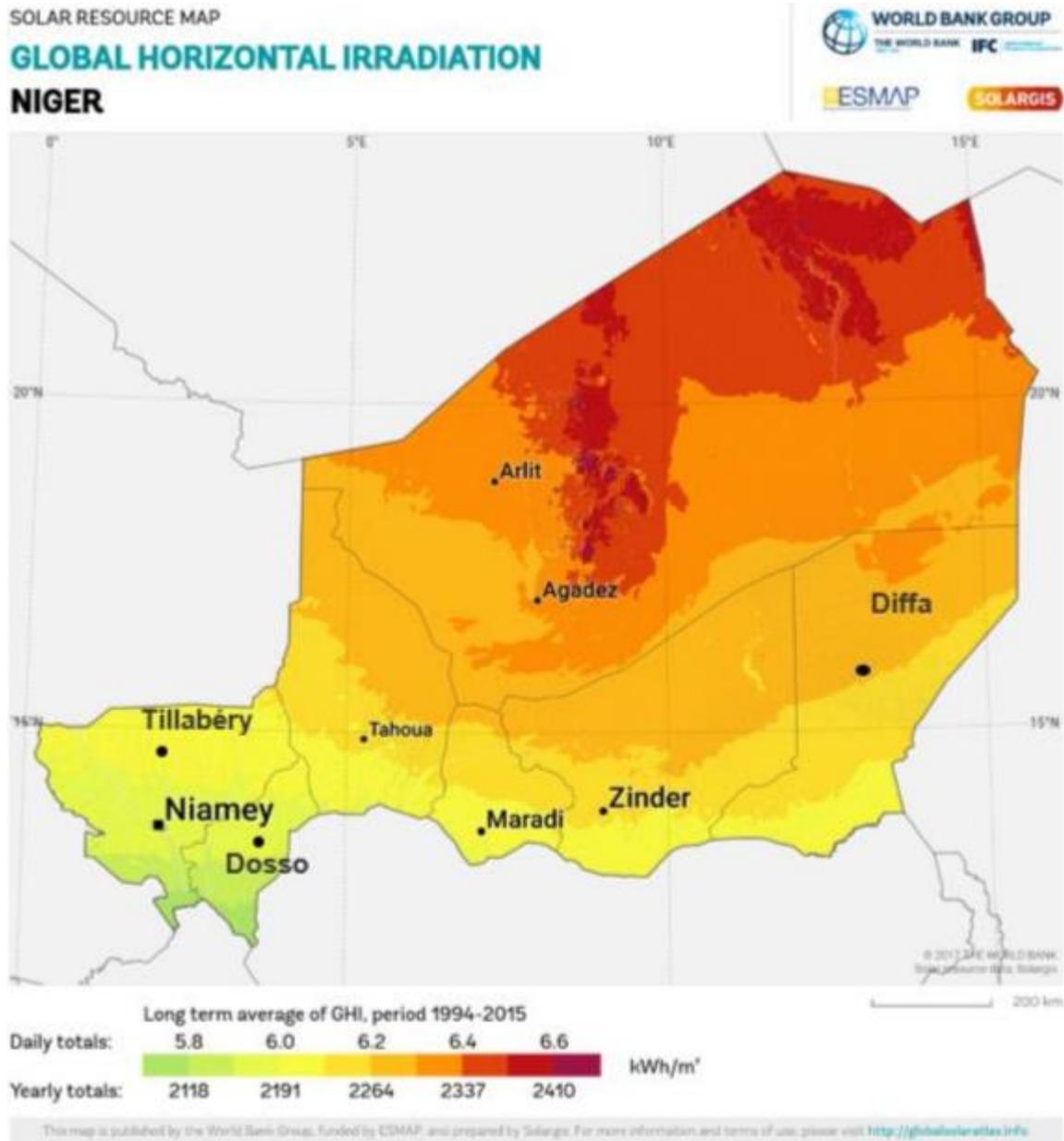
ANNEXES

ANNEXE 1: Irradiation globale du Niger [13].....	47
ANNEXE 2: IRRADIATION REGIONALE DU NIGER	48
ANNEXE 3: PARAMETRES DE SIMULATION.....	49
ANNEXE 4: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION	50
ANNEXE 5: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION	51
ANNEXE 6: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION	52
ANNEXE 7: RESULTATS ISSUS DE LA DEUXIEME SIMULATION	53
ANNEXE 8: RESULTATS ISSUS DE LA DEUXIEME SIMULATION	54
ANNEXE 9: RESULTATS ISSUS DE LA DEUXIEME SIMULATION	55
ANNEXE 10: Dimensionnement champ PV	56
ANNEXE 11: Calculs de section des câbles et chute de tension	56
ANNEXE 12: DEVIS ESTIMATIF ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	57
ANNEXE 13: COURBE EN BANDE DE RENTABILITE.....	57
ANNEXE 14: DIMENSIONNEMENT CHAMP PV	58
ANNEXE 15: CALCULS DE SECTION DES CABLES ET CHUTE DE TENSION	58
ANNEXE 16: DEVIS ESTIMATIF ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT	59
ANNEXE 17: COURBE EN BANDE DE RENTABILITE.....	59
ANNEXE 18: CATALOGUE DE FUSIBLE DC.....	60
ANNEXE 19: CATALOGUE DU DISJONCTEUR DC.....	61
ANNEXE 20: CATALOGUE DU DISJONCTEUR	61
ANNEXE 21: SECTION DE CABLE DU TRONÇON ONDULEUR – COFFRET AC.....	62
ANNEXE 22: SECTION DE CABLE DU TRONÇON COFFRET AC – TGBT	62
ANNEXE 23: SECTION DE CABLE DU TRONÇON COFFRET AC – TD	63
ANNEXE 24: SURTENSION ATMOSPHERIQUE.....	63
ANNEXE 25: Catalogue de module photovoltaïque	64
ANNEXE 26: CATALOGUE D'ONDULEUR.....	65
ANNEXE 27: Schémas de l'installation d'après le bilan de puissance	66

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe I : Potentiel solaire du niger

Annexe I.1. Irradiation globale du Niger [13]



ANNEXE 1: Irradiation globale du Niger [13]

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe I. 2. Irradiation régionale du Niger

Site'	[kWh/m ² a]	[°C]	D	J	Latitude [°]	Longitude [°]	Source
Agadez	2248	31			16,97	7,98	Meteonorm 7.1
Bilma	2295	31			18,68	12,92	Meteonorm 7.1
Birni Nkonni	2243	29			13,80	5,25	Meteonorm 7.1
Gaya	2167	29			11,88	3,45	Meteonorm 7.1
Magaria	2215	29			12,98	8,93	Meteonorm 7.1
Maine Soroa	2221	29			13,23	11,98	Meteonorm 7.1
Maradi Airp.	2216	29			13,47	7,08	Meteonorm 7.1
Nguigmi	2211	29			14,25	13,12	Meteonorm 7.1
Niamey Airp.	2233	29			13,48	2,17	Meteonorm 7.1
Tahoua	2281	30			14,90	5,25	Meteonorm 7.1
Tillabery (2)	2258	29			14,20	1,45	Meteonorm 7.1
Zinder Airp.	2245	29			13,78	8,98	Meteonorm 7.1

ANNEXE 2: IRRADIATION REGIONALE DU NIGER

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

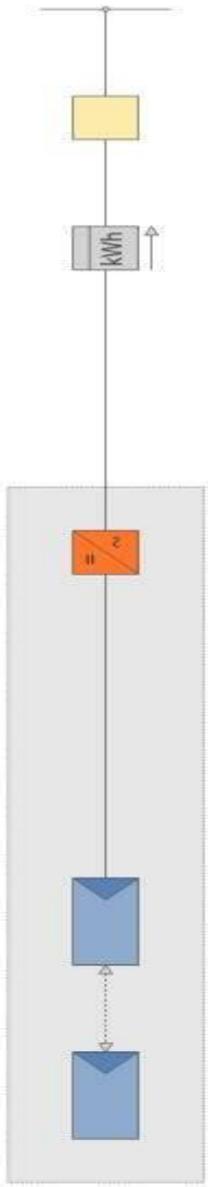
Annexe II: Résultat de la simulation PVSOL

Annexe II.1. Paramètres de simulation

Type d'installation, météo et réseau

Type d'installation

Système PV raccordé au réseau



Type de planification

Utiliser la planification 3D

Données climatiques

Pays: Niger

Site: Zinder Airp.

Latitude	13° 46' 58" (13,78°)	Ensoleillement total annuel	2245 kWh/m ²
Longitude	8° 58' 58" (8,98°)	Température moyenne annuelle	29,7 °C
Fuseau horaire	UTC+1	Paramètres de la simulation	
Période	-		
Résolution	Par heure		

Réseau CA

Tension (N-L)	230 V
Nombre de phases	3-phasé
cos φ	1
Limitation de la puissance de revente	Non

ANNEXE 3: PARAMETRES DE SIMULATION

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe II.2.1 : Résultats issus de la première simulation

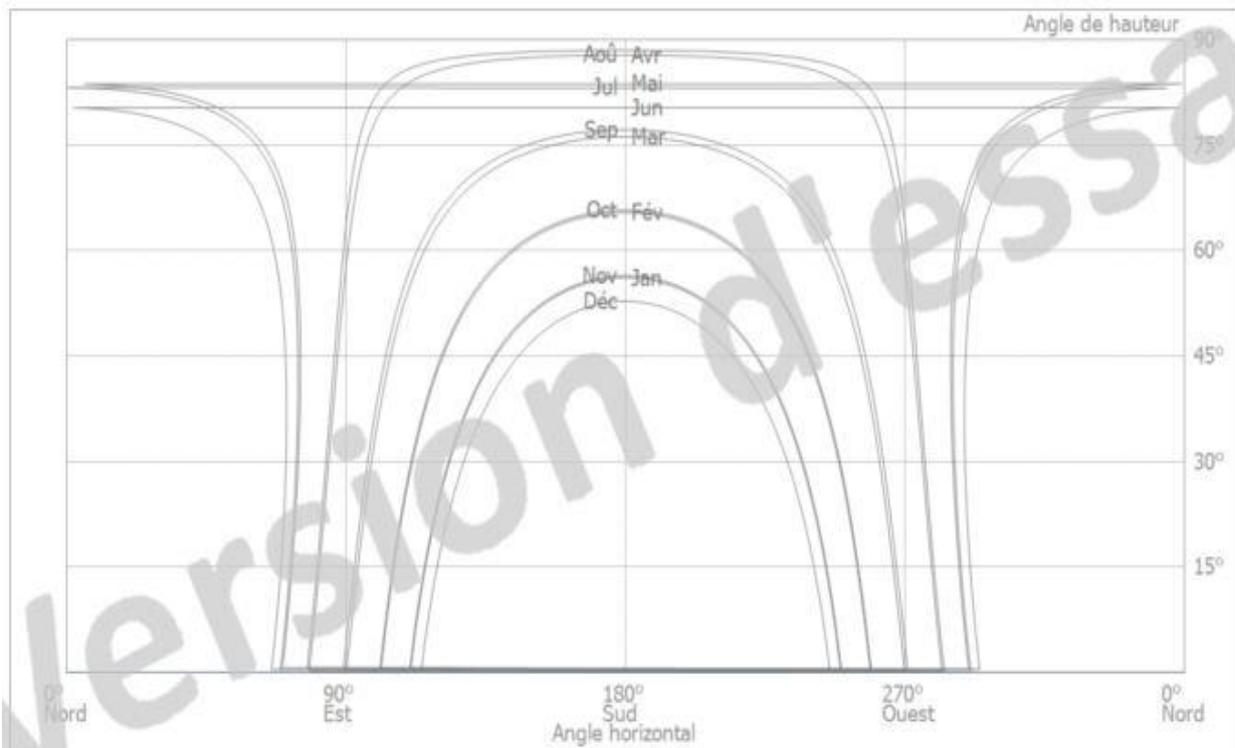
Structure de l'installation

Données climatiques Zinder Airp.
 Type d'installation Système PV raccordé au réseau

Générateur PV Superficie de module

Nom	Superficie de module 1
Modules PV*	180 x JKM300P-72
Fabricant	Jinko Solar
Indinaison	14 °
Orientation	Sud 180 °
Type de montage	Parallèle au toit
Surface générateur PV	349,3 m ²

Pertes



ANNEXE 4: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe II.2.2 : Résultats issus de la première simulation

Résultats de la simulation

Installations PV

Puissance du générateur PV	54 kWc
Rendement annuel spéc.	1 774,23 kWh/kWc
Coefficient de performance de l'installation (PR)	77,9 %
Énergie revendue	95 808 kWh/année
Alimentation réseau durant la première année (y compris dégradation du module)	95 285 kWh/année
Consommation de veille	28 kWh/année
Emissions CO ₂ évitées	57 468 kg / année

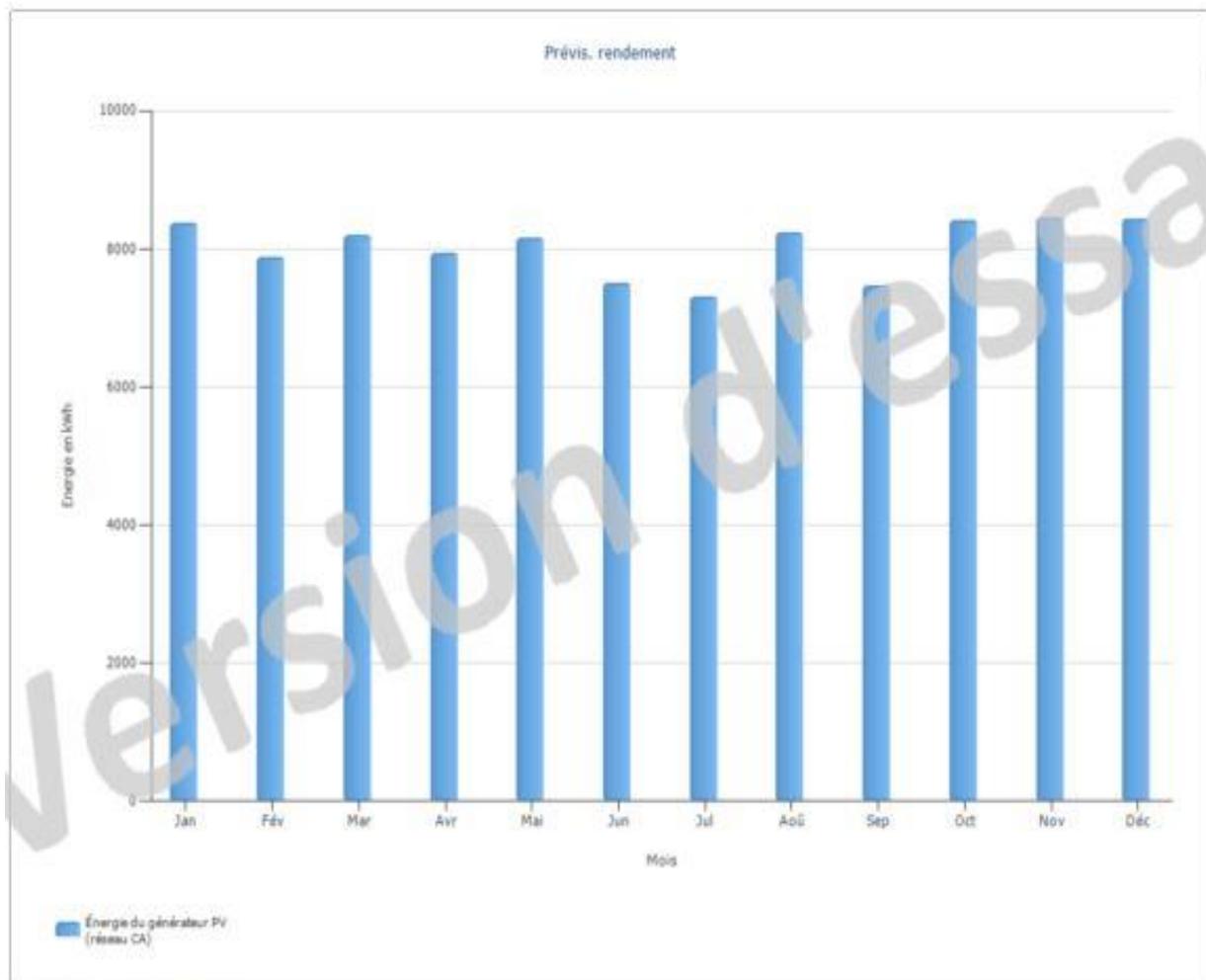


Figure : Prévis. rendement

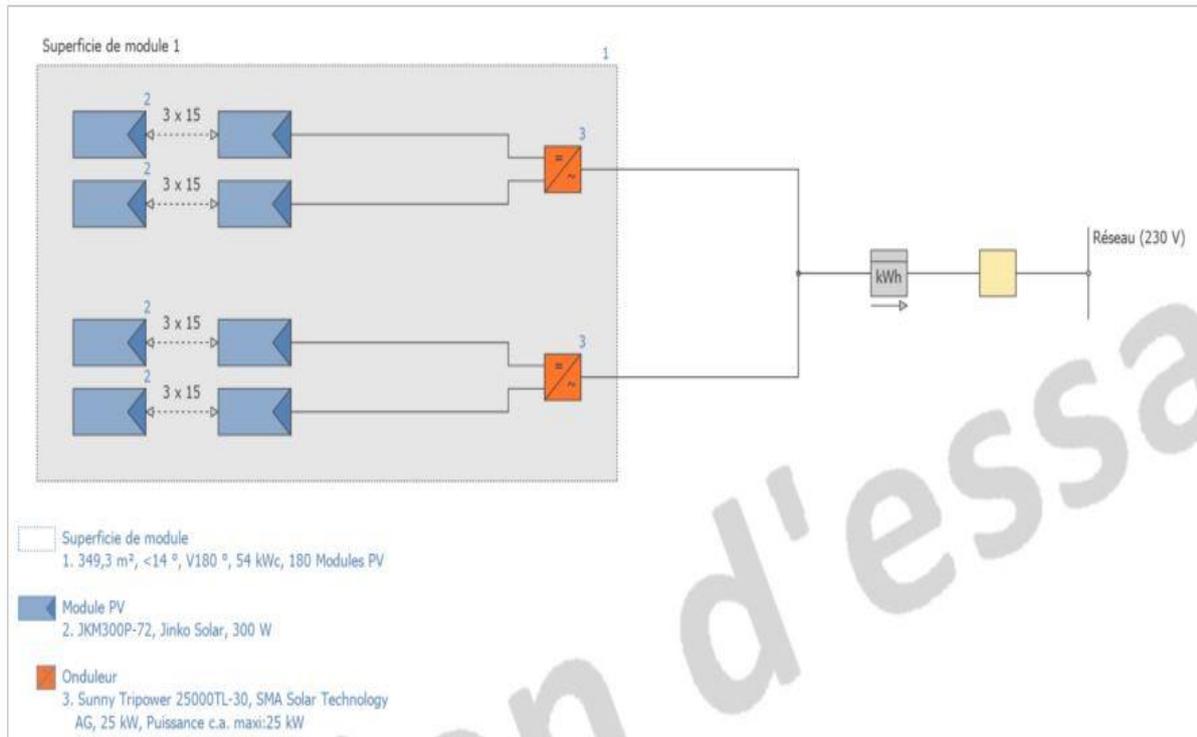
ANNEXE 5: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe II.2.3 : Résultats issus de la première simulation

Système PV raccordé au réseau

Données climatiques	Zinder Airp. (-)
Puissance du générateur PV	54 kWc
Surface générateur PV	349,3 m ²
Nombre de modules PV	180
Nombre d'onduleurs	2



ANNEXE 6: RESULTATS ISSUS DE LA PREMIERE SIMULATION

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe II.3.1 : Résultats issus de la deuxième simulation

Structure de l'installation

Données climatiques
Type d'installation

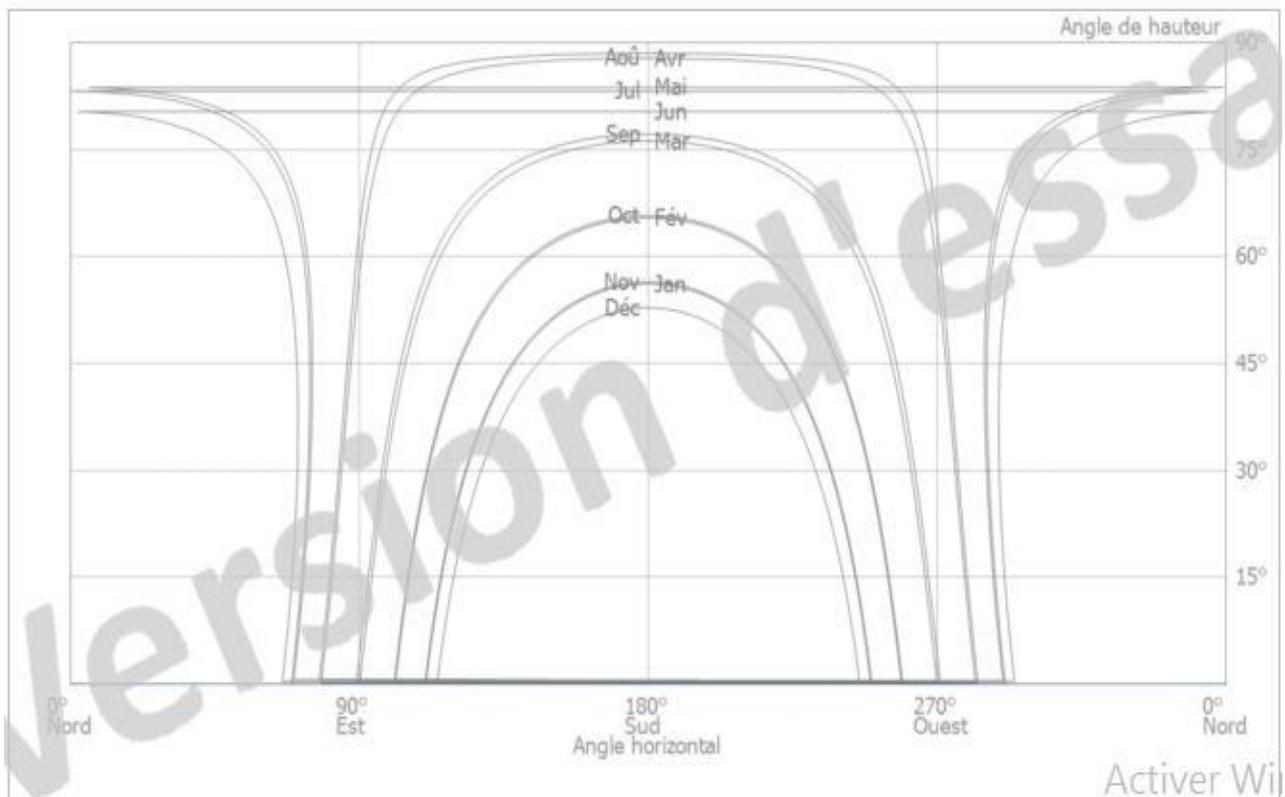
Zinder Airp.
Système PV raccordé au réseau

Générateur PV Superficie de module

Nom
Modules PV*
Fabricant
Inclinaison
Orientation
Type de montage
Surface générateur PV

Modulfläche 1
312 x JKM310P-72
Jinko Solar
14 °
Sud 180 °
Parallèle au toit
605,4 m²

Pertes



ANNEXE 7: RESULTATS ISSUS DE LA DEUXIEME SIMULATION

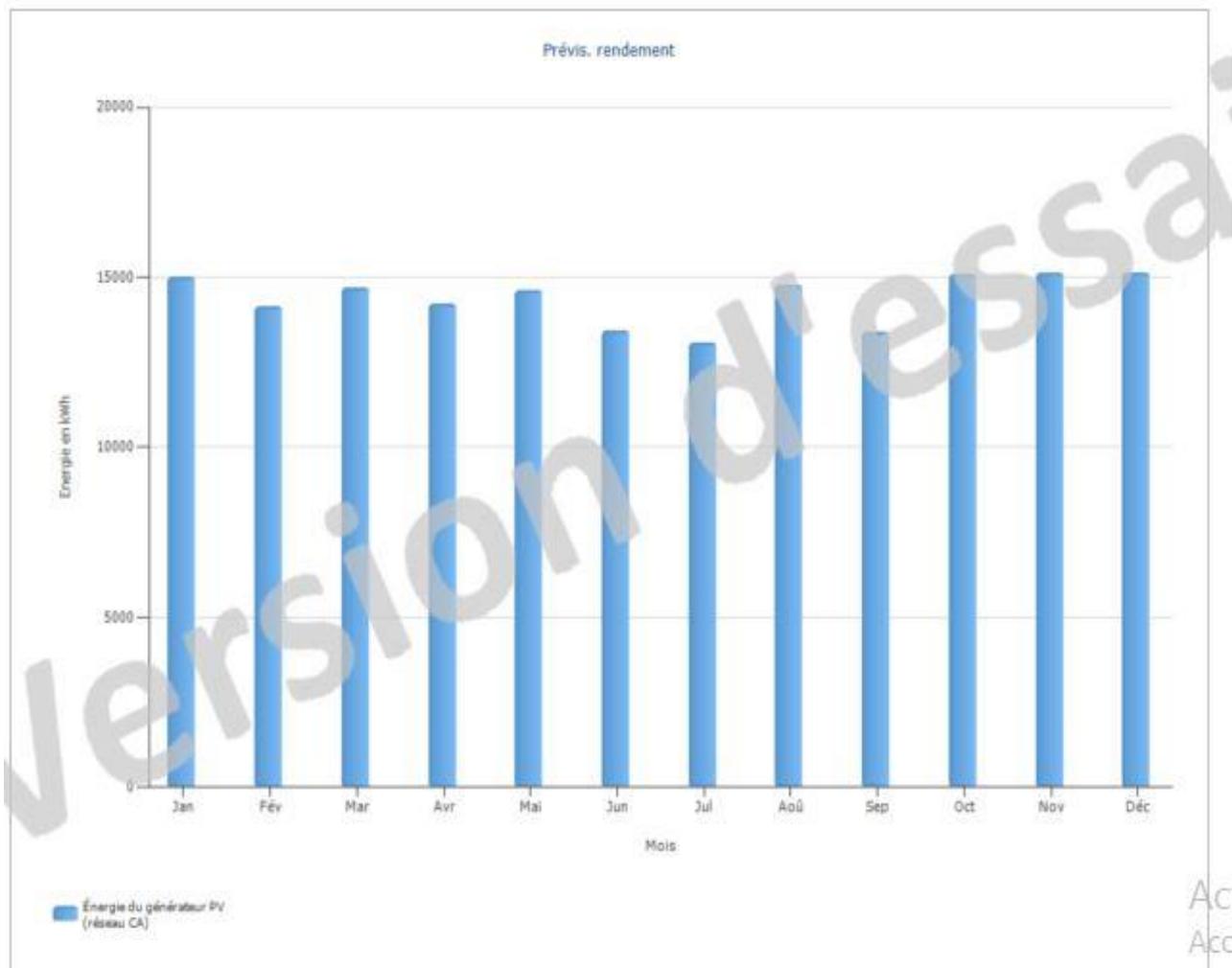
CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe II.3.2 : Résultats issus de la deuxième simulation

Résultats de la simulation

Installations PV

Puissance du générateur PV	96,7 kWc
Rendement annuel spéc.	1 773,57 kWh/kWc
Coefficient de performance de l'installation (PR)	77,8 %
Énergie revendue	171 540 kWh/année
Alimentation réseau durant la première année (y compris dégradation du module)	170 603 kWh/année
Consommation de veille	63 kWh/année
Emissions CO ₂ évitées	102 886 kg / année



ANNEXE 8: RESULTATS ISSUS DE LA DEUXIEME SIMULATION

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe IV : Feuille de calcul

Annexe IV.1 : Résultats de la première approche

Annexe IV.1.1 : Dimensionnement champ PV

DIMENSIONNEMENT SUIVANT LES PRESCRIPTION DU CCTP							
Surface occupée par le champ PV							
Longueur (m)	Largeur (m)		S unitaire(m ²)		Nbre module		Surface utile (m ²)
1.956	0.992		1.940		180		349.263
Configuration du champ PV							
Nbre module série		Nbre string/MPP		Nbre de MPP		Nbre onduleur	
15		3		2		2	
						Pch (kW)	
						54.0216	
Caractéristiques électriques des modules							
Vmpp (V)	Impp (A)	Pmpp (W)		Icoef	Ucoef	Vsc (V)	Isc (A)
36.6	8.2	300		1.25	1.15	45.3	8.84
Caractéristiques électriques des ondules							
Umax mpp(V)	Umi mpp(V)	Uoc (V)	Imax/mpp (A)	Nbre de MPP	Rendement(%)	P nom CC (kW)	P nom AC (kW)
800	150	1000	33	2	98.300%	25.55	25
Verification du choix de l'onduleur							
Uoc (V)	Ioc (A)	Umpp (V)		Pcc (W)	Pac/η (kW)	coef Gpv (%)	Ratio (%)
679.5	26.52	549		27.01	25.43	106.21	94.16
679,5 < 1000	26,52 < 33	150 < 549 < 800				90<106,21<110	90 < 94,16 < 110

ANNEXE 10: Dimensionnement champ PV

Annexe IV.1.2 : Calculs de section des cables et chute de tension

Calculs de sections des cables							
Strings - coffrets CC		Coffrets CC - Onduleur		Onduleur - Coffret AC		Coffret AC - TGBT	
Is-c	Us-c	Ic-o	Uc-o	Io-c	Uo-c	Ic-tgbt	Uc-tgbt
11.05	781.425	33	781.425	36.2	400	72.4	400
calibre fusible In s-c		calibre disjoncteur In c-o		calibre disjoncteur In o-c		calibre disjoncteur In c-tgbt	
16		32		40		100	
Section s-c (mm ²)		Section c-o (mm ²)		Section o-c (mm ²)		Section c-tgbt (mm ²)	
4		6		6		25	
0.000004		0.000006		0.000006		0.000025	
Chute de tension							
	résistivité(Ωm)	Réactance (Ω)	cosθ	sinθ	racine de 3	Section coffret-tgbt (mm ²)	
	1.71E-08	0.00008	0.95	0.31	1.73	25	
Longueur cable s-c (m)		Longueur cable c-o (m)		Longueur cable o-c (m)		Longueur cable c-tgbt (m)	
5		40		2		180	
ΔUs-c (V)	Ps-c (W)	ΔUc-o (V)	Pc-o(W)	ΔUo-c (V)	Po-c(W)	ΔUc-td (V)	Pc-tgbt(W)
0.351	2.875	6.047	160.355	0.342	20.361	15.209	1809.722
0.045%		0.774%		0.086%		3.802%	
Chute de tension DC (%)		0.819%		Chute de tension AC (%)		3.888%	
Chute de tension totale ΔUt (%)				Puissance totale dissipée(W)			
4.706%				1993.312			

ANNEXE 11: Calculs de section des câbles et chute de tension

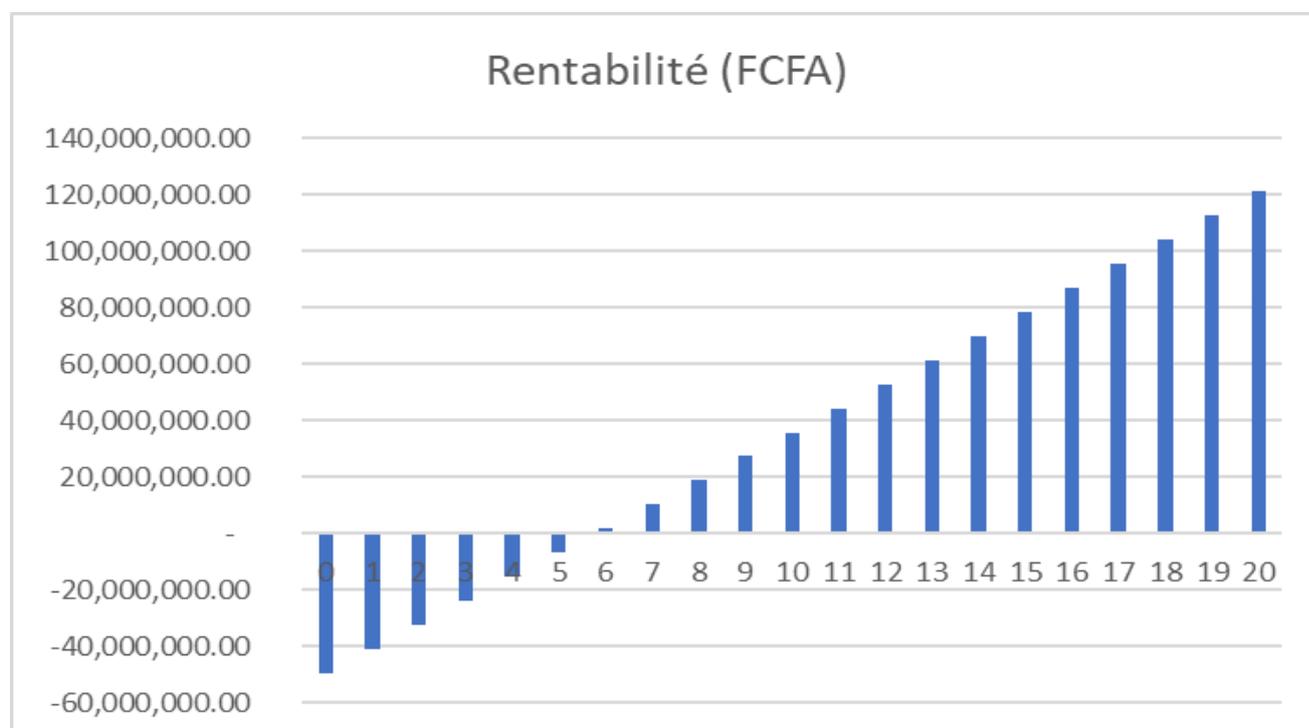
CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe IV.1.3 : Devis estimatif et Retour sur investissement

Devis estimatif					
Désignation	Unité	Quatité	Prix unitaire(FCFA)		Montant (FCFA)
Module (panneaux) solaires de 300 Wc	u	180	180,336.00		32,460,480.00
Installation y compris divers support de modules	ens	1	1,050,000.00		1,050,000.00
Boite de raccordement DC /1000V 6 entrées	u	2	721,770.00		1,443,540.00
Onduleur SMA de 25 kW continu de chez SMA. Tension	u	4	1,541,992.00		6,167,968.00
Coffret de protection AC	u	2	855,964.00		1,711,928.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 4 mm2	ml	100	2,450.00		245,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 6 mm2	ml	200	4,550.00		910,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 25 mm2	ml	180	25,250.00		4,545,000.00
Total du cout d'investissement initial					48,533,916.00
Cout de maintenance et d'exploitation (2% du cout d'investissement initial)			970,678.32	2%	970,678.32
Total Hors Taxe					49,504,594.32
Retour sur investissement					
Ensoleilment : Hea (kWh/m2/j)	Ratio de performance : PR		Puissance crete (kWc)		Production annuelle Eac (kWh)
2277	77.900%		54.02		
Energie dissipée par an Ed (kWh)	Cout Energie dissipée / an (FCFA)	Cout du kWh produit (FCFA)		95,822.60	
3535.702	314677.496	36.575			
Prix kWh (FCFA)	Cout Energie /an (FCFA)	Cout de kW installé (FCFA)	Temps de retour sur investissement		
89	8,528,211.02	916,385.19	5.805 Soit 5 ans 10 mois		

ANNEXE 12: DEVIS ESTIMATIF ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Annexe IV.1.4 : Courbe en bande de rentabilité



ANNEXE 13: COURBE EN BANDE DE RENTABILITE

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe IV.2 : Résultats de la première approche

Annexe IV.2.1 : Dimensionnement champ PV

DIMENSIONNEMENT D'UNE VARIANTE PROPOSEE							
Surface occupée par le champ PV							
Longueur (m)	Largeur (m)		S unitaire(m2)		Nbre module		Surface utile (m2)
1.956	0.992		1.940		312		605.390
Configuration du champ PV							
Nbre module série			Nbre string/MPP		Nbre de MPP	Nbre onduleur	Pch (kW)
13			3		2	4	96.74
Caractéristiques électriques des modules							
Vmpp (V)	Impp (A)	Pmpp (W)		lcoef	Ucoef	Voc (V)	Ioc (A)
37	8.38	310		1.25	1.15	45.9	8.96
Caractéristiques électriques des ondules							
Umax mpp(V)	Umi mpp(V)	Uoc (V)	Imax/mp (A)	Nbre de MPP	Rendement(%)	P nom CC (kW)	Pnom AC (kW)
800	150	1000	33	2	98%	25.55	25
Verification du choix de l'onduleur							
Uoc (V)	Ioc (A)	Umpp (V)		Pcc (W)	Pac/η (kW)	coef Gpv (%)	Ratio (%)
596.7	26.88	481		24.18	25.43	95.09	105.16
596,7 < 1000	26,88 < 33	150 < 481 < 800				90 < 95,09 < 110	90 < 105,16 < 110

ANNEXE 14: DIMENSIONNEMENT CHAMP PV

Annexe IV.2.2 : Calculs de section des cables et chute de tension

Calculs de sections des cables							
Strings - coffrets CC		Coffrets CC - Onduleur		Onduleur - Coffret AC		Coffret AC - TGBT	
Is-c	Us-c	Ic-o	Uc-o	Io-c	Uo-c	Ic-tgibt	Uc-tgibt
11.2	686.205	33	686.205	36.2	400	144.8	400
calibre fusible In s-c		calibre disjoncteur In c-o		calibre disjoncteur In o-c		calibre disjoncteur In c-tgibt	
16		32		40		160	
Section s-c (mm2)		Section c-o (mm2)		Section o-c (mm2)		Section c-td (mm2)	
4		6		6		70	
0.000004		0.000006		0.000006		0.00007	
Chute de tension							
Résistivité(Ωm)		Réactance (Ω)	cosθ	sinθ	racine de 3	Section coffret-tgibt (mm2)	
1.71E-08		0.00008	0.95	0.31	1.73	70	
Longueur cable s-c (m)		Longueur cable c-o (m)		Longueur cable o-c (m)		Longueur cable c-tgibt (m)	
5		40		2		180	
ΔUs-c (V)	Ps-c (W)	ΔUc-o (V)	Pc-o(W)	ΔUo-c (V)	Po-c(W)	ΔUc-tgibt (V)	Pc-tgibt(W)
0.358	3.002	6.129	164.738	0.342	20.361	11.583	2756.394
0.052%		0.893%		0.086%		2.896%	
Chute de tension DC (%)		0.945%		Chute de tension AC (%)		2.981%	
Chute de tension totale ΔUt (%)				Puissance totale dissipée (W)			
3.927%				2944.494			

ANNEXE 15: CALCULS DE SECTION DES CABLES ET CHUTE DE TENSION

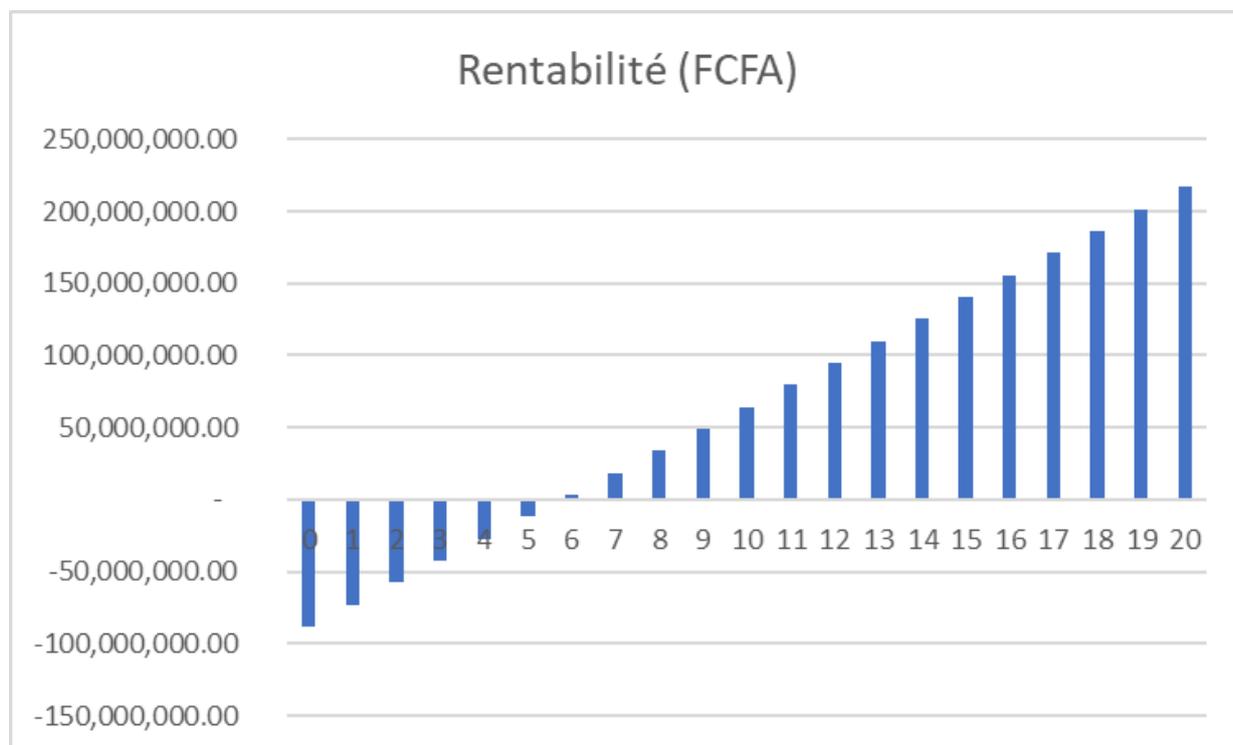
CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe IV.2.3 : Devis estimatif et Retour sur investissement

Devis estimatif					
Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire(FCFA)		Montant (FCFA)
Module (panneaux) solaires de 310 Wc	u	312	180,336.00		56,264,832.00
Installation y compris divers support de modules	ens	1	2,100,000.00		2,100,000.00
Boite de raccordement DC /1000V 6 entrées	u	4	721,770.00		2,887,080.00
Y SMA de 25 kW continu de chez SMA. Tens	u	8	1,541,992.00		12,335,936.00
Coffret de protection AC	u	4	855,964.00		3,423,856.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 4 mm2	ml	200	2,450.00		490,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 6 mm2	ml	400	4,550.00		1,820,000.00
Câbles U 1000 Ro2V Cuivre 70 mm2	ml	180	40,370.00		7,266,600.00
Total du cout d'investissement initial					86,588,304.00
Cout de maintenance et d'exploitation (2% du cout d'investissement initial)			1,731,766.08	2%	1,731,766.08
Total Hors Taxe					88,320,070.08
Retour sur investissement					
Ensoleilment : Hea (kWh/m2/j)	Ratio de performance : PR		Puissance crete (kWc)		Production annuelle Eac (kWh)
2277	77.800%		96.74		
Energie dissipée par an Ed (kWh)	Cout Energie dissipée / an (FCFA)	Cout du kWh produit (FCFA)		171,373.22	
5216.189	464240.838	47.596			
Prix kWh (FCFA)	Cout Energie produite/an (FCFA)	Cout du kW installé (FCFA)		Temps de retour sur investissement	
89	15,252,216.84	912,975.38		5.791 Soit 5 ans 10 mois	

ANNEXE 16: DEVIS ESTIMATIF ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT

Annexe IV.2.4 : Courbe en bande de rentabilité



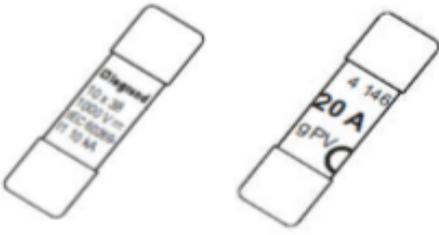
ANNEXE 17: COURBE EN BANDE DE RENTABILITE

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe V : Dispositifs de protection

Annexe V.1 : Partie courant continue DC

Annexe V.1.1 : Catalogue de fusible DC

	87045 LIMOGES Cedex Téléphone : 05 55 06 87 87 – Télécopie : 05 55 06 88 88								
Fusible pour applications photovoltaïques (PV) et courant continu (DC)	Référence(s) : 4146 25/26/27/28/29/30								
	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">SOMMAIRE</td> <td style="width: 50%; text-align: right;">PAGES</td> </tr> <tr> <td>1. Caractéristiques générales.....</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>2. Côtes d'encombrement.....</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>3. Caractéristiques techniques.....</td> <td style="text-align: right;">1- 2</td> </tr> </table>	SOMMAIRE	PAGES	1. Caractéristiques générales.....	1	2. Côtes d'encombrement.....	1	3. Caractéristiques techniques.....	1- 2
SOMMAIRE	PAGES								
1. Caractéristiques générales.....	1								
2. Côtes d'encombrement.....	1								
3. Caractéristiques techniques.....	1- 2								

1. CARACTERISTIQUES GENERALES

Fusibles cylindriques de taille 10x38 mm pour protection des courants de défaut compris entre 1,3 In et 3 In des chaînes photovoltaïques (PV) jusqu'à 1000 V DC.

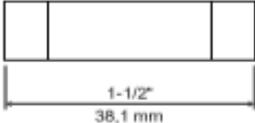
Cartouches de type « gPV » suivant CEI 60269-6.

Quelles que soient les conditions ambiantes (température, ensoleillement, ...), cette tension « Uocsto » (tension de court circuit), doit toujours être supérieure à la tension maxi du générateur PV (Uocmax) avec $Uocmax = k Uocsto$.

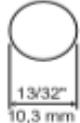
Pour des panneaux mono ou poly-cristallins, la valeur de k (facteur de correction) est déterminée selon le tableau 1 du guide UTE C 15-712-1. En l'absence d'information complémentaire de température, la valeur de k peut être prise égale à 1,2 fois Uocsto.

Ce coefficient peut être différent pour d'autres technologies de panneaux voir les indications des constructeurs.

2. COTES D'ENCOMBREMENT



1-1/2"
38,1 mm



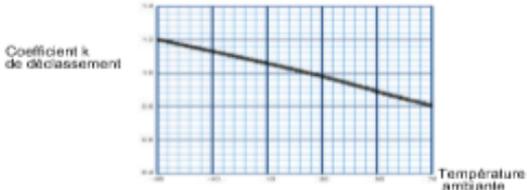
13/32"
10,3 mm

3. CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Ref.	Intensité nominale (A) (courant assigné In)	Puissance dissipée (w) sous 0,7 In (à 20°C)
4 146 25	5	0,58
4 146 26	8	0,73
4 146 27	10	0,67
4 146 28	12	0,72
4 146 29	15	0,91
4 146 30	20	1,09

Tension d'emploi (Ue)	1000 V DC
Pouvoir de coupure mini	1,35 In
Courant de court-circuit maxi (Icc) (pouvoir de coupure maxi)	10 kA
Constante de temps (L/R)	1 ms
Température d'utilisation	-25°C +60°C
Température de stockage	-30°C +70°C
Dimensions (mm)	10 x 38
Type	DC, gPV

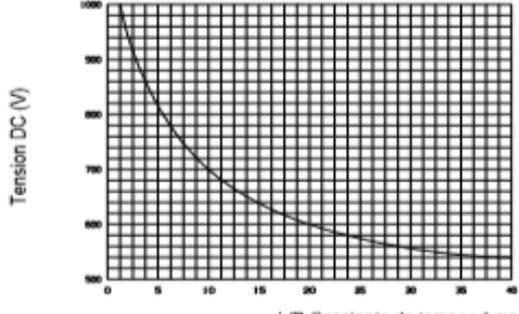
Tenue aux surintensités faibles (I5) = 2 x In (cf IEC60269-6).



Coefficient k de déclassement

Température ambiante

Courbe : Tension DC



Tension DC (V)

L/R Constante de temps : 1 ms

Conforme à la norme IEC60269-1

Fiche technique : F01249FR/01

Mise à jour le : 01/02/2013

Créée le : 28/03/2012

ANNEXE 18: CATALOGUE DE FUSIBLE DC

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe V.1.2 : Catalogue du disjoncteur DC

Disjoncteurs pour les circuits DC
Gamme S800PV-S, 800 V et 1200 V

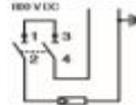


Références de commande

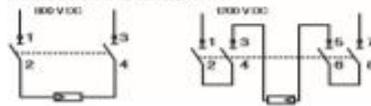
Type	Calibre	Pouvoir de coupure I _{nc}	Capacité de raccordement		Nombre de modules 17,5 mm	Réf. Commerciale	Tension de fonctionnement assignée V	Câblage
	A	kA	Souple mm ²	Rigide mm ²				
Bipolaire								
S802PV-S 10 A	10	5	1,25	1,35	3	748211	800	1
S802PV-S 16 A	16	5	1,25	1,35	3	748213	800	1
S802PV-S 20 A	20	5	1,25	1,35	3	748214	800	1
S802PV-S 25 A	25	5	1,25	1,35	3	748215	800	1
S802PV-S 32 A	32	5	1,25	1,35	3	748216	800	1
S802PV-S 40 A	40	5	1,25	1,35	3	748217	800	1
S802PV-S 50 A	50	5	6,50	6,70	3	748218	800	1
S802PV-S 63 A	63	5	6,50	6,70	3	748219	800	1
S802PV-S 80 A	80	5	6,50	6,70	3	748220	800	1
S802PV-S 100 A	100	5	6,50	6,70	3	748221	600	1
S802PV-S 125 A	125	5	6,50	6,70	3	748222	600	1
Tétrapolaire								
S804PV-S 10A	10	5	1,25	1,35	6	748411	1200	1
S804PV-S 16A	16	5	1,25	1,35	6	748413	1200	1
S804PV-S 20A	20	5	1,25	1,35	6	748414	1200	1
S804PV-S 25A	25	5	1,25	1,35	6	748415	1200	1
S804PV-S 32A	32	5	1,25	1,35	6	748416	1200	1
S804PV-S 40A	40	5	1,25	1,35	6	748417	1200	1
S804PV-S 50A	50	5	6,50	6,70	6	748418	1200	1
S804PV-S 63A	63	5	6,50	6,70	6	748419	1200	1
S804PV-S 80A	80	5	6,50	6,70	6	748420	1200	1
S804PV-S 100A	100	5	6,50	6,70	6	748421	1200	1
S804PV-S 125A	125	5	6,50	6,70	6	748422	1200	1

Schémas de câblage en DC

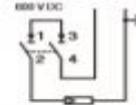
Réseau à la terre ≤ 80 A



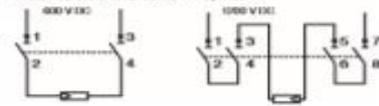
Réseau non à la terre ≤ 80 A



Réseau à la terre 100, 125 A



Réseau non à la terre 100, 125 A



ANNEXE 19: CATALOGUE DU DISJONCTEUR DC

Annexe V.2 : Partie courant continu AC

Annexe V.2.1 : Catalogue du disjoncteur

Série Compact

Compact NSA160 NS100 à NS250 déclencheurs TM-D et TM-G						
cal. (A)	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C	60 °C	
16	16	15,6	15,2	14,8	14,5	
25	25	24,5	24	23,5	23	
40	40	39	38	37	36	
63	63	61,5	60	58	57	
80	80	78	76	74	72	
100	100	97,5	95	92,5	90	
125	125	122	119	116	113	
160	160	156	152	147,2	144	
200	200	195	190	185	180	
250	250	244	238	231	225	

ANNEXE 20: CATALOGUE DU DISJONCTEUR

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe V.2.2 : section de cable du tronçon onduleur – coffret AC

Tronçon onduleur - coffret AC			
Nature du câble	PR3		
Courant d'emploi Ib(A)	36.2		
Choix du disjoncteur compact NS100 de In	40		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ (A)	43.01		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	6		
Courant admissible correspondant (A)	54		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés		
Lettre de la méthode de référence	E	13	1.21
Température ambiante 25 °C	1.04		
Groupement des circuits	0.88		
Disjoncteur	1		
Neutre chargé	0.84		
Produit des facteurs	0.93		

ANNEXE 21: SECTION DE CABLE DU TRONÇON ONDULEUR – COFFRET AC

Annexe V.2.3 : Première approche

Annexe V.2.3.1 : section de cable du tronçon coffret AC – TGBT

Tronçon coffret AC - Tableau Général Basse Tension (TGBT)			
Nature du câble	PR3		
Courant d'emploi Ib(A)	72.4		
Choix du disjoncteur compact NS100 de In	100		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ (A)	138.621		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	25		
Courant admissible correspondant (A)	144		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés		
Lettre de la méthode de référence	D	63	1
Température ambiante 50 °C	0.76		
Terrain humide	1.13		
Disjoncteur	1		
Neutre chargé	0.84		
Produit des facteurs	0.72		

ANNEXE 22: SECTION DE CABLE DU TRONÇON COFFRET AC – TGBT

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe V.2.4 : Deuxième approche

Annexe V.2.4.1 : section de cable du tronçon coffret AC – TGBT

Tronçon coffret AC - Tableau Divisionnaire (TGBT)			
Nature du câble	PR3		
Courant d'emploi Ib(A)	144.8		
Choix du disjoncteur compact NS100 de In	160		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ (A)	221.79		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	70		
Courant admissible correspondant (A)	254		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés		
Lettre de la méthode de référence	D	63	1
Température ambiante 50 °C	0.76		
Terrain humide	1.13		
Disjoncteur	1		
Neutre chargé	0.84		
Produit des facteurs	0.72		

ANNEXE 23: SECTION DE CABLE DU TRONÇON COFFRET AC – TGBT

Annexe V.2.5 : Surtension atmosphérique

Type		150	275	320	385
According to standard		IEC – 61643 – 1			
Maximum voltage (AC/DC)	$U_c(L-N/N-PE)$	150/200V	275/350V	320/420V	385/500V
Nominal discharge current (8/20)	$I_n(L-N/N-PE)$	20/20 kA			
Maximum discharge current (8/20)	$I_{max}(L-N/N-PE)$	40/40 kA			
Protection Level	$U_p(L-N)$ $U_p(N-PE)$	< 0.9 kV	< 1.5 kV	< 1.5 kV < 2 kV	< 1.9 kV
Tracking current	$I_t(L-N/N-PE)$	> 100 A _{RMS}			
Response time	$t_d(L-N/N-PE)$	< 25 ns / 100 ns			

ANNEXE 24: SURTENSION ATMOSPHERIQUE

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe VI : Catalogue de module photovoltaïque

Module PV: JKM310P-72	
Fabricant	Jinko Solar
livrable	Oui
Caract. électriques	
Type de cellule	Si polycristallin
Uniq. adapté aux onduleurs avec transfo	Non
Nombre de cellules	72
Nombre de diodes bypass	3
Données mécaniques	
Largeur	992 mm
Hauteur	1956 mm
Profondeur	40 mm
Largeur du cadre	11 mm
Poids	26,5 kg
Avec cadre	Non
Caractéristiques U/I - STC	
Tension MPP	37 V
Courant MPP	8,38 A
Débit nom.	310 W
Tension à vide	45,9 V
Courant de court-circuit (STC)	8,96 A
Hausse de la tension à vide avant stabilisation	0 %
Caractéristiques U/I charge partielle	
Source des valeurs	Fabricant/propres
Rayonnement	400 W/m ²
Tension dans le MPP en charge partielle	36,955 V
Courant dans le MPP en charge partielle	3,377 A
Tension à vide en charge partielle	43,512 V
Courant de court-circuit en charge partielle	3,577 A
Divers	
Coefficient de tension	-142,29 mV/K
Coefficient de courant	5,38 mA/K
Coefficient puissance	-0,41 %/K
Coefficient de correction d'angle	95 %
Tension maximale système [V]	1000 V
Capacité thermique spéc.	920 J/(kg*K)
Coefficient d'absorption	70 %
Coefficient d'émission	85 %

ANNEXE 25: Catalogue de module photovoltaïque

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

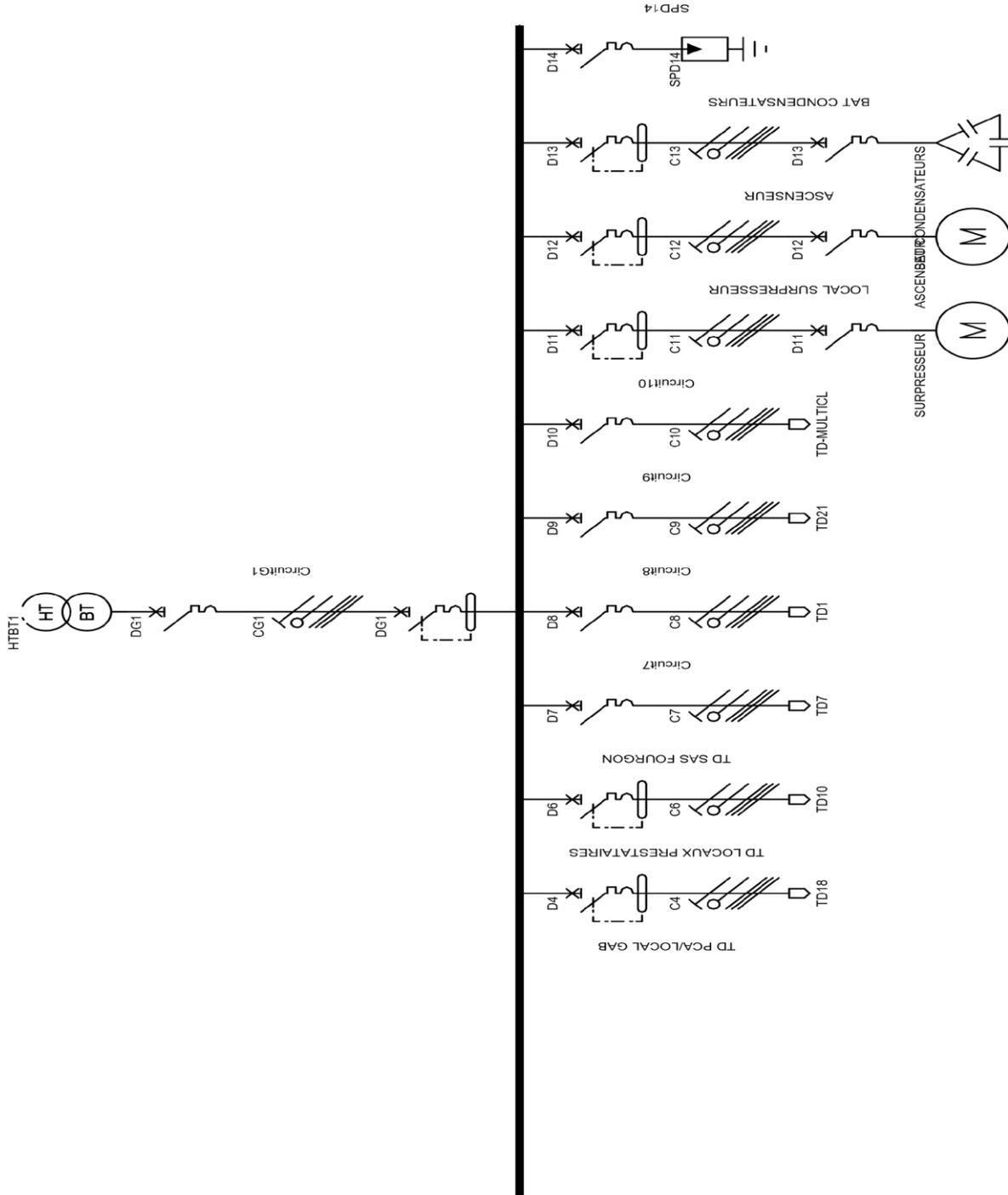
Annexe VII : Catalogue d'onduleur

Onduleur: Sunny Tripower 25000TL-30	
Fabricant	SMA Solar Technology AG
livrable	Oui
Caract. électriques	
Puissance nom. c.c	25,55 kW
Puissance nom. c.a	25 kW
Puissance c.c. maxi	25,55 kW
Puissance c.a. maxi	25 kW
Consommation de veille	12,5 W
Consommation nocturne	1 W
Revente à partir de	84 W
Courant d'entrée maxi	66 A
Tension d'entrée maxi	1000 V
Tension nominale c.c	600 V
Nombre de phases de revente	3
Nombre d'entrées c.c.	6
Avec transfo.	Non
Modification du rendement en cas d'écart entre la tension d'entrée et la tension nominale	-0,49 %/100V
Tracker MPP	
Section de puissance < 20% de puissance nom.	97 %
Section de puissance > 20% de puissance nom.	100 %
Nombre de MPP Trackers	2
Courant d'entrée maxi par MPP-Tracker	33 A
Puissance d'entrée max. par MPP-Tracker	25,55 kW
Tension MPP mini	150 V
Tension MPP maxi	800 V

ANNEXE 26: CATALOGUE D'ONDULEUR

CONCEPTION D'UNE MINI CENTRALE PHOTOVOLTAIQUE : CAS DE L'AGENCE AUXILIAIRE DE BCEAO ZINDER-NIGER

Annexe VIII : Schémas de l'installation d'après le bilan de puissance



ANNEXE 27: Schémas de l'installation d'après le bilan de puissance