



**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE
D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE
PHOTOVOLTAIQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE
DEMOUNLELA AU 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 publiquement le 15 /01 / 2019 par :

Daouda HASSANE / N°20150390

Travaux dirigés par :

Dr Y. Moussa SORO

Enseignant-chercheur, chef de département génie électrique et énergétique : Fondation 2ie

M. Moussa ALMOUSTAPHA

Ingénieur, ingénieur des projets à la cellule grands projets : NIGELEC

M. Isahac ESTEVE

Ingénieur, Expert en électrification rurale : ANPER

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr Daniel YAMEGUEU**

Membres : **Dr Y. Moussa SORO**

M. Madieumbe GAYE

Promotion [2015/2018]

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

DEDICACES

Je dédie ce travail à ma mère,

Femme combattante, pour la réussite de ses enfants ;

Femme de fer, qui a pu nous donner toute l'affection dont nous avons besoin malgré la disparition prématurée de notre père bien aimé, paix à son âme ;

Femme de grande conviction, quant à la réussite des projets par la sueur de son front sous la conduite éclairée du Seigneur de l'univers, le très haut ;

Femme exceptionnelle, par son indulgence, son amour propre et son esprit de partage qui a su me transformer en l'homme que je suis devenu aujourd'hui.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

REMERCIEMENTS

Nous rendons grâce à **Dieu**, le tout Puissant, l'Omniscient, l'Omnipotent et 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 et qui est aussi notre encadreur interne pour sa patience, sa disponibilité, ses remarques pertinentes et son aide inestimable pour la réalisation de ce travail ;
- ✓ Tout le corps administratif et professoral de 2iE ;
- ✓ **M. Halid ALHASSANE**, Directeur Général de la NIGELEC ;
- ✓ **M. Balla Mamane MAISHAROU**, Coordonnateur de la Cellule Grands Projets CGP ;
- ✓ **M. Moussa ALMOUSTAPHA**, Ingénieur de projets à la CGP, Maître de mémoire, pour son appui en tout genre pendant tout le processus de la réalisation de ce travail ;
- ✓ Tout le personnel de la Cellule Grands Projets pour son accueil chaleureux durant tout notre séjour ;
- ✓ **M. Sidi MOHAMED**, Directeur de l'école professionnelle d'électricité (EPELEC) ;
- ✓ **M. Hamidine SALOU**, Directeur général de l'ANPER ;
- ✓ **Dr. Mai Moussa MOURIMA**, Directeur à l'ANPER ;
- ✓ **M. Isahac ESTEVE**, Expert en électrification rurale à l'ANPER et qui est notre deuxième encadreur ;
- ✓ **Mes parents, frères, sœurs, mon épouse et mes enfants Nesrine et Ahmadinejad** qui ont cru en moi et m'ont soutenu pendant toute la durée de ma formation ;
- ✓ Tous les collègues de travail, mes camarades et amis pour leur soutien.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

RESUME

Notre travail a porté sur l'étude de faisabilité de l'alimentation en énergie électrique de la localité isolée de Mounléla par une centrale solaire photovoltaïque autonome avec stockage dans la région de Tahoua. Cette étude entre dans le cadre de la politique gouvernementale d'accès à l'énergie des populations rurales. Ainsi, notre étude a été motivée par le faible taux de couverture énergétique dans les zones rurales. En effet, le taux d'électrification de ces zones est estimé à 0,76 % contre 48,12 % en milieu urbain. En outre, la part du solaire dans la production énergétique demeure insuffisante à cause du coût d'investissement et de celui du kWh très élevés par rapport au pouvoir d'achat de nos populations surtout rurales. Pour mener cette étude, nous avons d'abord déterminé les besoins énergétiques de Mounléla, la puissance correspondante, le devis quantitatif et financier, le coût des opérations et maintenance ainsi que le prix moyen du kWh. Il en ressort les résultats suivants :

- Besoins énergétiques journaliers de 500,78 kWh pour une puissance installée du champ PV de 237 kWc ;
- Coût d'investissement initial d'un tel projet de l'ordre de 644 900 339 FCFA pour une production annuelle de 182 785 kWh ;
- Coût d'investissement global de 647 038 715 FCFA ;
- Un coût moyen de l'énergie de : 657,46 FCFA kWh⁻¹ sans subvention, 372,87 FCFA kWh⁻¹ avec 50 % de subvention, 202,11 FCFA kWh⁻¹ avec 80 % de subvention) et 145,19 CFA kWh⁻¹ avec (90 % de subvention).

Mots clés :

- 1 - Photovoltaïque
- 2 - Autonome
- 3 - Coût moyen de l'énergie (LCOE)
- 4 - Coût total du cycle de vie (TLCC)
- 5 - Ensoleillement

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

ABSTRACT

Our work focuses on the feasibility study of the electric power supply of the isolated locality of Mounléla by an autonomous photovoltaic solar power station with storage in the region of Tahoua. This study is part of the government's policy of access to energy for rural populations. Thus, our study was motivated by the low rate of energy coverage in rural areas. Indeed, the electrification rate of these areas is estimated at 0.76% against 48.12% in urban areas. In addition, the share of solar power in energy production remains insufficient because of the investment cost and that of kWh very high compared to the purchasing power of our populations especially rural. To carry out this study, we first determined the energy needs of Mounlela, the corresponding power, the quantitative and financial specifications, the cost of operations and maintenance as well as the average price per kWh.

The results are as follow :

- Daily energy requirements of 500.78 kWh for an installed power of the PV field of 237 kWp ;
- Initial investment cost of such a project in the order of **644 900 339** FCFA for an annual production of 182 785 kWh ;
- Global investment cost of 647 038 715 FCFA ;
- An average energy cost of : 657.46 FCFA without subsidy, 372,87 FCFA with 50% subsidy, 202.11 FCFA with 80% subsidy) and 145.19 (90% subsidy).

Keywords:

1-Photovoltaic

2 - Autonomous

3-Levelized Cost of Electricity (LCOE)

4-Total life cycle costs (TLCC)

5-Irradiation

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

LISTE DES ABREVIATIONS

KWc : Kilo Watt crêt

KV : kilo Volt

kVA : kilo Volt Ampère

ANPER : Agence Nigérienne de Promotion de l'Electrification en milieu Rural

NIGELEC : Société nigérienne d'électricité

PV : Photovoltaïque

HTA : Haute tension de catégorie A

BT : Basse tension

HTA : Moyenne tension

AOF : Afrique occidentale française

SAFELEC : Société africaine d'électricité

SONICHAR : Société nigérienne de charbon

NESAP : Projet d'appui aux services d'électricité solaires au Niger

IACM : Interrupteur aérien à commande manuelle

TLCC : Coût total cycle de vie

LCOE : Coût moyen de l'énergie

EIESA : Etude d'impact environnemental et social approfondie

EIESD : Etude d'impact environnemental et social détaillée

NIES : Notice d'impact environnemental et social

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

SOMMAIRE

DEDICACES	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES ABREVIATIONS	v
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
I. Introduction	1
II. Contexte et objectif de l'étude	2
II.1. Présentation de la NIGELEC	3
II.2. Historique	3
II.3. Défis	4
II.4. Perspectives	4
III. Etat de l'art sur le système d'énergie solaire	5
III.1. Rayonnement solaire	5
III.2. Effet photovoltaïque	6
III.2.1. Description d'une cellule photovoltaïque	7
III.2.2. Trajectoire du soleil	7
III.2.3. Influence de la latitude sur le rayonnement solaire	8
III.3. Modules photovoltaïques	9
III.3.1. Orientation et inclinaison des panneaux	9
III.3.1.1. Inclinaison des panneaux	10
III.3.1.2. Orientation des panneaux	11
IV. Définition d'un Système photovoltaïque	11
IV.1. Classification des systèmes photovoltaïques	12
IV.1.1. Système PV sur site isolé	12
IV.1.2. Système PV combiné de production ou système hybride	12
IV.1.3. Système PV raccordé au réseau	13
V. Etude de l'alimentation de la localité de Mounléla	13
V.1. Situation géographique de Bambeye et du village de Mounléla	13
V.2. Analyse des données de l'enquête sur les consommateurs de Mounlela	13
V.2.1. Catégorisation des ménages	14

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

V.2.2. Activités socio-économiques	15
V.2.3. Divers	15
VI. Dimensionnement du système photovoltaïque autonome de Mounléla	15
VI.1. Description de la méthodologie pour la détermination des besoins énergétiques	15
VI.2. Différentes étapes de la méthodologie proposée	16
VI.3. Résultats de la méthodologie pour les différents groupes de consommateurs	17
VI.4. Estimation de l'irradiation solaire mensuelle du site	25
VI.5. Détermination de la puissance crête P_c de l'installation	27
VI.5.2. Détermination de la taille du champ PV et choix des modules.....	28
VI.5.3. Estimation de la capacité de la batterie d'accumulateurs (Ah).....	30
VI.5.3.1. Choix de batteries d'accumulateurs.....	30
VI.5.3.2. Calculs des ratios de vérification	31
VI.6. Dimensionnement des onduleurs	32
VI.6.1. Choix des onduleurs pour les sous champs.....	32
VI.6.2. Vérification de la compatibilité de l'onduleur choisi.....	33
VI.6.3. Choix des onduleurs chargeurs de batteries	34
VI.6.4. Configuration du système PV avec son stockage	34
VI.7. Choix des dispositifs de protection.....	35
VI.7.1. Fusibles de protection des branches côté DC	36
VI.7.2. Fusible de protection des entrées onduleurs des sous champs côté DC	36
VI.7.3. Fusible de protection des clusters d'onduleurs chargeurs côté DC	37
VI.7.4. Protection contre les surtensions atmosphériques	37
VI.8. Choix de sections des câbles électriques de liaison	37
VI.8.1. Section câble de liaison des branches des sous champs	37
VI.8.2. Méthodologie de dimensionnement des câbles du côté AC	38
VI.8.3. Les résultats de la méthodologie.....	38
VI.8.4. Choix et vérification des sections en fonction de la chute de tension du côté DC	40
VI.8.4.1. Vérification de la chute de tension dans les liaisons des branches	40
VI.8.4.2. Vérification de la chute de tension dans les liaisons jeux de barres sous champ et onduleurs	41
VI.8.5. Calcul et vérification de la chute de tension de la partie AC	41
VII. Dimensionnement du réseau de distribution moyenne tension HTA	42
VII.1. Choix de transformateurs de puissance	43
VII.2. Configuration du réseau d'alimentation HTA	43

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

VII.3. Dimensionnement des lignes d'alimentation HTA	45
VII.3.1. Paramètres électriques	45
VII.3.2. Paramètres mécaniques	45
VII.3.3. Efforts sur les supports et armements	47
VII.3.4. Tracé des lignes principale et secondaire HTA	47
VII.3.5. Tracé du mini-réseau basse tension BT de Mounléla	49
VIII. Analyse économique de la rentabilité du projet	50
VIII.1. Investissement par unité consommée	50
VIII.1.1. Calcul de l'investissement total	50
VIII.1.2. Calcul du coût initial de l'installation	51
VIII.1.3. Calcul du coût annuel de maintenance et d'exploitation du système	51
VIII.2. Calcul de l'énergie annuelle produite	51
VIII.3. Calcul de l'investissement par unité consommée	52
VIII.4. Calcul du coût moyen de l'énergie (LCOE)	52
VIII.4.1. Calcul du coût total du cycle de vie (TLCC)	52
VIII.4.2. Résultats de calcul du LCOE	52
IX. Etude d'impact environnemental et social du projet	53
IX.1. Description complète du projet	53
IX.2. Objectifs de l'Etude d'Impact Environnemental et Social	54
IX.3. Etat initial du site et son environnement	54
IX.4. Cadre politique, juridique et institutionnel	55
IX.5. Evaluation des changements probables	56
IX.5.1. Identification des activités sources d'impacts	56
IX.5.2. Composantes affectées	56
IX.5.3. Grille d'interrelation entre les activités et les composantes	57
IX.6. Evaluation de l'importance des impacts	57
IX.7. Mesures d'atténuation, compensation ou de bonification	58
X. Recommandations	58
XI. Conclusion et perspectives	59
Bibliographie	60
ANNEXES	62

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Catégorisation des ménages résidentiels de Mounléla.....	14
Tableau II : Calcul des besoins énergétiques des ménages faible consommation ou catégorie 1	18
Tableau III : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 2	18
Tableau IV : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 3	18
Tableau V : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 4.....	19
Tableau VI : Calcul des besoins énergétiques de catégorie 5.....	19
Tableau VII : Calcul des besoins énergétiques des ateliers de couture	20
Tableau VIII : Calcul des besoins énergétiques des boutiques	20
Tableau IX : Calcul de besoins énergétiques des services de recharge.....	20
Tableau X : Calcul des besoins énergétiques des services de moulins	21
Tableau XI : Calcul des besoins énergétiques des petites épiceries.....	21
Tableau XII : Calcul des besoins énergétiques des ateliers de soudure	22
Tableau XIII : Calcul des besoins énergétiques des mosquées	22
Tableau XIV : Calcul des besoins énergétiques du centre de santé intégré	22
Tableau XV : Calcul des besoins énergétiques des écoles	23
Tableau XVI : Calcul des besoins énergétiques de pompage pour eau potable.....	24
Tableau XVII : Irradiation moyenne mensuelle et inclinaison optimale de Tahoua.....	26
Tableau XVIII : Caractéristiques du type de module choisi	28
Tableau XIX : Récapitulatif du champ PV.....	29
Tableau XX : Récapitulatif des batteries nécessaires pour une autonomie de 24 h	32
Tableau XXI : Répartition du champ PV en des sous-champs de puissance identique	32
Tableau XXII : Caractéristiques du type d'onduleurs choisis pour les sous-champs.....	33
Tableau XXIII : Caractéristiques des onduleurs chargeurs bidirectionnels	34
Tableau XXIV : Choix de section des câbles Cuivre selon des courants admissibles	37
Tableau XXV : Dimensionnement liaison onduleurs PV - armoire électrique	38
Tableau XXVI : Dimensionnement de la liaison armoire PV - armoire centrale Box 12.....	39
Tableau XXVII : Dimensionnement liaison onduleurs chargeurs - armoire centrale Box 12.....	39
Tableau XXVIII : Dimensionnement, liaison entre armoire centrale Box 12 - Transformateur.....	40
Tableau XXIX : Chute de tension liaison onduleur PV- armoire PV	41
Tableau XXX : Chute de tension liaison armoire PV - armoire centrale Box 12	41
Tableau XXXI : Chute de tension liaison onduleurs chargeurs - armoire centrale Box 12	42
Tableau XXXII : Chute de tension liaison armoire centrale Box 12 - Transformateur	42
Tableau XXXIII : Résultats de calcul des paramètres mécaniques des lignes HTA.....	47
Tableau XXXIV : Efforts des supports en poutrelle et leurs correspondants en PBA	47
Tableau XXXV : Coût initial d'investissement du projet.....	51
Tableau XXXVI : Résultats LCOE et de la tarification de la NIGELEC	53
Tableau XXXVII : Activités sources d'impact par phases	56
Tableau XXXVIII : Composantes et éléments affectés	56
Tableau XXXIX : Matrice d'interrelation	57
Tableau XL : Critères d'évaluation et de l'importance des impacts.....	57

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Rayonnement extra-atmosphérique [5]..... 5
Figure 2 : Composantes du rayonnement solaire [5]..... 6
Figure 3 : Exemple de spectre solaire..... 7
Figure 4 : Transformation de l'énergie lumineuse en énergie photovoltaïque [5] 7
Figure 5 : Définition de la position du soleil (Hauteur et Azimut) [6] 8
Figure 6 : Courbes d'ensoleillement typique par mois pour différentes latitudes [6] 8
Figure 7 : Structure d'un panneau face avant et face arrière [6] 9
Figure 8 : Position du soleil lors des solstices et équinoxes [5] 10
Figure 9 : Diagramme solaire à la latitude 45 ° Nord [5] 11
Figure 10 : Courbe de charge globale de Mounléla 25
Figure 11 : Courbe des irradiances moyennes mensuelles [11]..... 27
Figure 12 : Schéma synoptique de la configuration du système PV du projet..... 35
Figure 13: Image satellitaire du village de Mounléla 44
Figure 14 : Tracé des lignes HTA principale et secondaire 48
Figure 15 : Tracé du mini-réseau BT de Mounléla 49

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

I. Introduction

Dans un monde dominé de plus en plus par le défi de la croissance démographique et le besoin de développement, l'accès à une énergie disponible et à bas coût devient une priorité pour toutes les nations tournées vers l'émergence et le progrès. Ainsi, pour répondre à cette exigence du moment, les gouvernements africains se sont mis à élaborer des programmes énergétiques ambitieux. C'est ainsi que partout en Afrique, des plans de construction de centrales thermiques ou hydroélectriques ont fait leur apparition. Cependant, deux évènements majeurs sont venus perturber la progression de ces politiques. Il s'agit des accords de Paris et de Rio sur la protection de l'environnement. Lesquels accords font obligations aux bailleurs de fonds d'intégrer le respect de l'environnement dans le financement de projets énergétiques. En outre, le faible niveau de vie des populations surtout rurales et la baisse des prix de matières premières ont amené les gouvernements africains à trouver des alternatives aux centrales classiques. En effet, le photovoltaïque ainsi que toutes les autres technologies des énergies renouvelables peuvent contribuer significativement au développement économique et social. Aujourd'hui, près de 1,5 milliards de personnes dans le monde dont bon nombre vivent dans les régions isolées n'ont toujours pas accès à l'électricité et à l'eau potable, à des soins de santé de base, à l'éducation et à d'autres services essentiels. Or, l'impact de ces insuffisances dépend fortement de l'accès à l'électricité [1]. Au Niger, le plan de développement économique et social du gouvernement prévoit d'intensifier les investissements en vue d'améliorer la couverture énergétique de notre pays et faire du Niger un pays exportateur d'énergie électrique par la création de pôles de production hydroélectrique, thermique, renouvelable et à base du charbon [2]. D'ailleurs, le volet du programme de renaissance acte 2 s'articule en termes de :

- Construction des infrastructures ;
- Amélioration nette de la disponibilité et de la qualité de desserte ;
- Promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Notons que le taux d'accès à l'énergie au Niger est de 0,76% en zones rurales contre 48,12 % en zones urbaines et 12,13 % à l'échelle nationale [3]. Pour résoudre cette disparité, le gouvernement a mis en place une agence pour l'électrification en milieu rural dénommée :

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Agence Nigérienne pour la Promotion de l'Electrification en milieu Rural (ANPER). C'est dans ce cadre que nous avons décidé d'apporter notre contribution à travers une étude.

II. Contexte et objectif de l'étude

La politique énergétique du Niger figure en bonne place dans le plan quinquennal de développement économique et social (PDES 2017-2021), surtout à son volet électrification rurale. Cette politique est conduite par l'agence nigérienne pour la promotion de l'électrification en milieu rural (ANPER) et la société nigérienne d'électricité (NIGELEC) à travers sa Cellule Grands Projets (CGP) sous la supervision du ministère de l'énergie. C'est dans ce cadre qu'il nous a été proposé comme thème l'étude de l'alimentation en énergie électrique d'un centre isolé à partir d'une centrale solaire photovoltaïque autonome : Cas de la localité de Mounléla dans la région de Tahoua. Cette étude va être menée à travers des visites sur le terrain pour la collecte des données sur les besoins énergétiques, les données climatiques et d'ensoleillement de la localité, le niveau de vie de la population locale et la présence des services sociaux de base. Elle se base sur les hypothèses des données climatiques, géographiques ainsi que l'évolution de la population locale.

Les objectifs généraux du stage pour l'entreprise se résument à la maîtrise de la conception, le dimensionnement, l'installation ainsi que le coût des centrales solaires photovoltaïques pour satisfaire les besoins énergétiques des centres isolés sur toute l'étendue du territoire national. De façon spécifique, ce stage vise à proposer une étude technico-économique et environnementale pour l'alimentation en énergie électrique de la localité de Mounléla à partir d'une centrale solaire photovoltaïque autonome. Pour bien mener cette étude, nous avons jugé utile d'aborder les points suivants :

- La collecte des données à travers de fiches d'enquête des ménages du village de Mounléla ;
- Analyse et traitement des données collectées ;
- Détermination des besoins énergétiques de ménages à partir des fiches d'enquête ;
- Dimensionnement de la centrale solaire photovoltaïque ;
- Conception des réseaux HTA et BT ;
- Détermination des devis quantitatif et financier ;
- Analyse économique du projet ;

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

- Etude d'impact environnemental et social.

Pour se faire, une enquête s'avère nécessaire auprès des ménages pour la collecte des données. Ces informations nous permettraient de déterminer le nombre de ménages, leurs types, leurs équipements, leurs habitudes de consommations, les services sociaux de base disponibles ainsi que l'évolution de la population de Mounléla.

II.1. Présentation de la NIGELEC

La **Société Nigérienne d'Electricité** dénommée **NIGELEC**, est une société anonyme d'économie mixte. Elle exerce sous le régime de concession, le service public en matière de production, transport, importation et exportation, distribution et commercialisation de l'énergie électrique sur le territoire national.

II.2. Historique

Créée pour assurer la demande énergétique de la population nigérienne, la NIGELEC a subi de profondes mutations au cours de son évolution depuis 1952 à nos jours. La première qu'a connue ce sous-secteur de l'électricité, intervient en 1952 avec la première convention accordant la gestion du service de l'électricité de Niamey à la société « Energie AOF » avec pour mission, la production, le transport et la distribution de l'énergie électrique en Afrique occidentale Française. A cette période, son capital était de quatre-vingt million de francs CFA (80 000 000F) ; il est passé à cent cinquante millions CFA (150 000 000 F) en 1955. Son siège était basé à Dakar et les activités étaient essentiellement concentrées à Niamey avant de s'étendre progressivement aux autres régions dont Zinder en 1955 puis Maradi en 1959. Ainsi, le 29 Juillet 1960, l'Energie AOF s'est mutée en Société Africaine d'Electricité (SAFELEC) sous l'impulsion des Etats africains devenus indépendants. Cette société avait poursuivi son extension avec le service public de fourniture de l'électricité à Magaria en 1961, Agadez en 1964 et Tahoua en 1967. Puis, le 08 Septembre 1968, à la suite de la nationalisation de la SAFELEC par les nouveaux Etats indépendants, la Société Nigérienne d'Electricité dénommée <<NIGELEC>> a vu le jour. Dans les premières années de sa création, la distribution de l'électricité dans les villes fut confiée progressivement à la Nigelec à partir de 1971, d'abord en gérance, puis sous un régime de concession à partir de 1973 [4].

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

II.3. Défis

Les défis qui se présentent à la NIGELEC se résument comme suit:

- Satisfaire une demande en énergie électrique sans cesse croissante ;
- Améliorer le taux de desserte pour atteindre un niveau acceptable ;
- Procéder à un renouvellement du personnel vieillissant par le recrutement des nouveaux agents.

II.4. Perspectives

Les perspectives pour la NIGELEC sont prometteuses car les actions de cette société sont soutenues par le plan quinquennal contenu dans le plan de développement économique et social du gouvernement du Niger. C'est ainsi que la table ronde de Paris sur le PDES 2017-2021, a permis la formulation des intentions de financement à hauteur de 23 milliards de dollars US en raison de 12,7 milliards par les bailleurs internationaux et 10,3 milliards par le secteur privé[2]. Dans le cadre de ce plan quinquennal, le volet énergie tire ses fondements des orientations du programme de la renaissance acte 2 dont l'une des priorités est le développement des infrastructures énergétiques. Il est envisagé les projets en complément de ceux actuellement réalisés ou en cours se présentant comme suit :

- Deux centrales d'énergie solaires de 20 MW et 30 MW respectivement à GOROU BANDA et Guessel Bodi ;
- Une centrale hybride de 6 MW diesel et de 13 MW solaire à Agadez ;
- Le barrage hydroélectrique de 130 MW à Kandadji ;
- Le renforcement de la capacité de production de la SONICHAR avec deux nouvelles tranches de 25 MW chacune ;
- La centrale thermique au charbon de 200 MW extensible à 600 MW de Salkadamna ;
- Le projet de construction de deux lignes électriques de 132 KV de Soraz- Zinder et de Maradi – Malbaza ;
- Le projet de ligne de transport électrique de la dorsale Nord du WAPP.

III. Etat de l'art sur le système d'énergie solaire

L'énergie phénoménale du Soleil provient de réactions thermonucléaires de fusion. A chaque seconde, plus de 620 millions de tonnes d'hydrogène sont transformés en 616 millions de tonnes d'atomes d'hélium. La différence en masse ($mt = 4,2 \cdot 10^9 \text{ kg/s}$) est convertie en énergie radiante. Ainsi, ces réactions de fusion thermonucléaires se produisent sans cesse dans le noyau du Soleil à des millions de degrés. Une partie de l'énergie produite sert à maintenir sa température, le reste est rayonné dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques. Par ailleurs, une partie de cette énergie atteint l'espace extra-atmosphérique de la Terre avec une irradiance moyenne (constante solaire) d'environ $1367 \text{ W/m}^2 \pm 3\%$, valeur qui varie en fonction de la distance Terre-Soleil et de l'activité solaire [5].

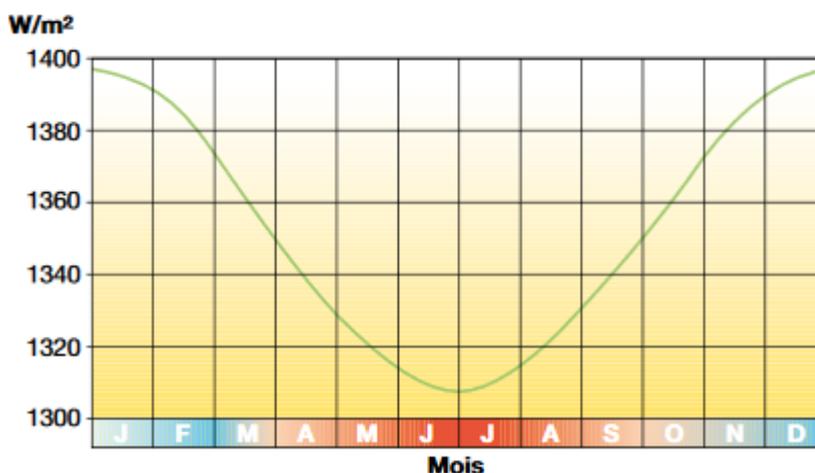


Figure 1 : Rayonnement extra-atmosphérique [5]

III.1. Rayonnement solaire

Par ensoleillement, nous faisons référence à l'intégrale de l'irradiance solaire sur une période donnée [kWh/m^2]. Par conséquent, le rayonnement tombant sur une surface horizontale est constitué d'un rayonnement direct associé à l'irradiance directe sur la surface, d'un rayonnement diffus qui frappe la surface depuis l'ensemble du ciel et d'un rayonnement réfléchi (albédo) sur une surface donnée par le sol et l'environnement. Ainsi, en hiver le ciel est couvert et la composante indirecte est donc supérieure à la composante directe [5].

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

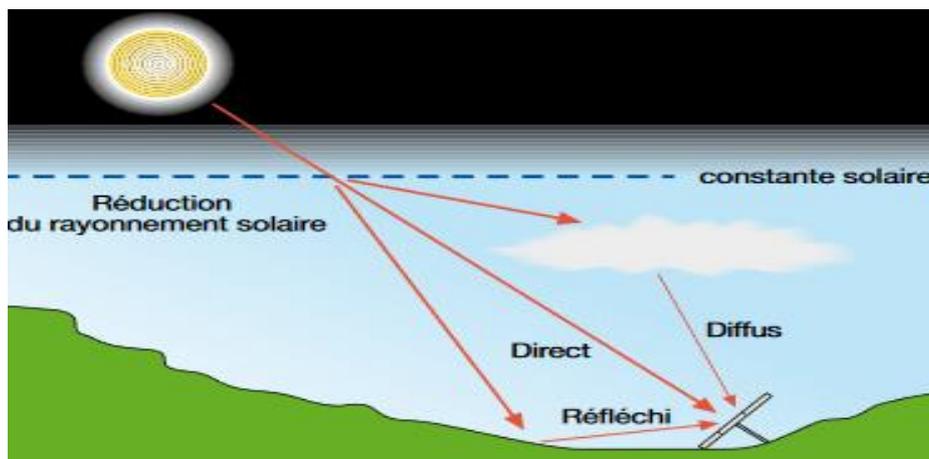


Figure 2 : Composantes du rayonnement solaire [5]

III.2. Effet photovoltaïque

L'effet photovoltaïque se manifeste par l'apparition d'une différence de potentiel à la jonction entre un métal et un semi-conducteur ou entre deux semi-conducteurs lorsque le dispositif reçoit un rayonnement lumineux de longueur d'onde adéquate. Ainsi, une cellule photovoltaïque peut convertir l'énergie solaire en énergie électrique en mettant en jeu ce phénomène physique optoélectronique. Le rayonnement solaire est constitué de photons transportant chacun une énergie E_{ph} , qui répond à la relation ci-après :

$$E_{ph} = h * \frac{c}{\lambda} \quad (1)$$

Avec :

λ : la longueur d'onde,

h : la constante de Planck ($6,62.10^{-34}$ J.s).

c : la vitesse de la lumière (3.10^8 m/s).

D'après cette formule, l'énergie transportée par un photon est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde. Le flux d'énergie solaire est transmis sous forme de rayonnements électromagnétiques dont l'ensemble des longueurs d'ondes est assez proche de celui émis par les corps noirs présents dans l'espace.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

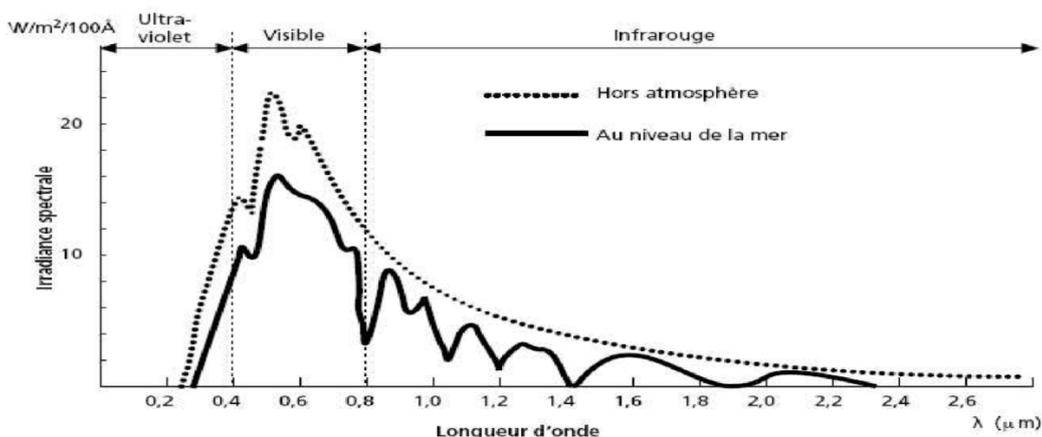


Figure 3 : Exemple de spectre solaire

III.2.1. Description d'une cellule photovoltaïque

Un système photovoltaïque est un dispositif qui convertit directement l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique. L'élément de base de ces systèmes est la **cellule photovoltaïque**, appelée aussi **cellule solaire**. Par définition, une cellule photovoltaïque est un composant électronique qui a la forme d'une plaque mince. Cette plaque est constituée d'une jonction entre deux couches semi-conductrices (ou entre une plaque métallique et une couche semi-conductrice). Chaque couche est reliée à un conducteur électrique de sorte que l'on dispose de deux fils pour relier la cellule à un circuit électrique extérieur.

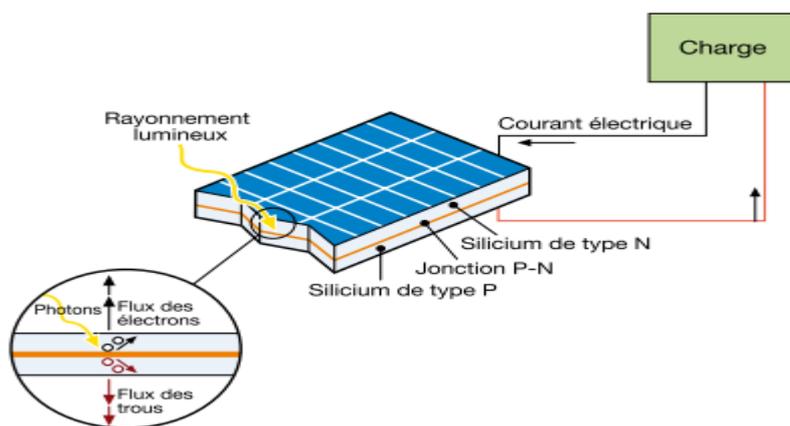


Figure 4 : Transformation de l'énergie lumineuse en énergie photovoltaïque [5]

III.2.2. Trajectoire du soleil

La position du Soleil est définie par deux angles : sa hauteur angulaire h (angle entre la direction du Soleil et le plan horizontal du lieu) et son azimut α (angle entre le méridien du lieu et le plan vertical passant par le Soleil) compté négativement vers l'est. Ainsi, pour un

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

observateur situé sur la surface de la terre, le soleil décrit une trajectoire apparente qui dépend de la latitude et de la longitude du lieu où il se trouve. Rappelons que la latitude est la distance angulaire d'un point quelconque du globe par rapport à l'équateur (de 0 à 90° dans l'hémisphère Nord). Quant à la longitude, c'est également un angle donné par rapport au méridien de Greenwich en se déplaçant vers l'Est [6].

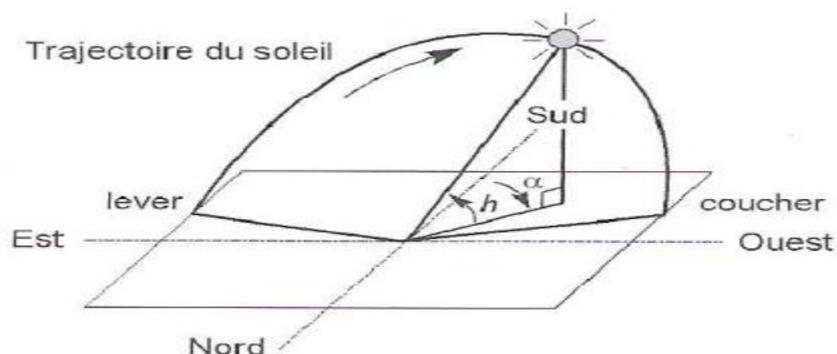


Figure 5 : Définition de la position du soleil (Hauteur et Azimut) [6]

III.2.3. Influence de la latitude sur le rayonnement solaire

La latitude a un effet important sur la quantité de rayonnement. En effet, les journées estivales sont plus longues à mesure qu'on s'éloigne de l'équateur et le soleil est plus bas au midi solaire. Par contre, les journées d'hiver sont plus courtes et le soleil encore plus bas qu'à l'équateur. Autrement dit, l'intensité maximale (à midi) et la quantité totale de rayonnement solaire (G) sur un plan horizontal diminuent à mesure qu'augmente la latitude. Inversement, le rayonnement atteint son intensité maximale lorsque le plan est perpendiculaire aux rayons du Soleil, donc l'intensité du rayonnement solaire sur un plan quelconque augmente quand on l'incline vers le Soleil.

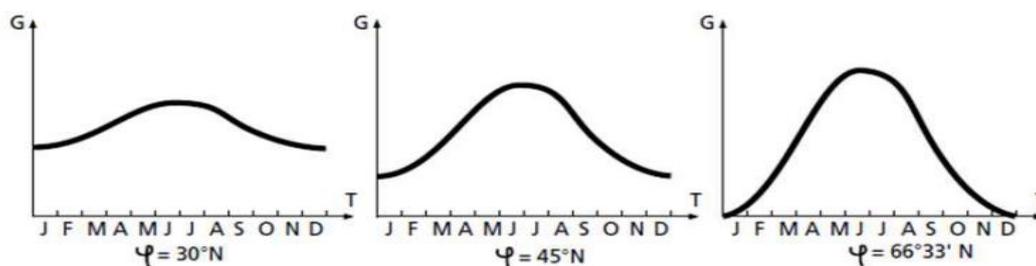


Figure 6 : Courbes d'ensoleillement typique par mois pour différentes latitudes [6]

III.3. Modules photovoltaïques

Le module photovoltaïque est un ensemble de cellules assemblées pour générer une puissance électrique exploitable lors de son exposition à la lumière. Cet assemblage en série doit être protégé pour rendre le panneau apte à un usage en extérieur. Les cellules sont en effet des objets fragiles et sensibles à la corrosion qu'il convient de protéger mécaniquement et de mettre à l'abri des rigueurs du climat (humidité, variations de température, etc.). Des panneaux de diverses puissances sont réalisés selon la surface mise en œuvre (typiquement de 1 à 300 Wc par panneau) et capables de générer du courant continu lorsqu'ils sont exposés à la lumière. Ils constituent la partie productrice d'énergie dans un générateur photovoltaïque. Des panneaux plus puissants sont disponibles sur le marché, surtout depuis l'essor des installations connectées au réseau ; les limites étant liées au poids, à la manipulation de la structure et aux contraintes de maintenance.

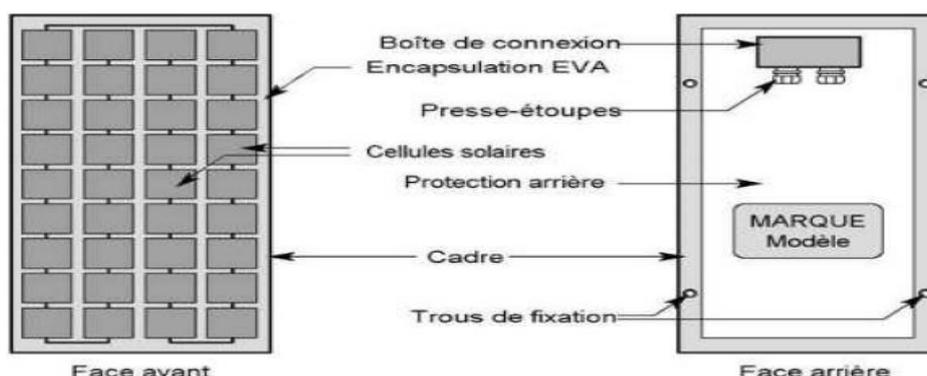


Figure 7 : Structure d'un panneau face avant et face arrière [6]

III.3.1. Orientation et inclinaison des panneaux

Afin de récupérer le maximum de rayonnement solaire, On doit se préoccuper à la fois de l'orientation et de l'inclinaison des panneaux. L'orientation indique tout simplement vers quel point cardinal un panneau est exposé. Ainsi, il peut faire face au Sud, au Nord, à l'Est ou à l'Ouest, tout comme la façade d'une maison. L'inclinaison quant à elle, est l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal. L'inclinaison idéale des panneaux dépend bien entendu de la hauteur du soleil pendant la période d'utilisation. Plus le soleil est bas sur l'horizon, plus on a intérêt à relever les panneaux vers la verticale pour les placer face au soleil.

De façon générale, on distingue trois types de structures :

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

- Les panneaux fixes qui sont installés dans une position fixe tout au long de l'année. Le rendement optimum est obtenu pour une orientation et une inclinaison données ;
- Les panneaux orientables ont une inclinaison qui peut être modifiée tous les mois, mais par facilité, on peut également choisir une inclinaison pour l'été, une autre pour l'hiver. On utilise généralement ce genre de structure pour des applications au sol ou sur des toits plats ;
- Les panneaux mobiles ou suiveurs solaires ont une structure qui possède deux degrés de liberté (une rotation horizontale pour régler l'azimut et une rotation verticale pour l'inclinaison). Ce système permet aux panneaux photovoltaïques de suivre continuellement la position du soleil pour assurer une production électrique maximale.

III.3.1.1. Inclinaison des panneaux

L'efficacité maximale d'un panneau solaire serait atteinte si l'angle d'incidence des rayons solaires était toujours de 90° . De ce fait, l'incidence du rayonnement solaire varie en fonction de la latitude ainsi que de la déclinaison solaire pendant l'année. Étant donné que l'axe de rotation de la Terre est incliné d'environ $23,45^\circ$ par rapport au plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil, à une latitude définie, la hauteur du Soleil sur l'horizon varie quotidiennement. Le Soleil se trouve à un angle d'incidence de 90° par rapport à la surface de la Terre (Zénith) au niveau de l'équateur lors des équinoxes et le long des tropiques lors des solstices [5].

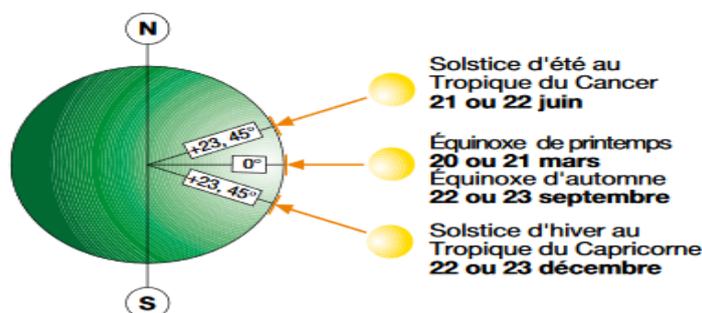


Figure 8 : Position du soleil lors des solstices et équinoxes [5]

On voit bien qu'au-delà de la latitude des tropiques, le Soleil ne peut pas atteindre le zénith au-dessus de la surface de la Terre, mais il sera à son point le plus haut (en fonction de la latitude) lors du solstice d'été dans l'hémisphère Nord et du solstice d'hiver dans l'hémisphère Sud. Par conséquent, si nous souhaitons incliner les panneaux de manière à ce qu'ils puissent

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

être touchés perpendiculairement par les rayons du soleil à midi le jour le plus long de l'année, il est nécessaire de connaître la hauteur maximale (en degrés) atteinte par le Soleil au-dessus de l'horizon à cet instant, en appliquant la formule suivante :

$$\alpha = 90^\circ - \text{lat} + \delta \quad (2)$$

III.3.1.2. Orientation des panneaux

La détermination de la hauteur du soleil est un paramètre important dans l'optimisation de l'énergie solaire. Cependant, il ne suffit pas de connaître l'angle α pour déterminer l'orientation optimale des panneaux. Il est également nécessaire de considérer la trajectoire du Soleil dans le ciel pendant les différentes périodes de l'année. Par conséquent, l'angle d'inclinaison doit être calculé en tenant compte de tous les jours de l'année. Cela permet d'obtenir un rayonnement total annuel capté par les panneaux supérieur à celui obtenu dans la condition d'irradiance précédente perpendiculaire aux panneaux lors du solstice [5].

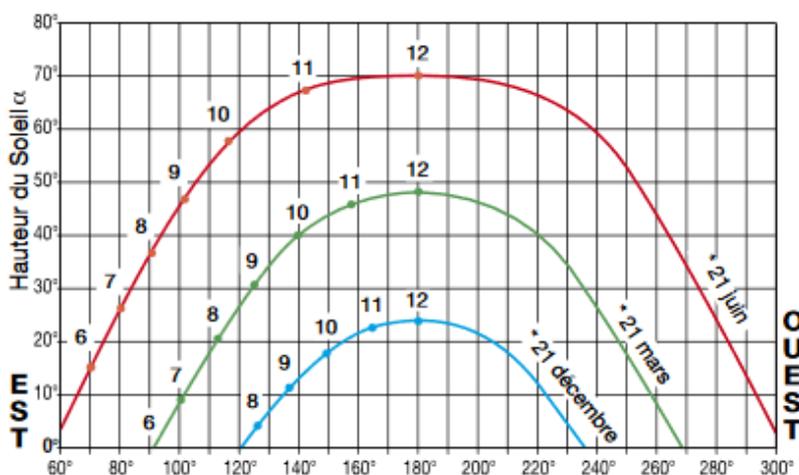


Figure 9 : Diagramme solaire à la latitude 45 ° Nord [5]

IV. Définition d'un Système 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,

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

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. En somme, un système solaire photovoltaïque est un ensemble qui produit de l'énergie électrique comme forme moderne d'énergie grâce à des modules solaires photovoltaïques.

IV.1. Classification des systèmes photovoltaïques

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

IV.1.1. Système PV sur site isolé

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 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.

IV.1.2. Système PV combiné de production ou système 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.

IV.1.3. Système PV raccordé au réseau

Le troisième 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.

V. Etude de l'alimentation de la localité de Mounléla

V.1. Situation géographique de Bambeye et du village de Mounléla

La commune rurale de Bambeye est située à une trentaine de kilomètres au sud-ouest de la ville de Tahoua. Elle couvre une superficie de 2 576 km² pour une population estimée à 92 634 habitants (dont 48 478 hommes et 44 156 femmes), composée de : Haoussa, Touareg et peulh. D'une manière générale, l'économie de la commune repose essentiellement sur l'agriculture et l'élevage qui représentent les principales activités de la majorité de la population. Les principales cultures pratiquées pendant la saison des pluies sont traditionnellement le mil, le niébé et le sorgho. Les cultures irriguées ne sont en effet pas développées dans cette commune. En plus de l'agriculture, les populations de Bambeye pratiquent aussi l'élevage. Dans cette commune, on distingue l'élevage extensif, l'élevage semi intensif et l'embouche. Le commerce représente une activité secondaire pour les populations de Bambeye qui le pratiquent au niveau des marchés hebdomadaires de la commune à savoir Bambeye Edir, Garanga Marké, Inkarkada, Mogheur, Guilleye, Danfan et Mounléla [7]. C'est cette dernière localité qui constitue le lieu d'étude de notre travail. Elle se trouve à 52 Km de la route nationale RN29 et à 30 km de la ligne d'alimentation HTA la plus proche. On y accède par une route latéritique.

V.2. Analyse des données de l'enquête sur les consommateurs de Mounléla

La localité de Mounléla fait partie des villages pilotes pour l'électrification rurale au Niger dans le cadre du projet NESAP du ministère de l'énergie à travers l'agence nigérienne pour la promotion de l'électrification en milieu rural. A ce titre, une enquête a été effectuée par une

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

équipe du NESAP pour connaître les besoins énergétiques de la localité de Mounléla qui constitue l'objet de notre étude. Les données recueillies sur le terrain nous ont permis de faire une analyse de données et une classification des consommateurs énergétiques de cette localité. Il ressort de cette analyse que les consommateurs potentiels de l'énergie sont représentés par les ménages, les activités socio-économiques (les boutiques, les ateliers de couture, les épiceries), les services sociaux de base (écoles, centre de santé intégré, pompage d'eau potable) et divers (mécaniciens, les lieux de culte, les ateliers de soudure) [8].

V.2.1. Catégorisation des ménages

A partir des données de l'enquête, nous avons procédé à une analyse de type de consommateurs. Le premier type de consommateurs potentiels dans un village, c'est bien sûr le groupe des ménages résidentiels. Pour ce type de ménage, nous avons proposé une catégorisation en fonction de leur niveau de vie. A ce stade, on trouve les catégories suivantes :

- Ménages de catégorie 1 ou faible consommation (les foyers construits en paille ou huttes) ;
- Ménages de catégorie 2 ou faible consommation de classe 1 (foyers construits en terre ou pisé) ;
- Ménages de catégorie 3 ou faible consommation de classe 2 (foyers construits en terre ou pisé) ;
- Ménages de catégorie 4 ou consommation moyenne (foyers construits en semi dur) ;
- Ménages de catégorie 5 ou consommation élevée (foyers construits en dur).

Tableau I : Catégorisation des ménages résidentiels de Mounléla

Nombre de foyers clients potentiels			1130
Catégorie de ménages	Nature du foyer	Nombre	Pourcentage
Catégorie 1	huttes (paille)	50	4%
Catégorie 2	pisé (terre) classe 1	500	44%
Catégorie 3	pisé (terre) classe 2	500	44%
Catégorie 4	mixte (semi dur)	40	4%
Catégorie 5	en dur	40	4%

V.2.2. Activités socio-économiques

Mounléla étant un gros village de la commune rurale de Bambeye, les activités socio-économiques qui y sont exercées ne diffèrent pas beaucoup de celles de Bambeye. Outre, l'élevage et l'agriculture qui constituent les principales activités de la localité, les habitants exercent aussi le commerce, la petite irrigation et l'épicerie. Il y'a également les tailleurs, les mécaniciens, les soudeurs, les moulins, les forgerons, les cordonniers etc.

V.2.3. Divers

En dehors des activités citées dans la section précédente, d'autres activités interviennent aussi dans le classement car constituant de sources potentielles de consommation d'énergie. C'est le cas des écoles, les lieux de culte, les centres de santé intégrés, les sites de pompage d'eau potable etc.

VI. Dimensionnement du système photovoltaïque autonome de Mounléla

Après l'identification de différents ménages, leur catégorisation ainsi que la classification des activités consommatrices d'énergie effectuées à l'aide de l'analyse des données de l'enquête de l'ANPER, on doit maintenant passer à la détermination des besoins énergétiques de la localité de Mounléla. Pour ce faire, On détermine d'abord les besoins énergétiques journaliers de chaque type de consommateur en fonction de sa catégorie. Puis, on procède à la détermination des besoins énergétiques journaliers de l'ensemble des consommateurs de tout le village. Pour cela, nous avons adapté une méthodologie que nous exposons dans la section suivante.

VI.1. Description de la méthodologie pour la détermination des besoins énergétiques

La procédure de détermination des besoins énergétiques d'un village est relativement complexe car dépendante de paramètres difficilement maîtrisables. En effet, les paramètres déterminants pour la connaissance des besoins énergétiques sont de plusieurs ordres dont entre autres :

- Le type de consommateur énergétique ;
- Le nombre d'appareils et leurs caractéristiques ;

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

- Le temps d'utilisation des appareils ;
- Les habitudes de consommations ;
- Le pourcentage d'utilisation dépendant du groupe de consommateurs.

VI.2. Différentes étapes de la méthodologie proposée

Etape 1 : recensement des appareils potentiels du consommateur concerné, leurs caractéristiques et leur nombre

Etape 2 : calcul de l'énergie horaire de chaque type d'appareil.

L'énergie horaire est calculée à partir de la formule suivante :

$$E_{hi} = \frac{P_i * N_a}{\eta_i} \quad (3)$$

Avec E_{hi} : énergie de l'appareil i en Wh

P_i : la puissance nominale de l'appareil i en W

N_a : nombre d'appareils identiques

η_i : le rendement de l'appareil i

Etape 3 : Calcul de l'énergie horaire totale par type de consommateur

$$E_{hti} = \sum_{i=1}^n E_{hi} \quad (4)$$

Avec E_{hti} : énergie horaire totale par type de consommateurs en Wh

Etape 4 : calcul de l'énergie horaire totale par type d'appareil et groupe de consommateurs

$$E_{htai} = E_{hi} * N_i \quad (5)$$

Avec E_{htai} : énergie horaire totale par type d'appareil et groupe de consommateurs en Wh

E_{hi} : énergie horaire de l'appareil i en Wh

N_i : nombre de consommateurs du groupe concerné

Etape 5 : calcul de la puissance par type d'appareil et groupe de consommateurs

$$P_{agi} = P_i * N_i * N_a \quad (6)$$

Avec P_{agi} : la puissance par type d'appareil et groupe de consommateurs en w

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Etape 6 : calcul de l'énergie journalière totale par type d'appareil et par groupe de consommateurs

$$E_{ji} = \sum E_{htai} * X_i \quad (7)$$

$$E_{jgi} = \sum E_{ji} \quad (8)$$

Avec E_{ji} : l'énergie journalière totale par type d'appareil en Wh

E_{jgi} : l'énergie journalière totale par groupe de consommateurs en Wh

X_i : le pourcentage estimé d'utilisation horaire en (%) du type d'appareil

Etape 7 : Calcul du temps d'utilisation de chaque appareil

$$T_u = \frac{E_{ji}}{P_{agi}} \quad (9)$$

Avec T_u : le temps d'utilisation de chaque appareil

Etape 8 : Détermination des besoins énergétiques de tous les groupes de consommateurs du village

$$B_j = \sum E_{jgi} \quad (10)$$

Avec B_j : le total de besoins de tous les groupes de consommateurs en Wh

VI.3. Résultats de la méthodologie pour les différents groupes de consommateurs

L'application de cette méthodologie aux groupes de consommateurs nous a conduits aux résultats ci-après en tenant compte des spécificités relatives à chaque groupe de consommateurs.

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

❖ **Détermination des besoins énergétiques des ménages faible consommation ou catégorie 1**

Tableau II : Calcul des besoins énergétiques des ménages faible consommation ou catégorie 1

appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	1000	1000	2050	2,05
Téléphone	12	2	1	1	24	1200	1200	3360	2,8
Total/ ménage					44				
Nbre	50								
Total ménages de catégorie 1								5410	4,85

❖ **Détermination des besoins énergétiques des ménages faible consommation ou ménage de catégorie 2**

Tableau III : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 2

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance total / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	10000	10000	35000	3,5
Téléphone	12	2	1	1	24	12000	12000	36000	3
Radio	10	1	1	1	10	5000	5000	42500	8,5
Total/ ménages					54				
Nbre	500								
Total ménages catégorie 2								113500	15

❖ **Détermination des besoins énergétiques des ménages de catégorie 3**

Tableau IV : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 3

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	10000	10000	34000	3,4
Téléphone	12	2	1	1	24	12000	12000	14400	1,2
Radio	10	1	1	1	10	5000	5000	20500	4,1
Télé	50	1	1	1	50	25000	25000	135000	5,4
Total/ ménages					104				

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Nbre	500		
Total ménages de catégorie 3	203900	14,1	

❖ Détermination des besoins énergétiques des ménages de type 4

Tableau V : Calcul des besoins énergétiques des ménages de catégorie 4

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	800	800	1120	1,4
Téléphone	12	2	1	1	24	960	960	1152	1,2
Radio	10	1	1	1	10	400	400	1000	2,5
Télé	50	1	1	1	50	2000	2000	4400	2,2
Venti	40	2	1	0,9	88,88	3555,55	3200	7111,11	2,22
Total / ménages					192,88				
Nbre	40								
Total ménages catégorie 4								14783,11	9,52

❖ Détermination des besoins énergétiques des ménages de consommation élevée ou ménage de catégorie 5

Tableau VI : Calcul des besoins énergétiques de catégorie 5

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	800	800	1200	1,5
Téléphone	12	2	1	1	24	960	960	576	0,6
Radio	10	1	1	1	10	400	400	720	1,8
Télé	50	1	1	1	50	2000	2000	2400	1,2
Venti	40	2	1	0,9	88,88	3555,55	3200	3200	1
Frigo	300	1	1	0,9	333,33	13333,3	12000	32000	2,66
DVD	30	1	1	1	30	1200	1200	3360	2,8
Total / ménage					556,22				
Nbre	40								
Total ménages catégorie 5								43456	11,56

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

❖ **Détermination des besoins énergétiques des ateliers de couture**

Tableau VII : Calcul des besoins énergétiques des ateliers de couture

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance crête / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	3	1	1	30	150	150	180	1,2
Téléphone	12	3	1	1	36	180	180	198	1,1
Radio	10	1	1	1	10	50	50	35	0,7
Télé	50	1	1	1	50	250	250	250	1
Venti	40	2	1	0,9	88,88	444,44	400	488,88	1,22
Machine à broder	1000	1	1	0,9	1111,11	5555,55	5000	6111,11	1,22
DVD	30	1	1	1	30	150	150	165	1,1
Total / Tailleur					1356				
Nbre	5								
Total Tailleurs								7428	7,54

❖ **Détermination des besoins énergétiques des boutiques**

Tableau VIII : Calcul des besoins énergétiques des boutiques

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	3	1	1	30	450	450	360	0,8
Téléphone	12	3	1	1	36	540	540	216	0,4
Télé	50	1	1	1	50	750	750	825	1,11
Venti	40	2	1	0,9	88,88	1333,33	1200	1466,66	1,22
Frigo	150	1	1	0,9	166,66	2500	2250	6000	2,66
Total / Boutique					371,55				
Nbre	15								
Total _ boutiques								8867,66	6,18

❖ **Détermination des besoins énergétiques des services de recharge**

Tableau IX : Calcul de besoins énergétiques des services de recharge

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
-----------	------------------------	----------	-----------	-----------	--------------	--------------------------------	---------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Eclairage	10	2	1	1	20	40	40	84	2,1
Téléphone	12	2	1	1	24	48	48	52,8	1,1
Radio	10	1	1	1	10	20	20	22	1,1
Télé	50	1	1	1	50	100	100	170	1,7
Venti	40	1	1	0,9	44,44	88,88	80	88,88	1,11
Total					148,44				
Nombre	2								
Total Services								417,68	7,11

❖ **Détermination des besoins énergétiques des services de moulins**

Tableau X : Calcul des besoins énergétiques des services de moulins

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	2	1	1	20	60	60	36	0,6
Téléphone	12	2	1	1	24	72	72	50,4	0,7
Moulin	750	1	1	0,9	833,33	2500	2250	2500	1,11
Venti	40	1	1	0,9	44,44	133,33	120	133,33	1,11
Total					921,77				
Nbre	3								
Total services de 2moulins								2719,73	3,52

❖ **Détermination des besoins énergétiques pour les petites épicereries**

Tableau XI : Calcul des besoins énergétiques des petites épicereries

Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement/ appareil (h)
Eclairage	10	3	1	1	30	60	60	78	1,3
Téléphone	12	3	1	1	36	72	72	72	1
Radio	10	1	1	1	10	20	20	22	1,1
Télé	50	1	1	1	50	100	100	160	1,6
Venti	40	2	1	0,9	88,88	177,77	160	284,44	1,77
Frigo	150	1	1	0,9	166,66	333,33	300	866,66	2,88
Total					381,55				
Nbre	2								
Total _ petites épicereries								1483,11	9,66

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

❖ **Détermination des besoins énergétiques des ateliers de soudure**

Tableau XII : Calcul des besoins énergétiques des ateliers de soudure

Types	Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Atelier de soudure	Eclairage	10	2	1	1	20	40	40	52	1,3
	Téléphone	12	2	1	1	24	48	48	19,2	0,4
	Machine à souder	1000	1	1	0,9	1111,1	2222,22	2000	2444,44	1,22
	Venti	40	1	1	0,9	44,44	88,88	80	97,77	1,22
	Radio	10	1	1	1	10	20	20	22	1,1
Total						1209,5				
Nbre		2								
Total_atelier_de_soudure									2635,42	5,244

❖ **Détermination des besoins énergétiques des lieux de culte (mosquées)**

Tableau XIII : Calcul des besoins énergétiques des mosquées

Types	Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Mosquée	Eclairage	10	3	1	1	30	600	600	300	0,5
	Venti	40	2	1	0,9	88,88	1777,77	1600	1244,44	0,77
	Ampli	20	1	1	1	20	400	400	280	0,7
Total						138,88				
Nbre		20								
Total mosquée									1824,44	1,97

❖ **Détermination des besoins énergétiques des centres de santé intégrés**

Tableau XIV : Calcul des besoins énergétiques du centre de santé intégré

Types	Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Centre de santé	Lampe	10	3	1	1	30	30	30	39	1,3
	Téléphone	12	3	1	1	36	36	36	14,4	0,4
	Venti	40	3	1	0,9	133,33	133,33	120	213,33	1,77
	Frigo	300	1	1	0,9	333,33	333,33	300	400	1,33

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

	Télé	50	1	1	1	50	50	50	90	1,8
Total						582,66				
Nbre	1									
Total centre de santé intégré									756,73	6,611

❖ Détermination des besoins énergétiques des écoles

Tableau XV : Calcul des besoins énergétiques des écoles

Types	Appareil	puissance nominale	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps fonctionnement/ appareil
Ecole	Eclairage	10	10	1	1	100	400	400	1040	2,6
	Venti	40	10	1	0,9	444,44	1777,77	1600	2311,11	1,44
	Fribo	150	1	1	0,9	166,66	666,66	600	1333,33	2,22
Total						711,11				
Nbre	4									
Total écoles									4684,44	6,26

❖ Détermination des besoins énergétiques pour eau potable

Etant donné que le nombre de foyers s'élève à 1130, en prenant 8 personnes par foyer[9], la population s'élèverait à 9040 habitants. La quantité minimale des besoins en eau potable d'une personne par jour selon l'organisation mondiale de la santé (OMS) est de 10 à 20 litres pour les pays pauvres [10]. Pour notre étude, nous avons décidé de prendre 10 litres relativement au niveau de vie de la population rurale au Niger. Ainsi, les besoins en eau de la population sont estimés à :

$$B_{\text{eau}} = 10 \times 9040$$

$B_{\text{eau}} = 90400$ litres / jour, soit $90,4 \text{ m}^3$. Cette valeur représente le débit journalier (Q_j) nécessaire pour l'alimentation en eau potable de la population de Mounléla. On calcule le débit horaire maximal par la formule suivante :

$$Q_{\text{max}} = \frac{Q_j}{6} \tag{11}$$

$$Q_{\text{max}} = 90,4 / 6 = 15,066 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Si on choisit une pompe de $15 \text{ m}^3/\text{h}$ avec un rendement de 0,5 et une hauteur manométrique totale (HMT) de 37 m ; la puissance hydraulique nécessaire est alors donnée par :

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

$$PH = \frac{Q_j * HMT}{367} \quad (12)$$

Soit PH = 9,11kW

Avec PH : la puissance hydraulique en (kW)

Q_j : le débit journalier en m³/h

HMT : la hauteur manométrique totale en (m)

La puissance mécanique est donnée par la formule suivante :

$$P_m = \frac{PH}{\eta_p} \quad (13)$$

P_m = 18,22 kW

Avec P_m : puissance mécanique en (kW)

PH : la puissance hydraulique en (kW)

η_p : le rendement de la pompe

On calcule alors, la puissance électrique du moteur avec la formule suivante :

$$P_e = \frac{P_m}{\eta_m} \quad (14)$$

Soit P_e = 20,24 kW

Avec P_e : la puissance électrique du moteur en (Kw)

η_m : rendement mécanique du moteur pris égal à 0,9

Tableau XVI : Calcul des besoins énergétiques de pompage pour eau potable

Types	Appareils	puissance nominale (W)	Quantité	Temps (h)	Rendement	Energie (Wh)	Energie totale / appareil (Wh)	Puissance totale / appareil (W)	Energie journalière / appareil (Wh)	Temps de fonctionnement / appareil (h)
Pompage eau potable	Eclairage	10	2	1	1	20	20	20	26	1,3
	Pompe	20000	1	1	0,9	22222	22222	20000	88888,89	4,44
Total						22242				
Nbre		1								
Total pompage _ eau potable									88914,89	5,74

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

❖ Détermination des besoins énergétiques globaux du village de Mounléla

Pour connaître les besoins énergétiques journaliers de Mounléla, nous avons fait la somme des besoins énergétiques journaliers de tous les groupes de consommateurs. La demande globale de Mounléla est ainsi évaluée à 500 781,24 Wh/jour. De même, la détermination des charges par intervalle de temps de tous les consommateurs de Mounléla, nous a permis de tracer la courbe de charge correspondante. Ainsi, de la courbe de charge et du tableau récapitulatif des besoins globaux, nous avons tiré trois informations capitales à savoir :

- ❖ La demande énergétique journalière de la localité de Mounléla ;
- ❖ La pointe journalière de cette demande ;
- ❖ L'intervalle de temps pendant lequel la pointe peut être observée au cours de la journée. Ici, nous avons une pointe de 35,45 kW et qui intervient entre 19 h et 21 h du soir.

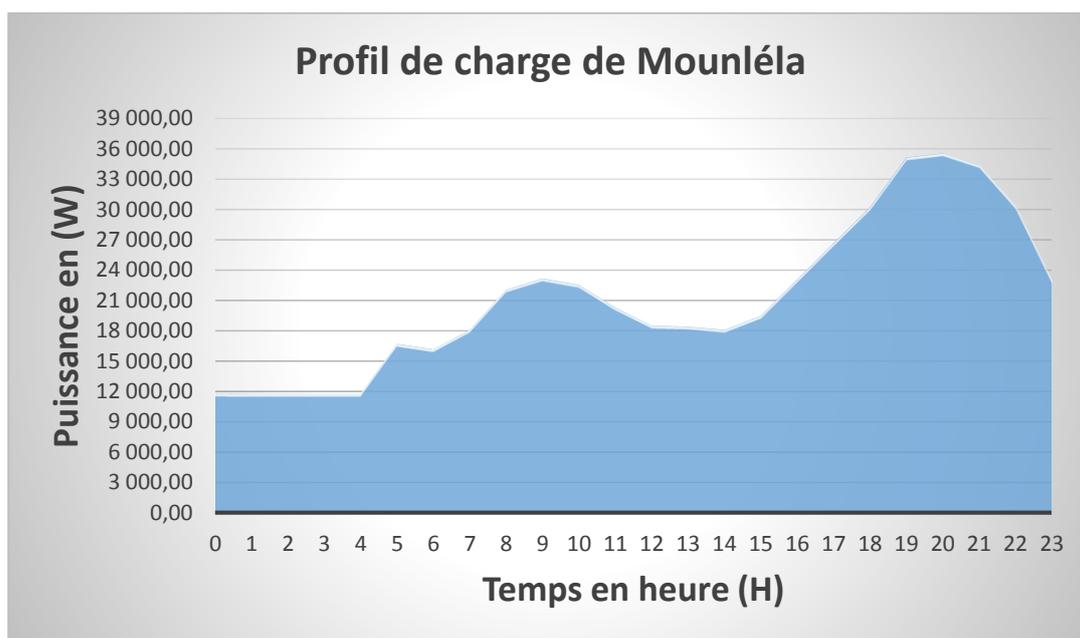


Figure 10 : Courbe de charge globale de Mounléla

VI.4. Estimation de l'irradiation solaire mensuelle du site

La détermination de l'irradiation solaire mensuelle d'un site donné dépend des paramètres tels que la longitude, la latitude, l'altitude, la température et l'angle d'inclinaison des panneaux. Les données météorologiques peuvent être obtenues à l'aide des logiciels tels que RETScreen, PVGIS ou bien au niveau de la direction générale de la météorologie du pays concerné. Dans

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

notre cas, nous avons utilisé la base des données de radiation solaire de PVGIS-CMSAF en ligne. Etant donné que la localité de Mounléla est administrativement petite, elle ne figure pas dans la base des données du logiciel PVGIS-CMSAF [11]. Par conséquent, nous avons dû utiliser les données de la ville de Tahoua comme données du site. Ces données sont : 14°0'0" Nord, 5°40'59" Est, élévation de 367 m avec un angle d'inclinaison optimale de 16 °.

Tableau XVII : Irradiation moyenne mensuelle et inclinaison optimale de Tahoua

Mois	H_{opt} (Wh/m ² /jour)	I_{opt} (°)
Janvier	6420	41
Février	6800	32
Mars	7400	18
Avril	6640	1
Mai	6270	-13
Juin	5850	-19
Juillet	5620	-15
Août	5420	-4
Septembre	6210	11
Octobre	6560	27
Novembre	6540	39
Décembre	6340	44
Année	6340	16

Avec H_{opt} : Irradiation sur un plan d'inclinaison optimale (Wh/m²/jour)

I_{opt} : Inclinaison optimale en degré

L'irradiation moyenne mensuelle considérée est celle du mois de référence. En d'autre terme, c'est celle du mois le plus défavorable. De l'observation des données du tableau des irradiations, on en a déduit celle du mois d'Août dont l'irradiation est la plus petite avec 5,420 kWh/m²/jour.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

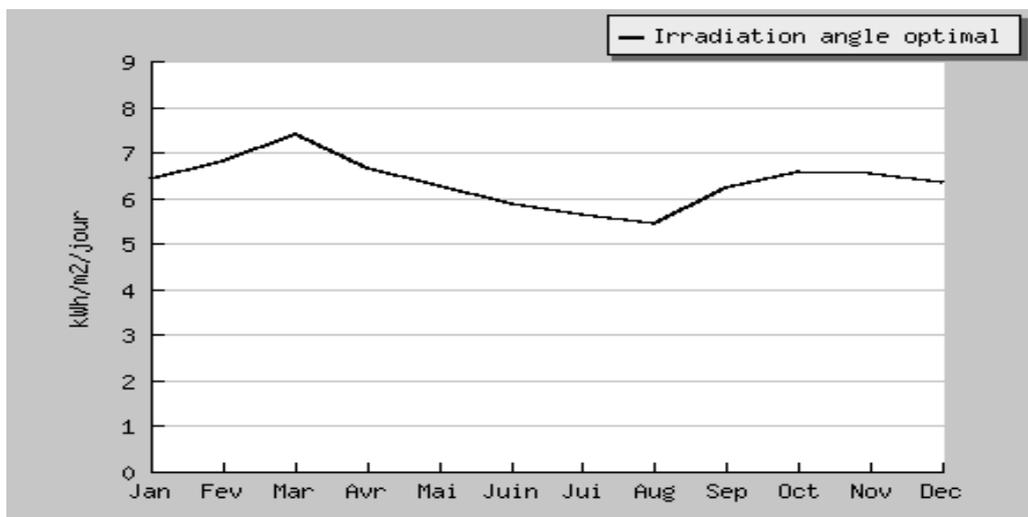


Figure 11 : Courbe des irradiances moyennes mensuelles [11]

VI.5. Détermination de la puissance crête P_c de l'installation

Le calcul de la puissance crête d'une installation photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres dont les plus importants sont :

- Les besoins énergétiques journaliers de l'installation : B_j ;
- L'irradiation solaire moyenne du mois de référence : H_{opt} ;
- Le rendement du générateur R_{gen} . (Pertes dues à la poussière, à l'échauffement des modules, au câblage, au vieillissement etc.). On prend généralement 80 % comme valeur typique ;
- Le rendement des batteries R_{bat} (cycle de charge et de décharge des batteries). On prend 80 % comme valeur typique.

Pour des tels projets habituellement, le système est dimensionné pour couvrir les besoins sur 10 ans. Autrement dit, au-delà de 10 ans, il faut prévoir une extension de la centrale. Par conséquent, nous proposons pour le projet, la même durée de 10 ans. Donc, le générateur doit aussi être dimensionné pour cette même durée. Nous allons alors, déterminer la puissance à l'année dix avec un taux de croissance annuel de 5%. Pour cela, on doit d'abord déterminer les besoins journaliers sur 10 ans par la formule suivante :

$$B_{jn} = B_j * (1 + i)^n \quad (15)$$

Avec B_j : demande actuelle (kWh)

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

B_{jn} : Demande à l'année n (kWh)

i : Taux de croissance

n : nombre d'année

$$B_{j10} = 500,78 * (1 + 5\%)^{10}$$

$$B_{j10} = 815,72 \text{ kWh}$$

La formule pour le calcul de la puissance crête est la suivante :

$$P_{cmin} = \frac{B_{j10}}{H_{opt} * R_{gen} * R_{bat}} \tag{16}$$

$$P_{cmin} = \frac{815,72}{5,42 * 0,8 * 0,8}$$

Soit une puissance crête P_{cmin} de 236,33 kW_c.

Avec P_{cmin} : la puissance crête en kW_c

B_{j10} : les besoins énergétiques journaliers sur 10 ans de la localité en kWh

H_{opt} : Irradiation solaire moyenne du mois le plus défavorable en kWh / m²/jour

VI.5.2. Détermination de la taille du champ PV et choix des modules

Pour le dimensionnement du champ PV de notre projet, nous avons opté pour le choix d'un type de module de chez Victron Energy de marque Blue Solarpolycristalin ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau XVIII : Caractéristiques du type de module choisi

Désignation	Code	Valeur	Unité
Tension nominale	V _{nom}	24	V
Puissance crête	P _{crête}	290	W _c
Courant de court - circuit	I _{sc}	8,56	A
Tension en circuit ouvert	V _{oc}	44,10	V
Courant à puissance maximale	I _{pm}	8,06	A
Tension à puissance maximale	V _{pm}	36	V

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

➤ **Nombre de modules en série par string Ns**

Etant donné que la plage de tension MPPT des onduleurs tripower CORE 1 est de 150 V à 1000 V, nous proposons une tension de fonctionnement de champ comprise dans cette plage. Par exemple, on prend 400 V comme tension de fonctionnement de notre système PV.

$$N_s = \frac{V_{\text{sys}}}{V_{\text{nommod}}} \tag{17}$$

$$N_s = \frac{400}{24} = 16,66$$

On prend la valeur de l'arrondi supérieur. Ce qui nous donne, $N_s = 17$ modules en série

➤ **Nombre de string de modules en parallèle Nbrp**

$$N_{brp} = \frac{P_{\text{cmin}}}{N_s * P_{\text{mod}}} \tag{18}$$

$$N_{brp} = \frac{236330}{17 * 290} = 47,93$$

Nous avons proposé de prendre la valeur supérieure à celle calculée. Soit 48 branches en parallèle.

➤ **Puissance totale à installer**

$$P_{\text{cinst}} = N_s * N_{brp} * P_{\text{mod}} \geq P_{\text{cmin}} \tag{19}$$

$$P_{\text{cinst}} = 17 * 48 * 290 = 236,640 \text{ kWc} > 236,330 \text{ kWc}$$

Une centrale PV de cette puissance est de taille relativement moyenne. Ainsi, sa maintenance doit être facilitée par la répartition du champ PV en de sous champs. Etant donné que nous avons 48 branches en parallèle, nous avons proposé de faire 7 sous champs de 13 branches chacun.

Tableau XIX : Récapitulatif du champ PV

Désignation	Nombre
Nombre de modules en série Ns	17
Nombre de branches en parallèle Nbrp	48
Nombre de sous champs de 10 branches de 17 modules en série	4
Nombre de sous champs de 8 branches de 17 modules en série	1

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Nombre sous champ	5
Nombre de modules par sous champs de 10 branches	170
Nombre de modules par sous champs de 8 branches	136
Nombre total de modules du champ PV	816
Puissance d'un sous champ de 10 branches (W)	49300
Puissance d'un sous champ de 8 branches (W)	39440
Courant maximal de court-circuit par entrée pour sous champ de 8 branches(A)	25,68/17,12
Courant maximal de court-circuit par entrée pour sous champ de 10 branches(A)	25,64/8,56

VI.5.3. Estimation de la capacité de la batterie d'accumulateurs (Ah)

Pour la détermination de la capacité de stockage de notre système, nous avons proposé de la calculer à partir des besoins actuels de la localité de Mounléla. Ces besoins sont estimés à 500,781 kWh / jour alors qu'ils s'élèvent à 815,72 kWh / jour à l'année 10. Notre choix s'explique par le fait que les batteries ont une durée de vie maximale de 5 ans et qu'elles doivent être remplacées à la fin de leur cinquième année de service. Ce qui se traduira par des dépenses d'investissements supplémentaires alors qu'elles ont été déjà prises en compte dans le calcul de l'investissement initial du projet. Partant de ce postulat, nous avons proposé de calculer la capacité de stockage des batteries d'accumulateurs pour les besoins actuels par la formule ci-dessous :

$$C_{batmin} = \frac{B_j * J_{raut}}{V_{Systb} * R_{bat} * DM} \quad (20)$$

Avec B_j : 500,781kWh / jour

J_{raut} : Nous proposons une autonomie de 24h

V_{Systb} : Tension du parc de batteries (48V comme pour les onduleurs chargeurs)

R_{bat} : Rendement batterie (80%)

DM : Profondeur de décharge (60%)

$$C_{batt} = \frac{500\ 781 * 1}{48 * 0,8 * 0,6} = 21735,2 \text{ Ah}$$

VI.5.3.1. Choix de batteries d'accumulateurs

Pour le choix de batteries, nous avons opté pour les batteries OPzV Solar power de chez Hoppecke ayant 3312 Ah de capacité et 2 V de tension pour 24 h d'autonomie. Nous avons

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

aussi choisi 48 V comme tension du système du parc de batteries conformément à la plage (41V – 63V) de tension de fonctionnement des onduleurs chargeurs Sunny island.

✓ Nombre de batteries en série

$$Nbats = \frac{Vsystb}{Vbat} \quad (21)$$

$$Nbats = \frac{48}{2} = 24$$

Nbats = 24 batteries

✓ Nombre de string de batteries

$$Nbatp = \frac{Cbatmin}{\text{Capacité batterie}} \quad (22)$$

$$Nbatp = \frac{21735,2}{3\ 312} = 6,56$$

On a choisi 7 strings de batteries en raison de 3 onduleurs chargeurs monophasés par cluster pour former le système triphasé.

✓ Capacité totale du parc de batteries

Pour la détermination de la capacité réelle du parc de batteries, nous avons utilisé la formule suivante :

$$Cbat = Nbatp * \text{capacité batterie} \geq Cbatmin \quad (23)$$

$$Cbat = 7 * 3\ 312 = 23\ 184\ Ah > 21\ 735,2\ Ah$$

On voit bien que la capacité de notre parc de batteries peut largement satisfaire l'intégralité des besoins en énergie stockée et même nous permettre un important excédent d'énergie stockée de l'ordre de 1449 Ah.

VI.5.3.2. Calculs des ratios de vérification

▪ Degré de décharge quotidien Ddq

$$Ddq = \frac{Bj}{Cbat * Vsystb * Rbat} \leq \frac{DM}{Jauto} \quad (24)$$

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

$$Ddq = \frac{500\,780}{23\,184 * 48 * 0,8} = 0,56 < \frac{0,6}{1} = 0,6$$

▪ **Ratio d'aptitude du champ PV à couvrir les besoins journaliers**

$$R = \frac{P_{cmin} * H_{opt} * R_{gen} * R_{bat}}{B_j} > 1 \tag{25}$$

$$R = \frac{237\,510 * 5,42 * 0,8 * 0,8}{500\,780} = 1,64 > 1$$

Tableau XX : Récapitulatif des batteries nécessaires pour une autonomie de 24 h

Capacité unitaire	3312 Ah / 2 V
Nombre de batteries en série	24
Nombre d'onduleurs chargeurs	21
Nombre de string de batteries	7
Total des batteries du champ PV	168
Capacité minimale du parc (besoins)	21735,28 Ah
Capacité Réelle à installer	23 184 Ah

VI.6. Dimensionnement des onduleurs

Le dimensionnement des onduleurs de l'installation doit tenir compte de la répartition du champ PV en de sous champs permettant une certaine harmonie dans la configuration et la maintenance du champ principal. Ainsi, nous avons proposé de relier chaque sous champ à un onduleur. La répartition est donnée dans le tableau suivant :

Tableau XXI : Répartition du champ PV en des sous-champs de puissance identique

Numéro de sous champ	Puissance (W)
1	49 300
2	49 300
3	49 300
4	49 300
5	39 440

VI.6.1. Choix des onduleurs pour les sous champs

Nous avons choisi des onduleurs identiques pour tous les sous champs. Ils sont de chez Sunny Tripower CORE 1 SMA dont les caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Tableau XXII : Caractéristiques du type d'onduleurs choisis pour les sous-champs

Caractéristiques	
Type et Marque	Sunny Tripower CORE 1 SMA
Valeurs d'entrée en DC	
Puissance maximale DC	51 kW
Tension maximale DC	1000 V
Tension d'entrée minimale	150 V
Courant d'entrée maximal	180 A
Valeurs de sortie en AC	
Puissance apparente	50 kVA
Puissance nominale AC	50 kW
Tension nominale AC	230 / 400 V
Courant nominale AC	72,5 A
Fréquence nominale	50 / 55 Hz
Dimensions (mm)	621x733x569

VI.6.2. Vérification de la compatibilité de l'onduleur choisi.

Règlé 1 : la tension MPPT du générateur PV doit être supérieure à la tension minimale admise à l'entrée de l'onduleur.

$$V_{mpptgen} > V_{minond} \quad (26)$$

$$V_{mpptgen} = 36 * 17 = 612 \text{ V} > 150 \text{ V}$$

Règle 2 : La tension en circuit ouvert du générateur PV (V_{oc}) doit être inférieure à la tension maximale admise à l'entrée de l'onduleur.

$$V_{ocgen} < V_{maxond} \quad (27)$$

$$V_{ocgen} = 44,10 * 17 = 749,7 \text{ V} < 1000 \text{ V}$$

Règle 3 : Le courant de court-circuit d'un sous champ doit être inférieur au cumul de courant maximal admis aux entrées d'un onduleur.

$$8,56 * 10 = 85,6 \text{ A} < 180 \text{ A}$$

Règle4 : Ratio de puissance

$$R = \frac{\text{puissance onduleur}}{\text{puissance sous champ}} \quad (28)$$

$$R = \frac{51000}{49300} = 1,03 \in [0,9 ; 1,10]$$

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Au regard de ces résultats, nous avons conclu que les onduleurs choisis peuvent bien remplir les fonctions d'utilisation et qu'ils conviennent techniquement au projet.

VI.6.3. Choix des onduleurs chargeurs de batteries

Dans le système PV isolé, le stockage joue un rôle très important surtout pendant la nuit ou les jours de mauvais ensoleillement. C'est pourquoi, on doit choisir les onduleurs chargeurs chez les marques les plus fiables. Ainsi, nous avons porté notre choix sur les onduleurs chargeurs de Sunny island SMA. C'est des onduleurs monophasés de 48 V nominale pouvant fonctionner en triphasé par le regroupement (cluster) de 3 éléments monophasés. Comme nous avons 7 strings de batteries, nous avons proposé 7 clusters de 3 onduleurs monophasés chacun. Ce qui nous donne 21 onduleurs chargeurs. Leurs caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau XXIII : Caractéristiques des onduleurs chargeurs bidirectionnels

Caractéristiques	
Type	Synny island SMA 8. 0H
Valeurs d'entrée	
Tension d'entrée DC	48 V
Courant d'entrée maximal	140 A
Valeurs de sortie	
Puissance AC nominale	5,43 kW
Tension nominale AC	230 V
Courant maximal	120 A
Fréquence nominale	50 Hz

VI.6.4. Configuration du système PV avec son stockage

Pour bien gérer le transit de la puissance et la fréquence du réseau en même temps que les onduleurs chargeurs, nous avons proposé un box de multi-cluster qui constitue le centre de transit de la puissance du réseau ainsi créé. De ce fait, lorsque les parcs de batteries sont en état de charge, la fréquence du réseau tend à diminuer. Ce qui a pour conséquence immédiate, l'augmentation de la production du champ PV afin de relever le niveau de la fréquence à une valeur raisonnable. Dans ce cas, la production du champ PV doit couvrir les besoins de la charge et ceux des parcs de batteries. Par contre, lorsqu'au cours du fonctionnement du système, les batteries sont bien chargées ; les algorithmes contenus dans les onduleurs chargeurs se mettent en place pour inhiber le système de charge des batteries. Ce qui se traduit

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

par la déconnexion des parcs de batteries et l'augmentation de la fréquence du réseau. Par ailleurs, les onduleurs du générateur PV constant l'augmentation de la fréquence du réseau, ralentissent la production du champ PV. Tout se passe comme si nous avons un câble de commande entre les onduleurs chargeurs et ceux du champ PV alors qu'il n'y en a pas. La seule liaison entre les deux systèmes d'onduleurs n'est rien d'autre que la fréquence du réseau créée et contrôlée par les onduleurs chargeurs. Ce système de régulation est connu sous le nom de contrôle de puissance par décalage de la fréquence ou FSPC (Frequency Shift Power Control). La configuration du système est la suivante :

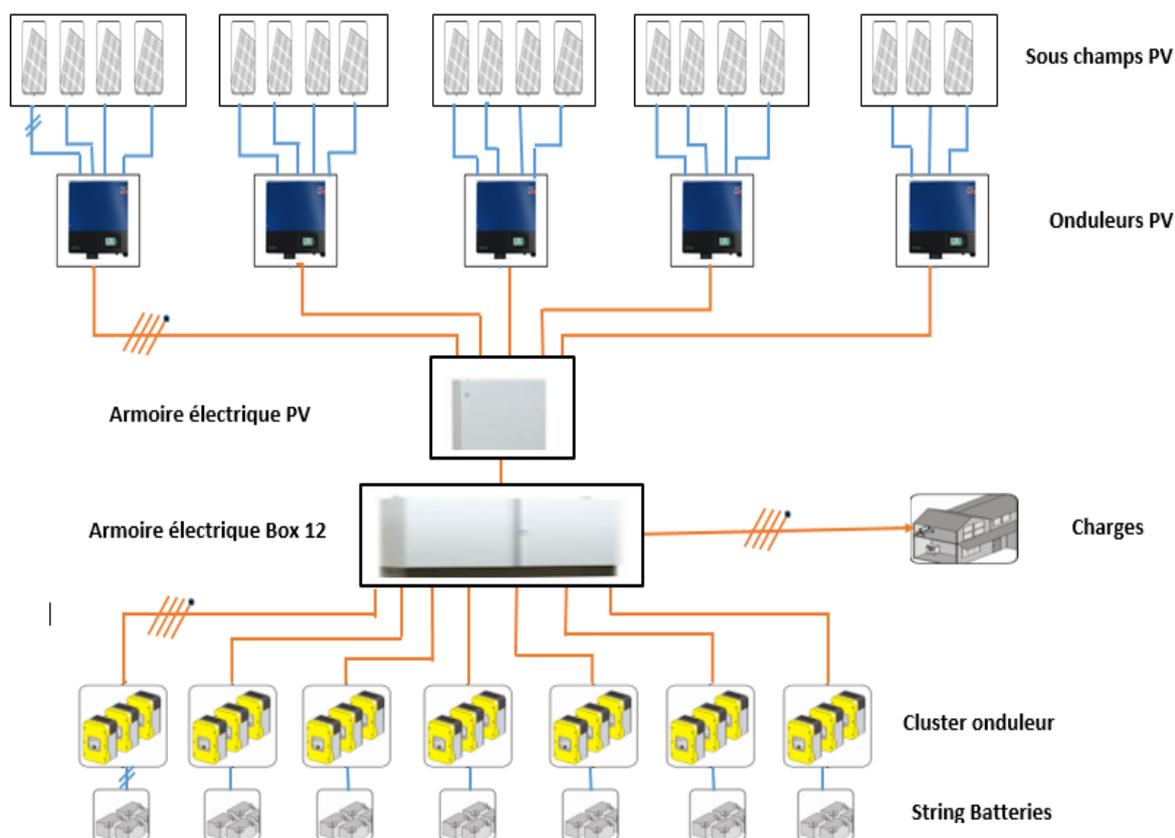


Figure 12 : Schéma synoptique de la configuration du système PV du projet

VI.7. Choix des dispositifs de protection

En électricité, la protection joue un rôle très important car elle reste la garantie pour préserver le matériel et les hommes de la destruction en cas de la survenance des phénomènes dangereux tels que les court-circuits, les surcharges ou les coups de foudre sur les installations.

VI.7.1. Fusibles de protection des branches côté DC

La protection de chaque branche ou string en courant et tension est assurée par un fusible adapté selon les formules suivantes :

$$V_{fus} \geq 1,15 * Voc. String \quad (29)$$

$$V_{fus} \geq 1,15 * 44,10 * 17 = 862,15 V$$

$$1,5 * I_{sc} \leq I_{calfus} \leq 2 * I_{sc} \quad (30)$$

$$1,5 * 8,56 \leq I_{calfus} \leq 2 * 8,56$$

$$12,84 A \leq I_{calfus} \leq 17,12 A$$

Il nous faudrait un fusible dont la tension V_{fus} soit supérieure ou égale à 862,15 V et le calibre compris entre 12,84 A et 17,12 A. Etant donné que nous avons 48 branches, il nous faut 48 fusibles identiques de calibre 15 A.

VI.7.2. Fusible de protection des entrées onduleurs des sous champs côté DC

$$V_{fus} \geq 1,15 * Voc. String \quad (31)$$

$$V_{fus} \geq 1,15 * 44,10 * 17 = 862,15 V$$

$$1,5 * I_{maxond} \leq I_{calfus} \leq 2 * I_{maxond} \quad (32)$$

✓ **Entrées de 3 strings**

$$1,5 * 25,68 \leq I_{calfus} \leq 2 * 25,68$$

$$38,52 A \leq I_{calfus} \leq 51,36 A$$

✓ **Pour les entrées de 2 strings**

$$1,5 * 17,12 \leq I_{calfus} \leq 2 * 17,12$$

$$25,68 A \leq I_{calfus} \leq 34,24 A$$

✓ **Pour les entrées d'un string**

$$1,5 * 8,56 \leq I_{calfus} \leq 2 * 8,56$$

$12,84 \text{ A} \leq \text{calfus} \leq 17,12 \text{ A}$

VI.7.3. Fusible de protection des clusters d'onduleurs chargeurs côté DC

La partie continue des onduleurs chargeurs est reliée à un fusible de 250 A et de tension comprise entre 48 V et 63 V par cluster.

VI.7.4. Protection contre les surtensions atmosphériques

La protection de chaque onduleur contre les surtensions atmosphériques est assurée par deux para-surtenseurs (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. Ces dispositifs de protection sont au nombre de 14 en raison de deux par sous champ.

VI.8. Choix de sections des câbles électriques de liaison

Dans une installation électrique, les câbles constituent les canaux de transit du courant électrique. De ce fait, leurs sections doivent être choisies de manière à répondre aux contraintes de l'intensité de transit, de l'échauffement et de la chute de tension admissible.

VI.8.1. Section câble de liaison des branches des sous champs

La section des câbles de liaison des branches dépend du calibre (I_{pro}) du dispositif de protection qui doit être inférieur ou égal au courant admissible du câble choisi. Comme nous avons choisi des fusibles de calibre 15 A, la section correspondante en cuivre de branches est de 2,5 mm² avec un courant admissible de 21 A > 15 A. Cependant, comme les modules viennent avec des câbles de sortie de 6 mm², nous avons opté pour une section de 6 mm² pour nous y conformer avec un courant admissible de 36 A.

Tableau XXIV : Choix de section des câbles Cuivre selon des courants admissibles

Câble size (mm ²) Cu	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

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

VI.8.2. Méthodologie de dimensionnement des câbles du côté AC

La synthèse de la méthodologie pour 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, chargeurs) ;
- ✓ Choix du dispositif de protection de cet élément avec son courant nominal I_n et son facteur de surcharge K en fonction de la température ambiante ;
- ✓ Détermination des facteurs de corrections k_i
- ✓ Calcul du courant admissible I_z donné par la formule suivante :

$$I_z = \frac{I_n * K}{\text{produit des facteurs de corrections}} \quad (33)$$

- ✓ 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

VI.8.3. Les résultats de la méthodologie.

➤ **Câble de liaison entre onduleurs PV et armoire électrique**

Tableau XXV : Dimensionnement liaison onduleurs PV - armoire électrique

Nature du câble	PR		
Courant d'emploi I_b	72,5		
Choix du disjoncteur compact NS100 de I_n	80		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible I_Z	109,08		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	35		
Courant correspondant (A)	126		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction k_i
Mode de pose	Chemins de câbles perforés	13	1,21
Lettre de la méthode de référence	E		
Température ambiante 50 °C			0,82
Groupement des circuits			0,88
Disjoncteur			1
Neutre chargé			0,84
Produit des facteurs			0,73

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

➤ **Câble de liaison entre armoire PV et armoire centrale Box 12**

Tableau XXVI : Dimensionnement de la liaison armoire PV - armoire centrale Box 12

Nature du câble	PR		
Courant d'emploi Ib	507,5		
Choix du disjoncteur compact NS630 de In	630		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ	858,97		
Section correspondante en Cuivre (mm ²) x2	185		
Courant correspondant (A)	450		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés	13	1,21
Lettre de la méthode de référence	E		
Température ambiante 50 °C			0,82
Groupement des circuits			0,88
Disjoncteur			1
Neutre chargé			0,84
Produit des facteurs			0,73

➤ **Câble de liaison entre onduleurs chargeurs et armoire centrale Box 12**

Tableau XXVII : Dimensionnement liaison onduleurs chargeurs - armoire centrale Box 12

Nature du câble	PR		
Courant d'emploi Ib	120		
Choix du disjoncteur compact NS125 de In	160		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ	218,15		
Section correspondante en Cuivre (mm ²)	70		
Courant correspondant à cette section (A)	246		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction (ki)
Mode de pose	Chemins de câbles perforés	13	1,21
Lettre de la méthode de référence	E		
Température ambiante 50 °C			0,82
Groupement des circuits			0,88
Disjoncteur			1
Neutre chargé			0,84
Produit des facteurs			0,73

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

➤ **Câble de liaison entre armoire centrale Box 12 et transformateur**

Tableau XXVIII : Dimensionnement, liaison entre armoire centrale Box 12 - Transformateur

Nature du câble	PR		
Courant d'emploi Ib	1080		
Choix du disjoncteur compact NS1250 de In	1250		
Nature de la protection	Disjoncteur		
Courant admissible IZ	1 704,31		
Section correspondante en Cuivre (mm ²) x2	630		
Courant correspondant (A)	1005		
Elément de base	Désignation	Numéro	Facteurs de correction ki
Mode de pose	Chemins de câbles perforés	13	1,21
Lettre de la méthode de référence	E		
Température ambiante 50 °C			0,82
Groupement des circuits			0,88
Disjoncteur			1
Neutre chargé			0,84
Produit des facteurs			0,73

VI.8.4. Choix et vérification des sections en fonction de la chute de tension du côté DC

La section choisie pour la contrainte thermique du câble de liaison entre les onduleurs et les différents sous champs doit répondre également à la contrainte de chute de tension. Pour le courant continu, cette chute de tension doit être inférieure à la limite admise qui est de 2 %. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$\Delta V = \frac{2 * L * I * \rho}{S} \tag{34}$$

Avec : L = longueur du câble en (m), ici on propose L = 20 m

I = courant de service en (A)

S = section du câble en (mm²)

ρ = résistivité en (Ωmm²/m)

VI.8.4.1. Vérification de la chute de tension dans les liaisons des branches

$$\Delta V_{adm} = 36 * 17 * 2\% = 12,24 V$$

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

$$\Delta V_{c\grave{a}ble1} = \frac{2 * (36 * 20 * 0,0183)}{6} = 4,39 V < 12,24 V$$

**VI.8.4.2. Vérification de la chute de tension dans les liaisons jeux
de barres sous champ et onduleurs**

$$\Delta V_{adm} = 36 * 17 * 2\% = 12,24V$$

$$\Delta V_{c\grave{a}ble2} = \frac{2 * (25,68 * 20 * 0,0183)}{6} = 6,26 V < 12,24 V$$

$$\Delta V_{c\grave{a}ble1} + \Delta V_{c\grave{a}ble2} = 4,39 + 6,26 = 10,65 V < 12,24 V$$

Au regard de ces résultats, nous pouvons dire que les sections des branches et sous champ sont validées.

VI.8.5. Calcul et vérification de la chute de tension de la partie AC

Pour le calcul de la chute de tension, nous avons utilisé les formules suivantes :

$$\Delta U(V) = \sqrt{3} * I_b * \left(\frac{R * L}{S} * \cos\phi + X * L * \sin\phi \right) \quad (35)$$

$$\Delta U(\%) = 100 * \frac{\Delta U}{U_n} \quad (36)$$

Ainsi, les résultats sont résumés dans les tableaux ci-après :

❖ Câbles de liaison entre onduleurs PV et armoire PV

Tableau XXIX : Chute de tension liaison onduleur PV- armoire PV

Courant d'emploi IB	Longueur L	Section S	Résistivité R (Ωm)	Réactance X (Ω)	Cosφ	Sinφ	Tension Un (V)
72,5	10	35	0,225	0,0008	0,8	0,6	400
Chute de tension calculée ΔU en (V)							7,06
Chute de tension calculée ΔU en (%)							1,77
Chute de tension Proposée ΔU en (%)							2

❖ Câbles de liaison entre armoire PV et armoire centrale Box 12

Tableau XXX : Chute de tension liaison armoire PV - armoire centrale Box 12

Courant d'emploi IB	Longueur L	Section S	Résistivité R (Ωm)	Réactance X (Ω)	Cosφ	Sinφ	Tension Un (V)
507,5	5	370	0,1125	0,0004	0,8	0,6	400
Chute de tension calculée ΔU en (V)							2,12
Chute de tension calculée ΔU en (%)							0,53

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Chute de tension Proposée ΔU en (%)	1
---	---

❖ Câbles de liaison entre onduleurs chargeurs et armoire centrale Box 12

Tableau XXXI : Chute de tension liaison onduleurs chargeurs - armoire centrale Box 12

Courant d'emploi IB	Longueur L	Section S	Résistivité R (Ωm)	Réactance X (Ω)	Cos ϕ	Sin ϕ	Tension Un (V)
120	8	70	0,18	0,00064	0,8	0,6	400
Chute de tension calculée ΔU en (V)							4,0643
Chute de tension calculée ΔU en (%)							1,02
Chute de tension Proposée ΔU en (%)							2

❖ Câbles de liaison entre armoire centrale Box 12 et transformateur

Tableau XXXII : Chute de tension liaison armoire centrale Box 12 - Transformateur

Courant d'emploi IB	Longueur L	Section S	Résistivité R (Ωm)	Réactance X (Ω)	Cos ϕ	Sin ϕ	Tension Un (V)
1080	8	1260	0,18	0,00064	0,8	0,6	400
Chute de tension calculée ΔU en (V)							7,46
Chute de tension calculée ΔU en (%)							1,86
Chute de tension Proposée ΔU en (%)							2

VII. Dimensionnement du réseau de distribution moyenne tension HTA

Après la détermination de la puissance du champ PV et ses accessoires, nous allons passer au dimensionnement de la ligne d'alimentation du village de Mounléla. Pour cela, il va falloir faire d'abord le choix des transformateurs élévateur et abaisseur de tension, du type d'alimentation et sa configuration. Etant en face d'une centrale PV autonome, nous allons choisir le type d'alimentation qui conviendrait. Ainsi, nous avons le choix entre une alimentation du village par une ligne aérienne HTA par élévation de la tension sortie centrale et distribution en basse tension par abaissement à l'arrivée ou une alimentation en basse tension directement sans passer par les transformateurs élévateur et abaisseur de la tension sortie centrale PV. Ce choix doit être basé sur les considérations technico-économiques dont la puissance à transiter, la configuration du village, la longueur du réseau BT et l'optimisation du coût d'investissement. Vu la puissance de 207,81 kVA à évacuer, la dispersion des consommateurs dans le village, l'occupation spatiale de la centrale ainsi que le souci d'avoir une faible chute de tension, nous avons choisi d'évacuer cette puissance à travers une ligne

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

aérienne HTA. Cette ligne sera composée d'une ossature et de deux secondaires. Pour les besoins d'une maintenance efficace de l'ensemble du réseau HTA, les lignes secondaires vont être connectées à la ligne principale par l'intermédiaire de deux interrupteurs aériens à commande manuelle (IACM).

VII.1. Choix de transformateurs de puissance

Nous avons choisi d'élever la tension sortie centrale PV à travers un transformateur de 250 kVA, 400 V/ 20 kV. Pour la distribution, nous avons choisi deux transformateurs abaisseurs de 100 kVA, 20 kV/ 400 V chacun. Le transformateur élévateur sera installé dans un poste préfabriqué monobloc posé sur une plate-forme. Son raccordement au réseau aérien se fait avec une remontée aéro-souterraine en moyenne tension. Chaque transformateur de distribution sera installé à un poste haut de poteau ou H61 au niveau du barycentre énergétique de chaque regroupement de consommateurs.

VII.2. Configuration du réseau d'alimentation HTA

La structure des réseaux de distribution HTA en milieu rural est de type radial ou en antenne. Cette structure est dans la plupart des cas, composée de deux types de lignes [12] :

- Les lignes principales représentant l'ossature assurant le transit de puissance de la centrale vers le village. Elles sont généralement réalisées en technique suspendue sur armement nappe voûte avec une section importante ;
- Les lignes de dérivation constituant les lignes secondaires pour l'alimentation des postes de distribution en HTA / BT. Elles sont réalisées en technique rigide sur armement nappe voûte rigide avec une section plus faible par rapport à celle des ossatures.

Par ailleurs, l'image satellitaire de Mounléla nous montre que les consommateurs sont repartis en deux grands regroupements. Ceci nous permet de proposer une ligne principale en ossature et deux lignes secondaires prenant en charge chaque regroupement de consommateurs. Pour la ligne principale, nous avons proposé une longueur de 1 km entre ses points de départ centrale et d'arrivée village. Pour les lignes secondaires, nous avons proposé une longueur de 0,5 km en tenant compte du barycentre énergétique de chaque regroupement de consommateurs.

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

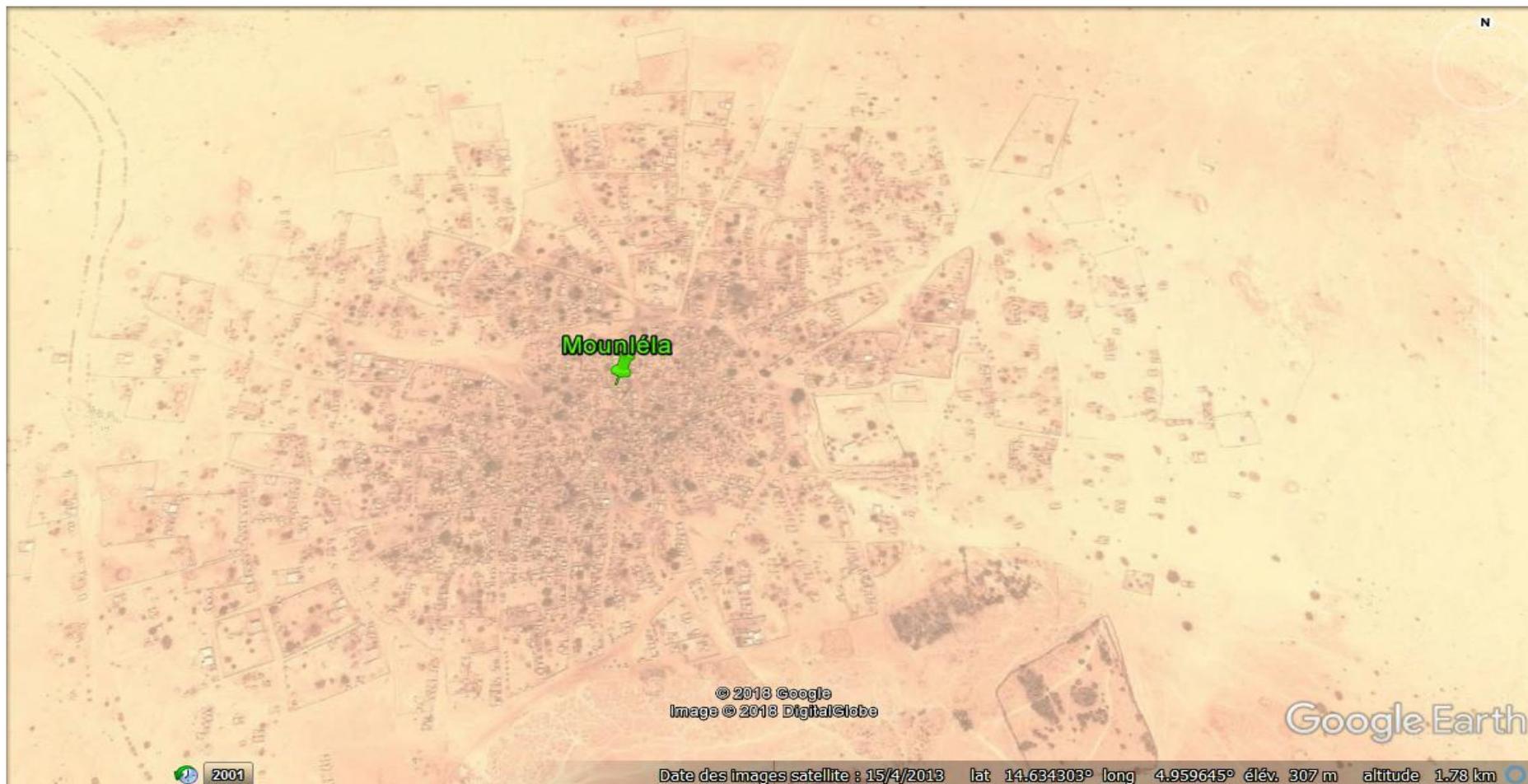


Figure 13: Image satellitaire du village de Mounléla

VII.3. Dimensionnement des lignes d'alimentation HTA

La composition d'une ligne HTA fait ressortir les éléments suivants :

- Les organes de protection et de coupure ;
- Les conducteurs électriques ;
- Les armements et accessoires ;
- Les Supports ;
- Les massifs de fondation.

Ainsi, le dimensionnement d'une ligne consiste à déterminer les différentes caractéristiques de tous les éléments qui la composent. Ces caractéristiques sont de deux types : mécaniques et électriques.

VII.3.1. Paramètres électriques

La détermination des caractéristiques électriques consiste à calculer les paramètres électriques suivant la puissance de transit de la ligne. L'un de ces paramètres, concerne la puissance qui doit être calculée pour une période initiale et pour la durée complète du projet. L'autre paramètre, est relatif à la section du câble qui dépend du courant admissible, de la chute de tension et de la tenue au court-circuit pendant une période donnée. Pour la puissance, nous avons considéré une période de 10 ans et un taux de croissance annuel de 5 %. Quant à la chute de tension, la norme NF C 11 – 201 autorise une chute de 5 %. Cependant, cette valeur peut atteindre 7 % en milieu rural. Pour la détermination de la section du conducteur, nous avons utilisé le logiciel DISTELEC. Ce logiciel respecte la norme NF C 11-201. Il permet de trouver la section du câble, la chute de tension, le courant de court-circuit et plusieurs autres paramètres [13]. Les résultats des calculs du logiciel sont présentés aux annexes 32-33.

VII.3.2. Paramètres mécaniques

Pour le calcul des paramètres mécaniques de la ligne, nous avons utilisé le logiciel CAMELEC. C'est un logiciel qui a été conçu pour les calculs mécaniques des lignes aériennes des systèmes de distribution de l'énergie électrique. CAMELEC est en fait un tableur en Microsoft EXCEL qui est très pratique [14]. Il permet à travers quelques entrées simples, d'effectuer des calculs. Pour ces calculs, nous avons utilisé les paramètres suivants :

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

- **Le nombre de cantons** : Un canton représente la distance équivalente de 10 portées. D'après la norme NF C 11-201, un canton ne doit pas dépasser 2 km.

$$\text{Nbrecantons} = \frac{\text{Longueur ligne}}{\text{Longueur maximale de canton}} \quad (37)$$

- **Nombre de portées** : La portée est la distance entre 2 supports. La norme NF C 11 – 201 stipule que la portée maximale en HTA est de 180 m. Ici, nous avons proposé une portée maximale de 125 m.

$$\text{Nbreportées} = \frac{\text{Longueur canton}}{\text{Portée maximale}} \quad (38)$$

$$\text{La portée (a)} = \frac{\text{Longueur canton}}{\text{Nbre de portées}} \quad (39)$$

$$\text{La portée equivalente (ae)} = \sqrt{\frac{\sum a^3}{\sum a}} \quad (40)$$

- **L'implantation (I)** : C'est la partie enterrée du support. Elle dépend de la hauteur (H) du support. Ici, nous avons proposé des supports en béton armé (PBA) de 12 m de hauteur.

$$I = \frac{H}{10} + 0,5 \quad (41)$$

- **La hauteur hors sol du support (h)** : C'est la différence entre la hauteur totale(H) et l'implantation (I).

$$h = H - I \quad (42)$$

- **La garde hors sol** : C'est la distance entre le point le plus bas de la ligne et le sol. Elle est fixée à 6 m par la norme NF C 11 – 201.
- **La flèche** : C'est la différence entre la hauteur hors sol et la garde hors sol.

Les résultats des calculs du logiciel sont présentés aux annexes 30-31.

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Tableau XXXIII : Résultats de calcul des paramètres mécaniques des lignes HTA

Lignes	Hauteur support (m)	Nbre canton	Nbre portée (m)	Portée équivalente (m)	Implantation (m)	Hauteur hors sol (m)
Principale	12	1	8	125	1,7	10,3
Secondaire 1	12	1	4	125	1,7	10,3
Secondaire 2	12	1	4	125	1,7	10,3

VII.3.3. Efforts sur les supports et armements

Les efforts de différents supports (alignement, angles, arrêts avec IACM) obtenus par l'utilisation du logiciel CAMELEC en tenant compte de tous les paramètres mécaniques, sont recensés dans le tableau ci-dessous. Ces supports sont proposés en fonction des efforts qu'ils sont censés supporter dans les conditions les plus défavorables qui soient sans détérioration.

Tableau XXXIV : Efforts des supports en poutrelle et leurs correspondants en PBA

Nombre de canton	Efforts sur les supports et armements en daN					
	Alignement		Arrêt simple		Arrêt canton	
	Poutrelle	PBA	Poutrelle	PBA	Poutrelle	PBA
Ligne principale HTA						
1	170	300	639	800-1250	889	1000
Lignes secondaires						
1	149	300	349	800-1250	370	1000

Compte tenant des spécifications des arrêts et de la gamme des supports PBA fabriqués au Niger, nous avons proposé d'utiliser des 12-800 daN pour les arrêts simples et arrêts avec remontée ou descente aéro-souterraine. Pour les supports des postes H61, nous avons proposé des 12-1250 daN et des 12-1000 daN pour les arrêts canton.

VII.3.4. Tracé des lignes principale et secondaire HTA

Le tracé d'une ligne électrique doit être réalisé avec la collaboration des services d'exploitation locaux. En effet, on doit se forcer de limiter le nombre des angles et de déterminer avec précision la position de ceux qui sont inévitables, se préoccuper de l'accessibilité du futur ouvrage, se tenir à une distance des carrières. Il faut aussi tenir compte des sites et monuments historiques et de façon générale, protéger l'environnement en évitant de défigurer le paysage.

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**



Figure 14 : Tracé des lignes HTA principale et secondaire

VII.3.5. Tracé du mini-réseau basse tension BT de Mounléla

Pour le tracé du mini-réseau BT, nous avons considéré une portée moyenne de 45 m et un taux de 3 % pour la contribution de la flèche. Ce tracé doit tenir compte de la répartition spatiale des consommateurs. Ainsi, en nous servant du logiciel Google earth, nous avons obtenu le tracé ci-dessous.

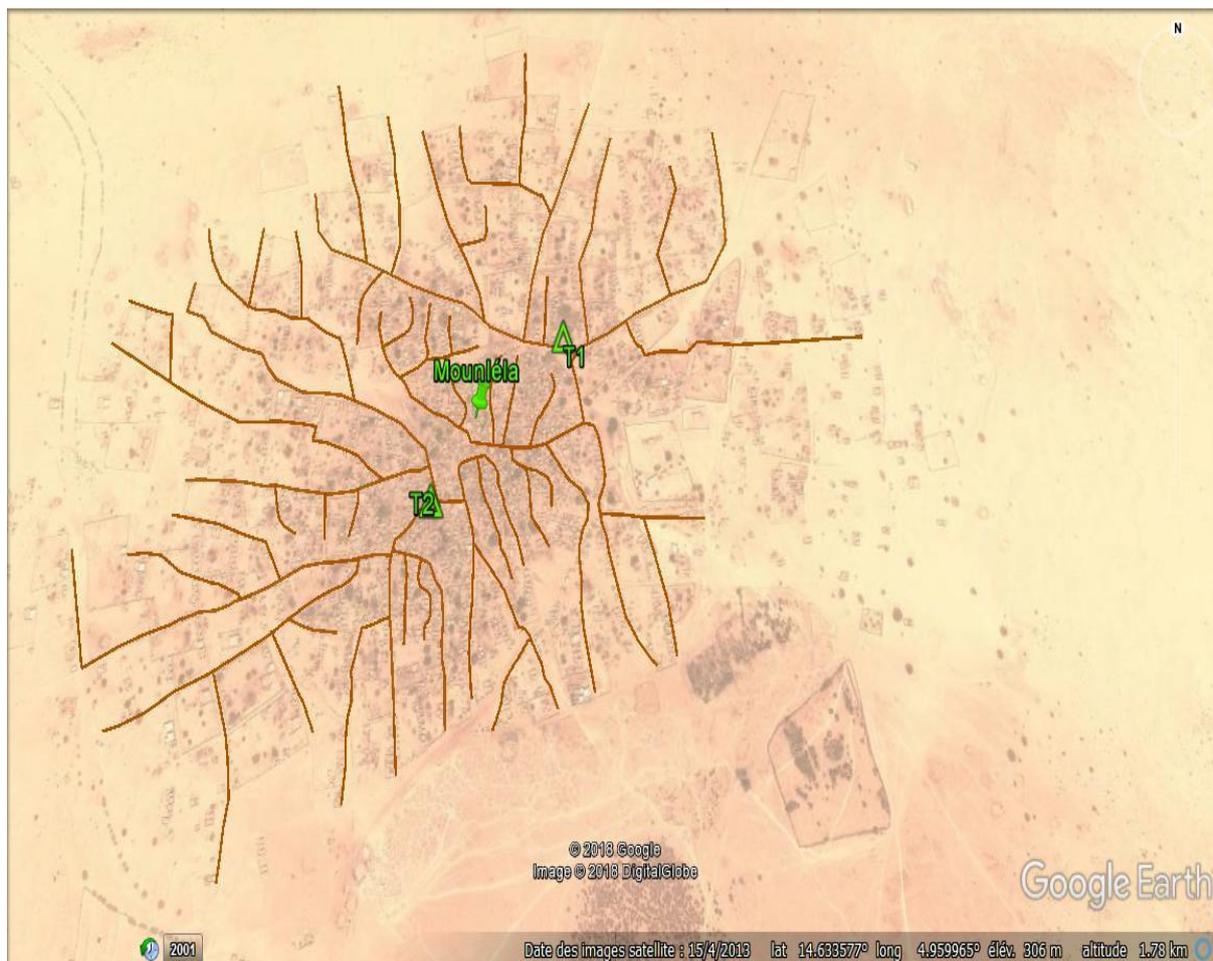


Figure 15 : Tracé du mini-réseau BT de Mounléla

VIII. Analyse économique de la rentabilité du projet

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 [15]. Pour cela, une étude technico-économique est nécessaire pour tout projet. L'étude technique étant faite dans les parties précédentes 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 et ne fait pas intervenir le plan de financement. Il existe de très nombreuses approches. Ce qui les distingue fondamentalement, c'est que certains ignorent le mécanisme de l'actualisation alors que d'autres en tiennent compte. Dans le cadre de notre étude, nous ne tiendrons pas compte du mécanisme de l'actualisation. Aussi, allons-nous déterminer le coût de l'investissement par unité consommée (ou économisée) et le coût moyen de l'énergie (LCOE). Par ailleurs, pour une bonne analyse économique, le coût de l'investissement total doit inclure aussi le coût d'exploitation, d'entretien et de remplacement sur la durée de vie prévue du système. Cette analyse est désignée par « calcul des coûts sur la durée de vie » (life cycle cost). Pour l'utilisateur, les coûts annuels du système permettent d'en assurer sa pérennité. Par conséquent, pour qu'il soit rentable, le projet doit engendrer suffisamment de revenus pour payer ces coûts.

VIII.1. Investissement par unité consommée

C'est le critère le plus simple utilisé dans le domaine des économies d'énergie. Il est donné par le rapport entre l'investissement total et la quantité d'énergie annuellement consommée ou économisée.

$$I_{\text{unit}} = \frac{I_{\text{total}}}{E_{\text{annuelle produite}}} \quad (43)$$

VIII.1.1. Calcul de l'investissement total

L'investissement total représente le coût total du projet. Il est donné par la somme des coûts de l'investissement initial, de maintenance et d'exploitation du système.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

VIII.1.2. 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.

Tableau XXXV : Coût initial d'investissement du projet

Rubriques	Valeurs	Unité
Coût centrale PV	392 742 305	CFA
Coût de la ligne HTA	43 110 138	
Coût mini-réseau BT	83 975 029	
Coût branchement BT	125 072 868	
Total du coût initial d'investissement du projet	644 900 339	

VIII.1.3. Calcul du coût annuel de maintenance et d'exploitation du système

Le coût annuel de maintenance et d'exploitation du système est constitué des dépenses d'exploitation et de maintenance de la centrale PV, du réseau HTA et du mini-réseau BT. Pour la centrale PV, la première année de fonctionnement n'engendre aucune dépense importante. Donc, le coût d'exploitation et de maintenance de la centrale PV peut être considéré comme négligeable à la première année. Pour les réseaux HTA et BT, nous avons considéré que les dépenses d'exploitation et maintenance à la première année n'excèdent pas 1 % de leurs coûts d'installation. Ainsi, les dépenses d'exploitation et de maintenance sont estimées à 431 101 FCFA pour la HTA et 1 707 275 FCFA pour la BT. Ce qui représente un coût global d'exploitation et de maintenance de 2 138 376 FCFA. Donc, le coût total de l'investissement est donné par :

$$I_{\text{total}} = \text{Coût initial investissement} + \text{coût exploitation et maintenance} \quad (44)$$

$$I_{\text{total}} = 644\,900\,339 + 2\,138\,376 = 647\,038\,715 \text{ FCFA}$$

VIII.2. Calcul de l'énergie annuelle produite

Avec les besoins énergétiques journaliers estimés à 500,78 kWh, le calcul de l'énergie annuelle produite est donné par :

$$E_{\text{annuelle}} = 365 * B_j \quad (45)$$

$E_{\text{annuelle}} = 365 * 500,78$, soit une production énergétique annuelle de 182 785 kWh.

VIII.3. Calcul de l'investissement par unité consommée

L'investissement par unité consommée est le rapport entre l'investissement total du projet et la puissance totale de l'installation photovoltaïque. Il est donné par :

$$I_{\text{unit}} = \frac{I_{\text{total}}}{\text{Puissance totale}} \quad (46)$$

$$I_{\text{unit}} = \frac{6647\ 038\ 71552\ 103\ 515}{237} = 2\ 730\ 127,16 \text{ FCFA/kW}$$

VIII.4. Calcul du coût moyen de l'énergie (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 :

$$\text{LCOE} = \frac{\text{TLCC}}{\text{Energie produite}} = \frac{\text{Coût total cycle de vie}}{\text{Energie produite}} \quad (47)$$

VIII.4.1. Calcul du coût 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 10 ans. De ce fait, nous avons considéré la même durée de vie pour toute l'installation. Par ailleurs, comme le système est composé de plusieurs éléments, 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 :

Pour la centrale PV, 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 (câbles, onduleurs, etc.), un coût de remplacement des batteries à partir de l'année 5. 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.

VIII.4.2. Résultats de calcul du LCOE

Pour le calcul du coût moyen de l'énergie, nous avons envisagé 4 scénarios pour lesquels nous avons calculé le prix du kilo Watt heure comparativement à la tarification de la NIGELEC. Après calculs, nous avons abouti aux résultats ci-dessous :

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Tableau XXXVI : Résultats LCOE et de la tarification de la NIGELEC

Tarification du projet		
Scénario	Subvention	Résultats LCOE (FCFA/kWh)
1	0 %	657,46
2	50 %	372,87
3	80 %	202,11
4	90 %	145,19
Tarification du kilo Watt heure à la NIGELEEC		
Numéro de tranche	Tranches (kWh)	Prix du kilo Watt heure (FCFA)
1	0 – 150	68,4
2	150 - 300	89,8
3	Supérieur à 300	127,3

IX. Etude d'impact environnemental et social du projet

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) [16].

IX.1. Description complète du projet

Répondant aux objectifs de la politique de développement économique et social du Niger, le projet initié par l'agence nigérienne pour la promotion de l'électrification en milieu rural (ANPER) vise à augmenter l'accès à l'énergie électrique de la population rurale du Niger et améliorer ses conditions économiques et sociales. Dans cette perspective, il est envisagé l'installation d'une centrale solaire photovoltaïque autonome d'une capacité de 237 kWc couvrant ainsi les besoins énergétiques journaliers d'au moins 500 kWh de la localité de Mounléla. Pour atteindre ses objectifs tout en intégrant les préoccupations environnementales et conformément aux lois et règlements en vigueur au Niger en matière d'environnement, il a

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

été prévu une étude d'impact environnemental et social du projet dont l'objectif global est de fournir des informations sur la nature et le degré des impacts environnementaux et sociaux pouvant résulter de l'installation et l'exploitation de la centrale photovoltaïque, des réseaux HTA et BT et de recommander des mesures d'atténuation appropriées pour contrôler ses impacts.

IX.2. 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.

IX.3. Etat initial du site et son environnement

Le site du projet d'installation et d'exploitation de la centrale solaire photovoltaïque est situé dans la localité de Mounléla qui dépend administrativement de la commune rurale de Bambeye, région de Tahoua. Ce site se trouve aux environs de 1 km au Sud-Est du village de Mounléla. Les coordonnées GPS du site d'installation de la centrale sont : 14°37'59,3256'' de latitude Nord et 4°58'16,81'' de longitude Est avec une altitude de 302 m. Le climat de Mounléla est de type sahélien et présente de façon générale les caractéristiques suivantes : une courte saison de pluies allant de Juin à Septembre et une longue saison sèche. Il présente une végétation très mal répartie du fait de l'avancée du désert. La nature du sol est sablonneuse. La population de Mounléla est un mélange de Peulh, Touareg et Haoussa vivant en parfaite harmonie.

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 en compte de tous les éléments du milieu pouvant être touchés de près ou de loin lors de

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

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 village de Mounléla 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. Elle fait référence à la commune de Bambeye ;
- La zone d'influence diffuse qui s'étend à l'ensemble de la région de Tahoua voir au-delà du fait de la spécificité du projet.

IX.4. 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 [17] :

- ❖ 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

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Ministère en charge de l'environnement est le chef de file des institutions publiques à travers ses services déconcentrés.

IX.5. 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 autonome de 237 kWc à Mounléla. 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.

IX.5.1. Identification des activités sources d'impacts

Les activités sources d'impact qui sont identifiées dans le cadre du projet d'installation de la centrale de 237 Kwc dans la localité de Mounléla 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 XXXVII : Activités sources d'impact par phases

Phases	Activités sources d'impacts
Préparation	Acquisition du terrain
	Recrutement de la main d'œuvre
Construction	Nivellement et terrassement du terrain
	Construction de la clôture et des fondations des modules
	Pose des modules et batteries
	Déploiement des câbles
Exploitation	Fonctionnement
	Maintenance et entretien des équipements

IX.5.2. Composantes affectées

Tableau XXXVIII : Composantes et éléments affectés

Composantes	Eléments
Biophysique	Végétation (Nombre pieds d'arbres coupés)
	Air (Atmosphère locale pendant les travaux)
	Sol (Socles des activités du projet)
Humaines	Sécurité et santé des travailleurs et populations

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

	Emploi de la jeunesse locale et revenus financiers
	Augmentation du niveau de cadre de vie des villageois

IX.5.3. Grille d'interrelation entre les activités et les composantes

Tableau XXXIX : Matrice d'interrelation

Phases	Activités sources d'impacts	Eléments biophysiques			Eléments humains		
		Végétation	Air	Sols	Sécurité et santé	Emplois et revenu	Cadre de vie
Préparation	Acquisition du terrain						(+)
	Recrutement					(+)	
Construction	Nivellement et terrassement du terrain	(-)	(-)	(-)	(-)		
	Construction de la clôture et des fondations de modules	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(+)
	Pose des modules et batteries			(-)	(-)		
	Déploiement des câbles			(-)	(-)		(+)
Exploitation	Fonctionnement				(-)		(+)
	Maintenance et entretien		(+)	(-)	(+)	(+)	

IX.6. Evaluation de l'importance des impacts

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

Phases	Agents d'impacts	Milieux affectés		Critères d'évaluation des impacts			Critères d'importance des impacts		
		Biophysique	Humain	Portée	Intensité	Durée	Majeur	Modéré	Mineur
Préparation	Déchets	Sol		Locale	Faible	Moyen terme	x		
	Attribution du terrain		Cadre de vie	Locale	Forte	Long terme	x		
Construction	Abattage des arbustes	Végétation, sols	Cadre de vie	Locale	Faible	Long terme		x	
	Soulèvement poussière	Air	Cadre de vie	Locale	Moyenne	Court terme		x	
	Pollution et érosion sol	Sols, air	Cadre de vie	Locale	Faible	Long terme		x	
	Blessures et accidents		Sécurité et santé	Ponctuelle	Faible	Court terme		x	
Exploitation	Production des déchets	Sols, air	Cadre de vie	Locale	Faible	Moyen terme	x		
	Pas de CO2		Cadre de vie	Régionale	Moyenne	Long terme		x	

IX.7. Mesures d'atténuation, compensation ou de bonification

- Renforcer le couvert végétal par des initiatives de plantations d'arbres dans la localité ;
- Arrosage des voies de circulation et entretien régulier du site et des équipements ;
- Interdiction de tout brûlage sur le site ;
- Respect de la quiétude nocturne par la planification des heures de fonctionnement des engins ;
- Port d'équipements de protection individuels par les travailleurs exposés ;
- Proposer un plan de réaménagement du site ;
- Nettoyage du site et ses alentours.

X. Recommandations

A l'issue de l'étude sur l'alimentation en énergie électrique du village de Mounléla par une centrale solaire photovoltaïque autonome, nous proposons les recommandations suivantes :

- ❖ Augmentation de la part du solaire dans l'électrification des centres isolés par des centrales photovoltaïques autonomes au lieu des groupes électrogènes ;
- ❖ Accélérer les processus de subvention dans les projets de construction des centrales photovoltaïques autonomes dans les centres isolés afin de les rendre économiquement rentables ;
- ❖ Effectuer des ateliers de formations pour le renforcement des capacités opérationnelles des agents dans le domaine du solaire.

XI. Conclusion et perspectives

L'étude de l'électrification en milieu rural est un processus complexe du fait de l'influence des facteurs qui entrent en jeu dont la demande énergétique, les habitudes de consommation des clients, leurs équipements, le niveau de vie de la population et bien sûr le coût de l'investissement initial. Ainsi, dans le cadre de l'étude de l'électrification du village de Mounléla par une centrale PV autonome, nous avons procédé d'abord par la collecte, le traitement et l'analyse des données de différents groupes de consommateurs. Ces actions nous ont permis de déterminer les besoins énergétiques journaliers de tout le village de Mounléla. A partir de ces besoins énergétiques, nous avons déterminé la puissance électrique correspondante en tenant compte de l'augmentation de la demande annuelle estimée à 5 %. Puis, nous avons passé au dimensionnement de la centrale PV et de ses éléments capables de satisfaire cette demande ainsi que le dimensionnement des réseaux HTA et BT. Ensuite, nous avons poursuivi avec le processus de la détermination du coût global du projet. Et enfin, nous avons bouclé cette étude comme pour tout projet d'investissement par une analyse économique de sa rentabilité par la méthode du coût de l'investissement par unité consommée et du coût moyen de l'énergie (LCOE) suivie d'une étude d'impact environnemental et social.

De cette étude, il en découle les résultats suivants :

- Une demande énergétique journalière estimée à **500, 78 kWh** ;
- Une production du champ photovoltaïque de l'ordre de **237 kWc** ;
- Un coût d'investissement global de **647 038 715 FCFA** ;
- Un coût moyen de l'énergie de : **657,46 FCFAkWh⁻¹** (sans subvention), **372,87 FCFAkWh⁻¹** (50 % de subvention de l'Etat), **202,11 FCFAkWh⁻¹** (80 % de subvention de NESAP) et **145,19 FCFAkWh⁻¹** (90% de subvention de l'Etat).

Au regard de ces résultats, on voit bien que l'électrification en milieu rural par une centrale solaire photovoltaïque autonome conduit à un coût d'investissement par unité consommée très élevé sans l'intervention de l'Etat avec un coût moyen du kilo Watt heure hors de portée de nos populations rurales. Cependant, cette électrification reste une option crédible à long terme par rapport à l'électrification classique par groupe électrogène ou ligne surtout dans les localités isolées à condition que l'Etat intervienne massivement dans son financement initial.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Bibliographie

- [1] G. Léna, «Mini-réseaux hybrides PV-Diesel pour l'électrification rurale,» 2013. [En ligne].
- [2] Agence de regulation de l'énergie au Niger, «Le reflet,» *Les infrastructures énergétiques : la solution du PDES 2017 - 2021*, 2018.
- [3] Direction de la statistique du ministère de l'énergie, «Rapport sur la couverture énergétique au Niger,» Niamey, 2016.
- [4] H. ZNEIDOU, «Audit sur la recurrence des pannes de transformateurs de puissance,» Niamey, 2015.
- [5] 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. [Accès le Mercredi Octobre 2018].
- [6] D. Amine, «Contrôle de la puissance d'un générateur photovoltaïque pour le pompage solaire. Thèse pour l'obtention du grade de docteur Es_sciences de l'université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf,» Oran , 2013.
- [7] Le sahel, «Commune rurale de Bambeye (Région de Tahoua) : Atouts et ambitions d'une entité,» *Sahel*, 2011.
- [8] ANPER, «Rapport d'enquête pour l'évaluation des besoins énergétiques de Mouléla,» Niamey, 2018.
- [9] Institut national de la statistiques , «Evaluation du nombre de personnes par foyer au Niger,» Niamey.
- [10] E. m. d. l'eau, «Le centre d'information sur l'eau,» [En ligne]. Available: <https://www.cieau.com/eau-transition-ecologique/enjeux/la-consommation-deau-domestique-est-elle-la-meme-a-travers-le-monde/>. [Accès le 2 Novembre 2018].
- [11] PVGIS-CMSAF, «PV potential estimation utility,» [En ligne]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa&lang=fr>. [Accès le 2 Novembre 2018].
- [12] J.-J. GRAFF, «Réseaux électriques : Transport et distribution; TOM 1 : Structure des réseaux de distribution,» Ouagadougou, 2009.
- [13] DISTELEC, «Manuel d'utilisation du logiciel DISTELEC».
- [14] CAMELEC, «Description et manuel d'utilisation du logiciel CAMELEC,» 1993.
- [15] I. A. ASSARID, «Dimensionnement d'un système hybride sloaire et groupe électrogène pour

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

l'alimentation d'un village dans la région de Dosso : Mémoire pour l'obtention du master spécialisé en gestion des infrastructures et services,» Niamey, 2014.

- [16] Republique du Niger : LOI N°2018-28 du 14 Mai, *Les principes fondamentaux de l'évaluation environnementale au Niger*, Niamey, 2018.
- [17] SOCIETE ALNAHAR SARL, «Rapport de l'étude d'impact environnemental et social (EIES) du projet d'inplantation d'une unité de production d'eau minérale à Hamdallaye,» Niamey, 2016.
- [18] J.-P. RAFFIN, «Conférence de Rio,» [En ligne]. Available: https://www.universalis.fr/encyclopedie/conference-de-rio/#i_18866. [Accès le Mercredi le 31 Octobre 2018].
- [19] M. ALMOUSTAPHA, «Alimentation optimale en énergie électrique d'une localité isolée : Cas de Kouré au Niger; Mémoire pour l'obtention du titre d'ingénieur technologue option électricité,» Niamey, 2015.
- [20] T. N. E. e. a. al, «Modélisation et simulation d'un système phovoltaïque . Mémoire de fin d'étude l'obtention de Master académique , option Réseaux électriques,» El-Oued, 2015.

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

ANNEXES

Annexe 1 : Quelques données de base de la localité de Mounléla.....	64
Annexe 2 : Les inventaires de l'existant de Mounléla	65
Annexe 3 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages faibles consommation du type 1	66
Annexe 4 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages faibles consommation du type 2	67
Annexe 5 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages de type 3.....	68
Annexe 6 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages type 4.....	69
Annexe 7 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages du type 5.....	71
Annexe 8 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ateliers de couture.....	73
Annexe 9 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des boutiques.....	75
Annexe 10 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des services de recharge	77
Annexe 11 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des services moulins.....	79
Annexe 13 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ateliers de soudure.....	82
Annexe 14 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des mosquées.....	84
Annexe 15 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives du centre de santé intégré	85
Annexe 16 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des écoles.....	87
Annexe 18 : Récapitulatif des besoins énergétiques de la localité de Mounléla.....	89
Annexe 19 : Récapitulatif des besoins énergétiques de Mounléla pour le tracé de la courbe de charge globale.....	90
Annexe 20 : Fiche technique du module choisi	92
Annexe 21 : Autres caractéristiques du type de module choisi.....	93
Annexe 22 : Caractéristiques technique des batteries OPzV Solar Power.....	94
Annexe 23 : Les caractéristiques des onduleurs de puissance Sunny Tripower CORE 1.....	95

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 24 : Les caractéristiques techniques des onduleurs chargeurs bidirectionnels Sunny island SMA 8.0H.....	96
Annexe 25 : Tableau de choix de disjoncteurs de protection.....	97
Annexe 26 : Tableau des facteurs de correction selon la méthode de référence.....	98
Annexe 27 : Influence de la température pour les situations de pose non enterrée.....	99
Annexe 28 : Facteur de correction en fonction du groupement des circuits	100
Annexe 29 : Tableau de section de la section des câbles	101
Annexe 30 : Feuille de calculs mécaniques de la ligne HTA principale.....	102
Annexe 31 : Feuille de calculs mécaniques des lignes HTA secondaires.....	103
Annexe 32 : Feuille de calculs électriques de la ligne principale HTA	104
Annexe 33 : Feuille de calculs électriques des lignes HTA secondaires	105
Annexe 34 : Longueurs des tronçons BT.....	106
Annexe 35 : Devis quantitatif et financier de la centrale PV	107
Annexe 36 : Devis quantitatif et financier des lignes HTA	108
Annexe 37 : Devis quantitatif et financier du mini-réseau BT	110
Annexe 38 : Devis quantitatif et financier des branchements BT.....	111
Annexe 39 : Calcul du LCOE sans subvention	112
Annexe 40 : Calcul du LCOE 50 % de subvention.....	114
Annexe 41 : Calcul du LCOE avec 80 % de subvention	116
Annexe 42 : Calcul du LCOE avec 80 % de subvention	118
Annexe 43 : Organigramme de la Nigelec.....	120
Annexe 44 : Organigramme de l'ANPER.....	121

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 1 : Quelques données de base de la localité de Mounléla

Région				Tahoua	
Commune				Bambeye	
Nom du village				Mounléla	
Nom et prénom du chef du village				Mahamadou	
Contact du chef du village				99005252	
		Coordonnées de délimitant la zone			
Point	Coordonnées GPS		Propriétaire du foyer repéré		
	X	Y	Nom	Prénom	
Centre village	14°38'05,2"	004°57'23,4"	Mamoudou	Issa	
Point A	14°38'22,2"	004°57'36,4"	Ousmane	Abdou	
Point B	14°38'08,4"	004°57'52,7"	Issoufou	Mounkaila	
Point C	14°37'32,0"	004°57'30,2"	Abarché	Moussa	
Point D	14°36'09,05"	004°57'07,0"	Moussa	Hamani	
Caractéristiques des foyers					
Types de construction				Nombre	
Foyers construits en bêtons				40	
Foyers construits en pisé (terre)				1000	
Foyers construits en mixte (mi-dur)				40	
Foyers construits en huttes (paille)				50	
Nombre de foyers clients estimés				1080	
Nombre de foyers clients potentiels				1130	
Nombre d'habitants				9040	
Autres à préciser					
Nature du sol					
Nature			Case à cocher		
Argileux					
Sablonneux			X		
Rocheux					
Marécageux					
Accès au village par rapport à la route principale RN5					
Route principale	Goudronnée		Latéritique	Non matérialisé	
Distance (km)			52		
Nature la route			Vallonnée		
Ouvrages sociaux communautaires					
Nature			Nombre		
Mosquée			20		
Ecoles	Nombre de classes		4	22	
Centre de santé intégré (dispensaire)			1		
Bornes fontaines			2		

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 2 : Les inventaires de l'existant de Mounléla

Activités existantes		
Activités	Nature	Nombre
Agriculture	Culture	3000
	Elevage domestique	
Puits d'irrigation	Culture	2
Puits pour eau potable	domestique	4
Bornes fontaines	domestique	8
Petites industries	Soudure	2
	Menuiserie	
	Huilerie	1
	Fabrication de glace	3
	Moulins	3
	Autres à préciser	
Petits artisans	Tailleurs	5
	Forgerons	3
	Cordonniers	
Commerces	Boutiques	15
Autres à spécifier	Mécaniciens	2
	Vulgarisateurs	1
	Marché	1
Kits photovoltaïques existants		
Nature	Puissance (Wc)	Nombre
Panneaux	25	0
	50	15
	75	0
	100	0
	200	20
	250	80
	Autres	100
Batteries	200 Ah	80
	175 Ah	20
	75 Ah	20

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 3 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages faibles consommation du type 1

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	500	300	0	0	0	0	0
Téléphone portable	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Total / heure	120	120	120	120	120	620	420	120	120	120	120	120
Total 1	2240											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	500	750	0	0	0	0
Téléphone portable	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Total / heure	120	120	120	120	120	120	620	870	120	120	120	120
Total 2	2690											
Total	4930											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	50%	30%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	75%	75%	75%	50%	50%
Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 4 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages faibles consommation du type 2

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Téléphone portable	6000	6000	6000	6000	6000	6000	0	0	0	0	0	0
Radio	0	0	0	0	0	0	1000	2500	2500	2500	2500	2500
Total / heure	6000	6000	6000	6000	6000	6000	1000	2500	2500	2500	2500	2500
Total 1	49500											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	5000	6000	6000	6000	6000	6000
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radio	2500	5000	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	1000	500
Total / heure	2500	5000	2500	2500	2500	2500	7500	8500	8500	8500	7000	6500
Total 2	64000											
Total	113500											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	50%	50%	50%	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	50%	50%	50%	50%	50%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	60%	60%	60%	60%	60%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	20%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 5 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages de type 3

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	5000	5000	0	0	0	0	0
Téléphone portable	2400	2400	2400	2400	2400	2400	0	0	0	0	0	0
Radio	0	0	0	0	0	0	1000	1000	1000	2500	2500	2500
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	12500	12500	12500	12500	12500
Total / heure	2400	2400	2400	2400	2400	7400	6000	13500	13500	15000	15000	15000
Total 1	97400											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	5000	5000	5000	3000	3000	3000
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radio	500	500	500	500	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Télévision	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	7500	7500	7500	7500	7500
Total / heure	5500	5500	5500	5500	6000	6000	11000	13500	13500	11500	11500	11500
Total 2	106500											
Total	203900											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	50%	50%	50%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	50%	50%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%	50%	30%	30%	30%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Télévision	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	30%	30%	30%	30%	30%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 6 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages type 4

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	80	80	0	0	0	0	0
Téléphone portable	192	192	192	192	192	192	0	0	0	0	0	0
Radio	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	200	200	200	200	200
Venti	711,11	711,11	711,11	711,11	711,11	711,11	355,55	355,55	0	0	0	0
Total / heure	903,11	903,11	903,11	903,11	903,11	983,11	475,55	595,55	240	240	240	240
Total 1	7529,77											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radio	80	80	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40
Télévision	200	200	200	200	200	200	200	400	400	400	400	400
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	711,11	711,11	711,11
Total / heure	280	280	280	280	280	280	440	600	600	1311,11	1311,11	1311,11
Total 2	7253,33											
Total	14783,11											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Venti	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%
Télévision	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	20%	20%	20%	20%	20%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 7 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ménages du type 5

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	80	80	80	0	0	0	0
Téléphone portable	96	96	96	96	96	96	0	0	0	0	0	0
Radio	0	0	0	0	0	0	40	40	40	40	40	40
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	200	200	200	200	200
Venti	355,55	355,56	355,56	355,56	355,55	355,55	0	0	0	0	0	0
Frigo	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33
Lecteur DVD	0	0	0	0	0	0	0	1200	0	120	120	120
Total / heure	1784,88	1784,90	1784,90	1784,90	1784,89	1864,88	1453,33	2853,33	1573,33	1693,33	1693,33	1693,33
Total 1	21749,33											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	160	160	160	160	160	160
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radio	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Télévision	200	200	200	0	0	0	0	0	200	200	200	200
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	355,55	355,55	355,55
Frigo	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33	1333,33
Lecteur DVD	0	0	0	1200	0	0	0	120	120	120	120	120
Total / heure	1573,33	1573,33	1573,33	2573,33	1373,33	1373,33	1533,333	1653,33	1853,33	2208,88	2208,88	2208,88
Total 2	21706,66											
Total	43456											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Lecteur DVD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
Pourcentage d'utilisation												
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Télévision	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Lecteur DVD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 8 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ateliers de couture

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	18	18
Radio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	25	25
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	44,44	44,44	44,44	44,44
Machine à broder	0	0	0	0	0	0	0	0	555,55	555,55	555,55	555,55
Lecteur DVD	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15
Total / heure	15	15	15	15	15	15	15	0	633	663	663	663
Total 1	2727											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15
Téléphone portable	18	18	18	18	18	18	18	0	0	0	0	0
Radio	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Télévision	25	25	25	25	25	25	25	0	0	0	0	0
Venti	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	44,44	0	0	0	0	0
Machine à broder	555,55	555,55	555,55	555,55	555,55	555,55	555,55	0	0	0	0	0
Lecteur DVD	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0	0
Total / heure	663	663	663	663	658	658	658	15	15	15	15	15
Total 2	4701											
Total	7428											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Machine à broder	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Lecteur DVD	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Télévision	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Machine à broder	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Lecteur DVD	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 9 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des boutiques

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	45	45	45	45	45	45	45	45	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	54	54	54	54
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	0	75	75	75	75
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	133,33	133,33	133,33	133,33
Frigo	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total / heure	295	295	295	295	295	295	295	295	512,33	512,33	512,33	512,33
Total 1	4409,33											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Télévision	75	75	75	75	75	75	75	0	0	0	0	0
Venti	133,33	133,33	133,33	133,33	133,33	133,33	133,33	0	0	0	0	0
Frigo	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Total / heure	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	458,33	250	250	250	250	250
Total 2	4458,33											
Total	8867,66											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Télévision	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 10 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des services de recharge

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	8	8	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	4,8	4,8	4,8
Radio	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	0	20	50	30	30
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	8,88	8,88	8,88	8,88
Total / heure	8	8	8	8	8	8	8	8	35,68	65,68	45,68	45,68
Total 1	256,7555556											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
Téléphone portable	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0	0	0	0	0
Radio	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Télévision	0	0	0	10	10	10	10	0	0	0	0	0
Venti	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	0	0	0	0	0	0
Total / heure	15,68	15,68	15,68	25,68	25,68	25,68	16,8	4	4	4	4	4
Total 2	160,93											
Total	417,68											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	50%	30%	30%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Télévision	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 11 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des services moulins

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	7,2	7,2	7,2
Moulin électrique	0	0	0	0	0	0	0	0	250	250	250	250
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	13,33	13,33	13,33	13,33
Total / heure	0	0	0	0	0	0	0	0	270,53	270,53	270,53	270,53
Total 1	1082,13											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	12	12	12	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	7,2	7,2	7,2	0	0
Moulin électrique	0	0	0	250	250	250	250	250	250	0	0	0
Venti	0	0	0	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	0	0	0
Total / heure	0	0	0	263,33	263,33	263,33	263,33	282,53	282,53	19,2	0	0
Total 2	1637,65											
Total	2719,73											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Moulin électrique	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%
Moulin électrique	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%
Venti	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 12 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des petites épiceries

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	7,2	7,2	7,2
Radio	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Télévision	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	10
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	17,77	17,77	17,77	17,77
Frigo	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	0	0	0
Total / heure	39,33	39,33	39,33	39,33	39,33	39,33	39,33	39,33	70,31	36,97	36,97	36,97
Total 1	495,91											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	6
Téléphone portable	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	0	0	0	0	0	0
Radio	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Télévision	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Venti	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77	17,77
Frigo	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	0	0	0	0	33,33	33,33
Total / heure	70,31	70,31	70,31	70,31	70,31	370,31	29,77	33,77	33,77	33,77	67,11	67,11
Total 2	987,20											
Total	1483,11											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Télévision	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Téléphone portable	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Télévision	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	100%	0%	0%	0%	0%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 13 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des ateliers de soudure

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	4,8	4,8	4,8
Machine à souder	0	0	0	0	0	0	0	0	222,22	222,22	222,22	222,22
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	8,88	8,88	8,88	8,88
Radio	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2
Total / heure	4	4	4	4	4	4	4	4	237,91	237,91	237,91	237,91
Total 1	983,64											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Machine à souder	222,22	222,22	222,22	222,22	222,22	222,22	222,22	0	0	0	0	0
Venti	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	8,88	0	0	0	0	0
Radio	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0
Total / heure	233,11	233,11	233,11	233,11	233,11	233,11	233,11	4	4	4	4	4
Total 2	1651,77											
Total	2635,42											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Machine à souder	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Radio	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Machine à souder	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Radio	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 14 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des mosquées

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	0	0	0	0	0	60	60	0	0	0	0	0
Venti	0	0	0	0	0	177,77	177,77	0	0	0	0	0
Amplificateur	0	0	0	0	0	40	40	0	0	0	0	0
Total / heure	0	0	0	0	0	277,77	277,77	0	0	0	0	0
Total 1	555,55											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	60	60	60	0	0	0
Venti	0	0	177,77	177,78	177,77	0	0	177,77	177,77	0	0	0
Amplificateur	0	0	40	40	40	0	0	40	40	0	0	0
Total / heure	0	0	217,77	217,78	217,77	0	60	277,77	277,77	0	0	0
Total 2	1268,88											
Total	1824,44											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Amplificateur	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%	0%	0%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%	0%
Venti	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%
Amplificateur	0%	0%	10%	10%	10%	0%	0%	10%	10%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 15 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives du centre de santé intégré

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	3	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	3,6	3,6	3,6	3,6
Venti	0	0	0	0	0	0	0	0	13,33	13,33	13,33	13,33
Frigo	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	0	0	0	0
Télévision	25	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	5
Total / heure	61,33	36,33	36,33	36,33	36,33	36,33	36,33	36,33	21,93	21,93	21,93	21,93
Total 1	403,4											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
Téléphone portable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Venti	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33
Frigo	0	0	0	0	0	0	0	0	33,33	33,33	33,33	33,33
Télévision	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0
Total / heure	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	21,33	54,66	49,66	49,66	49,66
Total 2	353,33											
Total	756,73											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Venti	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Télévision	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Téléphone portable	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Venti	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Fribo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%
Télévision	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 16 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives des écoles

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	80	80	80	80	80	80	80	80	0	0	0	0
Ventis	0	0	0	0	0	0	0	0	355,55	355,55	355,55	355,55
Frigo	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	66,66	0	0	0	0
Total / heure	146,66	146,66	146,66	146,66	146,66	146,66	146,66	146,66	355,55	355,55	355,55	355,55
Total 1	355,5555556											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	80	80	80	80	80
Ventis	0	0	0	0	0	0	0	177,77	177,77	177,77	177,77	177,77
Frigo	0	0	0	0	0	0	133,33	133,33	133,33	133,33	133,33	133,33
Total / heure	0	0	0	0	0	0	133,33	391,11	391,11	391,11	391,11	391,11
Total 2	2088,88											
Total	2444,44											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	0%	0%	0%	0%
Ventis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%
Frigo	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%
Ventis	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Frigo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	20%	20%	20%	20%	20%	20%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 17 : Pourcentages d'utilisation des appareils et leurs énergies horaires respectives du pompage pour eau potable

Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
Eclairage	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0
Pompe électrique	11111,11	11111,11	11111,11	0	0	0	0	0	0	0	11111,11	11111
Total / heure	11113,11	11113,11	11113,11	2	2	2	2	2	0	0	11111,11	11111
Total 1	55571,55											
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
Eclairage	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2
Pompe électrique	11111,11	11111,11	11111	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total / heure	11111,11	11111,11	11111	0	0	0	0	2	2	2	2	2
Total 2	33343,33											
Total	88914,88											
Appareils	00 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	0%	0%	0%	0%
Pompe électrique	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	50%
Appareils	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h
	Pourcentage d'utilisation											
Eclairage	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	10%	10%	10%	10%
Pompe électrique	50%	50%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 18 : Récapitulatif des besoins énergétiques de la localité de Mounléla

Catégorie	Energie journalière (Wh)
Ménage type 1	5 410,00
Ménage type 2	113 500,00
Ménage type 3	203 900,00
Ménage type 4	14 783,11
Ménage type 5	43 456,00
Tailleur	7 428,00
Boutique	8 867,67
Service de charge	417,69
Moulin	2 719,73
Petite épicerie	1 483,11
Atelier de soudure	2 635,42
Mosquée	1 824,44
Centre de santé intégré	756,73
Pompe pour eau potable	88 914,89
Ecole	4 684,44
Total	500 781,24

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 19 : Récapitulatif des besoins énergétiques de Mounléla pour le tracé de la courbe de charge globale

Consommateurs	0h	1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h
Ménage-type 1	120	120	120	120	120	620	420	120	120	120	120	120
Ménage-type 2	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	5 000	1 000	1 000	2 000	2 500	1 700	1 500
Ménage-type 3	2 400	2 400	2 400	2 400	2 400	3 400	4 000	5 000	6 000	6 000	5 000	4 000
Ménage-type 4	903	903	903	903	903	1 983	2 476	3 596	1 240	2 700	240	240
Ménage-type 5	1 785	1 785	1 785	1 785	1 785	2 885	1 453	3 853	1 573	2 695	1 300	1 200
Ateliers de couture	15	15	15	15	15	1 015	2 015	0	1 633	2 663	1 600	663
Boutiques	295	295	295	295	295	1 295	2 295	2 295	3 512	2 515	512	512
Services de recharge	8	8	8	8	8	8	8	8	36	66	46	46
Moulins	0	0	0	0	0	0	0	0	271	1 270	271	271
Petites épiceries	39	39	39	39	39	39	39	39	1 070	37	37	37
Ateliers de soudure	4	4	4	4	4	4	4	4	1 235	238	238	238
Les mosquées	0	0	0	0	0	278	278	0	0	0	0	0
Centre de santé	61	36	36	36	36	36	1 037	1 037	2 022	22	22	22
Ecoles	147	147	147	147	147	147	1 147	1 147	1 355	2 335	356	356
Eau potable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11 111	11 111
Total 1	11 777	11 752	11 752	11 752	11 752	16 710	16 171	18 098	22 067	23 161	22 552	20 315
Consommateurs	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Ménage-type 1	120	120	120	120	120	1120	3500	2500	2500	3500	2500	120

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Ménage-type 2	1500	1500	1500	1500	3500	3000	4500	8500	8000	9500	10000	7500
Ménage-type 3	1500	1500	1200	2000	4000	6000	9000	8000	8500	9000	10000	10000
Ménage-type 4	1500	1500	1280	280	1280	1000	2500	2000	2500	3500	1311	1311
Ménage-type 5	1300	1200	1200	2500	1100	1373	2500	2653	3500	2209	2209	2209
Ateliers de couture	663	663	663	663	658	658	2500	2500	2015	1500	15	15
Boutiques	458	458	458	458	458	1500	2500	1250	2500	1500	250	250
Services de recharge	16	16	16	26	26	26	1016	2500	1004	1004	1004	1004
Moulins	0	0	0	263	263	263	263	2500	1000	1500	1500	0
Petites épiceries	70	70	70	70	70	370	1500	1034	1500	34	67	67
Ateliers de soudure	233	233	233	233	233	233	233	1004	500	704	1000	4
Les mosquées	0	0	218	218	218	0	60	278	278	0	0	0
Centre de santé	18	18	18	18	18	18	18	21	1355	50	50	50
Ecoles	0	0	0	0	0	0	133	391	391	391	391	391
Eau potable	11111	11115	11115	11115	11118	11119	0	0	0	0	0	0
Total 2	18490	18394	18092	19465	23063	26681	30224	35131	35542	34391	30297	22921

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 20 : Fiche technique du module choisi

Numéro de l'article	Description	Poids net	Données électriques sous STC (1)				
			Puissance Nominale	Tension de puissance	Courant de puissance	Tension de circuit	Courant de court-circuit
			P_{MPP}	V_{MPP}	I_{MPP}	Voc	Isc
		Kg	W	V	A	V	A
SPP030201200	20W-12V Poly 480x350x25mm series 3a	2.2	20	18	1.11	22.5	1.23
SPP030301200	30W-12V Poly 410x670x25mm series 3a	3.7	30	18	1.67	22.5	1.85
SPP020401200	40W-12V Poly 670x475x25mm series 2a	4.2	40	18	2.22	22.5	1.85
SPP030501200	50W-12V Poly 540x670x25mm series 3a	4.3	50	18	2.78	22.2	3.09
SPP020751200	75W-12V Poly 780x670x25mm series 2a	6.6	75	18	4.17	22.2	4.64
SPP030801200	80W-12V Poly 840x670x35mm series 3a	6.8	80	18	4.44	21.6	5.06
SPP031001200	100W-12V Poly 1000x670x35mm series 3a	8.9	100	18	5.56	21.6	6.32
SPP031401200	140W-12V Poly 1480x673x35mm series 3a	12	140	20	7.78	21.6	8.85
SPP032502400	250W-20V Poly 1650x992x40mm series 3a	18	250	30	8.33	36.01	9.40
SPP032902400	290W-24V Poly 1956x992x45mm series 3a	24	290	36	8.06	44,10	8.56

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 21 : Autres caractéristiques du type de module choisi

Module	SPP 030201200	SPP 030301200	SPP 020401200	SPP 030501200	SPP 020751200	SPP 030801200	SPP 031001200	SPP 031401200	SPP 032502400	SPP 032902400	
Puissance nominale (± 3 % tolérance)	20 W	30 W	40 W	50 W	75 W	80 W	100 W	140 W	250 W	290 W	
Type de cellule	Polycristalline										
Nombre de cellules en série	36						40	60	72		
Tension de système maximale (V)	1000 V										
Coefficient de température de PMPP	-0,47/°C		-0,48/°C		-0,48/°C		-0,48/°C		-0,47/°C		
Coefficient de température de Voc (%)	-0,34/°C		-0,34/°C		-0,34/°C		-0,35/°C		-0,34/°C		
Coefficient de température de Isc (%)	+0,045/°C		+0,037/°C		+0,037/°C		+0,037/°C		+0,045/°C		
Plage de température	-40°C à +85°C										
Capacité de charge maximale en	200 kg/m ²										
Résistance à la grêle disponible	23 m/s, 7,53 g										
Type de boîte de connexion	PV-LH0801				PV-JH02	PV-LH0808			PV-JB002		
Longueur de câble/ Connecteur	Pas de câble	Pas de câble	Pas de câble	Pas de câble	900 mm / MC4						
Tolérance de sortie	+/-3 %										
Cadre	Aluminium										
Garantie du produit	5 ans										
Garantie sur les performances électriques	10 ans 90 % + 25 ans 80 % de production de puissance										
Unité d'emballage la plus petite	1 panneau										
Quantité par palette	150	100			20			19	18		
1) STC (Conditions de tests standard) : 1000 W/m ² , 25°C, AM (Air Mass - masse d'air) 1,5											

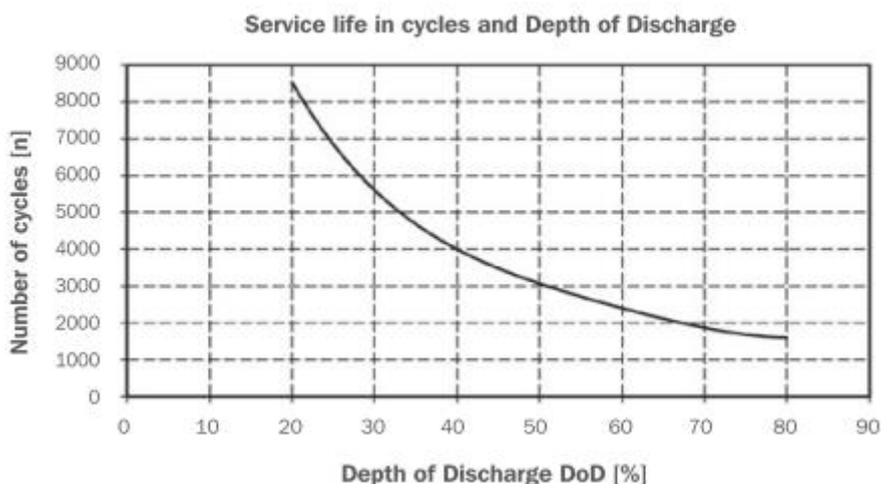
ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 22 : Caractéristiques technique des batteries OPzV Solar Power

Type	C ₁₀₀ /1.85 V Ah	C ₅₀ /1.85 V Ah	C ₂₄ /1.83 V Ah	C ₁₀ /1.80 V Ah	C ₅ /1.77 V Ah	max. Weight kg	max.* Length L mm	max.* Width W mm	max.* Height H mm	Fig.
4 OPzV solar.power 250	250.0	225.0	225.6	207.0	188.5	18.3	105	208	420	A
5 OPzV solar.power 310	310.0	285.0	278.4	259.0	235.5	22.3	126	208	420	A
6 OPzV solar.power 370	370.0	340.0	336.0	310.0	283.0	26.5	147	208	420	A
5 OPzV solar.power 420	440.0	440.0	436.8	391.0	347.0	29.9	126	208	535	A
6 OPzV solar.power 520	560.0	530.0	525.6	469.0	416.0	35.1	147	208	535	A
7 OPzV solar.power 620	660.0	620.0	612.0	548.0	484.5	42.1	168	208	535	A
6 OPzV solar.power 750	810.0	745.0	739.2	682.0	595.0	48.7	147	208	710	A
8 OPzV solar.power 1000	1080.0	995.0	981.6	910.0	795.0	65.9	215	193	710	B
10 OPzV solar.power 1250	1350.0	1245.0	1228.8	1140.0	990.0	80.5	215	235	710	B
12 OPzV solar.power 1500	1570.0	1490.0	1476.0	1370.0	1190.0	94.6	215	277	710	B
12 OPzV solar.power 1700	1720.0	1675.0	1658.4	1520.0	1275.0	110.0	215	277	840	B
16 OPzV solar.power 2300	2320.0	2235.0	2210.4	2030.0	1695.0	152.9	215	400	815	C
20 OPzV solar.power 2900	2930.0	2795.0	2760.0	2540.0	2125.0	186.5	215	490	815	D
24 OPzV solar.power 3500	3540.0	3350.0	3312.0	3050.0	2545.0	222.3	215	580	815	D

C₁₀₀, C₅₀, C₂₄, C₁₀ and C₅ = Capacity at 100 h, 50 h, 24 h, 10 h and 5 h discharge

* according to DIN 40742 data to be understood as maximum values



ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe23 : Les caractéristiques des onduleurs de puissance Sunny Tripower CORE 1

Technical Data (preliminary)	Sunny Tripower CORE1	Technical Data (preliminary)	Sunny Tripower CORE1
Input (DC)		Efficiency	
Max. DC power (at $\cos \varphi = 1$) / DC rated power	51000 W / 51000 W	Max. efficiency / European efficiency	>98.0% / >98.0%
Max. input voltage	1000 V	General data	
MPP voltage range / rated input voltage	150 V to 1000 V / 500 V to 800 V	Dimensions (W/H/D)	621 mm / 733 mm / 569 mm (24.4 in / 28.8 in / 22.4 in)
Min. input voltage / start input voltage	150 V / 188 V	Weight	82 kg (180 lb)
Max. operating input current / per MPPT	120 A / 20 A	Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)
Max. short circuit current per MPPT / per string input	30A / 30A	Noise emission (typical)	<60 dB(A)
Number of independent MPPT inputs / strings per MPP input	6 / 2	Self-consumption (at night)	<5 W
Output (AC)		Topology / Cooling concept	Transformerless / OptiCool
Rated power (at 230 V, 50 Hz)	50000 W	Degree of protection (as per IEC 60529)	IP65
Max. apparent AC power	50000 VA	Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H
AC nominal voltage	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V	Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%
AC voltage range	180 V to 280 V	Features / functions / accessories	
AC grid frequency / range	50 Hz / 44 Hz to 55 Hz 60 Hz / 54 Hz to 65 Hz	DC connection / AC connection	SUNCLIX / screw terminal
Rated power frequency / rated grid voltage	50 Hz / 230 V	LED indicators (status / fault / communication)	●
Max. output current / Rated output current	72.5 A / 72.5 A	Interface: Ethernet / WLAN / RS485	● (2 ports) / ● / ○
Output phases / line connections	3 / 3	Data interface: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire, Webconnect	● / ● / ●
Power factor at rated power / Adjustable displacement power factor	1 / 0.0 leading ... 0.0 lagging	Multi-Function relay / Expansion Module Slots	● / ● (2 parts)
THD	3%	OptiTrac Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●
Protective devices		Off-grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●
Input-side disconnection device	●	Guarantee: 5/10/15/20 years	● / ○ / ○ / ○
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	Certificates and permits (more available on request)	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 091-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Riss. n°7:2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-ARN 4105, VFR 2014, P.O.12.3, NTCO-NTCyS, GC 8.9H, PR20, DEWA
DC reverse polarity protection / AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / ● / -	* Does not apply to all national appendices of EN 50438	
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●	● Standard features ○ Optional – Not available	
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II	Data at nominal conditions - preliminary version: 11/2016	
AC/DC surge arrester (Type II)	○ / ○	Type designation	STP 50-40

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 24 : Les caractéristiques techniques des onduleurs chargeurs bidirectionnels Sunny island SMA 8.0H

Technical Data	Sunny Island 6.0H	Sunny Island 8.0H
Operation on the utility grid or generator		
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 172.5 V to 264.5 V	230 V / 172.5 V to 264.5 V
Rated grid frequency / permitted frequency range	50 Hz / 40 Hz to 70 Hz	50 Hz / 40 Hz to 70 Hz
Maximum AC current for increased self-consumption (grid operation)	20 A	26 A
Maximum AC power for increased self-consumption (grid operation)	4,6 kVA	6 kVA
Maximum AC input current	50 A	50 A
Maximum AC input power	11500 W	11500 W
Stand-alone or emergency power operation		
Rated grid voltage / AC voltage range	230 V / 202 V to 253 V	230 V / 202 V to 253 V
Rated frequency / frequency range (adjustable)	50 Hz / 45 Hz to 65 Hz	50 Hz / 45 Hz to 65 Hz
Rated power (at Unom, from / 25°C / cos φ = 1)	4600 W	6000 W
AC power at 25°C for 30 min / 5 min / 3 sec	6000 W / 6800 W / 11000 W	8000 W / 9100 W / 11000 W
AC power at 45°C permanently	3700 W	5430 W
Rated current / maximum output current (peak)	20 A / 120 A	26 A / 120 A
Total harmonic distortion output voltage / power factor at rated power	< 4 % / -1 to +1	< 4 % / -1 to +1
Battery DC input		
Rated input voltage / DC voltage range	48 V / 41 V to 63 V	48 V / 41 V to 63 V
Maximum battery charging current / rated DC charging current / DC discharging current	110 A / 90 A / 103 A	140 A / 115 A / 130 A
Battery type / battery capacity (range)	Li-Ion*, FLA, VRLA / 100 Ah to 10000 Ah (lead-acid) 50 Ah to 10000 Ah (Li-Ion)	Li-Ion*, FLA, VRLA / 100 Ah to 10000 Ah (lead-acid) 50 Ah to 10000 Ah (Li-Ion)
Charge control	iUoU charge procedure with automatic full charge and equalization charge	
Efficiency / self-consumption of the device		
Maximum efficiency	95,8 %	95,8 %
No-load consumption / standby	25,8 W / 6,5 W	25,8 W / 6,5 W
Protective devices (inverter)		
AC short-circuit / AC overload	● / ●	● / ●
DC reverse polarity protection / DC fuse	- / -	- / -
Overtemperature / battery deep discharge	● / ●	● / ●
Overvoltage category as per IEC 60664-1	III	III
General data		
Dimensions (W / H / D)	467 mm / 612 mm / 242 mm (18.4 inch / 21.1 inch / 9.5 inch)	
Weight	63 kg (138.9 lb)	
Operating temperature range	-25°C to +60°C (-13°F to +140°F)	
Protection class as per IEC 62103	I	I
Climatic category as per IEC 60721	3K6	3K6
Degree of protection as per IEC 60529	IP54	IP54
Features / function		
Operation and display / multifunction relay	External via SRC-20 / 2	External via SRC-20 / 2
Three-phase systems / battery backup function	● / ●	● / ●
State of charge calculation / full charge / equalization charge	● / ● / ●	● / ● / ●
Battery temperature sensor / data cables	● / ●	● / ●
Certificates and approvals	www.SMA-Solar.com	
Warranty	5 years	
For off-grid applications		
Automatic rotating magnetic field detection / generator support	● / ●	● / ●
Parallel connection / Multicluster	● / ●	● / ●
Integrated soft start	●	●

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 25 : Tableau de choix de disjoncteurs de protection

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

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 26 : Tableau des facteurs de correction selon la méthode de référence

	Mode de pose (numéro de référence du Tableau 52C)	Méthode de référence	Facteur de correction K1	Remarques
Conduits	1	B	0,77	(*) Pour des câbles dans les conduits (modes de pose 3A, 4A et 5A) appliquer un facteur de 0,9
	2	B	0,7	
	3	B	(*)	
	4	B	(*)	
Câbles	5	B	(*)	(*) Pour les poses sous-plafonds, appliquer un facteur de 0,95 Parcours horizontal ou vertical E = Multi F = Uni
	11			
	12	C	(*)	
	13	E,F		
	14	E,F		
	15	E,F		
Vide de construction	16	E,F		(*) Pour des câbles dans le vide de construction (modes de pose 22A, 23A et 24A) appliquer un facteur de 0,865
	17	E,F	1,21	
	18	C		
	21	B	0,95	
	22	B	0,95 (*)	
Goulottes	23	B	0,95 (*)	(*) Pour des câbles dans des goulottes (modes de pose 31A, 32A 33A et 34A) appliquer un facteur de 0,9
	24	B	0,95 (*)	
	25	B	0,95	
	31	B	(*)	
Caniveaux	32	B	(*)	
	33	B	(*)	
	34	B	(*)	
Encastrés	41	B		
	42	B	0,95	
	43	B		
Moulures	51	B		(*) Pour des câbles multiconducteurs, appliquer un facteur de 0,9
	52	C	0,77	
	53	C		
Immergé	71	B		
	72	B	(*)	
	73	B	(*)	
	74	B	(*)	
	81			A l'étude

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 27 : Influence de la température pour les situations de pose non enterrée

Température ambiante (°C)	Elastomère (caoutchouc)	ISOLATION				
		PVC	PR / EPR	Minérale*		
				Gaine en PVC ou câble nu et accessible 70°C	Câble nu et inaccessible 105°C	
10	1,29	1,22	1,15	1,26	1,14	
15	1,22	1,17	1,12	1,20	1,11	
20	1,15	1,12	1,08	1,14	1,07	
25	1,07	1,06	1,04	1,07	1,04	
35	0,93	0,94	0,96	0,93	0,96	
40	0,82	0,87	0,91	0,85	0,92	
45	0,71	0,79	0,87	0,77	0,88	
50	0,58	0,71	0,82	0,67	0,84	
55		0,61	0,76	0,57	0,80	
60		0,50	0,71	0,45	0,75	
65			0,65		0,70	
70			0,58		0,65	
75			0,50		0,60	
80			0,41		0,54	
85					0,47	
90		UTILISATION EXCLUE				0,40
95					0,32	

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 28 : Facteur de correction en fonction du groupement des circuits

DISPOSITION DE CIRCUITS OU DE CÂBLES JOINTIFS	FACTEURS DE CORRECTION												Méthodes de référence	Modes de pose
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Encastré ou noyé dans les parois	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	B,C	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33, 33A, 34, 34A, 41, 42, 43, 71
Simple couche sur les murs ou sur les plancher ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles			C	11, 12
Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64				E, F	11A
Simple couche sur les tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				E, F	13
Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				E, F	14, 15, 16, 17

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 29 : Tableau de la section des câbles

Méthode de référence	ISOLANT ET NOMBRE DE CONDUCTEURS CHARGES								
	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR2			
C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR2		
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
S (mm ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cuivre									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	683	741	783
400					656	704	765	840	890
500					749	808	866		1063
630					855	1005	1088		1254
Aluminium									
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28	
4	22	25	26	28	31	32	35	38	
6	28	32	33	36	39	42	45	49	
10	39	44	46	49	54	58	62	67	
16	53	59	61	66	73	77	84	91	
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121
35	86	90	96	103	112	120	126	138	150
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289
120	186	197	212	226	245	263	280	300	337
150		227	245	261	283	304	324	346	389
185		259	280	298	323	347	371	397	447
240		305	330	352	382	409	439	470	530
300		351	381	406	440	471	508	545	613
400					526	600	663		740
500					610	694	770		856
630					711	808	899		996

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 30 : Feuille de calculs mécaniques de la ligne HTA principale

CAMELEC													<i>MT - Almelec 54,6 mm²</i>			Pconsult Danemark	
Calculs Mécaniques de Lignes Aériennes pour la Distribution d'Énergie Électrique																	
Date	Par	Control.	Nom du projet														
Almelec 54,6 mm²																	
Données de base																	
Section nom.	Section réel.	Diamètre	Masse linéique	Force gravitaire	Masse linéique gravitaire	Module d'élasticité	Coéffic. de dilatation	Charge de rupture	Charge de rupture câble	Portée	Paramètre initial sans vent Tension/masse grav.	Tension de réglage N ₁ kN	Tension de réglage N/mm ²	Hauteur hors sol du support m	Résistance électrique à 20°C Ohms/km		
mm ²	mm ²	mm	kg/m	m/sec ²	N/m	N/mm ²	α [C ⁻¹]	N/mm ²	daN	m	m						
54,6	54,55	9,45	0,149	9,82	146318	62000	0,000023	324	1755	125,00	1000	1,46	26,8	10,3	0,603		
											°C 40						
Recapitulatif																	
Conducteurs										Supports							
Charge de rupture N/mm ²	Charges						Verifcation Solueur zero	0,000127	Alignement			Arrêt simple Pnom.	Double arrêt sans angle Pnom.	Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur			
	Vents normaux		Vents forts		Vents extrêmes				Poutrelles Pnom.	Bois diam.	Sans arrêt canton Pnom.			Arrêt canton Pnom.			
	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²									Flèche sans vent à 40 oC m	Système	3-cond. daN
324	17	108	28	141	66	324	1,95	3-cond. 170	104	281	328	339	479	723			

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 31 : Feuille de calculs mécaniques des lignes HTA secondaires

Version 1.0, Août 2002															
CAMELEC <i>MT - Almelec 34,4 mm²</i> Pconsult Denmark															
Calculs Mécaniques de Lignes Aériennes pour la Distribution d'Énergie Électrique															
Date	Par	Control.	Nom du projet												
Almelec 34,4 mm²															
Données de base															
Section nom.	Section réel.	Diamètre	Masse linéique	Force gravitaire	Masse linéique gravitaire	Module d'élasticité	Coéffic. de dilatation	Charge de rupture	Charge de rupture câble	Portée	Paramètre initial sans vent Tension/masse grav.	Tension de réglage N ₁	Tension de réglage	Hauteur hors sol du support	Résistance électrique à 20°C
mm ²	mm ²	mm	kg/m	m/sec ²	N/m	N/mm ²	α [C ⁻¹]	N/mm ²	daN	m	m	kN	N/mm ²	m	Ohm/km
34,4	34,36	7,5	0,034	9,82	0,32308	62 000	0,000023	324	1105	125,00	1000	0,32	26,3	10,3	0,958
											°C				
											40				
Recapitulatif															
Charge de rupture	Conducteurs							Supports			Arrêt simple	Double arrêt sans angle	Double arrêt à l'angle introduit par le concepteur		
	Charges			Verification Solreur zero	0,001588	Alignement		Arrêt canton	Sans arrêt canton				Arrêt canton		
	Veats normaux	Veats forts	Veats extrêmes			Postrelles	Bois		Paom.	Paom.				Paom.	Paom.
N/mm ²	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²	Charge calc. N/mm ²	Charge max. N/mm ²	Flèche sans vent à 40 °C m	Système	Paom. daN	diam. Mm.	Paom. daN	Paom. daN	Paom. daN	Paom. daN	Paom. daN
324	20	108	22	141	34	324	1,95	3-cond. 1-cond.	149 97	375 260	341 251	370 262	522 357	714 379	

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 32 : Feuille de calculs électriques de la ligne principale HTA

<i>DISTELEC</i>									
COWIconsult DK-2800 Lyngby									
Planification de la distribution d'énergie électrique									
Données de base		Projet: Etude de l'alimentation en énergie électrique de la localité de Mounléla Calcul de chutes de tension							
HT		HT							
Tension/kV	20	Tronçon Almelec:			20,0 kV				
cosφ:	0,8	km	actuel kW	après 10 ans kW	section mm ²	I A	Uend kV	dU kV	dU/U(HT) %
sinφ:	0,60	1,0	144,4	235	148,0	8,49	20,0	0,01	0,1
Crois. an.:	5%				117,0		20,0		
					75,5		20,0		
					75,5		20,0		
					54,6		20,0		
		54,6	20,0						
		34,4	20,0						
Somme sur les tronçons:							20,0	0,01	0,1
Somme sur les tronçons, max tolere 10%:							333,6	13,6	3,4

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 33 : Feuille de calculs électriques des lignes HTA secondaires

DISTELEC									
Planification de la distribution d'énergie électrique									
COWIconsult DK-2800 Lyngby									
Données de base		Projet: Etude de l'alimentation en énergie électrique de la localité de Mounléla Calcul de chutes de tension							
HT		HT					20,0 kV		
Tension/kV	20	Tronçon Almelec:							
		km	actuel kW	après 10 ans kW	section mm ²	I A	U _{end} kV	dU kV	dU/U(HT) %
cosφ:	0,8				148,0		20,0		
sinφ:	0,60				117,0		20,0		
Crois. an.:	5%				75,5		20,0		
					75,5		20,0		
					75,5		20,0		
		0,5	72,2	118	54,6	4,24	20,0	0,00	0,0
					54,6		20,0		
					34,4		20,0		
Sommatons sur les tronçons:							20,0	0,00	0,0
Sommatons sur les tronçons, max tolere 10%:							355,6	15,6	3,4

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 34 : Longueurs des tronçons BT

Poste	Tronçons (m)										
	354	480	480	226	343	345	318	277	318	101	134
Longueur réseau pour T1 (m)	198	276	134	61	117	139	89,3	103	61	354	168
	346	106	156	81,2	224	179	126	186	309	221	37,6
	291	246	121	246	67	111	113	257	173	467	551
Longueur réseau pour T2 (m)	215	234	209	218	307	80,2	434	138	63,8	58,3	387
	7 046,10										
Longueur totale T1 mesurée (m)	4 987,30										
Longueur pour la contribution de la flèche T1 (m)	211,383										
Longueur pour la contribution de la flèche T2 (m)	149,619										
Taux	3%										
Longueur totale réelle T1 (m)	7 257,48										
Longueur totale réelle T2 (m)	5 136,92										

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 35 : Devis quantitatif et financier de la centrale PV

Wc	Total Wc	Prix par W		
290	237510	0,40 €		
Item		Montant Sous-total (€)	Quantité	Prix Unitaire (€)
PARTIE A	Panneaux Solaires 290W	95 004,00	819	116,00
	SMA Tripower CORE 1	19 480,00	5	3 896,00
	SMA Sunny Island 8. 0H	56 490,00	21	2 690,00
	SMA Multicluste Box 12	3 776,00	1	3 776,00
	SMA Webbox	358,43	1	358,43
	BatFusse	4 435,20	7	633,60
	Capteurs de température de batteries	179,20	7	25,60
	Batteries OPzV /3500	252 000,00	168	1 500,00
	Câblage Interne Centrale	49 877,10	1	49 877,10
	Structure	47 502,00	1	47 502,00
	Conduits	1 250,00	1	1 250,00
	Main d'œuvre	7 371,00	1	7 371,00
	Formation	300,00	1	300,00
	Documentation	500,00	1	500,00
	Comissionning	400,00	1	400,00
	Autres	7 286,00	1	7 286,00
	C	Caution	410,00	1
Transport contenaire		8 000,00	1	8 000,00
Assurance de transport		360,00	1	360,00
Transitaire		2 400,00	1	2 400,00
Transport interne		1 600,00	1	1 600,00
Location de contenaire		1 600,00	1	1 600,00
Grue		1 640,00	1	1 640,00
Pick-up		12 000,00	1	12 000,00
C	Génie Civil	30 000,00	1	30 000,00
Coût Centrale Mounléla				
Parte A		546 208,93 €		
Parte B		28 010,00 €		
Parte C		30 000,00 €		
Total		604 218,93 €		
Total en FCFA		392 742 305		

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 36 : Devis quantitatif et financier des lignes HTA

Objet:	Alimentation électrique				
N°	Désignation	U	Qte	P.U	Montant
I	Poste de transformation				
I.1	Poste compact préfabriqué H 59				
I.1.1	Construction de la plate-forme	u	1	1 000 000	1 000 000
I.1.2	Cabine compacte préfabriquée	u	1	3 500 000	3 500 000
I.1.3	Transformateur de 250 kVA -20 kV/400 V	u	1	6 322 407	6 322 407
I.1.4	Disjoncteur compact	ens	1	444 753	444 753
I.1.5	Comptage HTA	u	1	400 000	400 000
I.2	Poste de transformation H 61				
I.2.1	Transformateur de 100 kVA -20 kV/400 V	u	2	3 549 829	7 099 658
I.2.2	Disjoncteur haut de poteau DHP+commande+déclencheur 100 kVA	ens	1	815 666	815 666
I.2.3	Pose transfo	u	1	200 000	200 000
	Total I				19 782 484
II	Construction de la ligne aérienne 20 kV				
II.1	Ligne principale				
II.1.1	Supports PBA d'arrêt simple de 12-800 daN	u	1	337 086	337 086
II.1.2	Supports PB d'alignement de 12-300 daN	u	6	205 890	1 235 340
II.1.3	Supports PBA d'étoilement 12-1000 daN	u	1	412 489	412 489
II.1.4	Arment NV1 complet	ens	6	215 621	1 293 726
II.1.6	3*CUO HTA+9 chaines d'isolateurs à 3 éléments	ens	1	293 585	293 585
II.1.7	1 jeu de parafoudre + accessoires sans compteur	ens	1	205 916	205 916
II.1.8	Câble ALMELEC 54,6 mm ²	ml	3090	653	2 017 770
II.2	Lignes secondaires				
II.2.1	Supports PBA d'arrêt simple de 12-1250 daN	u	2	471 655	943 310
II.2.2	Supports PB d'alignement de 12-300 daN	u	2	205 890	411 780
II.2.3	Supports PBA double arrêt 12-1000 daN	u	1	412 489	412 489
II.2.4	Arment SED complet	ens	2	322 497	644 994
II.2.7	1 jeu de parafoudre + accessoires sans compteur	ens	2	205 916	411 832
II.2.8	Câble ALMELEC 34,6 mm ²	ml	1545	486	750 870
II.2.9	Liaison-Transfo-DHP de 50 mm ²	ml	3	1 000	3 000
II.2.10	IACM de 100 A PC = 31,5 A	u	1	2 268 681	2 268 681
II.2.11	Commande mécanique pour IACM	u	1	233 356	233 356
II.2.12	Accessoires pour IACM	ens	1	650 528	650 528
	Total II				12 526 752
III	Réalisation remontée et descente aéro-souterraine				
III.1.1	boîtes d'extrémité extérieure 20 Kv	jeu	3	52 919	158 757

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

III.1.2	boîtes d'extrémité intérieure 20 kV	jeu	3	56 995	170 985
III.1.3	Câble Alu isolé 50 mm ²	ml	60	10 213	612 780
III.1.4	Tranchée ordinaire (y compris l'ouverture et la fermeture + le sable + le grillage avertisseur rouge)	ens	20	1 046	20 920
III.1.5	Cosses Alu-Cu à sertir de 50 mm ²	ens	3	2 013	6 039
III.1.6	Cosses Alu à sertir de 50 mm ²	ens	3	2 815	8 445
III.1.7	Confection descente aéro-souterraine HTA	ens	1	131 550	131 550
TOTAL III					1 109 476
Montant HT					33 418 712
Transport (10%)					3 341 871
TVA (19%)					6 349 555
Montant TTC					43 110 138

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 37 : Devis quantitatif et financier du mini-réseau BT

N°	Désignation	U	Qte	P.U	Montant
Groupe 1 de consommateurs					
I.0	Supports d'alignement PBA 9 m 300 daN	u	81	136 370	11 045 970
I.1	Supports d'angle PBA 9 m 500 daN	u	32	176 469	5 647 008
I.2	Supports d'arrêt PBA 9 m 650 daN	u	49	204 957	10 042 893
I.3	Ensemble d'alignement BT d'alignement	ens	81	9 794	793 314
I.4	Ensemble simple ancrage	ens	49	10 979	537 971
I.5	Ensemble double ancrage	ens	32	15 176	485 632
I.6	Câble préassemblé 3x50 mm ² + 54,6	ml	1 452	2 736	3 972 672
I.7	Câble préassemblé 3x35 mm ² + 54,6	ml	2 178	2 172	4 730 616
I.8	Câble préassemblé 4x16 mm ²	ml	3 629	1 082	3 926 578
Total groupe 1					41 182 654
Groupe 2 de consommateurs					
II.0	Supports d'alignement PBA 9 m 300 daN	u	58	136 370	7 909 460
II.1	Supports d'angle PBA 9 m 500 daN	u	23	176 469	4 058 787
II.2	Supports d'arrêt PBA 9 m 650 daN	u	35	204 957	7 173 495
II.3	Ensemble d'alignement BT d'alignement	ens	58	9 794	568 052
II.4	Ensemble simple ancrage	ens	35	10 979	384 265
II.5	Ensemble double ancrage	ens	23	15 176	349 048
II.6	Câble préassemblé 3x50 mm ² + 54,6	ml	1 028	2 736	2 812 608
II.7	Câble préassemblé 3x35 mm ² + 54,6	ml	1 542	2 172	3 349 224
II.8	Câble préassemblé 4x16 mm ²	ml	2 569	1 082	2 779 658
Total groupe 2					29 384 597
Total HT					70 567 251
TVA (19%)					13 407 778
Montant TTC					83 975 029

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 38 : Devis quantitatif et financier des branchements BT

Désignation	U	Qté	P.U	Montant
Raccordement monophasé faible puissance 2x6mm ²	ens	1 089	83 752	91 205 928
Raccordement monophasé moyenne puissance 2x16mm ²	ens	86	138 852	11 941 272
Raccordement triphasé forte puissance 4x16mm ²	ens	10	195 605	1 956 050
Total HT				105 103 250
TVA (19%)				19 969 618
Montant TTC				125 072 868

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 39 : Calcul du LCOE sans subvention

Désignation	Valeur	Unité				
Capacité Installé	237	kW				
Coût Investissement	647 038 715	FCFA				
Production Annuelle	182 785	kWh/an				
Dégradation cellule PV	0,5%	Taux de dégradation				
Cycle de vie du projet	10	ans				
Coûts Exploitation Opération Maintenance	2%	Taux de maintenance et exploitation matériels par an				
Indexation des prix annuels	2%	Taux par an				
Facteur de dépréciation	6%	Taux par an				
LCOE	657,46	FCFA/kWh				
Année	0	1	2	3	4	5
Coût Investissement	647 038 715					
Coût O&E&M		12 940 774	13 199 590	13 463 582	13 732 853	14 007 510
Coût total	647 038 715	12 940 774	13 199 590	13 463 582	13 732 853	14 007 510
Coût total déprécié	647 038 715	12 208 278	11 747 588	11 304 283	10 877 706	10 467 227
Génération Annuelle		182 785	181 871	180 957	180 043	179 129
Génération Annuelle dépréciée		172 439	161 865	151 935	142 611	133 856
Année	6	7	8	9	10	
Coût Investissement	165 060 000					
Coût O&E&M	14 287 660	14 573 414	14 864 882	15 162 180	15 465 423	
Coût total	179 347 660	14 573 414	14 864 882	15 162 180	15 465 423	
Coût total déprécié	126 433 024	9 692 152	9 326 411	8 974 471	8 635 812	

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Génération Annuelle	178 215	177 301	176 388	175 474	174 560	
Génération Annuelle dépréciée	125 635	117 916	110 668	103 863	97 473	
Coût total déprécié pour la durée du projet						866 705 665
Production totale dépréciée pour la durée du projet						1 318 259

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 40 : Calcul du LCOE 50 % de subvention

Désignation	Valeur	Unité				
Capacité Installé	237	kW				
Coût Investissement	647 038 715	FCFA				
Production Annuel	182785	kWh/an				
Dégradation cellule PV	0,5%	Taux de dégradation				
Cycle de vie du projet	10	Ans				
Coûts Exploitation Opération Maintenance	2%	Taux de maintenance et exploitation des materiel par an				
Indexation des prix annuels	2%	Taux par an				
Facteur de dépréciation	6%	Taux par an				
LCOE	372,87	FCFA/kWh				
Année	0	1	2	3	4	5
Coût Investissement	323 519 358					
Coût O&E&M		6 470 387	6 599 795	6 731 791	6 866 427	7 003 755
Coût total	323 519 358	6 470 387	6 599 795	6 731 791	6 866 427	7 003 755
Coût total déprécié	323 519 358	6 104 139	5 873 794	5 652 141	5 438 853	5 233 613
Génération Annuelle		182 785	181 871	180 957	180 043	179 129
Generation Annuelle dépréciée		172 439	161 865	151 935	142 611	133 856
Année	6	7	8	9	10	
Coût Investissement	165 060 000					
Coût O&E&M	7 143 830	7 286 707	7 432 441	7 581 090	7 732 712	
Coût total	172 203 830	7 286 707	7 432 441	7 581 090	7 732 712	
Coût total déprécié	121 396 905	4 846 076	4 663 205	4 487 235	4 317 906	

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Génération Annuelle	178 215	177 301	176 388	175 474	174 560	
Génération Annuelle dépréciée	125 635	117 916	110 668	103 863	97 473	
Coût total déprécié pour la durée du projet						491 533 226
Production totale dépréciée pour la durée du projet						1 318 259

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 41 : Calcul du LCOE avec 80 % de subvention

Désignation	Valeur	Unité				
Capacité Installé	237	kW				
Coût Investissement	647 038 715	FCFA				
Production Annuel	182 785	kWh/an				
Dégradation cellule PV	0,5%	Taux de dégradation				
Cycle de vie du projet	10	Ans				
Coûts Exploitation Opération Maintenance	2%	Taux du coût de maintenance et exploitation				
Indexation des prix annuels	2%	Taux par an				
Facteur de dépréciation	6%	Taux par an				
LCOE	202,11	FCFA/kWh				
Année	0	1	2	3	4	5
Coût Investissement	129 407 743					
Coût O&E&M		2 588 155	2 639 918	2 692 716	2 746 571	2 801 502
Coût total	129 407 743	2 588 155	2 639 918	2 692 716	2 746 571	2 801 502
Coût total déprécié	129 407 743	2 441 656	2 349 518	2 260 857	2 175 541	2 093 445
Génération Annuelle		182 785	181 871	180 957	180 043	179 129
Génération Annuelle dépréciée		172 439	161 865	151 935	142 611	133 856
Année	6	7	8	9	10	
Coût Investissement	165 060 000					
Coût O&E&M	2 857 532	2 914 683	2 972 976	3 032 436	3 093 085	
Coût total	167 917 532	2 914 683	2 972 976	3 032 436	3 093 085	
Coût total déprécié	118 375 234	1 938 430	1 865 282	1 794 894	1 727 162	

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Génération Annuelle	178 215	177 301	176 388	175 474	174 560	
Génération Annuelle dépréciée	125 635	117 916	110 668	103 863	97 473	
Coût total déprécié pour la durée du projet						266 429 762
Production totale dépréciée pour la durée du projet						1 318 259

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 42 : Calcul du LCOE avec 80 % de subvention

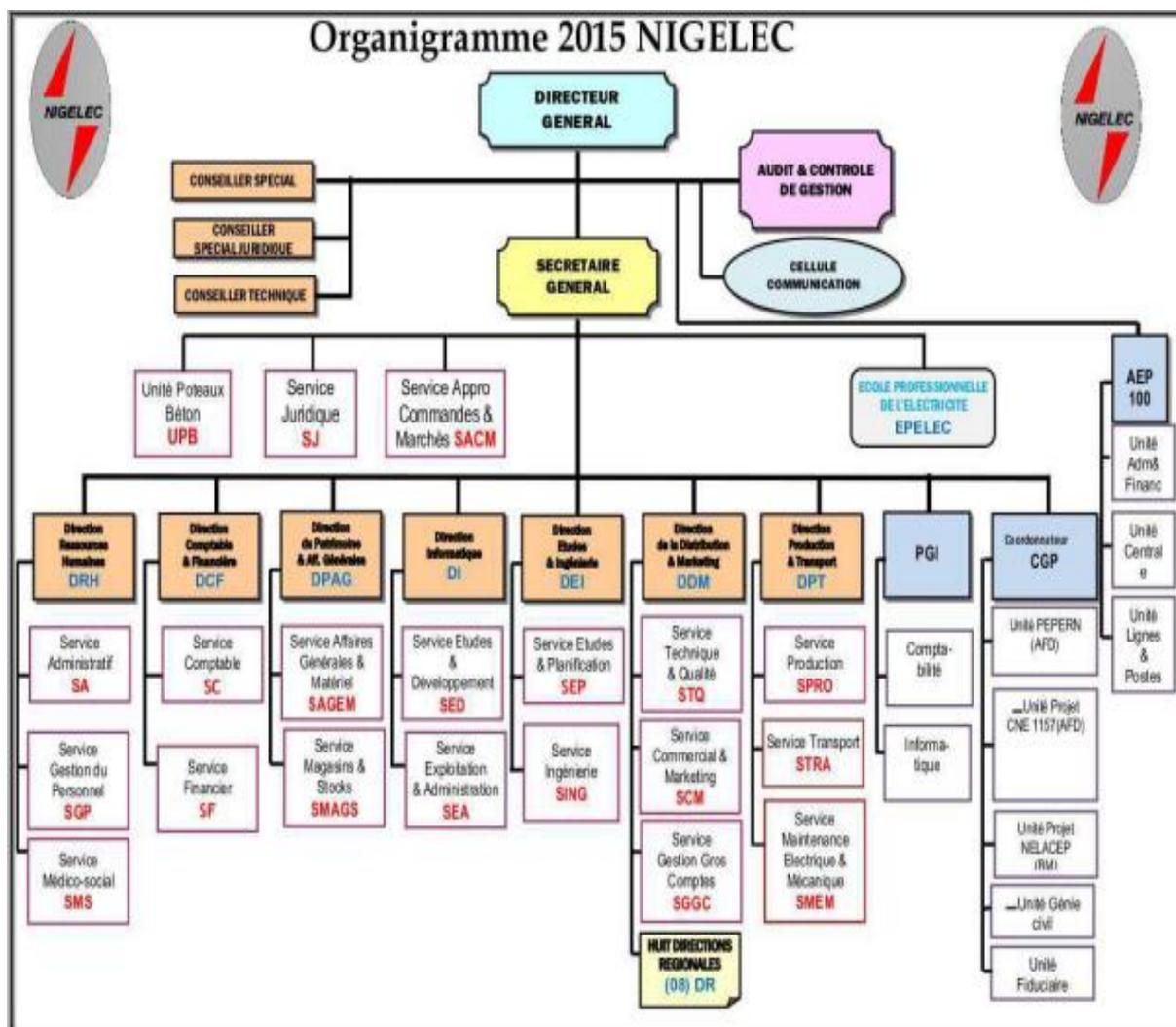
Désignation	Valeur	Unité				
Capacité Installé	237	kW				
Coût Investissement	647 038 715	FCFA				
Production Annuel	182 785	kWh/an				
Dégradation cellule PV	0,5%	Taux de dégradation				
Cycle de vie du projet	10	Ans				
Coûts Exploitation Opération Maintenance	2%	Taux du coût de maintenance et exploitation				
Indexation des prix annuels	2%	Taux par an				
Facteur de dépréciation	6%	Taux par an				
LCOE	145,19	FCFA/kWh				
Année	0	1	2	3	4	5
Coût Investissement	64 703 872					
Coût O&E&M		1 294 077	1 319 959	1 346 358	1 373 285	1 400 751
Coût total	64 703 872	1 294 077	1 319 959	1 346 358	1 373 285	1 400 751
Coût total déprécié	64 703 872	1 220 828	1 174 759	1 130 428	1 087 771	1 046 723
Génération Annuelle		182 785	181 871	180 957	180 043	179 129
Génération Annuelle dépréciée		172 439	161 865	151 935	142 611	133 856
Année	6	7	8	9	10	
Coût Investissement	165 060 000					
Coût O&E&M	1 428 766	1 457 341	1 486 488	1 516 218	1 546 542	
Coût total	166 488 766	1 457 341	1 486 488	1 516 218	1 546 542	
Coût total déprécié	117 368 010	969 215	932 641	897 447	863 581	

**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Génération Annuelle	178 215	177 301	176 388	175 474	174 560	
Génération Annuelle dépréciée	125 635	117 916	110 668	103 863	97 473	
Coût total déprécié pour la durée du projet						191 395 275
Production totale dépréciée pour la durée du projet						1 318 259

ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER

Annexe 43 : Organigramme de la Nigelec



**ETUDE DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE ELECTRIQUE D'UN CENTRE ISOLE
PAR UNE CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE AUTONOME : CAS DE LA
LOCALITE DE MOUNLELA AU NIGER**

Annexe 44 : Organigramme de l'ANPER

