

**DIMENSIONNEMENT OPTIMAL D'UNE INSTALLATION
SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE**

Cas de la ferme école de Tompéna

**MASTER 2 EN GENIE ELECTRIQUE ENERGETIQUE
ET ENERGIE ENOUELABLE**

**OPTION : ENERGETIQUE ET ENERGIES
RENOUVELABLES**

Présenté et soutenu publiquement le [Date] par

Erick ACHI

Travaux dirigés par : Dr Yao AZOUMAH

Enseignant-Chercheur en Génie Electrique
Responsable du laboratoire énergie solaire et
économie d'énergie (LESEE)

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Prénom NOM**

Membres et correcteurs : **Prénom NOM**

Prénom NOM

Prénom NOM

Promotion [2010/2011]

REMERCIEMENTS/ DEDICACE

A mon Dieu, le Dieu de toute la terre, l'Eternel Dieu et à Jesus-Christ son Fils

RESUME

Energy Assistance France (EAF), filiale du groupe GDF SUEZ, mène des actions humanitaires en fournissant des services énergétiques aux populations défavorisées. Dans ce cadre, EAF projette d'électrifier la ferme-école de Tompena (Burkina Faso). Notre travail consistera à faire l'étude de cette électrification.

Tompena se trouve à 50 km du réseau de distribution le plus proche. Le raccordement à ce réseau est estimé à 750 M FCFA. Vu le coût élevé de cet investissement le choix d'un système autonome s'impose. Dans un souci de développement durable, nous avons opté pour une installation solaire photovoltaïque.

L'éloignement les uns des autres des bâtiments à électrifier de la ferme-école soulève la problématique de l'architecture optimale du système PV à concevoir. Il y a en effet deux options qui se présentent. Un système PV pour chaque bâtiment ou un système PV central pour la ferme. Le croisement des avantages et des inconvénients de ces options aboutit au choix d'une installation PV centrale permettant d'alimenter l'ensemble des bâtiments de la ferme. Cette option, en plus de ses nombreux avantages pratiques pour les usagers, est la moins coûteuse.

Mots Clés :

-
- 1 – Solaire**
 - 2 - Besoins énergétiques**
 - 3 – Energy Assistance France**
 - 4 - Dimensionnement**
 - 5 – Modules Photovoltaïques**

ABSTRACT

Energy Assistance France (EAF), subsidiary of the group GDF SUEZ, takes humane actions by providing energy services to the underprivileged populations. Within this framework, EAF projects to electrify the farm-school of Tompena (Burkina Faso). Our work will consist in making the study of this electrification. Tompena is 50 km far from the nearest distribution network. Connection with this network is estimated at 750 M FCFA. Considering the high cost of this investment, the choice of an autonomous system is essential. In a durable development preoccupation, we chose a photovoltaic solar installation. The distance from/to each other of the buildings to electrify of the farm-school raises the problems of the optimal architecture of system statement to be conceived. There are indeed two options which arise. An independent system for each building or a central system for the farm. The crossing of the advantages and the disadvantages of these options ends in the choice of a central solar

installation to feed the whole of the buildings of the farm. This option, in addition to its many practical advantages for the users, is the least expensive.

Key words :

1 - Solar

2 – Energy needs

3 - Energy Assistance France

4 – Dimensioning

5 – Photovoltaic modules

SIGLES ET ABREVIATION

2IE	: Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
ADEME	: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
Ah	: Ampère heure
BT	: Basse Tension (< 1000V)
CA	: Courant Alternatif
CC	: Courant Continu
COSTIC	: Comité scientifique et technique des industries climatiques
EAF	: Energy Assistance France
GDF	: Gaz de France
GES	: Gaz à Effet de Serre
HTA	: Haute tension A (< 50 kV)
HTB	: Haute tension B (>50 kV)
INEO EE	: Ineo Energie Export
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowattheure
lm	: Lumens
NF	: Norme Française
ONG	: Organisation Non Gouvernementale
PV	: Photovoltaïque
SONABEL	: Société Nationale Burkinabé d'Electricité
TCG	: Taux de Couverture Géographique
TE	: Taux d'électrification
UAM	: Un Autre Monde
W	: Watt
Wh	: Watt heure

TABLE DES MATIERES

I.	INTRODUCTION	10
I.1.	PROBLEMATIQUE	10
I.2.	CONTEXTE	10
I.3.	OBJECTIF DU PROJET	11
I.4.	PERIMETRE TECHNIQUE D'INTERVENTION	11
II.	PRESENTATION DES INTERVENANTS.....	12
II.1.	FERME ECOLE DE TOMPENA	12
II.2.	INEO ENERGIE EXPORT	12
II.3.	ENERGY ASSISTANCE France	12
III.	PRESENTATION ZONE DE PROJET	13
III.1.	SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE.....	13
III.2.	DONNEES METEO (CLIMATIQUE) DE ZONE DE PROJET	14
III.3.	SITUATION ENERGETIQUE DU SITE DE PROJET	15
IV.	TECHNOLOGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	15
IV.1.	PRINCIPE	15
IV.2.	FONCTIONNEMENT.....	16
IV.2.1.	Les modules photovoltaïques	16
IV.2.2.	Le régulateur de charge et de décharge	17
IV.2.3.	Les batteries.....	17
IV.2.4.	Les onduleurs	17
V.	METHODOLOGIE GENERALE	18
V.1.	ETUDES PRELIMINAIRES.....	18
V.1.1.	COLLECTE DE DONNEES	18
V.1.2.	CONCEPTION DU SYSTEME PV	18
V.1.3.	EVALUATION DES BESOINS	18
V.2.	DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV	18
V.2.1.	DIMENSIONNEMENT GENERATEUR SOLAIRE ou MODULES PV	19
V.2.2.	DIMENSIONNEMENT DU STOCKAGE	20

V.2.3. DIMENSIONNEMENT DU REGULTEUR	21
V.2.4. DIMENSIONNEMENT DE L'ONDULEUR	21
V.2.5. CHOIX TENSION DU RESEAU	21
V.2.6. DIMENSIONNEMENTDES CABLES	21
V.2.7. EVALUATION FINANCIERE	23
VI. COLLECTE DE DONNEES	23
VI.1. DESCRIPTIF DETAILLE DES INFRASTRUCTURES DU SITE	23
VI.2. BESOIN EN ENERGIE EXPRIME	23
VI.2.1. Evaluation des besoins en éclairage	23
VI.2.2. Récapitulatif des récepteurs	26
VII. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME	28
VII.1. ARCHITECTURE DU SYSTEME PV	28
VII.2. ANALYSE COMPARATIVE DES OPTIONS	29
VII.3. DIMESIONNEMENT ET EVALUATION FINANCIERE DES SYSTEMES PV	30
VII.3.1. DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES	30
VII.3.2. CADRE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	32
VII.3.3. SIMULATION FONCTIONNEMENT DU SYSTEME CHOISI	34
VIII. MAINTENANCE DU SYSTEME	36
IX. RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION	37
IX.1. RECOMMANDATIONS	37
IX.2. CONCLUSION	37

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Périmètre technique d'intervention	11
Tableau 2 : Données météorologique de la zone de projet	14
Tableau 3 : Durée d'ensoleillement de Gaoua	15
Tableau 4 : choix de l'inclinaison en fonction de la latitude	17
Tableau 5 : Chute de tension autorisée dans une installation BT	22
Tableau 6 : Résistance linéique des câbles usuels	22
Tableau 7 : Evaluation des besoins en éclairage (Standard Européen)	24
Tableau 8 : Evaluation des besoins en éclairage (Ratios locaux)	25
Tableau 9 : Besoins en énergie du bâtiment 1	26
Tableau 10 : Besoins en énergie du bâtiment 2	26
Tableau 11 : Besoins en énergie du bâtiment 3	26
Tableau 12 : Besoins en énergie du bâtiment 4	27
Tableau 13 : Récapitulatif des Besoins en énergie de la Ferme	27
Tableau 14 : Analyse comparative des systèmes PV proposés	29
Tableau 15 : Récapitulatif du dimensionnement système PV autonome par bâtiment	31
Tableau 16 : Récapitulatif du dimensionnement système PV central	31
Tableau 17 : Devis estimatif et quantitatif système PV autonome par bâtiment	32
Tableau 18 : Dévis estimatif et quantitatif système PV central	33
Tableau 19 : Résultats simulation fonctionnement installation PV	34
Tableau 20 : Résultats simulation fonctionnement installation PV (Avec générateur d'appoint)	35
Tableau 21 : Plus-value générateur d'appoint	36

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Situation géographique de la ferme école de Tompena</i>	<u>13</u>
<i>Figure 2 : Pluviométrie de GAOUA 2010</i>	<u>14</u>
<i>Figure 3 : Amplitude des températures de GAOUA 2010</i>	<u>14</u>
<i>Figure 4 : Composants principaux d'une installation PV</i>	<u>16</u>
<i>Figure 5 : Architecture système PV autonome par bâtiment (Récepteurs DC)</i>	<u>28</u>
<i>Figure 6 : Architecture système PV autonome par bâtiment (Récepteurs DC et AC)</i>	<u>28</u>
<i>Figure 7 : Architecture système PV central</i>	<u>28</u>

I. INTRODUCTION

I.1. PROBLEMATIQUE

Le taux d'électrification (TE) en 2011 au Burkina Faso est environ 20%, soit 80% des ménages sur l'ensemble du territoire nationale n'ont pas accès à l'électricité. La Société Nationale Burkinabé d'Electricité (SONABEL) s'est fixé pour objectif à l'horizon 2015 de faire remonter ce taux à 60%. Devant cet important défi, le réseau interconnecté à lui seul et ses extensions prévisionnelles ne peuvent suffire à le relever. La production décentralisée pour les sites isolés constitue un excellent appoint pour rehausser le TE. Cette alternative prend bien en compte la dispersion des localités même au niveau des départements, qui est une réalité géographique qu'on ne peut ignorer. Le coût d'extension du réseau à ses sites engendrera un prix du kilowattheure (kwh) au-delà du pouvoir d'achat des populations visées.

Dans les localités rurales isolées, les faibles revenus des populations constituent un second handicap, en plus de l'éloignement pour accéder aux services énergétiques (électricité). En effet le coût du branchement et de la consommation mensuelle à reverser à la société d'électricité constitue bien souvent un frein pour les ménages. Ainsi bien que le taux de couverture géographique (TCG) augmente, le TE stagne à cause du problème basique du pouvoir d'achat. Les solutions sont diverses. La plus simple est d'offrir à ses populations défavorisées des installations énergétiques à faible coût d'exploitation. Des entreprises citoyennes et des Organisations Non Gouvernementales (ONG) comprennent bien cette problématique et de nombreux projets sont initiés.

Dans le contexte climato-géographique du Burkina Faso, l'Energie Solaire constituant une source abondante et pérenne, serait adéquate pour solutionner ce problème d'accès à l'électricité à faible coût d'exploitation. Par ailleurs comme nous le savons, le solaire est une énergie propre. Ces émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) sont négligeables considérant la fabrication et le transport des modules. De plus, les conséquences du changement climatique ont amené les états à la conférence de Kyoto de 1997, à limiter leurs émissions de GES. Les énergies propres, et le solaire en particulier sont dès lors encouragés par les leaders nationaux.

Le groupe GDF SUEZ, à travers son organisation humanitaire ENERGY ASSISTANCE FRANCE (EAF) développe une politique de développement durable des peuples à travers différents programmes d'électrifications « propres » des sites isolés, dans plusieurs pays, pour des populations à faibles revenus. C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui consistera à assurer la fourniture en électricité d'une ferme école au Burkina Faso dans le village de Tompena.

I.2. CONTEXTE

EAF met l'expertise du groupe dans le domaine de l'énergie au bénéfice des communautés où les commodités de base n'existent pas. Et ceci, avec la même implication et la même qualité que dans le cadre de ces projets professionnelles.

Approché par la ferme école de Tompena, par le biais d'organisations dont l'association Un Autre Monde (UAM), EAF s'est mobilisé sur ce projet intitulé « put the light on ». Il s'agira donc pour EAF de réaliser un projet clef en main pour la fourniture en électricité de cette ferme, à partir de générateurs solaires photovoltaïques.

La société INEO ENERGIE EXPORT (INEO EE), filiale du Groupe GDF SUEZ présente au Burkina Faso, est chargée de coordonner toutes les opérations locales liées à l'élaboration du projet. Le bureau d'étude d'INEO EE est aussi mis à contribution pour un appui technique à la conception.

Au sein de ce bureau d'études, notre travail consistera à collecter les données sur le site et à les traiter afin de faire la conception et le dimensionnement du système devant satisfaire les besoins en électricité de la Ferme école.

I.3. OBJECTIF DU PROJET

L'Objectif principal du projet « Put the light on » est l'électrification de la ferme école de Tompena.

Les activités au sein de la ferme-école s'arrêtent dès la nuit tombée, faute de disposer des moyens d'éclairage des locaux. Les jeunes élèves ne peuvent étudier convenablement, la journée étant passée en grande partie à suivre les cours en classe et à faire des travaux pratiques au champ ou auprès des animaux.

Ce projet vise à :

- Améliorer les conditions d'étude des élèves
- Améliorer le cadre de vie au sein de la ferme école
- Réduire les cas de vols favorisés par l'obscurité
- Permettre l'accès aux informations (TV)
- Faciliter la communication (Utilisation de téléphone portable)

I.4. PERIMETRE TECHNIQUE D'INTERVENTION

Notre périmètre technique d'intervention dans le cadre de ce travail est le suivant :

DESIGNATION	Oui	Non	Option
Collecte de données sur le terrain	X		
Traitement des données terrain	X		
Conception du système PV après analyse de différents scénarios	X		
Choix technico-économique	X		
Dimensionnement du système PV choisi	X		
Etablissement d'un cadre de devis quantitatif et estimatif	X		
Recommandations entretien et maintenance	X		
Consultation fournisseur et achat des fournitures pour l'installation		X	
Exécution du projet (Installation du système PV)		X	

Tableau 1 : Périmètre technique d'intervention

II. PRESENTATION DES INTERVENANTS

II.1. FERME ECOLE DE TOMPENA

La Ferme-école de Tompéna est le bénéficiaire principal de ce projet. C'est un mini complexe agro-pastoral abritant un centre de formation.

La ferme-école de Tompéna se situe à 350 km d'Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. Elle a été fondée par son directeur actuel, Monsieur SOME Lazare, en 2005.

Cette école a pour objectif prioritaire de former de jeunes garçons burkinabés aux métiers et aux pratiques de l'agriculture. Le but de la ferme-école est ainsi de faire de l'agriculture une activité professionnelle aussi attrayante qu'utile et de ramener vers les champs la classe paysanne, plus spécifiquement les jeunes, qui, faute de profit, est souvent exposée à abandonner la vie agricole pour l'exode et l'immigration. La fonction productive de la ferme sert cet objectif en visant à permettre l'autofinancement de la structure.

La démarche d'ouvrir une ferme-école procède de la nécessité de permettre aux jeunes déscolarisés :

- ❖ De s'offrir une alternative en termes d'auto-emploi
- ❖ De favoriser l'émergence d'un genre d'agriculture autre que ce que le Burkina Faso a connu jusqu'à présent
- ❖ De favoriser l'émergence de filière agricole rentable
- ❖ D'accroître les productions agricoles de la région par la formation professionnelle et technique.
- ❖ De permettre l'installation d'une élite agricole fière d'être agriculteur

L'objectif à plus long terme est de participer à l'amélioration de la productivité agricole, à la modernisation des outils de production et finalement à la hausse du revenu agricole moyen.

Après des phases de construction et de mise en route d'une activité d'élevage, l'école est aujourd'hui rentrée dans une phase de consolidation de la rentabilité. Celle-ci sera rendue possible grâce à l'augmentation de la capacité d'accueil (la direction pense à ouvrir l'école aux filles) et de production, ainsi qu'à une modernisation des infrastructures et notamment grâce à l'installation de l'électricité.

II.2. INEO ENERGIE EXPORT

INEO ENERGIE EXPORT (INEO EE), filiale du groupe GDF SUEZ, est un acteur majeur dans la sous-région pour les projets clé en main de lignes Hautes Tension B (HTB), Postes et réseaux de distribution Hautes Tension A (HTA) et Basse Tension (BT).

Présent en Afrique depuis 1989, INEO EE est le 1er constructeur en lignes HT en Afrique de l'Ouest avec plus de 2 500 km de lignes réalisées et 5 000 pylônes mis en œuvre.

II.3. ENERGY ASSISTANCE FRANCE

Energy Assistance France (EAF) est une association d'intérêt général enregistrée en France. Elle a été créée afin de mieux organiser les actions menées par des volontaires des branches Energie et Services du groupe GDF SUEZ en France, mais aussi afin de favoriser l'appel de fonds français grâce aux avantages fiscaux relatifs aux dons. EAF est une antenne de Energy Assistance, l'association mère basée en Belgique.

L'objectif de l'association est de mettre les compétences et le savoir-faire de ses membres, appuyés sur des moyens techniques, au service de projets humanitaires visant des populations qui n'ont pas accès aux services énergétiques essentiels. EAF développe des projets humanitaires avec la même implication d'un point de vue qualitatif que pour ses projets professionnels.

EAF intervient dans une gamme variée de service tel que l'évaluation économique de projet, les études techniques, la fourniture et l'installation, la formation opérationnelle, le transfert de compétence, etc.

La priorité de EAF est d'assurer un développement durable d'un point de vue technique aussi bien qu'économique. Toutefois, EAF privilégie l'utilisation des énergies renouvelables.

Les exemples de projet que EAF peut réaliser incluent : les réseaux de distributions électriques, le raccordement des communautés éloignées au réseau électrique, kits de production d'énergie pour les stations de pompage d'eau, les centres de santé, les écoles, les orphelinats etc.

III. PRESENTATION ZONE DE PROJET

III.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE DU SITE

La ferme école est située au Sud-Ouest du Burkina Faso dans la province de Poni dans le village de Tompena à 8km de Loropéni. Loropéni est une ville située à 42 km à l'Ouest de Gaoua qui est la principale ville de la région.

Latitude / Longitude Tompena : N 10°21' / O 3°29' --- Altitude au dessus du niveau de la mer : 333 m

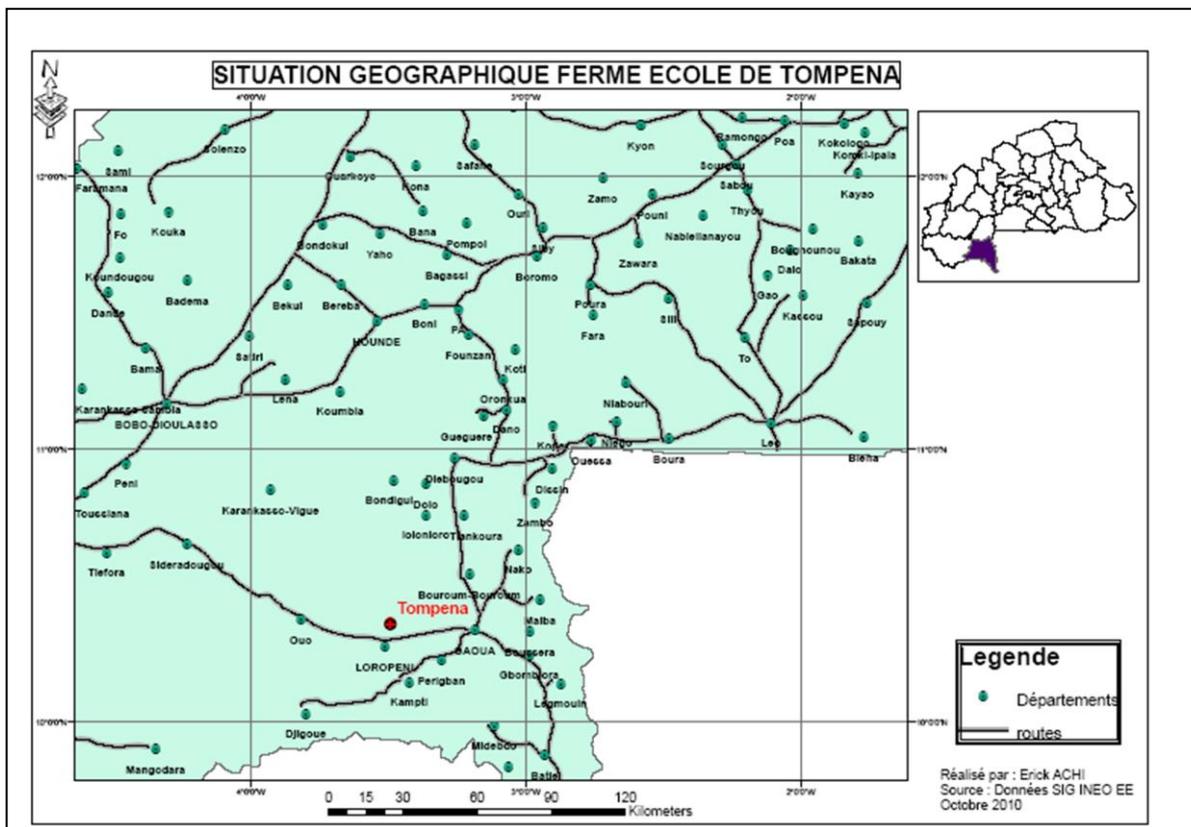


Figure 1 : Situation géographique de a ferme école de Tompena

III.2. DONNEES METEO (CLIMATIQUE) DE ZONE DE PROJET

Tompena se trouve dans la zone climatique Soudano-Guinéen. La végétation est une savane arborée où les précipitations annuelles varient entre 1000 et 1500 mm. Ci-dessous les données de la NASA dans le village de Tompena relevé le 12/07/11.

Ne disposant pas de données de stations météo nationales à proximité de Tompena, nous utiliserons ces données de la NASA qui sont tout aussi fiables.

	Temperature de l'air	Humidité relative	Rayonnement solaire	Pression Atmosphérique	Vitesse du vent	Température
Unité	°C	%	kWh/m ² /jr	kPa	m/s	°C
JANVIER	26,4	24,4%	5,72	97,7	1,6	28,6
FEVRIER	27,9	29,9%	6,08	97,6	1,6	30,6
MARS	29	46,6%	6,18	97,4	2,5	31,9
AVRIL	27,9	65,7%	6,09	97,4	2,4	30
MAI	26,7	74,8%	5,98	97,6	2,7	28
JUIN	25,3	80,5%	5,4	97,8	2,5	26,2
JUILLET	24,4	83,1%	4,88	97,8	2,4	25,1
AOUT	24,2	83,4%	4,6	97,8	2,2	24,9
SEPTEMBRE	24,9	79,2%	4,95	97,8	1,7	25,7
OCTOBRE	26,1	69,2%	5,58	97,7	1,6	27,1
NOVEMBRE	27,3	49,1%	5,64	97,6	1,6	29,4
DECEMBRE	26,6	27,8%	5,65	97,7	1,5	28,6
Moy. Annuelle	26,4	59,5%	5,56	97,66	2,0	28,0

Données NASA <http://eoweb.larc.nasa.gov> du 12/07/11

Tableau 2 : Données météorologique de la zone de projet

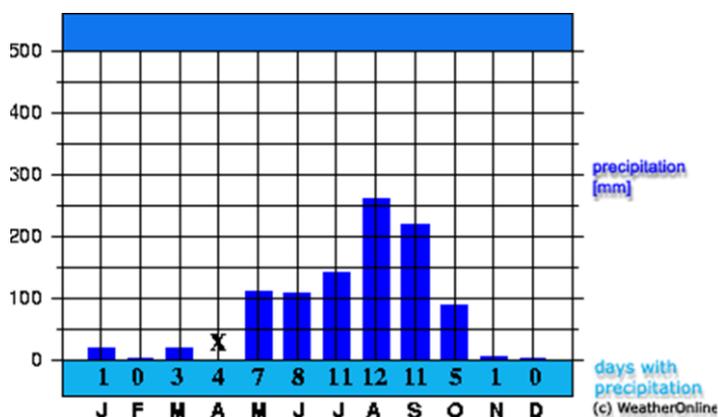


Figure 2 : Pluviométrie de GAOUA 2010

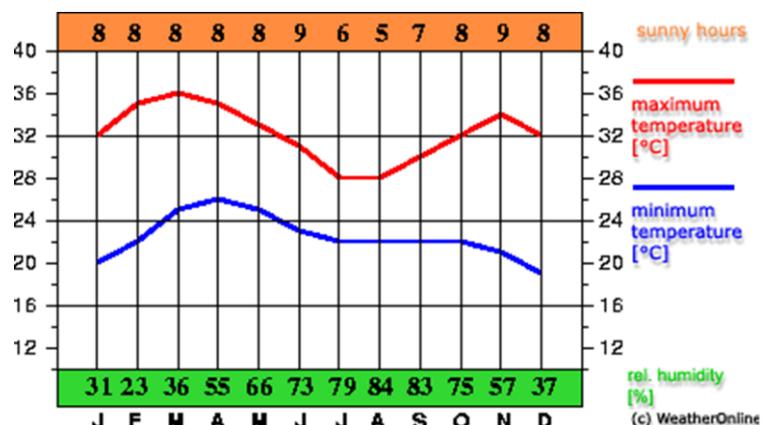


Figure 3 : Amplitude des températures de GAOUA 2010

DUREE D'ENSOLEILLEMENT DE GAOUA

	JAN	FEV	MARS	AVRIL	MAI	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
Levé du Soleil	6:30	06:35	06:27	06:10	05:55	05:50	05:55	06:02	06:03	06:01	06:03	06:14
Couché du Soleil	18:02	18:17	18:23	18:23	18:24	18:31	18:38	18:36	18:22	18:03	17:49	17:49
Durée ensol.	11:32	11:42	11:56	12:13	12:29	12:41	12:43	12:34	12:19	12:02	11:46	11:35

Weather Online / www.wofrance.fr

Tableau 3 : Durée d'ensoleillement de Gaoua

III.3. SITUATION ENERGETIQUE DU SITE DE PROJET

GAOUA, principale ville de la région est couverte par le réseau de la SONABEL. Lorepeni, situé à 42 km de Gaoua, n'est pas raccordé au réseau, de même que Tompena situé à 8 km de Loropeni.

Notre site à électrifier se trouve, ainsi donc à 50 km du réseau de la SONABEL. Faisons une estimation rapide du budget prévisionnel de raccordement de Tompena au réseau de Gaoua.

En 2009, le Groupement d'entreprise SOGETEL/SIMEEEL/PPI ont été adjudicataire pour réaliser les interconnexion en 33 kV des villes PA-DANO et PA-HOUNDE d'une longueur totale de 143 km pour un montant de 2 125 904 081 F CFA pour le compte de la SONABEL. On peut ainsi déduire le ratio de 15M FCFA/km.

Sur la base de ce ratio, on pourrait estimer l'interconnexion Gaoua – Tompena à 750 M FCFA. On ne saurait justifier la rentabilité d'un tel investissement. Seule une exploitation industrielle, un nombre seuil de branchements suivant le barème de la SONABEL, peut justifier un tel projet. Le choix d'un système de production autonome s'impose donc de lui-même.

IV. TECHNOLOGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE

IV.1. PRINCIPE

Des panneaux solaires convertissent l'énergie solaire (agitation des photons) en énergie électrique (agitation des électrons). Cette énergie peut être accumulée dans des batteries (accumulateurs) pour permettre un fonctionnement continu, ou transmise directement à l'appareil électrique.

Ci-dessous les principaux composants d'une installation solaire photovoltaïque.

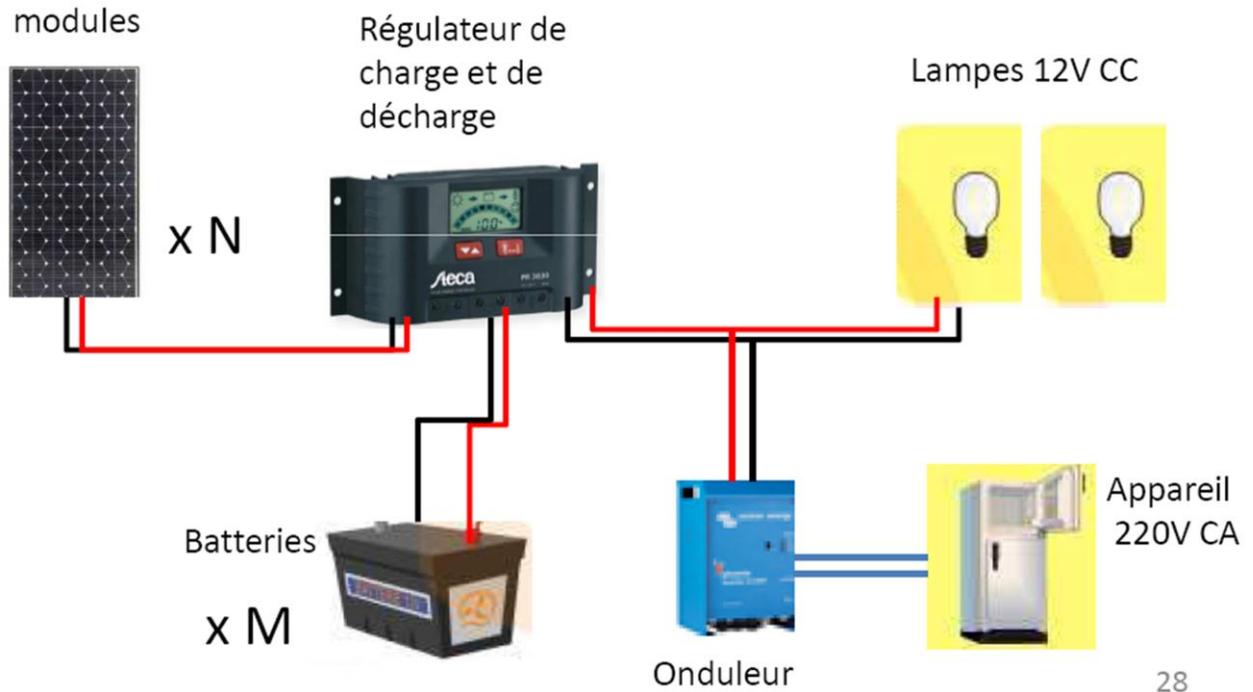


Figure 4 : Composants principaux d'une installation PV

IV.2. FONCTIONNEMENT

IV.2.1. LES MODULES PHOTOVOLTAÏQUES

Les modules photovoltaïques convertissent directement la lumière du soleil en courant électrique continu par le biais des cellules solaires.

La puissance maximale fournie par le module est indiquée en Watt crête Wc. Il s'agit de la puissance qu'un module peut produire dans les conditions optimales d'ensoleillement (1000 W/m²) et avec une température de cellule de 25°C.

L'énergie solaire atteignant les modules dépend directement de l'orientation de celle-ci et de la position du soleil. Pour récupérer un maximum d'énergie en provenance du soleil, il est nécessaire d'orienter au mieux les modules par rapport aux rayons lumineux.

L'orientation doit être plein sud pour les sites de l'hémisphère Nord et plein nord pour les sites de l'hémisphère Sud. Pour que les modules produisent un maximum d'énergie, il faut que leur surface soit perpendiculaire aux rayons solaires. Or le soleil d'une saison à l'autre n'a pas la même inclinaison. Selon les saisons, à midi, il est plus ou moins haut dans le ciel. On doit incliner les modules pour qu'ils soient face au soleil. La valeur d'inclinaison correspond à l'angle que font les modules avec le plan horizontal. Le tableau ci-dessous donne l'inclinaison recommandée des modules en fonction de la latitude du site :

LATITUDE	INCLINAISON
$L < 10^\circ$	$I = 10^\circ$
$10^\circ < L < 30^\circ$	$I = L$
$30^\circ < L < 40^\circ$	$I = L + 10^\circ$
$L > 40^\circ$	$I = L + 15^\circ$

Tableau 4 : choix de l'inclinaison en fonction de la latitude

IV.2.2. LE REGULATEUR DE CHARGE ET DE DECHARGE

Sa fonction principale est de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes, ce qui permet d'allonger la durée de vie de celle-ci. Les indicateurs présents sur les régulateurs donnent les informations sur le fonctionnement du système : c'est le tableau de bord du système.

IV.2.3. LES BATTERIES

Les batteries sont les organes de stockage d'énergie du système PV. Elles stockent l'énergie produite par les modules PV. La présence des batteries permet de compenser un déficit accidentel entre énergie produite et énergie consommée, déficit qui peut être dû à un faible ensoleillement d'un jour ou à une surconsommation exceptionnelle de la part des utilisateurs. Mais si cette surconsommation s'étale sur une plus grande période, soit les batteries se détérioreront rapidement (en cas d'absence d'un régulateur), soit le système s'arrêtera (coupure du régulateur), généralement aux moments de plus forte utilisation du système.

IV.2.4. LES ONDULEURS

Les onduleurs transforment le courant continu (CC) en courant alternatif (CA).

Les onduleurs sont intégrés à tout système photovoltaïque alimentant des charges alternatives. L'onduleur convertit la sortie CC du champ ou des accumulateurs en électricité CA standard, semblable à ce que fournissent les services publics comme la SONABEL.

Dans l'utilisation des onduleurs, il est nécessaire de rechercher le plus haut rendement possible dans la plus large plage possible de variation du voltage d'entrée et de charge de sortie et en même temps réduire la dissipation de chaleur dans l'onduleur.

V.1. ETUDES PRELIMINAIRES

V.1.1. COLLECTE DE DONNEES

Du fait de sa grande incidence sur le dimensionnement du système, la qualité et la pérennité du système, on ne peut faire l'économie de l'étape cruciale qui doit précéder toute installation. Son principe est de se mettre à l'écoute du client afin de recueillir ces attentes et de faire l'inventaire des récepteurs devant être alimentés par l'installation.

La collecte des données doit aboutir à l'élaboration d'un plan de masse, avec localisation des récepteurs, ainsi qu'à l'inventaire exhaustif des différents récepteurs avec leurs caractéristiques électriques et leurs temps d'utilisation.

V.1.2. CONCEPTION DU SYSTEME PV

Le plan de masse du site de projet permet de mener une analyse qui permettra de définir l'ossature du système photovoltaïque à installer. En fonction de la distribution géographique des différents récepteurs du site, ce travail consistera à faire le choix entre un système PV central ou des systèmes autonomes.

V.1.3. EVALUATION DES BESOINS

L'utilisation des systèmes solaires est soumise à certaines contraintes. La plus importante d'entre elles est l'équilibre qu'il faut toujours respecter entre l'énergie produite par le générateur et l'énergie consommée par l'utilisateur. L'évaluation des besoins constitue donc le nœud de la satisfaction du client. A partir des données collectées, il s'agit de calculer les besoins en énergie du site à électrifier ou en d'autres termes d'évaluer la consommation de l'ensemble des récepteurs.

V.2. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV

Du fait d'une production d'énergie exclusivement diurne et parfois aléatoire (nuages), il n'est pas possible de dimensionner les systèmes photovoltaïques en équilibrant les puissances, celle du générateur et celle des équipements utilisateurs, comme cela est pratique avec les groupes électrogènes. L'équilibre qui conditionne le bon fonctionnement d'un système photovoltaïque doit être réalisé entre l'énergie produite et l'énergie consommée sur une période donnée, par jour en général.

Deux principes sont à respecter :

La production d'énergie journalière du générateur photovoltaïque devra toujours être supérieure ou égale aux besoins en énergie journalier de l'utilisateur.

L'énergie réellement consommée quotidiennement par l'utilisateur devra toujours rester inférieure ou égale à l'énergie réellement produite (par jour) par le générateur photovoltaïque.

Ce deuxième point est certainement le plus important. Une fois définis les besoins, le bon dimensionnement d'un projet photovoltaïque n'est généralement qu'un problème technique, de calcul de puissance, tension, capacité des batteries, que nous aborderons par la suite. La véritable clé de réussite d'un tel projet réside plutôt dans une bonne information des futurs utilisateurs aux caractéristiques du photovoltaïque. Si l'utilisateur consomme, après réalisation du projet, d'avantage d'énergie que le volume estimé pour dimensionner le système, il risque d'entraîner une rupture de l'équilibre production-consommation, avec les conséquences que nous avons mentionnées. Les sources de telles modifications dans la consommation peuvent être nombreuses :

- Ajouts de nouveaux appareils, non prévus au départ ;
- Augmentation du nombre d'heures d'éclairage;
- etc.

Un léger surdimensionnement du générateur peut être envisagé pour anticiper sur ce problème et faire face à des utilisations imprévues. On notera que ce surdimensionnement du générateur ne saurait être excessif puisqu'il a un coût (plus de modules et de batteries qu'il est nécessaire). Nous précisons ci-dessous les règles de calcul nécessaires au dimensionnement du générateur photovoltaïque lui-même : modules solaires, batteries, régulateur et onduleur, câbles électriques.

En effet, Dimensionner un système photovoltaïque, c'est déterminer en fonction des sollicitations telles l'ensoleillement et le profil de charge, l'ensemble des éléments de la chaîne photovoltaïque afin garantir une bonne fourniture d'énergie. Il faut donc déterminer:

- La puissance crête du champ de module,
- La capacité de stockage,
- Les caractéristiques du régulateur de charge et de décharge
- éventuellement la puissance d'un convertisseur,
- L'inclinaison des modules,
- La tension d'utilisation.
- La section des câbles du réseau

V.2.1. DIMENSIONNEMENT GENERATEUR SOLAIRE OU MODULES PV

Il existe plusieurs méthodes de dimensionnement des générateurs PV, elles utilisent pratiquement toutes les mêmes paramètres pour effectuer le calcul permettant de définir la puissance crête du générateur :

- L'Energie journalière consommée : **E_j (Wh/jour)**
- L'irradiation du lieu : **E (Wh/m²/jour)**
- Les rendements respectifs des équipements utilisés : η

Nous allons utiliser dans le cadre de notre étude, une méthode simplifiée appelées méthode des rendements. La puissance crête est évaluée par la formule suivante :

Equation (1)

$$P_c = \frac{E_j \text{ (wh)}}{E \eta_{\text{ond}} \eta_{\text{bat}} \eta_{\text{reg}} k_p}$$

E_j est l'énergie journalière consommée

E est l'irradiation du lieu en kWh/m²/jour

K_p est appelé coefficient panneau et vaut 0,8

Les η sont les rendements respectifs de l'onduleur, de la batterie et du régulateur et valent 0,8 en moyenne

Le nombre n_s de modules à mettre en série est déterminé par la tension d'utilisation

$$\text{Equation (2)} \quad n_s = \frac{\text{Tension utilisation}}{\text{Tension module}}$$

Le nombre de branches $n_{//}$ de modules en série est déterminé comme suit :

Connaissant la puissance crête (1^{er} cas) ou le nombre total de modules (2^{ème} cas), on détermine alors le nombre de branches (modules ou série de modules en parallèle).

$$1^{\text{er}} \text{ Cas : } n_{//} = \frac{P_c}{P_c \text{ module}} \times \frac{1}{n_s} \quad \text{Equation (3)}$$

$$2^{\text{ème}} \text{ Cas : } n_{//} = \frac{n_T}{n_s} \text{ ou } n_T = \frac{\text{Consommation journalière}}{E_f} \quad \text{Equation (4)}$$

V.2.2. DIMENSIONNEMENT DU STOCKAGE

La détermination du parc batterie est réalisée à partir de la prise en compte d'un certain nombre de jours d'autonomie à assurer dans des conditions de production nulle. Ce nombre de jours varie suivant les auteurs, mais également suivant les applications et la situation géographique (entre 1 jour et 3 semaines).

La méthode des rendements que nous utilisons, en plus de l'autonomie, tiens compte de la profondeur de décharge des batteries limitées à 50% - 70% selon les constructeurs. La capacité des batteries est évaluée par la formule suivante :

$$\text{Equation (5)} \quad C = \frac{E_j \cdot \text{Autonomie (jours)}}{D \eta_{\text{bat}} V_{\text{bat}}}$$

E_j est l'énergie consommable par jour

C es la capacité des batteries en Ah

D est la profondeur de décharge (20, 40, 60 %)

V_{bat} est la tension de la batterie

η_{bat} est le rendement de la batterie

V.2.3. DIMENSIONNEMENT DU REGULATEUR

Le dimensionnement du régulateur consiste à déterminer la puissance, la tension et l'intensité admissible. Le choix de ses trois (3) paramètres se fait de la façon suivante :

- Puissance du régulateur (P_{reg}) doit être supérieure à la puissance crête (P_c) installée.
- La Tension du régulateur doit être identique à la tension du générateur PV ou du champ photovoltaïque ($U_{reg} = U_{ch}$).
- Le régulateur doit supporter une intensité supérieure au courant maximal du champ PV ou du générateur. Il doit aussi supporter le courant maximum appelé par les récepteurs. ($I_{reg} > I_{max-ch}$ et $I_{reg} > I_{max-recept}$)
- Intensité du régulateur : $I_{reg} = \frac{P_c \text{ installée}}{U_{ch}}$ Equation (6)

V.2.4. DIMENSIONNEMENT DE L'ONDULEUR

Le choix de l'onduleur se fait à partir des paramètres ci-dessous :

- Sa puissance dépend des charges alternatives fonctionnant simultanément
- Il doit pouvoir supporter les surcharges lorsque toutes les charges sont fonctionnelles
- La puissance de l'onduleur est supérieure ou égale à la puissance des charges ($P_{ond} \geq \text{Puissance des charges}$) ; Il est conseillé que la puissance nominale de l'onduleur soit environ 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.
- Le rendement d'un onduleur doit être au moins de 90% ; $\eta_{ond} : 0,9$
- La puissance de l'onduleur peut être obtenue de la façon suivante : $P_{ond} = \text{Puissance des charges} / \eta_{ond}$

V.2.5. CHOIX TENSION DU RESEAU

Il est important de prime abord d'unifier les tensions de notre réseau. En d'autres nous l'ensemble des composants du réseau doivent avoir la même tension pour une meilleure efficacité de notre système.

Dans le but de limiter les pertes en ligne (chute de tension) et les sections du câble du réseau, des tensions sont proposées en fonction de la puissance délivrée par l'installation.

- 12 V pour $P_c < 150 \text{ Wc}$
- 24 V pour $150 < P_c < 1000 \text{ Wc}$
- 48 V pour $P_c > 1000 \text{ Wc}$
- des tensions plus élevées peuvent être utilisées en fonction de la puissance crête et des charges

Source : Cours de photovoltaïque M2GEER Pr Zacharie KOALAGA.

V.2.6. DIMENSIONNEMENT DES CABLES

Les sections des câbles dans un réseau dépendent principalement de l'intensité du courant qui y transite et par conséquent de la chute de tension, celle-ci ne devant pas dépasser un seuil limite.

En effet une chute de tension trop importante dans les câbles peut réduire considérablement le courant de charge de la batterie et entraîner un mauvais fonctionnement de l'ensemble du système.

En effet La norme NFC15-100 impose que la chute de tension entre l'origine de l'installation BT et tout point d'utilisation n'excède pas les valeurs suivantes :

	Eclairage	Autres usages (forces motrices)
Alimentation par le réseau BT de distribution publique	3%	5%
Alimentation par poste privé HT/BT	6%	8%

Source : Norme NF C 15 – 100

Tableau 5 : Chute de tension autorisée dans une installation BT

Dans une installation domestique BT, EDF recommande de ne pas dépasser 3% de chute de tension.

La chute de tension dans les câbles se calcule de la manière suivante :

$$\text{Equation (7)} \quad \Delta U = R \cdot I \text{ ou } R = \frac{r \cdot l}{s}$$

Soit r : résistivité du câble en $\Omega \cdot m$; l : Longueur du câble en m ; s : Section du câble en m^2 .

Ci-dessous le Tableau de la résistance linéique des câbles usuels (type H07RNF) :

Section	1 mm ²	1,5 mm ²	2,5 mm ²	4 mm ²	6 mm ²	10 mm ²	16 mm ²
Résistance Ω/m	0,04	0,0274	0,01642	0,01018	0,00678	0,0039	0,00248

Tableau 6 : Résistance linéique des câbles usuels

Ainsi pour respecter la valeur de la chute de tension imposée par la norme il faut :

- Limiter la longueur des liaisons entre le générateur PV et les récepteurs surtout en DC.
- Limiter la longueur des liaisons entre le champ de modules, la batterie et le régulateur.
- Choisir la section en fonction du courant.
- Utilisation de tensions élevées

L'Evaluation financière consistera à faire un chiffrage du projet clé en main c'est-à-dire de évaluer le coût de l'installation prête à être utiliser. L'EF a trois composantes principales :

- Le coût des fournitures
- Le coût du transport de l'usine au site du projet
- Le coût des travaux ou coût du personnel et du matériel d'exécution

Le coût des fournitures : Le matériel de qualité étant difficilement trouvable localement. L'option la plus sûre est de l'importer. Des demandes de cotation sont envoyées à différents fabricants qui proposent des prix pour le matériel de l'installation. Il fournissent en plus le colisage qui nous permettra d'évaluer le coût du transport.

Le coût du transport : Le Burkina Faso étant un pays enclavé, le coût du transport sera décomposé en trois parties : FRET Maritime + FRET routier + Transport du port sec au site du projet.

Le coût des travaux : A partir des rendements tiré de l'expérience de l'entreprise, nous définissons un planning qui permettra de chiffrer les coûts en personnel et matériel.

Les coûts proportionnels que sont les impôts et les assurances seront pris en compte sur le montant total du projet.

VI. COLLECTE DE DONNEES

VI.1. DESCRIPTIF DETAILLE DES INFRASTRUCTURES DU SITE

Dans le cadre d'une mission organisée par EAF par le biais d'INEO EE représentée dans la sous-région, nous avons fait une visite de la ferme école de Tompena. Cette ferme-école est en effet le bénéficiaire d'un don d'EAF qui consiste en une installation solaire.

Après plusieurs échanges avec le directeur de a ferme et ses hôtes, nous avons collecté les informations ci-dessous allant du plan de masse de a ferme, à la liste des récepteurs ainsi que leurs heures d'utilisation.

Le plan de masse de la ferme école, ainsi que les différents plans des bâtiments à électrifier sont joints en annexe de ce document.

VI.2. BESOIN EN ENERGIE EXPRIME

VI.2.1. EVALUATION DES BESOINS EN ECLAIRAGE

Nous allons faire une évaluation suivant le standard européen d'une part et les ratios locaux d'autre part. Suivant les recommandations de l'ADEME et le COSTIC en matière d'éclairage (voir tableau en Annexe), nous faisons l'estimation ci-dessous :

(1 lux = 1lumen/m².)

Caractéristique des lampes à économie d'énergie (lampes compactes) : 65 lumens/W

Modèles standards existants : 8W ; 11W ; 13 W ; 18 W ; 23 W ; 40 W ...)

	Pièces	Surface (m ²)	Eclairage (lux)	Eclairement (lm)	Puiss. totale lampes (w)	Nbre lampes
Bât. 1	Entrepôt	57	250	14 250	220	6 de 40 W
Bât. 2	Cuisine	11	425	4 675	72	4 de 18 W
Bât. 3	Classe	99	325	32 175	495	13 de 40 W
	Bureau 1	14	325	4 550	70	4 de 18 W
	Bureau 2	14	325	4 550	70	4 de 18 W
	Dortoir	109	250	27 250	420	11 de 40 W
	Toilette 1	2.4	250	600	10	1 de 11 W
	Toilette 2	2.4	250	600	10	1 de 11 W
	Toilette 3	2.4	250	600	10	1 de 11 W
Bât. 4	Salon	23	250	5 750	89	2 de 40 W
	Chambre 1	15	250	3 750	58	1 de 40 W*
	Chambre 2	14	250	3 500	54	1 de 40 W*
	Chambre 3	14	250	3 500	54	1 de 40 W*
	Couloir	12.3	250	3 075	48	1 de 40 W*
	Cuisine	11	425	4 675	72	2 de 40 W
	Douche	2	250	500	8	1 de 8 W
	Toilette WC	3	250	750	12	1 de 11 W

* Pour des raisons de pragmatisme (1 lampe/ Chambre) l'éclairement est légèrement minoré.

Puissance Totale Eclairage	1 780 W
-----------------------------------	----------------

Tableau 7 : Evaluation des besoins en éclairage (Standard Européen)

Nous faisons la même estimation en utilisant les ratios d'éclairage utilisés dans les projets similaires d'énergie solaire de la région. le ratio d'éclairage local utilisé pour les zones rurales pour des installations solaire PV est de **50 lux**.

	Pièces	Surface (m ²)	Eclairage (lux)	Eclairment (lm)	Puiss. totale lampes (w)	Nbre lampes
Bât. 1	Entrepôt	57	50	2850	44	2 de 18 W
Bât. 2	Cuisine	11	50	550	9	1 de 11 W
Bât. 3	Classe	99	50	4 950	76	6 de 18 W
	Bureau 1	14	50	700	11	1 de 11 W
	Bureau 2	14	50	700	11	1 de 11 W
	Dortoir	109	50	5 450	84	6 de 18 W
	Toilette 1	2.4	50	120	2	1 de 8 W
	Toilette 2	2.4	50	120	2	1 de 8 W
	Toilette 3	2.4	50	120	2	1 de 8 W
Bât. 4	Salon	23	50	1 150	18	1 de 18 W
	Chambre 1	15	50	750	11.5	1 de 11 W
	Chambre 2	14	50	700	11	1 de 11 W
	Chambre 3	14	50	700	11	1 de 11 W
	Couloir	12.3	50	6 15	10	1 de 11 W
	Cuisine	11	50	550	8.5	1 de 8 W
	Douche	2	50	100	1.5	1 de 8 W
	Toilette WC	3	50	150	3	1 de 8 W

50 lux : Ratio standard utilisé au Burkina Faso par les entreprises locales.

Puissance Totale Eclairage	395 W
-----------------------------------	--------------

Tableau 8 : Evaluation des besoins en éclairage (Ratios locaux)

Avec le ratio local, nous avons 5 fois moins de puissance installée. En effet, nous diminuons le confort, l'éclairage étant réduit.

Comme nous sommes dans un contexte rural et que nos locaux sont alimentés par un système PV encore cher à l'investissement, nous nous contenterons des ratios locaux pratiqués.

N.B : Pour limiter l'investissement, EAF a décidé d'exclure l'éclairage extérieur.

VI.2.2. RECAPITULATIF DES RECEPTEURS

Après avoir estimé le nombre de lampes par pièce, nous complétons la liste des récepteurs suite aux différents entretiens avec les futurs usagers de notre système.

BATIMENT 1 : Magasin entrepôt

Récepteurs	Puissance (w)	Qté	Durée Util.(h)	CC / AC	Qté prises	Besoin jr (wh)
Lampes	18	2	4	CC	0	144

Tableau 9 : Besoins en énergie du bâtiment 1

BATIMENT 2 : Cuisine

Récepteurs	Puissance (w)	Qté	Durée Util.(h)	CC / AC	Qté prises	Besoin jr (wh)
Lampes	11	1	4	CC	0	44

Tableau 10 : Besoins en énergie du bâtiment 2

BATIMENT 3 : Salle de classe + Dortoir + Bureau

Récepteurs	Puissance (w)	Qté	Durée Util.(h)	CC / AC	Besoin jr (wh)
Lampes	8	3	3	CC	72
Lampes	11	2	5	CC	110
Lampes	18	12	5	CC	1 080
Ordinateurs	75	2	5	AC	750
Imprimante	370	1	3	AC	1 110
Prises	60	4	5	CC	1 200

Besoin Total quotidien : 4 322 wh

Tableau 11 : Besoins en énergie du bâtiment 3

BATIMENT 4 : logement du directeur

Récepteurs	Puissance (w)	Qté	Durée Util.(h)	CC / AC	Besoin jr (wh)
Lampes	8	3	5	CC	120
Lampes	11	4	5	CC	220
Lampes	18	1	6	CC	108
TV	57	1	4	AC	228
Décodeur +	110	1	4	AC	440
Ordinateur	75	1	3	AC	225
Prises salon	60	1	5	CC	300
Prise chbre	24	5	2	CC	240

Besoin Total quotidien : 1 881 wh

Tableau 12 : Besoins en énergie du bâtiment 4

Ci-dessous le tableau récapitulatif des besoins journaliers de la ferme école de Tompena :

BATIMENT	Usage	Besoins journalier (wh)
BATIMENT N°1	Magasin entrepôt	144
BATIMENT N°2	Cuisine	44
BATIMENT N°3	Classe/Dortoir/bureaux	4322
BATIMENT N°4	Logement du directeur	1 881
TOTAL Besoins Quotidiens (wh)		6 391

Tableau 13 : Récapitulatif des Besoins en énergie de la Ferme

VII.1. ARCHITECTURE DU SYSTEME PV

Suivant la dispersion géographique des différents bâtiments de la ferme, nous pouvons proposer les deux options suivantes :

Option N°1 : Un système autonome par bâtiment qui peut être schématisé comme suit :

Bâtiment 1&2 (Récepteur DC uniquement)

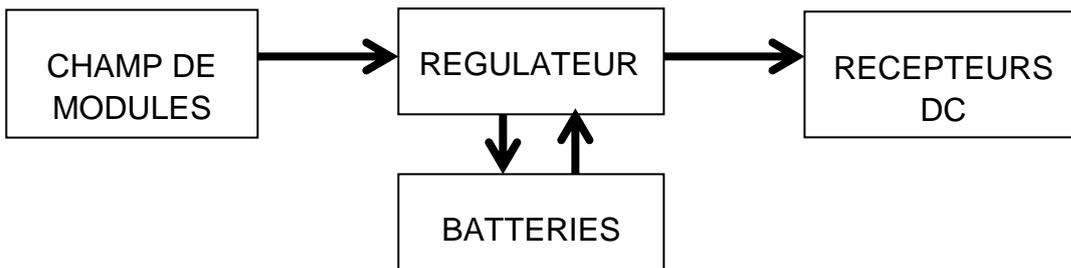


Figure 5 : Architecture système PV autonome par bâtiment (Récepteurs DC)

Bâtiment 3&4 (Récepteur DC et AC)

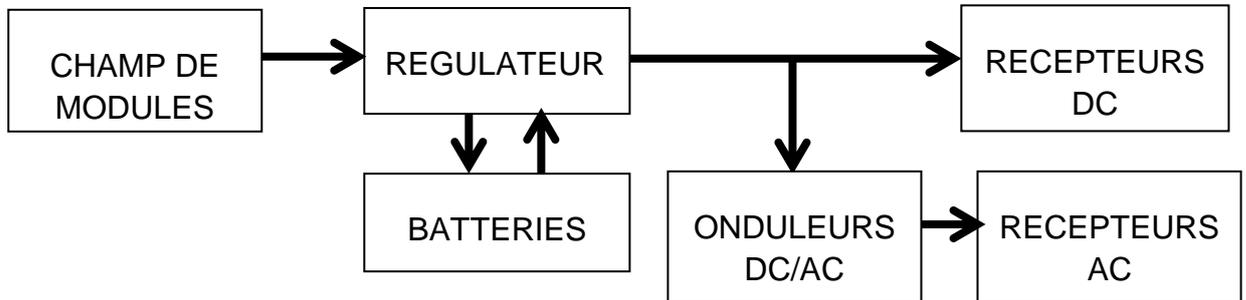


Figure 6 : Architecture système PV autonome par bâtiment (Récepteurs DC et AC)

Option N°2 : Un système central pour l'ensemble de la ferme avec un onduleur central permettant une distribution en 220 V classique pour limiter l'effet des chutes de tension. Les lampes pour l'éclairage seront par voie de conséquence uniquement en AC/220V Classique. Ci-dessous le schéma du système :

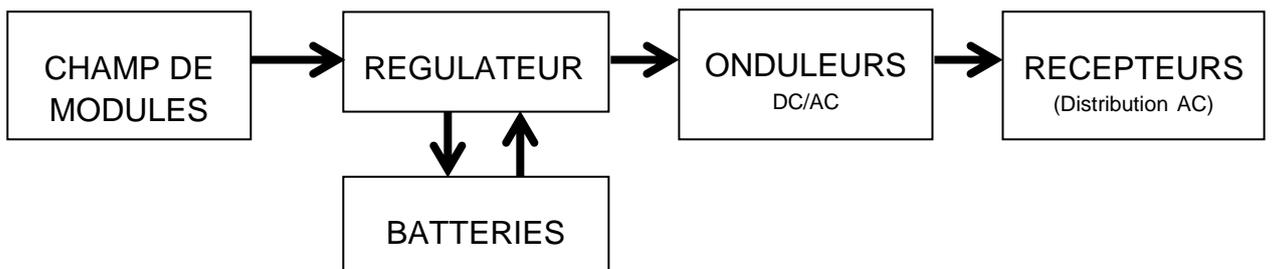


Figure 7 : Architecture système PV central

DESIGNATION SYSTEME PV	AVANTAGES	INCONVENIENTS
Option 2 : Système PV central	Système classique AC, disponibilité récepteurs AC sur le marché.	Pertes induites par conversion DC/AC (Rendement onduleur entre 70% et 90%)
	Facilité dans la surveillance et la gestion car système centralisé.	Réseaux câblés entre bâtiment, source de chute de tension due à l'éloignement des bâtiments les uns des autres.
	Facilité pour le comptage de l'énergie, système centralisé	En cas de panne générateur, régulateur ou batteries, tout le système est hors d'usage.
	La distribution en 220V réduit les courants appelés donc les sections de câble.	
Option 1 : Système PV autonome par bâtiment.	Meilleures rendements énergétiques (car moins de pertes de conversion DC/AC environ 10% à 30%), certains récepteurs fonctionnant en DC.	Difficulté pour la surveillance. les systèmes PV autonomes étant éloignés les uns des autres.
	En cas de panne, seulement le bâtiment concerné est coupé.	Problème de disponibilité de lampes DC.
	Pas de réseaux câblés entre bâtiments.	Les sections de câbles de distributions (24V) sont plus importantes par rapport au 220V. Courants plus importants.

Tableau 14 : Analyse comparative des systèmes PV proposés

Chacune des 2 Options a des avantages pertinents. Nous allons procéder au dimensionnement des principaux éléments de chaque système afin de faire une évaluation financière comparative.

VII.3.1. DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES

A partir des différentes formules et méthode de dimensionnement des composants principaux des systèmes PV exposées plus haut, nous avons établi une feuille de calcul (programme Excel) nous permettant à partir des données des récepteurs à alimenter de dimensionner l'ensemble des composants.

L'exécution de ce programme nous permet d'obtenir les résultats suivants pour chacune des 2 systèmes. Le détail du dimensionnement de chaque système est joint en annexe.

Option 1 : Système PV autonome par bâtiment.

CARACTERISTIQUES SYSTEME PV	BATIMENTS N°1&2
Modules PV	1 module de 120 Wc , 24 V
Composition champ PV	
Puissance installée	120 Wc
Capacité des batteries	50 Ah
Autonomie	3jrs
Régulateur	150 W – 10 A
Section câble Champ PV - Régulateur	4 mm ²
Section câble Régulateur - Batterie	4 mm ²
Section câble Régulateur – Boitier de dérivation	4 mm ²
Liaison Bât.1 vers Bât. 2 / Distribution Int.	4 mm ² / 2,5 mm ²

CARACTERISTIQUES SYSTEME PV	BATIMENTS N°3
Modules PV	12 modules de 120 Wc , 12 V
Composition champ PV	6 Strings de 2 éléments (Tension = 24V)
Puissance installée	1 440 Wc
Capacité des batteries	900 Ah
Autonomie	3jrs
Régulateur	1 500 W – 100 A
Onduleur	1 800 W
Section câble Champ PV - Régulateur	16 mm ²
Section câble Régulateur - Batterie	10 mm ²
Section câble Régulateur – Boitier de dérivation	16 mm ²
Section de distribution int.	6 mm ²

CARACTERISTIQUES SYSTEME PV	BATIMENTS N°4
Modules PV	10 modules de 120 Wc , 12 V
Composition champ PV	5 Strings de 2 éléments (Tension = 24V)
Puissance installée	1 200 Wc
Capacité des batteries	800 Ah
Autonomie	3jrs
Régulateur	1 500 W – 100 A
Onduleur	1 500 W
Section câble Champ PV - Régulateur	16 mm ²
Section câble Régulateur - Batterie	10 mm ²
Section câble Régulateur – Boitier de dérivation	16 mm ²
Section de distribution int.	6 mm ²

Tableau 15 : Récapitulatif du dimensionnement système PV autonome par bâtiment

Option 2 : Système PV central

CARACTERISTIQUES SYSTEME PV	CENTRALE PV : BATIMENT N°1&2&3&4
Modules PV	24 modules de 120 Wc , 12 V
Composition champ PV	6 Strings de 4 éléments (Tension = 48V)
Puissance installée	2 880 Wc
Capacité des batteries	900 Ah
Autonomie	3jrs
Régulateur	3 000 W – 100 A
Onduleur	3 500 W
Section câble Champ PV - Régulateur	16 mm ²
Section câble Régulateur - Batterie	10 mm ²
Section câble Bât3 – Bât4	6 mm ²
Section câble Bât3 – Bât1&2	4 mm ²
Section de distribution int.	2,5 mm ²

Tableau 16 : Récapitulatif du dimensionnement système PV central

VII.3.2. CADRE DE DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Option 1 : Système PV autonome par bâtiment.

N°	Désignations	Unité	Qté	PU (€)	PT (€)
1	Module de 120 Wc. 24V	u	1	150	150
2	Modules de 120 Wc, 12V	u	22	150	3 300
3	Châssis pour modules	ens	1	765	765
4	Batterie de 50 Ah – 24 V	u	1	145	145
5	Batterie de 800 Ah – 24 V	u	1	820	820
6	Batterie de 900 Ah – 24 V	u	1	990	990
7	Régulateur 150W – 10A	u	1	48,5	48,5
8	Régulateur 1 500W – 100A	u	2	1 150	2 300
9	Onduleur 1 500W	u	1	390	390
10	Onduleur 1 800W	u	1	499	499
11	Compteur d'énergie	u	3	300	900
12	Câble 2x2,5 mm ²	m	50	1,9	95
13	Câble 2x4 mm ²	m	100	2,6	260
14	Câble 2x6 mm ²	m	300	3,6	1080
15	Câble 2x10 mm ²	m	20	5,7	114
16	Câble 2x16 mm ²	m	50	8,6	430
TOTAL FOURNITURES (Sortie d'usine)					12 286,5
FRET & ASSURANCE (Port France – Ouaga)					10 000
Transport Local Ouaga – Tompena (Colisage 1TC 20')					1 200
Coût des travaux (voir détail calcul en annexe)					11 693
COÛT TOTAL PROJET					35 179,5

Soit **23 076 239 F CFA**

Tableau 17 : Devis estimatif et quantitatif système PV autonome par bâtiment

Option 2 : Mini-Centrale solaire

N°	Désignations	Unité	Qté	PU (€)	PT (€)
1	Modules de 120 Wc, 12V	u	24	150	3 600
2	Châssis pour modules	ens	1	765	765
3	Batterie de 900 Ah – 48 V	u	1	990	990
4	Régulateur 3 000W – 100A	u	1	1 180	1 180
5	Onduleur 3 500W	u	1	1 090	1 090
6	Compteur d'énergie	u	1	300	300
7	Câble 2x2,5 mm ²	m	250	1,9	475
8	Câble 2x4 mm ²	m	200	2,6	520
9	Câble 2x6 mm ²	m	300	3,6	1 080
10	Câble 2x10 mm ²	m	10	5,7	57
11	Câble 2x16 mm ²	m	20	8,6	172
TOTAL FOURNITURES (Sortie d'usine)					10 229
FRET & ASSURANCE (Port France – Ouaga)					10 000
Transport Local Ouaga – Tompena (Colisage 1TC 20')					1 200
Coût des travaux (voir détail calcul en annexe)					11 693
COÛT TOTAL PROJET					33 122

Soit **21 726 608 F CFA**

Tableau 18 : Dévis estimatif et quantitatif système PV central

Coût Option1 – Coût Option 2 = 1 349 631 F CFA. En d'autres termes l'option N°2 est moins couteuse que l'option N°1.

A la suite de ce qui précède, nous retenons l'option N°2, le système solaire PV central pour alimenter la ferme école de Tompena. Ce choix est principalement dû aux avantages liés à l'exploitation du système. Distribution classique en 220V. Les récepteurs sont ceux utilisés habituellement dans les zones couvertes par le réseau, donc disponible sur le marché local. L'entretien et la surveillance sont facilités car les composants principaux sont localisés en un seul point.

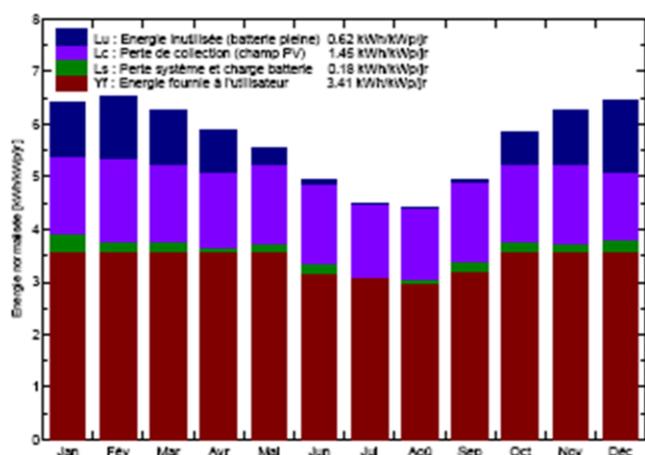
En plus de ces avantages, l'option N°2 a le meilleur coût. Il faut noter toutefois que les 2 systèmes sont techniquement réalisables et fonctionnels, mais nous choisissons l'option 2 pour son coût plus compétitif et ses avantages considérables pour les futurs usagers.

VII.3.3. SIMULATION FONCTIONNEMENT DU SYSTEME CHOISI

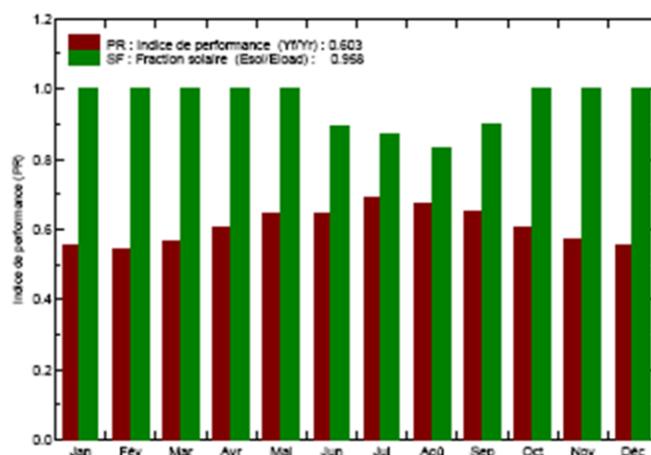
A l'aide du logiciel PV Syst V5.53, nous avons recalculé le système pour ensuite effectuer des simulations sur le fonctionnement « réel » de notre système.

Le dimensionnement de PV syst est joint en annexe. Ci-dessous les résultats de la simulation.

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1920 Wc



Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)



Bilans et résultats principaux

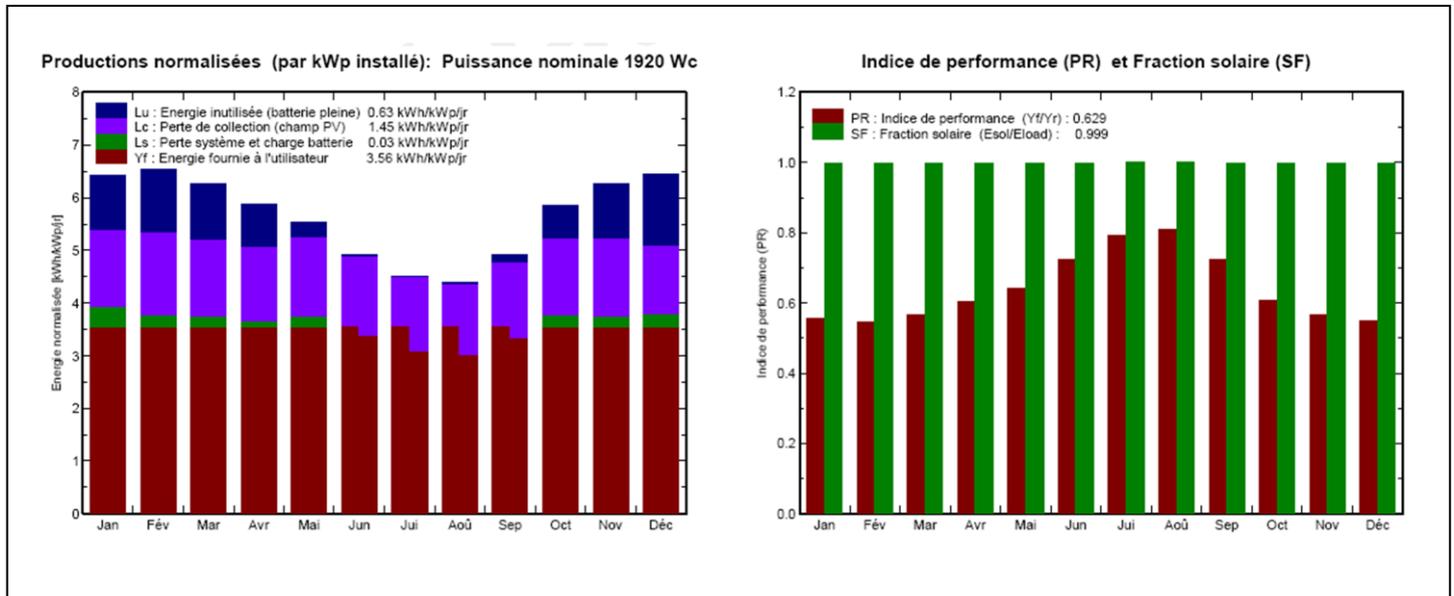
	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E Miss kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Janvier	177.3	193.3	294.0	59.87	0.00	212.0	212.0	1.000
Février	170.2	178.0	266.9	63.24	0.00	191.5	191.5	1.000
Mars	191.6	188.7	286.3	62.19	0.00	212.0	212.0	1.000
Avril	182.7	170.7	258.0	46.47	0.00	205.2	205.2	1.000
Mai	185.4	165.7	240.0	17.11	0.00	212.0	212.0	1.000
Juin	162.0	142.4	196.6	2.99	21.69	183.5	205.2	0.894
Juillet	151.3	134.5	183.6	0.18	27.67	184.4	212.0	0.870
Août	142.6	131.6	180.9	0.12	35.12	176.9	212.0	0.834
Septembre	148.5	142.9	197.2	1.97	21.14	184.1	205.2	0.897
Octobre	173.0	176.2	262.2	37.86	0.00	212.0	212.0	1.000
Novembre	169.2	182.6	274.6	58.59	0.00	205.2	205.2	1.000
Décembre	175.1	194.4	306.8	80.77	0.00	212.0	212.0	1.000
Année	2028.9	2001.0	2947.2	431.37	105.62	2391.0	2496.6	0.958

Légendes: GlobHor Irradiation globale horizontale E Miss Energie manquante
 GlobEff Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages E User Energie fournie à l'utilisateur
 E Avail Energie solaire disponible E Load Besoin d'énergie de l'utilisateur
 EUnused Energie inutilisée (batterie chargée) SolFrac Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Tableau 19 : Résultats simulation fonctionnement installation PV

Suite à cette simulation, nous constatons que la période d'hivernage (Juin à Septembre) le rayonnement solaire est insuffisant pour permettre à l'installation PV de couvrir les besoins énergétiques des usagers. Nous allons donc proposer un générateur d'appoint pour cette période.

Nous ajoutons donc un groupe électrogène de 1,5 kW à l'architecture de notre installation. Il fonctionnera comme source d'appoint pendant cette période de faible ensoleillement. Ci-dessous la nouvelle simulation :



Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail kWh	EUnused kWh	E User kWh	E Load kWh	SolFrac
Janvier	177.3	193.3	294.0	59.87	211.8	212.0	0.999
Février	170.2	178.0	266.9	63.25	191.3	191.5	0.999
Mars	191.6	188.7	286.3	62.19	211.8	212.0	0.999
Avril	182.7	170.7	258.0	46.47	205.0	205.2	0.999
Mai	185.4	165.7	240.0	17.11	211.9	212.0	0.999
Juin	162.0	142.4	196.7	1.88	205.2	205.2	0.902
Juillet	151.3	134.5	184.7	0.18	212.0	212.0	0.916
Août	142.6	131.6	181.6	1.50	212.0	212.0	0.772
Septembre	148.5	142.9	201.0	8.49	205.1	205.2	0.890
Octobre	173.0	176.2	262.3	37.86	211.9	212.0	0.999
Novembre	169.2	182.6	274.6	58.59	205.0	205.2	0.999
Décembre	175.1	194.4	306.8	80.77	211.8	212.0	0.999
Année	2028.9	2001.0	2953.0	438.16	2494.9	2496.6	0.956

Légendes:

- GlobHor : Irradiation globale horizontale
- GlobEff : Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
- E Avail : Energie solaire disponible
- EUnused : Energie inutilisée (batterie chargée)
- E User : Energie fournie à l'utilisateur
- E Load : Besoin d'énergie de l'utilisateur
- SolFrac : Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Tableau 20 : Résultats simulation fonctionnement installation PV (Avec générateur d'appoint)

On constate bien que le générateur introduit joue bien son rôle d'appoint. Il n'y a plus d'énergie manquante pour la période hivernale.

PV syst nous donne la consommation annuelle du groupe de 1,5 kW, de 65 litres / an (en réalité sur les 4 mois d'hivernage). On pourra arrondir à 100 litres.

Pour s'inscrire toujours dans la politique de développement durable d'EAF. Nous allons proposer une petite unité de fabrication de biocarburant qui va servir à fabriquer le biodiesel pour assurer la consommation du groupe électrogène. Le Jatropha par exemple peut produire plus de 1892 Litres/ha/an (*Source Wikipédia*). Il nous faudrait moins d'un ha de plante combustible pour produire la consommation annuelle du groupe uniquement pour les besoins d'appoint. L'installation PV se faisant dans un environnement agricole, l'auto production d'un carburant bio en plus d'être aisée, apportera une diversification et une nouvelle spécialité aux qualifications de la ferme école de Tompena.

Plus-value à prévoir pour le générateur d'appoint :

DESIGNATION	COÛT RENDU OUAGA
Petite Unité de production de biodiesel & Acc.	5 500 Euros
Groupe électrogène 1,5 kW	1 000 Euros
TOTAL Générateur d'appoint	6 000 Euros

Tableau 21 : Plus-value générateur d'appoint

VIII. MAINTENANCE DU SYSTEME

La maintenance préventive est indispensable pour la longévité des installations solaires. Un système PV mal entretenu peut perdre plus de 50% de son rendement. Parmi les causes de forte baisse du rendement, on peut citer les films de poussière sur les panneaux.

Il y a en effet deux niveaux de maintenance :

- Le premier concerne le petit entretien qui doit être effectué régulièrement par l'utilisateur. Il s'agit de nettoyer les modules, vérifier l'absence d'ombres portées sur les modules, si besoin élaguer, vérifier le niveau d'électrolyte et éventuellement rajouter de l'eau distillée, remplacer un tube fluorescent. Nous devons veiller à ce que les utilisateurs soient capables d'assurer ces tâches, sinon envisager une formation rapide et efficace.
- Le second concerne la maintenance plus poussée que nous devons effectuer ou trouver dans la zone un technicien qualifié et équipé d'outils appropriés. Il s'agira de vérifier en détails les principaux composants du système. Cette maintenance devra être effectuée tous les 6 mois.

IX. RECOMMANDATIONS ET CONCLUSION

IX.1. RECOMMANDATIONS

Cette installation, comme nous l'avons signalé en introduction est un don de l'ONG Energy Assistance du groupe GDF SUEZ. Pour cette raison, nous devons amener les bénéficiaires à prendre conscience de la valeur de cet investissement et surtout les former afin qu'il en fasse un usage responsable.

Cette formation doit consister à :

- Indiquer les durées d'utilisation et les appareils qu'il est possible de brancher et ceux qu'il faut à tout prix éviter.
- Faire pratiquer aux utilisateurs les gestes nécessaires, plutôt que de simplement leur montrer ce qu'il faut faire. Ex : Montrer de façon pratique le nettoyage des modules, la vérification du niveau d'électrolyte et le rajout de l'eau distillée lorsque c'est nécessaire.

En effet, la performance du système est fortement liée aux respects appuyés de ses consignes.

IX.2. CONCLUSION

Ce projet d'électrification solaire initié par EAF apportera un grand plus à l'activité de la ferme école de Tompena. Sur le plan humain en améliorant la qualité des études, ainsi que le confort de l'ensemble du personnel et des élèves qui verront leurs heures d'études augmentées pour des meilleurs rendements scolaires.

L'Energie solaire pour un pays aussi ensoleillé que le Burkina Faso est l'alternative par excellence pour l'électrification en site isolé. L'investissement étant encore très coûteux, les technologies n'étant pas encore accessibles, l'Etat burkinabé devra prendre des mesures incitatives de défiscalisation et autres avantages d'imposition afin d'encourager les acteurs privés, ainsi que les ONG à mieux s'investir dans l'électrification solaire.

Ces travaux nous a permis de faire une étude complète d'une installation solaire résidentielle, allant de la collecte des données au dimensionnement en passant par la conception de l'architecture du système. Nous retenons que la phase de collecte de données est essentielle pour la réussite du dimensionnement. Durant la collecte de données, il est indispensable de bien échanger avec les futurs utilisateurs, afin de connaître leurs besoins et habitudes afin de mieux y répondre.

La réalisation du projet tel que dimensionné dans nos travaux constituera le test ultime de vérité.

Ce projet permettra de faire une économie conséquente en CO2, car l'énergie solaire est une énergie propre. Et pour cette raison apporte sa contribution au développement durable des peuples.

BIBLIOGRAPHIE

COURS

- Pr Zacharie KOALAGA.2011. *Electricité Solaire Photovoltaïque*. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.
- Mme MVOUDJIO Elena. 2008. *Energies renouvelables*. Ecole Nationale supérieure Polytechnique de Yaoundé
- Dr. TCHUIDJAN Roger. 2007. *Power conversion devices*. Ecole Nationale supérieure Polytechnique de Yaoundé

OUVRAGES & REVUES

- Energy Assistance. *Newsletter N°11 – Décembre 2005*
- Luc CHANCELIER, Eric LAURENT .*L'électricité Photovoltaïque, Collection : "le point sur",* GRET, ADEME, Ministère de la coopération, 1995, ISBN : 2-86844-081-9, cote BU : 621.3 CHA pp 15 -- 62, pp 184 -- 239
- Jean-Paul LOUINEAU. Septembre 2007. *Guide pour le Dimensionnement d'installation et de maintenance des petits systèmes solaires photovoltaïques*. Editeur et distributeur : SYSTEMES SOLAIRES
- Jean-Paul LOUINEAU. Septembre 2007. *Guide pratique du solaire photovoltaïque*. Editeur et distributeur : SYSTEMES SOLAIRES

MEMOIRES

- Max Jimmy TCHANA NKOUIMI. Juin 2009. *Outil d'aide au dimensionnement des systèmes photovoltaïques domestiques*. Mémoire d'ingénieur en génie électrique de l'Ecole Nationale supérieure Polytechnique de Yaoundé ;
- Julie BOBEE. Juin 2010. *Electrification rurale par l'énergie solaire, Etude de cas au Benin*. Université Libre de Bruxelles - Master en Sciences de la Population et du Développement
- Saïdou SORE. Juillet 2010. *Alimentation en énergie du poste de pesage automatique de Bobo-dioulasso : Calcul et Dimensionnement d'une source d'énergie solaire photovoltaïque et groupe électrogène de secours*. Master spécialisé en Génie Electrique, Energétique et énergies renouvelables. Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement.

WEBGRAPHIE

- Google Earth
- www.ineo-gdfsuez.com
- <http://www.burkinafaso-cotedazur.org/web/cms/ferme-ecole.html>
- www.energy-assistance.org
- <http://www.wofrance.fr/weather/maps>
- <http://www.hespul.org/Le-rayonnement-solaire.html>
- <http://www.ecologik-business.com/newsletters/newsle117.html>
- http://www.earth-policy.org/index.php?/indicators/solar_power_2010/
- <http://eosweb.larc.nasa.gov/> (Nasa)
- <http://www.bpsolar.fr/>
- <http://www.conergy.fr/>
- <http://www.aaxis-energie.fr/>
- <http://www.photowatt.com/>
- <http://www.tenesol.com/fr/>

**ANNEXE 1 : DETAILS
DIMENSIONNEMENTS
&
PROFORMA
FOURNISSEUR**

DIMENSIONNEMENT INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (Système Central)

 Affaire : Energy Assistance
 Nom du projet : Electrification ferme école Tompéna
 Date : 31/10/2011

 Localisation site : Ferme école de Tompéna
 Coordonnées géographique : N 10°21' / O 3°29'
 Localisation installation : Bâtiment 1&2&3&4

1. BESOINS ENERGETIQUES DU CLIENT

Récepteurs	Courant CC/CA	Localisation	Qté	Puissance (W)	Utilisation (h/j)	Rdt*	Conso. (wh/jr)	Intensité (A)
Lampes fluo	CA	Bât. 4	3	8	5	0,8	150	0,05
Lampes fluo	CA	Bât. 4	4	11	5	0,8	275	0,06
Lampes fluo	CA	Bât. 4	1	18	6	0,8	135	0,10
TV (prise)	CA	Bât. 4	1	57	4	0,8	285	0,32
Décodeur + Adapt. (prise)	CA	Bât. 4	1	110	4	0,8	550	0,63
Ordinateur (prise)	CA	Bât. 4	1	75	3	0,8	281,25	0,43
Prise salon (usage imprévu)	CA	Bât. 4	1	60	5	0,8	375	0,34
Prise chbres	CA	Bât. 4	5	75	2	0,8	937,5	0,43
Lampes fluo	CA	WC	3	8	3	0,8	90	0,05
Lampes fluo	CA	Bureau 1&2	2	11	5	0,8	137,5	0,06
Lampes fluo	CA	Dortoir/Classe	12	18	5	0,8	1350	0,10
Lampes fluo	CA	Extérieur	1	18	6	0,8	135	0,10
Ordinateur (prise)	CA	Bât. 3	2	75	3	0,8	562,5	0,43
Imprimante (prise)	CA	Bât. 3	1	370	1	0,8	462,5	2,10
Prise Dortoir / Classe	CA	Bât. 3	4	60	3	0,8	900	0,34
Lampes fluo	CA	Entrepôt (Bât. 1)	2	18	3	0,8	135	0,10
Lampes fluo	CA	Cuisine (Bât. 2)	1	11	3	0,8	41,25	0,06
Besoin Journ. totaux Bj							6802,5	10,5

*Rdt récepteur CC = 1

*Rdt récepteur CA = rdt onduleur (entre 0,7 à 0,9)

Tension du générateur (V)	48
Besoins totaux (Ah)	142
Tension de distribution (V)	220

2. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR SOLAIRE

Besoins totaux (wh/jr)	η_{ond}	η_{bat}	E_j^*	Puissance crête (Wc)	Pc normalisée (Wc)	Nbre de module (Nm)	Pc installée (Wc)
6802,5	0,9	0,85	5,5	2 526	120	24	2 880
	0,8	0,8					
	η_{reg}	kp					

A faire approuver par le fournisseur

 η_{ond} : Rendement énergétique de l'onduleur

 η_{bat} : Rendement énergétique des batteries

 η_{reg} : Rendement énergétique du régulateur

kp : Coefficient des panneaux = 0.8

 * E_j : Ensoleillement moyen quotidien du mois le plus défavorable dans le plan du panneau (kwh/m²/jr)

Tension mod.	12
Ns	4
N//	6

3. DIMENSIONNEMENT DES BATTERIES

Besoins totaux (wh/jr)	AUT*	Dd*	U*	Capacité min. (Ah)	Capacité choisie (Ah)
6802,5	3	0,5	48	850	900

A faire approuver par le fournisseur

*AUT : Autonomie de stockage (Nombre max de jours sans soleil)

*U : Tension des batteries

*Dd: Degré de décharge maximum autorisé 50% à 70% pour les batteries solaires

4. CHOIX DU REGULATEUR

Puissance minimale du régulateur (= Pc installée)

2 880 (W)

Icc : Intensité maximale de court-circuit générée par les modules PV (Isc x Nm) :

45 (A)

Intensité produite par le champ PV (Pc/Uchamp) :

60 (A)

Inn : Intensité nominale de la totalité des récepteurs CC alimentés par le régulateur:

11 (A)

 Intensité régulateur choisie **100** (A) A faire approuver par le fournisseur

 Puissance régulateur choisie **3 000** (W)

5. CHOIX DE L'ONDULEUR

Puissance minimale de l'onduleur (= Somme des charges)

1 003 (W)

Rendement de l'onduleur (η_{ond})

0,9

Puissance onduleur calculée (Puiss./ η_{ond})

1 114 (W)

Puissance onduleur choisie **3 500** (W)

*Puissance Onduleur : il est conseillé de la puissance nominale de l'onduleur soit 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.

6. DIMENSIONNEMENT DES CIRCUITS ELECTRIQUES (Section des câbles)

Récepteur	I* (A)	Lc* (Recept/Reg)	Sect. Câbles	R* (Ohm/m)	Chute tension (V)
Liaison Bât. 3 vers Bât. 4	2,35	240	6	0,00678	3,83
Liaison Bât. 3 vers Bât. 1&2	0,16	150	4	0,01018	0,25
Liaison Champ PV - Regul.	60,00	10	16	0,00248	1,49
Liaison Regul. - Batt.	18,75	5	10	0,0039	0,37

Chute de tension maximale = 3% de 220V soit 6,6 V

*I : Intensité nominale dans le câble

*R : Résistance

*Lc : Longueur du câble à deux conducteurs (cas défavorable)

Les raccordements et réseaux à l'intérieur des bâtiment sera fait avec des câbles 2x2,5 mm².

La générateur PV sera localiser à proximité du Bâtiment 3. Les principaux composants du système seront dans le Bâtiment 3.

DIMENSIONNEMENT INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (Système Autonome - Bâtiment 4)

Affaire :	Energy Assistance	Localisation site :	Ferme école de Tompéna
Nom du projet :	Electrification ferme école Tompéna	Coordonnées géographiques :	N 10°21' / O 3°29'
Date :	31/10/2011	Localisation installation :	Bâtiment 4

1. BESOINS ENERGETIQUES DU CLIENT

Récepteurs	Courant CC/CA	Localisation	Qté	Puissance (W)	Utilisation (h/j)	Rdt*	Conso. (wh/jr)	Intensité (A)
Lampes fluo,24 V	CC	Bât. 4	3	8	5	1	120	0,42
Lampes fluo,24 V	CC	Bât. 4	4	11	5	1	220	0,57
Lampes fluo,24 V	CC	Bât. 4	1	18	6	1	108	0,94
TV (prise)	CA	Bât. 4	1	57	4	0,8	285	2,97
Décodeur + Adapt. (prise)	CA	Bât. 4	1	110	4	0,8	550	5,73
Ordinateur (prise)	CA	Bât. 4	1	75	3	0,8	281,25	3,91
Prise salon (usage imprévu)	CA	Bât. 4	1	60	5	0,8	375	3,13
Prise chbres	CA	Bât. 4	5	75	2	0,8	937,5	3,91
Besoin Journ. totaux Bj							2876,75	39,7

*Rdt récepteur CC = 1

*Rdt récepteur CA = rdt onduleur (entre 0,7 à 0,9)

Tension du générateur (V)	24
Besoins totaux (Ah)	120
Tension de distribution (V)	24

2. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR SOLAIRE

Besoins totaux (wh/jr)	η_{ond}	η_{bat}	Ej*	Puissance crête (Wc)	Pc normalisée (Wc)	Nbre de module (Nm)	Pc installée (Wc)
2876,75	0,9	0,85	5,5	1 068	120	10	1 200
	0,8	0,8					
	η_{reg}	k_p					

 η_{ond} : Rendement énergétique de l'onduleur

 η_{bat} : Rendement énergétique des batteries

 η_{reg} : Rendement énergétique du régulateur

 k_p : Coefficient des panneaux = 0.8

 *Ej : Ensoleillement moyen quotidien du mois le plus défavorable dans le plan du panneau (kwh/m²/jr)

Tension mod.	12
Ns	2
N//	5

3. DIMENSIONNEMENT DES BATTERIES

Besoins totaux (wh/jr)	AUT*	Dd*	U*	Capacité min. (Ah)	Capacité choisie (Ah)
2876,75	3	0,5	24	719	800

*AUT : Autonomie de stockage (Nombre max de jours sans soleil)

*U : Tension des batteries

*Dd: Degré de décharge maximum autorisé 50% à 70% pour les batteries solaires

4. CHOIX DU REGULATEUR

Puissance minimale du régulateur (= Pc installée)

1 200 (W)

Icc : Intensité maximale de court-circuit générée par les modules PV (Isc x Nm) :

40 (A)

Intensité produite par le champ PV (Pc/Uchamp) :

50 (A)

Inm : Intensité nominale de la totalité des récepteurs CC alimentés par le régulateur:

40 (A)

 Intensité régulateur choisie **75** (A) *A faire approuver par le fournisseur*

 Puissance régulateur choisie **1 500** (W)

5. CHOIX DE L'ONDULEUR

Puissance minimale de l'onduleur (= Somme des charges)

377 (W)

 Rendement de l'onduleur (η_{ond})

0,9

 Puissance onduleur calculée (Puiss./ η_{ond})

419 (W)

 Puissance onduleur choisie **1 500** (W)

*Puissance Onduleur : il est conseillé de la puissance nominale de l'onduleur soit 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.

6. DIMENSIONNEMENT DES CIRCUITS ELECTRIQUES (Section des câbles)

Récepteur	I* (A)	Lc* (Recept/Reg)	Sect. Câbles	R* (Ohm/m)	Chute tension (V)
Liaison Champ PV - Regul.	50,00	7	16	0,00248	0,87
Liaison Regul. - Batt.	33,33	5	10	0,0039	0,65
Liaison Régul. - Boitier distrib.	39,7	7	16	0,00248	0,69

*I : Intensité nominale dans le câble

*R : Résistance

*Lc : Longueur du câble à deux conducteurs (cas défavorable)

Chute de tension maximale = 3% de 24V soit 0,72 V

 Les raccordements et réseaux à l'intérieur des bâtiment sera fait avec des câbles 2x6 mm².

Le générateur PV sera localiser à proximité du Bâtiment 3. Les principaux composants du système seront dans le Bâtiment 3.

DIMENSIONNEMENT INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (Système Autonome - Bâtiment 3)

Affaire :	Energy Assistance	Localisation site :	Ferme école de Tompéna
Nom du projet :	Electrification ferme école Tompéna	Coordonnées géographiques :	N 10°21' / O 3°29'
Date :	31/10/2011	Localisation installation :	Bâtiment 3

1. BESOINS ENERGETIQUES DU CLIENT

Récepteurs	Courant CC/CA	Localisation	Qté	Puissance (W)	Utilisation (h/j)	Rdt*	Conso. (wh/jr)	Intensité (A)
Lampes fluo	CC	WC	3	8	3	1	72	0,42
Lampes fluo	CC	Bureau 1&2	2	11	5	1	110	0,57
Lampes fluo	CC	Dortoir/Classe	12	18	5	1	1080	0,94
Lampes fluo	CC	Extérieur	1	18	6	1	108	0,94
Ordinateur (prise)	CA	Bât. 3	2	75	3	0,8	562,5	3,91
Imprimante (prise)	CA	Bât. 3	1	370	1	0,8	462,5	19,27
Prise Dortoir / Classe	CA	Bât. 3	4	60	3	0,8	900	3,13
Besoin Journ. totaux Bj							3 295,0	54,2

*Rdt récepteur CC = 1

*Rdt récepteur CA = rdt onduleur (entre 0,7 à 0,9)

Tension du générateur (V)	24
Besoins totaux (Ah)	137
Tension de distribution (V)	24

2. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR SOLAIRE

Besoins totaux (wh/jr)	η_{ond}	η_{bat}	Ej*	Puissance crête (Wc)	Pc normalisée (Wc)	Nbre de module (Nm)	Pc installée (Wc)
3 295	0,9	0,85	5,5	1 224	120	12	1 440
	0,8	0,8					
	η_{reg}	kp					

A faire approuver par le fournisseur

 η_{ond} : Rendement énergétique de l'onduleur

 η_{bat} : Rendement énergétique des batteries

 η_{reg} : Rendement énergétique du régulateur

kp : Coefficient des panneaux = 0.8

 *Ej : Ensoleillement moyen quotidien du mois le plus défavorable dans le plan du panneau (kwh/m²/jr)

Tension mod.	12
Ns	2
N//	6

3. DIMENSIONNEMENT DES BATTERIES

Besoins totaux (wh/jr)	AUT*	Dd*	U*	Capacité min. (Ah)	Capacité choisie (Ah)
3 295	3	0,5	24	824	900

A faire approuver par le fournisseur

*AUT : Autonomie de stockage (Nombre max de jours sans soleil)

*U : Tension des batteries

*Dd: Degré de décharge maximum autorisé 50% à 70% pour les batteries solaires

4. CHOIX DU REGULATEUR

 Puissance minimale du régulateur (= Pc installée) 1 440 (W)

 Icc : Intensité maximale de court-circuit générée par les modules PV (Isc x Nm) : 45 (A)

 Intensité produite par le champ PV (Pc/Uchamp) : 60 (A)

 Inm : Intensité nominale de la totalité des récepteurs CC alimentés par le régulateur: 54 (A)

 Intensité régulateur choisie **100 (A)** *A faire approuver par le fournisseur*

 Puissance régulateur choisie **1 500 (W)**
5. CHOIX DE L'ONDULEUR

 Puissance minimale de l'onduleur (= Somme des charges) 505 (W)

 Rendement de l'onduleur (η_{ond}) 0,9

 Puissance onduleur calculée (Puiss./ η_{ond}) 561 (W)

 Puissance onduleur choisie **1 800 (W)**

*Puissance Onduleur : il est conseillé de la puissance nominale de l'onduleur soit 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.

6. DIMENSIONNEMENT DES CIRCUITS ELECTRIQUES (Section des câbles)

Récepteur	I* (A)	Lc* (Recept/Reg)	Sect. Câbles	R* (Ohm/m)	Chute tension (V)
Liaison Champ PV - Regul.	60,00	7	16	0,00248	1,04
Liaison Regul. - Batt.	37,50	5	10	0,0039	0,73
Liaison Régul. - Boitier distrib.	54,2	5	16	0,00248	0,67

(Augmenter section du câble)
Chute de tension maximale = 3% de 24V soit 0,72 V

*I : Intensité nominale dans le câble

*R : Résistance

*Lc : Longueur du câble à deux conducteurs (cas défavorable)

 Les raccordements et réseaux à l'intérieur des bâtiment sera fait avec des câbles 2x6 mm².

DIMENSIONNEMENT INSTALLATION PHOTOVOLTAÏQUE (Système Autonome - Bâtiment 1&2)

Affaire :	Energy Assistance	Localisation site :	Ferme école de Tompéna
Nom du projet :	Electrification ferme école Tompéna	Coordonnées géographiques :	N 10°21' / O 3°29'
Date :	31/10/2011	Localisation installation :	Bâtiment 1&2

1. BESOINS ENERGETIQUES DU CLIENT

Récepteurs	Courant CC/CA	Localisation	Qté	Puissance (W)	Utilisation (h/j)	Rdt*	Conso. (wh/jr)	Intensité (A)
Lampes fluo, 24 V	CA	Entrepôt (Bât. 1)	2	18	3	0,8	135	0,94
Lampes fluo, 24 V	CA	Cuisine (Bât. 2)	1	11	3	0,8	41,25	0,57
Besoin Journ. totaux Bj							176,3	2,4

*Rdt récepteur CC = 1

*Rdt récepteur CA = rdt onduleur (entre 0,7 à 0,9)

Tension du générateur (V)	24
Besoins totaux (Ah)	7
Tension de distribution (V)	24

2. DIMENSIONNEMENT DU GENERATEUR SOLAIRE

Besoins totaux (wh/jr)	η_{ond}	η_{bat}	Ej*	Puissance crête (Wc)	Pc normalisée (Wc)	Nbre de module (Nm)	Pc installée (Wc)
176	0,9	0,85	5,5	65	120	1	120
	0,8	0,8					
	η_{reg}	kp					

A faire approuver par le fournisseur

*Rb : Rendement énergétique des batteries

*Ri : Rendement énergétique du reste de l'installation (Température élevée modules, régulateur de charge...)

 *Ej : Ensoleillement moyen quotidien du mois le plus défavorable dans le plan du panneau (kwh/m²/jr)

Tension mod.	24
Ns	1
N//	1

3. DIMENSIONNEMENT DES BATTERIES

Besoins totaux (wh/jr)	AUT*	Dd*	U*	Capacité min. (Ah)	Capacité choisie (Ah)
176	3	0,5	24	44	50

A faire approuver par le fournisseur

*AUT : Autonomie de stockage (Nombre max de jours sans soleil)

*U : Tension des batteries

*Dd : Degré de décharge maximum autorisé 50% à 70% pour les batteries solaires

4. CHOIX DU REGULATEUR

Puissance minimale du régulateur (= Pc installée)

120 (W)

Icc : Intensité maximale de court-circuit générée par les modules PV (Isc x Nm) :

7,5 (A)

Intensité produite par le champ PV (Pc/Uchamp) :

5 (A)

Inm : Intensité nominale de la totalité des récepteurs CC alimentés par le régulateur :

2 (A)

 Intensité régulateur choisie **10** (A) *A faire approuver par le fournisseur*

 Puissance régulateur choisie **150** (W)

5. CHOIX DE L'ONDULEUR

Puissance minimale de l'onduleur (= Somme des charges)

0 (W)

 Rendement de l'onduleur (η_{ond})

0,9 (W)

 Puissance onduleur calculée (Puiss./ η_{ond})

0 (W)

 Puissance onduleur choisie **0** (W)

*Puissance Onduleur : il est conseillé de la puissance nominale de l'onduleur soit 2 à 3 fois supérieure à la puissance des appareils à alimenter.

6. DIMENSIONNEMENT DES CIRCUITS ELECTRIQUES (Section des câbles)

Récepteur	I* (A)	Lc* (Recept/Reg)	Sect. Câbles	R* (Ohm/m)	Chute tension (V)
Liaison Champ PV - Regul.	5,00	7	4	0,01018	0,36
Liaison Regul. - Batt.	2,08	5	4	0,01018	0,11
Liaison Régul. - Boitier distrib.	2,45	5	4	0,01018	0,12
Liaison Bat1 - Bat2	0,6	60	4	0,01018	0,35

Chute de tension maximale = 3% de 24V soit 0,72 V

*I : Intensité nominale dans le câble

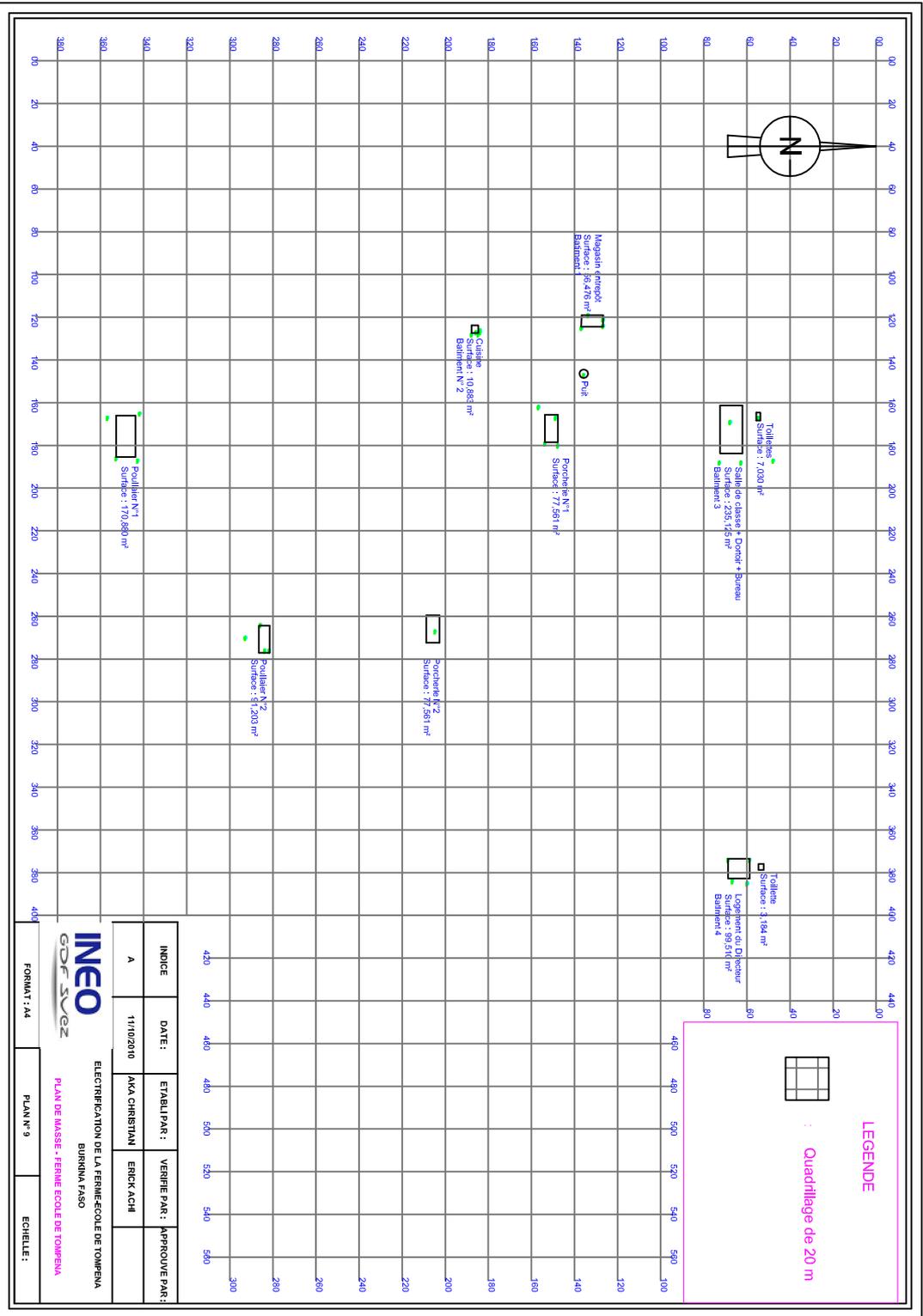
*R : Résistance

*Lc : Longueur du câble à deux conducteurs (cas défavorable)

 Les raccordements et réseaux à l'intérieur des bâtiment sera fait avec des câbles 2x2,5 mm².

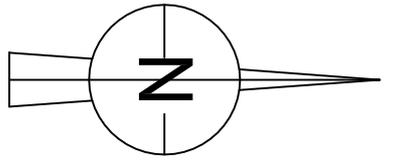
Le générateur PV sera localiser à proximité du Bâtiment 1. Les principaux composants du système seront dans le Bâtiment 1.

ANNEXE 2 : PLANS FERME ECOLE DE TOMPENA

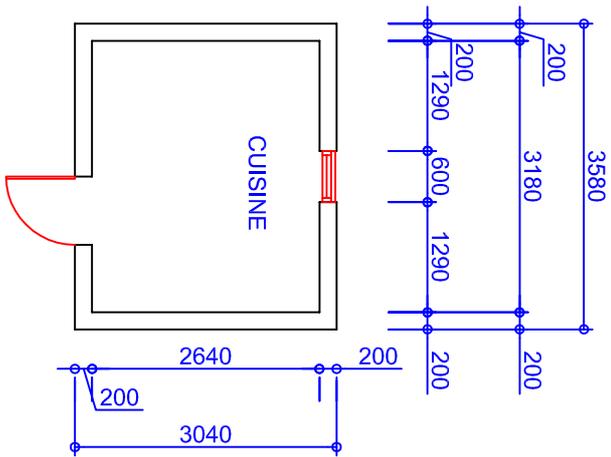


INICIE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/02/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK ACHI	

INEO
 ODF SVGEZ
 ELECTRIFICATION DE LA FERME/ECOLE DE TONPENNA
 BURUNDIA FASO
 PLAN DE MASSE - FERME/ECOLE DE TONPENNA
 PLAN N° 9
 FORMAT : A4
 ECHELLE :



HAUTEUR BAT. = 2,10 m



INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK AGHI	

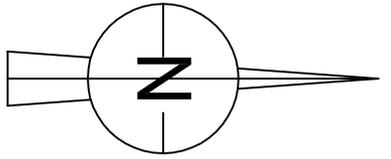
INEO
GDF SVGEZ

ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO
VUE EN PLAN - BAT. N° 2 CUISINE

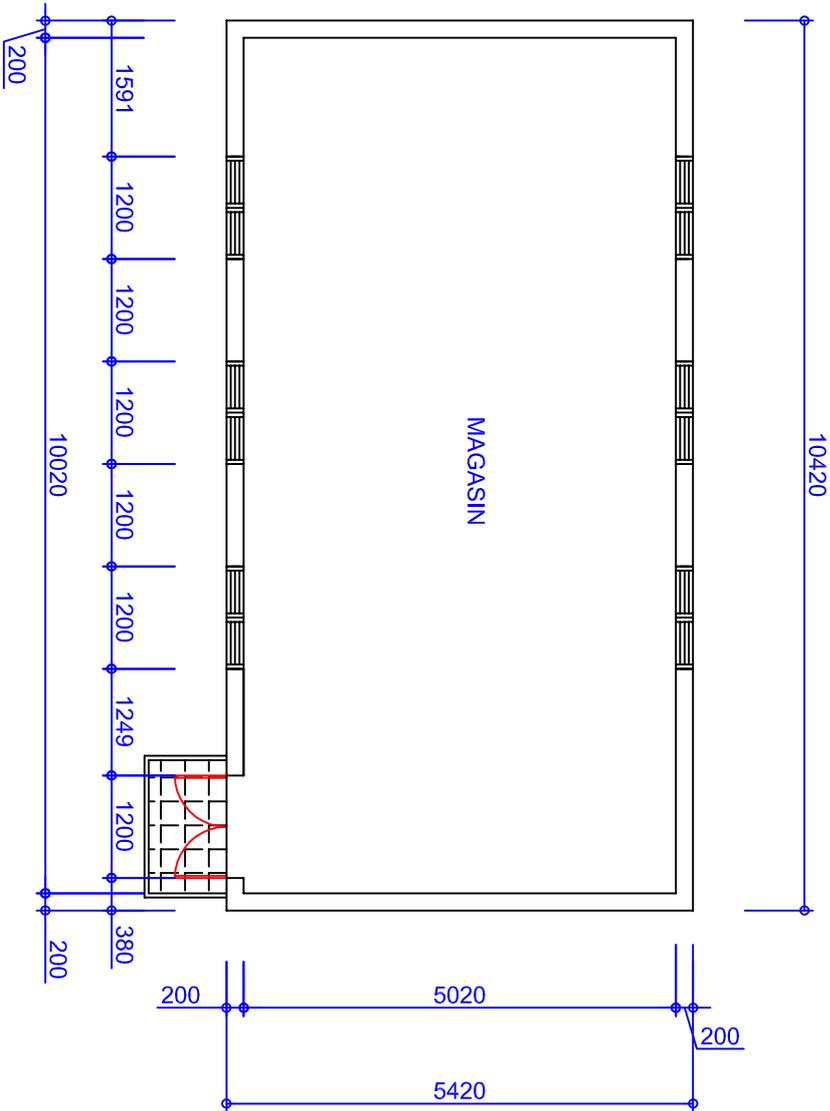
FORMAT : A4

PLAN N° 3

ECHELLE :



HAUTEUR BAT. = 3,70 m



INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK AGHI	

ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO

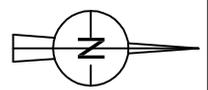
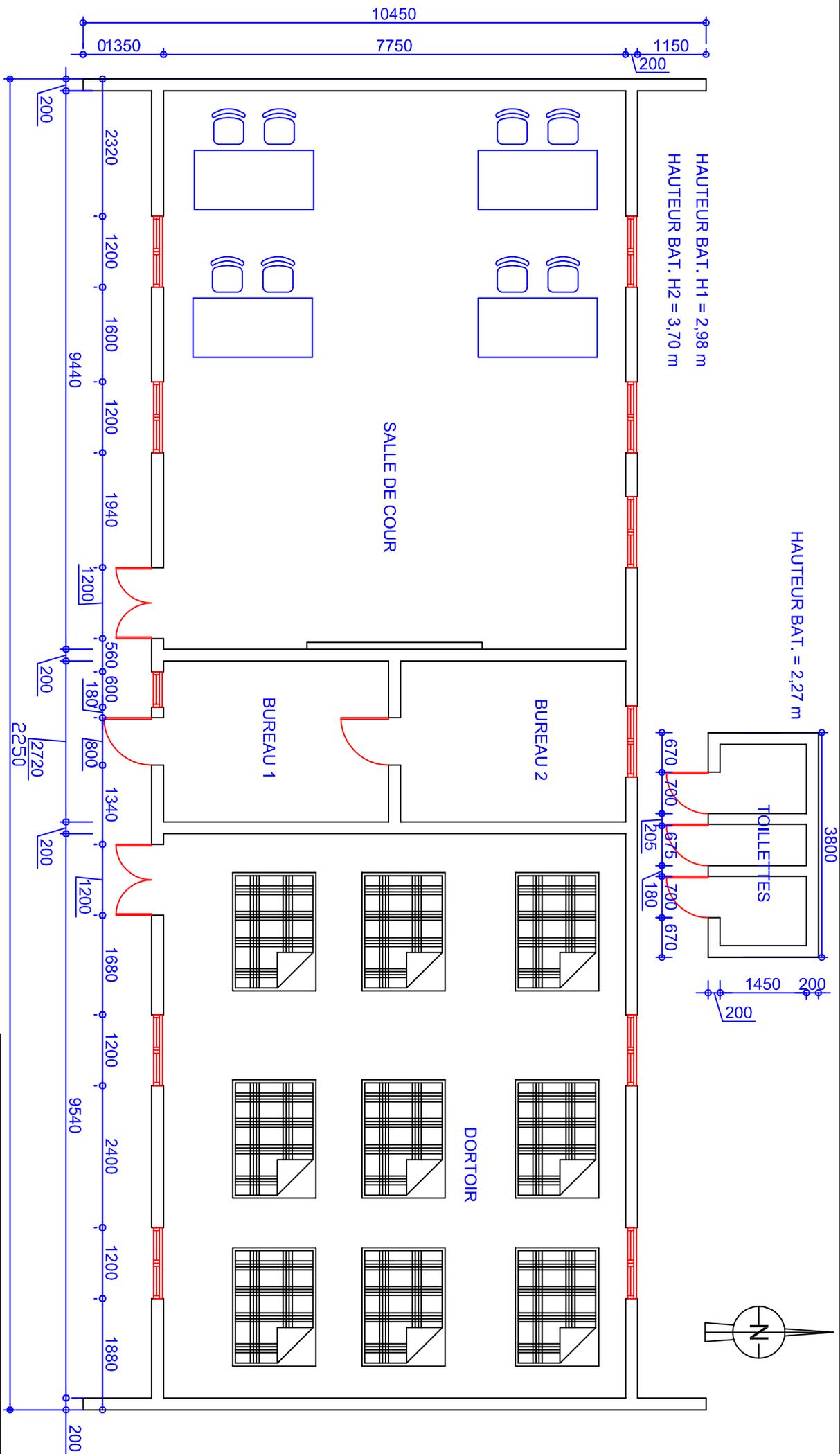


VUE EN PLAN - BAT. N°1 MAGASIN ENTREPOT

FORMAT : A4

PLAN N° 4

ECHELLE :



INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK ACHI	

ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO

INEO
GDF SVGEZ

VUE EN PLAN - BAT. N° 3 SALLE DE CLASSE + DORTOIR + BUR

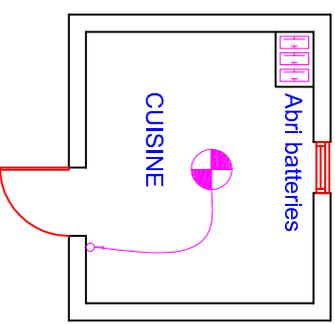
FORMAT : A4

PLAN N° 2

ECHELLE :

LEGENDE ELECTRICITE

-  Interrupteur simple allumage
-  Ampoule
-  Batterie



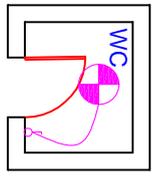
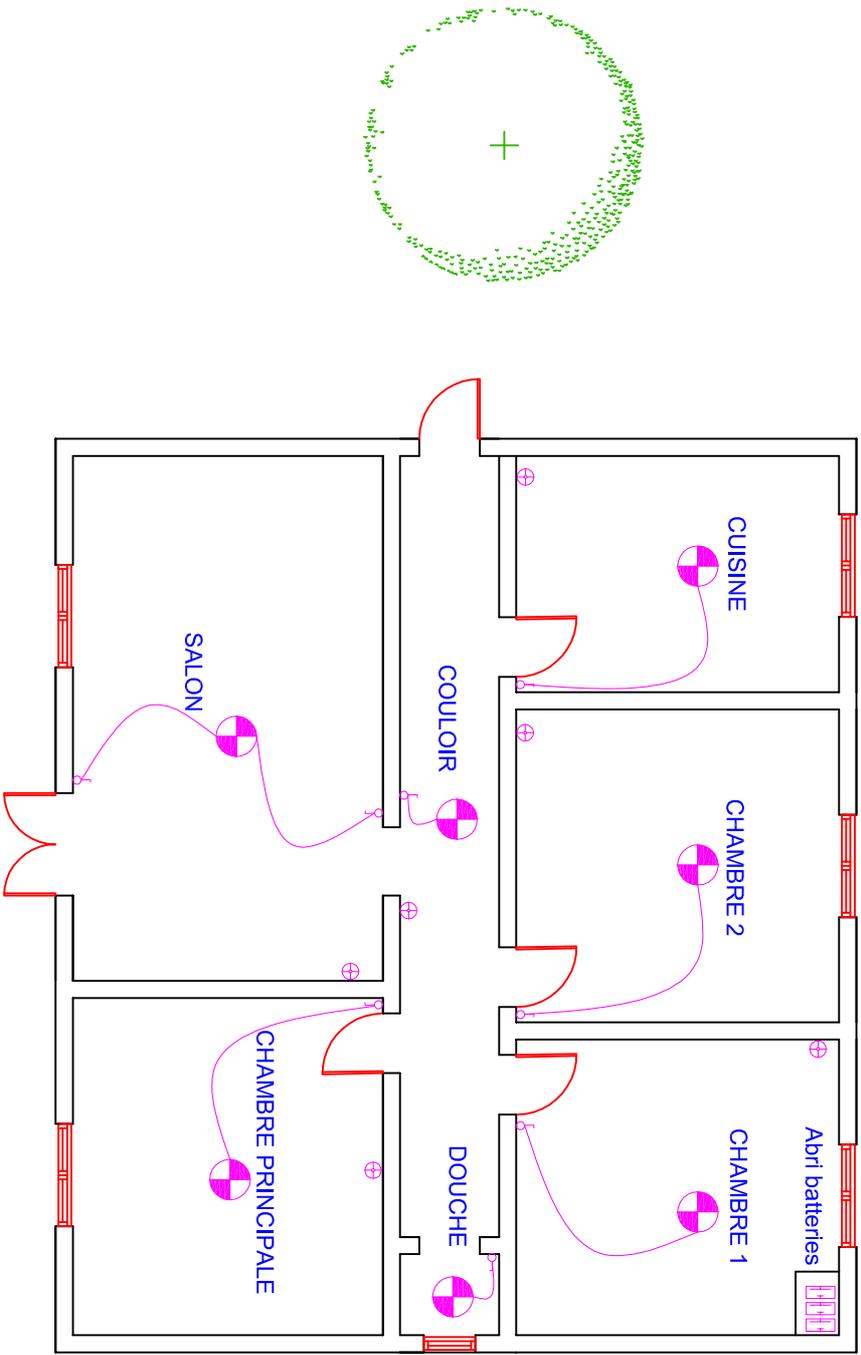
INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK AGHI	



ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO

PLAN D' ELECTRICITE - BAT. N° 2 CUISINE

FORMAT : A4 PLAN N° 7 ECHELLE :



LEGENDE ELECTRICITE

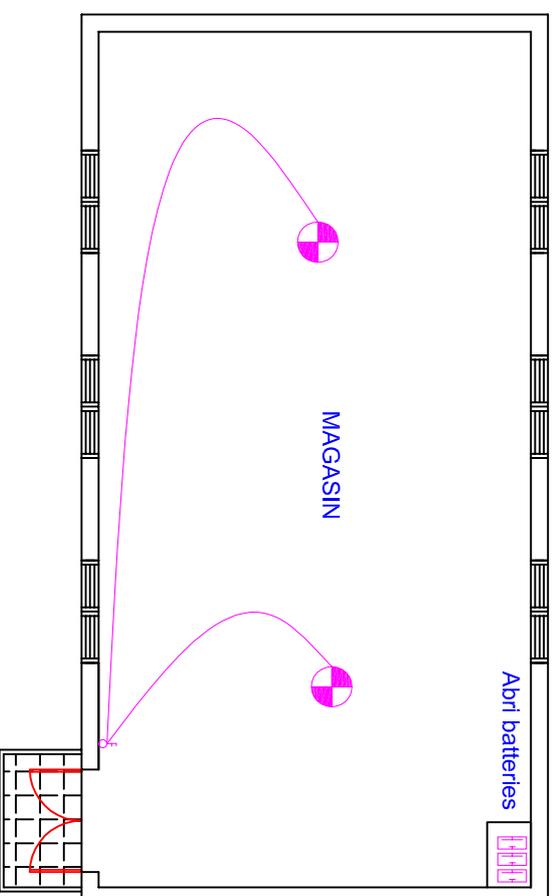
-  : Interrupteur simple allumage
-  : Ampoule
-  : Batterie
-  : Prise de télévision

INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK AGHI	



ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO
PLAN D' ELECTRICITE - BAT. N° 4 LOGEMENT DIRECTEUR

FORMAT : A4 PLAN N° 5 ECHELLE :



INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK AGHI	

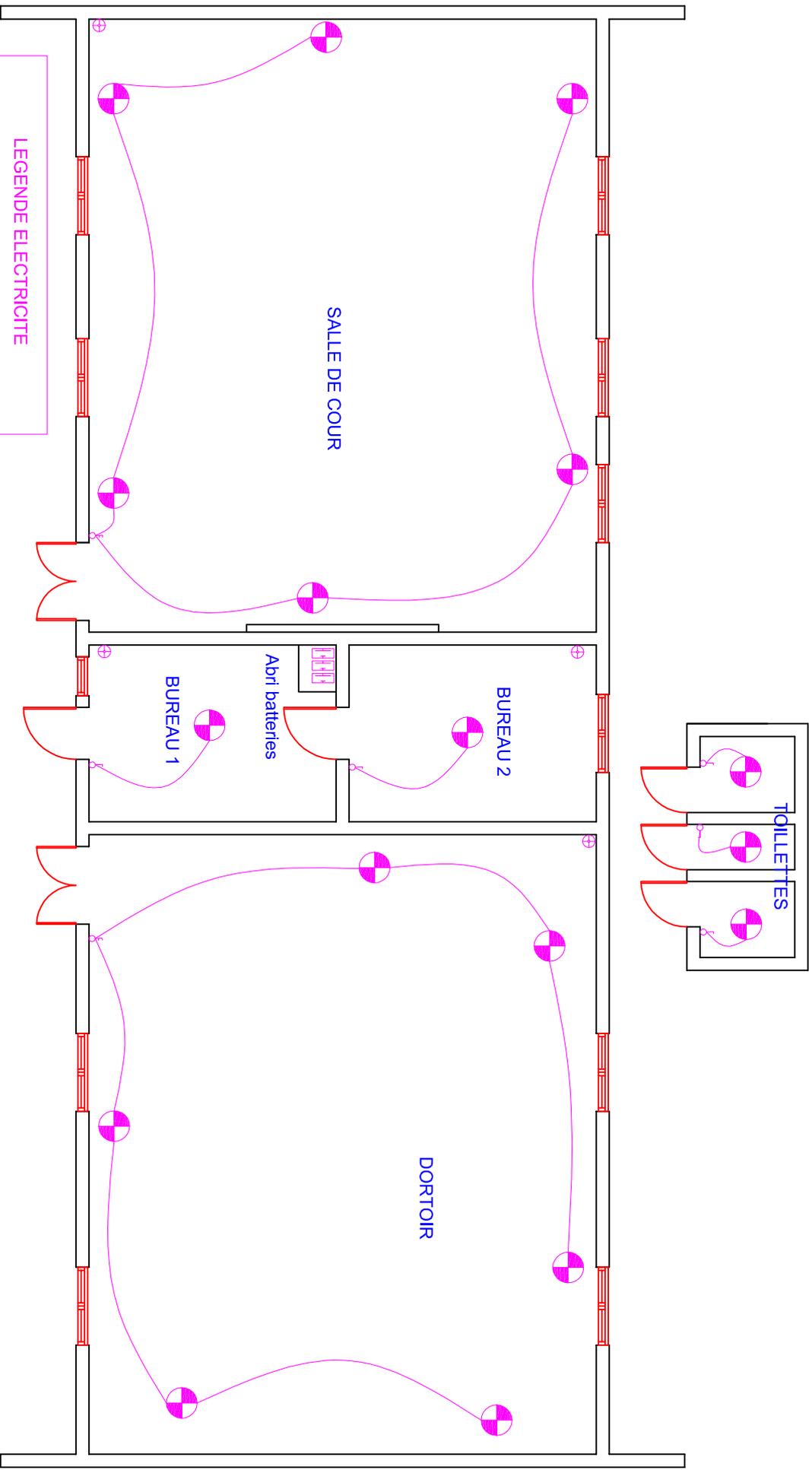


ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA
BURKINA FASO
PLAN D' ELECTRICITE - BAT. N° 1 MAGASIN ENTREPOT

FORMAT : A4

PLAN N° 8

EHELLE :



LEGENDE ELECTRICITE

- ⊕ : Interrupteur simple allumage
- ⊕ : Interrupteur double allumage
- ⊕ : Ampoule
- ⊕ : Batterie
- ⊕ : Prise de television

INDICE	DATE :	ETABLI PAR :	VERIFIE PAR :	APPROUVE PAR :
A	11/10/2010	AKA CHRISTIAN	ERICK ACHI	

INEO
GDF SVGEZ

PLAN D'ELECTRICITE - BAT. N° 3 SALLE DE CLASSE+DORT.
BURKINA FASO
ELECTRIFICATION DE LA FERME-ECOLE DE TOMPENNA

FORMAT : A4

PLAN N° 6

ECHELLE :

ANNEXE 3 : ECLAIRAGE – STANDARD EUROPEEN

Recommandations

Recommandations relatives à l'éclairage intérieur.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des recommandations relatives à l'éclairage intérieur (source : Association Française de l'Eclairage).

	Eclairage moyen à maintenir [lux] (*)	Eclairage moyen en service [lux] (**)
BUREAUX		
Travaux généraux	425	500
Dactylographie	425	500
Salles de dessin	850	1 000
ENSEIGNEMENT		
Salle de classe	325	400
Tableaux	425	500
Amphithéâtres	325	400
Laboratoires	625	750
Salles de dessin	425	500
Salles de lecture	425	500
LOGEMENT (par activité)		
Lecture	325	400
Travail écolier	325	400
Couture	425 à 625	500 à 750
Coucher	175	200
Cuisine	425	500
Bricolage	425	500
HOTELS		
Réception, hall	250	300
Salle à manger	250	300
Cuisines	425	500
Chambres	250	300

(*) Valeurs de l'éclairage moyen à maintenir correspondant à la période de "vieillessement".

(**) Valeurs de l'éclairage moyen en service correspondant à la période de fonctionnement normal.

Figure 9.3. 5 - Recommandations relatives à l'éclairage intérieur

ANNEXE 4 :

DIMENSIONNEMENT & SIMULATION PV Syst 5.53

Système isolé avec batteries: Paramètres de simulation

Projet : Tompena

Site géographique Gaoua **Pays** Artica

Situation Latitude 10.4°N Longitude 3.5°W
 Temps défini comme Temps légal Fus. horaire TU+0 Altitude 333 m
 Albédo 0.20

Données météo : Gaoua, Données horaires synthétiques

Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Date de la simulation 08/12/11 à 12h32

Paramètres de simulation

Orientation plan capteurs Inclinaison 15° Azimut 0°

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-mono Modèle **A-120 M**
 Fabricant Atersa
 Nombre de modules PV En série 4 modules En parallèle 4 chaînes
 Nombre total de modules PV Nbre modules 16 Puissance unitaire 120 Wc
 Puissance globale du champ Nominale (STC) **1920 Wc** Aux cond. de fonct. 1691 Wc (50°C)
 Caractéristiques de fonct. du champ (50°C) U mpp 60 V I mpp 28 A
 Surface totale Surface modules **15.6 m²**

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (vent) 0.0 W/m²K / m/s
 => Tempér. de fonct. nominale (G=800 W/m², Tamb=20°C, Vent=1m/s.) NOCT 56 °C
 Perte ohmique de câblage Rés. globale champ 36 mOhm Frac. pertes 1.5 % aux STC
 Perte de qualité module Frac. pertes 5.0 %
 Perte de "mismatch" modules Frac. pertes 4.0 % (tension fixée)
 Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Paramètre bo 0.05

Paramètres du système

Type de système **Système Isolé avec batteries et génératrice**

Batterie

Modèle **Compact Power**

Fabricant Oerlikon
 Caractéristiques du banc de batteries Tension 48 V Capacité nominale 480 Ah
 Nombre d'unités 8 en série x 6 en parallèle

Température Fixée (20°C)

Régulateur

Modèle General Purpose Default

Technologie Undefined Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.
 Seuils de régulation batterie Charge 54.0/52.3 V Décharge 47.0/50.4 V
 Commande génératrice d'appoint 47.3/51.6 V

génératrice d'appoint

Modèle 1.5 kW

Fabricant Back-up generator

Puissance 2 kW

Besoins de l'utilisateur :

Consomm. domestique moyenne Constants sur l'année
 6.8 kWh/Jour

Système isolé avec batteries: Besoins de l'utilisateur

Projet : Tompena

Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries et génératrice		
Orientation plan capteurs	inclinaison	15°	azimut	0°
Champ PV	Nombre de modules	16	Pnom total	1920 Wc
Batterie	Modèle	Compact Power	Technologie	cellée, plaques
batteries	Nombre d'unités	48	Tension / Capacité	48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	global	2497 kWh/an

Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 6.8 kWh/jr

Valeurs annuelles

	Nombre	Puissance	Utilisation	Energie
Lampes fluorescentes	26	18 W/lampe	5 h/jour	2340 Wh/jour
TV / Magnetoscope / PC	2	75 W/app	6 h/jour	900 Wh/jour
Appareils domestiques	6	100 W/app	5 h/jour	3000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		600 Wh/jour	600 Wh/jour
Energie journalière totale				6840 Wh/jour

Système isolé avec batteries: Résultats principaux

Projet : Tompena

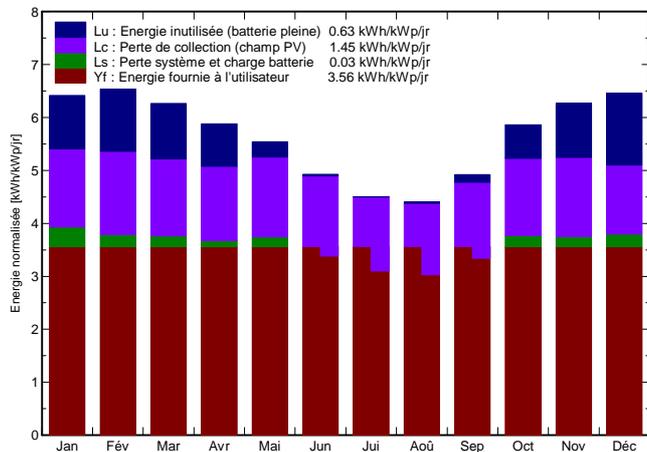
Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Principaux paramètres système		Type de système	Isolé avec batteries et génératrice	
Orientation plan capteurs		inclinaison	15°	azimut 0°
Champ PV		Nombre de modules	16	Pnom total 1920 Wc
Batterie		Modèle	Compact Power	Technologie cellée, plaques
batteries		Nombre d'unités	48	Tension / Capacité 48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur		Consomm. domestique	Constants sur l'année	global 2497 kWh/an

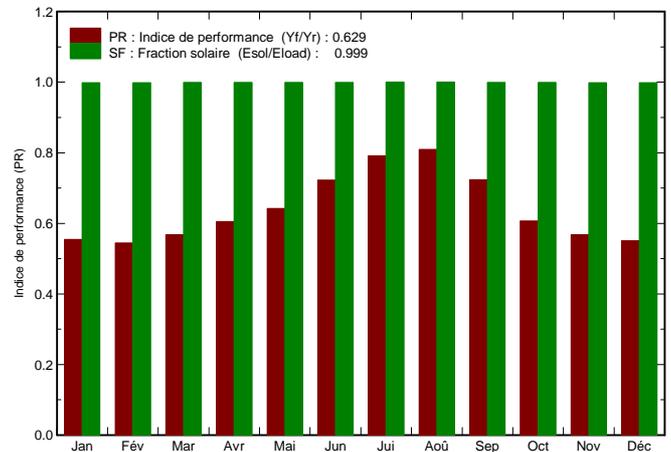
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie disponible	2953 kWh/an	Productible	1538 kWh/kWc/an
	Energie utilisée	2495 kWh/an	En excès (inutilisée)	438 kWh/an
	Indice de performance (PR)	60.2 %	Fraction solaire (SF)	95.6 %
Energie d'appoint de la génératrice	Energie d'appoint	109 kWh/an	Consomm. de carburant	65/an

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1920 Wc



Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)



Variante de base OK (sans groupe et ond)

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUnused	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	
Janvier	177.3	193.3	294.0	59.87	211.8	212.0	0.999
Février	170.2	178.0	266.9	63.25	191.3	191.5	0.999
Mars	191.6	188.7	286.3	62.19	211.8	212.0	0.999
Avril	182.7	170.7	258.0	46.47	205.0	205.2	0.999
Mai	185.4	165.7	240.0	17.11	211.9	212.0	0.999
Juin	162.0	142.4	196.7	1.88	205.2	205.2	0.902
Juillet	151.3	134.5	184.7	0.18	212.0	212.0	0.916
Août	142.6	131.6	181.6	1.50	212.0	212.0	0.772
Septembre	148.5	142.9	201.0	8.49	205.1	205.2	0.890
Octobre	173.0	176.2	262.3	37.86	211.9	212.0	0.999
Novembre	169.2	182.6	274.6	58.59	205.0	205.2	0.999
Décembre	175.1	194.4	306.8	80.77	211.8	212.0	0.999
Année	2028.9	2001.0	2953.0	438.16	2494.9	2496.6	0.956

Légendes:	GlobHor	Irradiation globale horizontale	E User	Energie fournie à l'utilisateur
	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
	E Avail	Energie solaire disponible	SolFrac	Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)
	EUnused	Energie inutilisée (batterie chargée)		

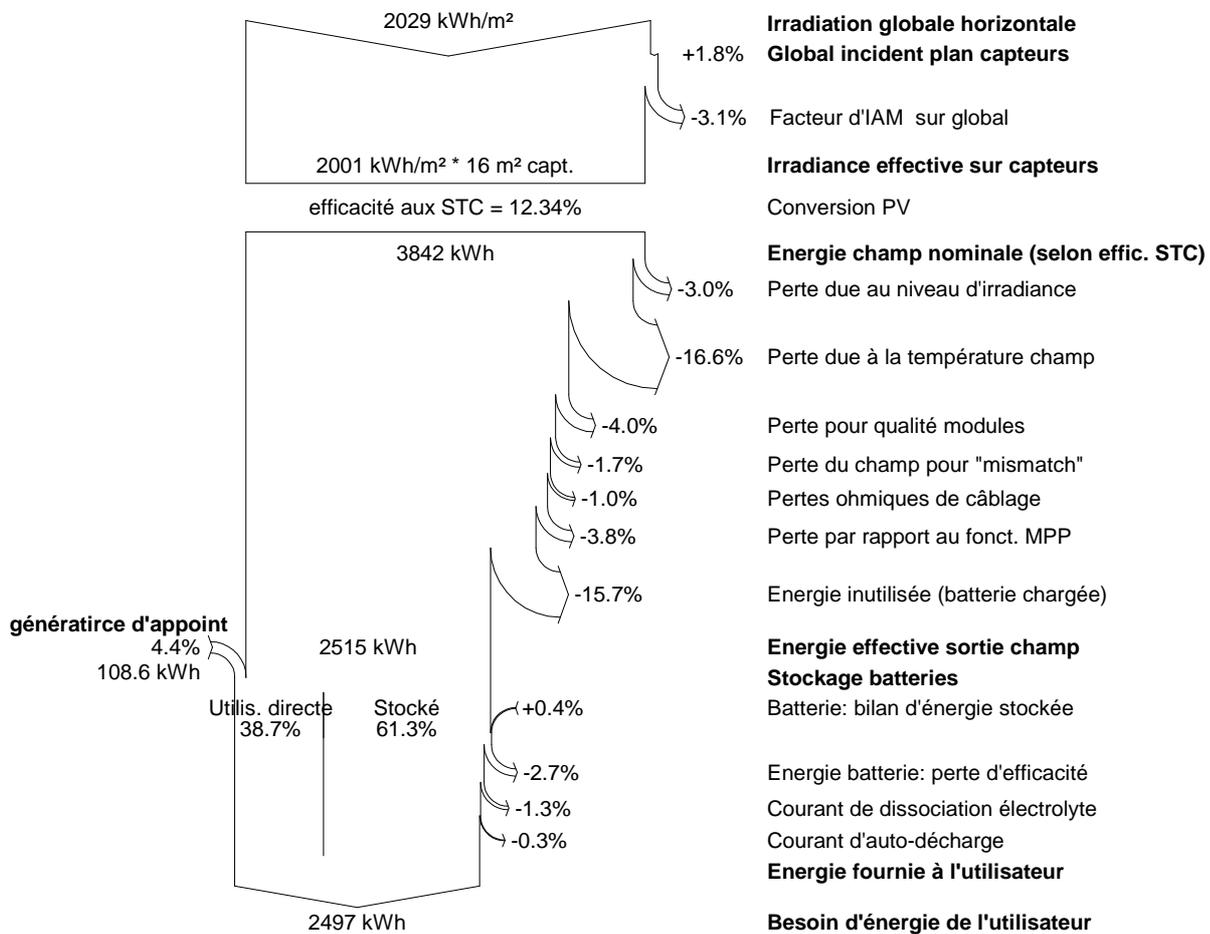
Système isolé avec batteries: Diagramme des pertes

Projet : **Tompena**

Variante de simulation : **Variante de base OK (sans groupe et ond)**

Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries et génératrice	
Orientation plan capteurs	inclinaison	15°	azimut 0°
Champ PV	Nombre de modules	16	Pnom total 1920 Wc
Batterie	Modèle	Compact Power	Technologie cellée, plaques
batteries	Nombre d'unités	48	Tension / Capacité 48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	global 2497 kWh/an

Diagramme des pertes sur l'année entière



Système isolé avec batteries: Paramètres de simulation

Projet : Tompena

Site géographique Gaoua **Pays** Artica

Situation Latitude 10.4°N Longitude 3.5°W
 Temps défini comme Temps légal Fus. horaire TU+0 Altitude 333 m
 Albédo 0.20

Données météo : Gaoua, Données horaires synthétiques

Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Date de la simulation 08/12/11 à 10h54

Paramètres de simulation

Orientation plan capteurs Inclinaison 15° Azimut 0°

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-mono Modèle **A-120 M**
 Fabricant Atersa
 Nombre de modules PV En série 4 modules En parallèle 4 chaînes
 Nombre total de modules PV Nbre modules 16 Puissance unitaire 120 Wc
 Puissance globale du champ Nominale (STC) **1920 Wc** Aux cond. de fonct. 1691 Wc (50°C)
 Caractéristiques de fonct. du champ (50°C) U mpp 60 V I mpp 28 A
 Surface totale Surface modules **15.6 m²**

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (vent) 0.0 W/m²K / m/s
 => Tempér. de fonct. nominale (G=800 W/m², Tamb=20°C, Vent=1m/s.) NOCT 56 °C
 Perte ohmique de câblage Rés. globale champ 36 mOhm Frac. pertes 1.5 % aux STC
 Perte de qualité module Frac. pertes 5.0 %
 Perte de "mismatch" modules Frac. pertes 4.0 % (tension fixée)
 Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Paramètre bo 0.05

Paramètres du système

Type de système **Système isolé avec batteries**

Batterie

Modèle **Compact Power**

Fabricant Oerlikon
 Caractéristiques du banc de batteries Tension 48 V Capacité nominale 480 Ah

Nombre d'unités 8 en série x 6 en parallèle

Température Fixée (20°C)

Régulateur

Modèle General Purpose Default

Technologie Undefined Coeff. de temp. -5.0 mV/°C/elem.
 Seuils de régulation batterie Charge 54.0/52.3 V Décharge 47.0/50.4 V

Commande génératrice d'appoint 47.3/51.6 V

Besoins de l'utilisateur :

Consomm. domestique moyenne Constants sur l'année
 6.8 kWh/Jour

Système isolé avec batteries: Besoins de l'utilisateur

Projet : Tompena

Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Principaux paramètres système	Type de système	Isolé avec batteries		
Orientation plan capteurs	inclinaison	15°	azimut	0°
Champ PV	Nombre de modules	16	Pnom total	1920 Wc
Batterie	Modèle	Compact Power	Technologie	cellée, plaques
batteries	Nombre d'unités	48	Tension / Capacité	48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur	Consomm. domestique	Constants sur l'année	global	2497 kWh/an

Consomm. domestique, Constants sur l'année, moyenne = 6.8 kWh/jr

Valeurs annuelles

	Nombre	Puissance	Utilisation	Energie
Lampes fluorescentes	26	18 W/lampe	5 h/jour	2340 Wh/jour
TV / Magnetoscope / PC	2	75 W/app	6 h/jour	900 Wh/jour
Appareils domestiques	6	100 W/app	5 h/jour	3000 Wh/jour
Frigo / Congélateur	1		600 Wh/jour	600 Wh/jour
Energie journalière totale				6840 Wh/jour

Système isolé avec batteries: Résultats principaux

Projet : **Tompena**

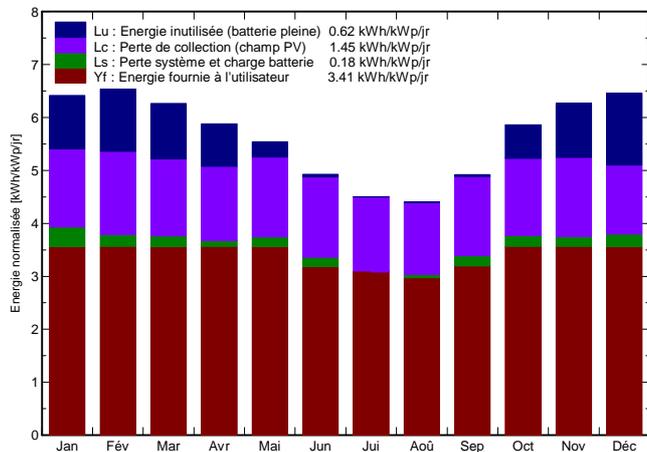
Variante de simulation : **Variante de base OK (sans groupe et ond)**

Principaux paramètres système		Type de système	Isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs		inclinaison	15°	azimut 0°
Champ PV		Nombre de modules	16	Pnom total 1920 Wc
Batterie		Modèle	Compact Power	Technologie cellée, plaques
batteries		Nombre d'unités	48	Tension / Capacité 48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur		Consomm. domestique	Constants sur l'année	global 2497 kWh/an

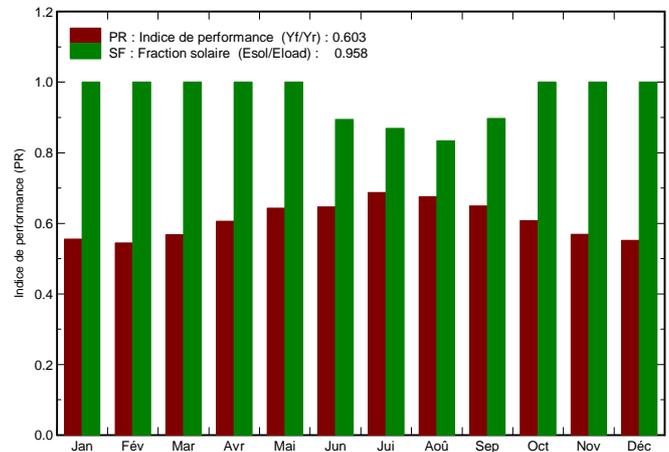
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie disponible	2947 kWh/an	Productible	1535 kWh/kWc/an
	Energie utilisée	2391 kWh/an	En excès (inutilisée)	431 kWh/an
	Indice de performance (PR)	60.3 %	Fraction solaire (SF)	95.8 %
Besoins non satisfaits	Fraction du temps	4.2 %	Energie manquante	106 kWh/an

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1920 Wc



Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF)



Variante de base OK (sans groupe et ond)

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	GlobEff	E Avail	EUnused	E Miss	E User	E Load	SolFrac
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Janvier	177.3	193.3	294.0	59.87	0.00	212.0	212.0	1.000
Février	170.2	178.0	266.9	63.24	0.00	191.5	191.5	1.000
Mars	191.6	188.7	286.3	62.19	0.00	212.0	212.0	1.000
Avril	182.7	170.7	258.0	46.47	0.00	205.2	205.2	1.000
Mai	185.4	165.7	240.0	17.11	0.00	212.0	212.0	1.000
Juin	162.0	142.4	196.6	2.99	21.69	183.5	205.2	0.894
Juillet	151.3	134.5	183.6	0.18	27.67	184.4	212.0	0.870
Août	142.6	131.6	180.9	0.12	35.12	176.9	212.0	0.834
Septembre	148.5	142.9	197.2	1.97	21.14	184.1	205.2	0.897
Octobre	173.0	176.2	262.2	37.86	0.00	212.0	212.0	1.000
Novembre	169.2	182.6	274.6	58.59	0.00	205.2	205.2	1.000
Décembre	175.1	194.4	306.8	80.77	0.00	212.0	212.0	1.000
Année	2028.9	2001.0	2947.2	431.37	105.62	2391.0	2496.6	0.958

Légendes: GlobHor	Irradiation globale horizontale	E Miss	Energie manquante
GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages	E User	Energie fournie à l'utilisateur
E Avail	Energie solaire disponible	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
EUnused	Energie inutilisée (batterie chargée)	SolFrac	Fraction solaire (Eutile / Ebesoin)

Système isolé avec batteries: Diagramme des pertes

Projet : Tompena

Variante de simulation : Variante de base OK (sans groupe et ond)

Principaux paramètres système		Type de système	Isolé avec batteries	
Orientation plan capteurs		inclinaison	15°	azimut 0°
Champ PV		Nombre de modules	16	Pnom total 1920 Wc
Batterie		Modèle	Compact Power	Technologie cellée, plaques
batteries		Nombre d'unités	48	Tension / Capacité 48 V / 480 Ah
Besoins de l'utilisateur		Consomm. domestique	Constants sur l'année	global 2497 kWh/an

Diagramme des pertes sur l'année entière

