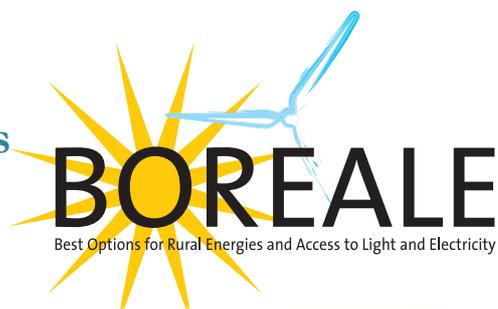


Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 – 2017



Centrale solaire et mini réseau de Ambonaivo – 7,5 kWc
Centrale de type 3
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALÉTIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE AMBONAIVO

Champ Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 7500 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 30 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 3 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
Parc de stockage électrochimique	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2200 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 1 parc de 24 éléments série - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
Ensemble régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 2 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
Ensemble onduleur	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 1 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 1 onduleur XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave
Coffrets et protections	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
Câblages et canalisations	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BATT : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation

<p>Mini réseau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poteaux BT : poteaux bois, 29 poteaux installés - Réseau principal : 2x35 alu, 651 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 755 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
<p>Distribution & raccordements usagers</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
<p>Distribution intérieure</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
<p>Eclairage public</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 6 unités
<p>Exploitant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ASA
<p>Mise en service</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 20 février 2016

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



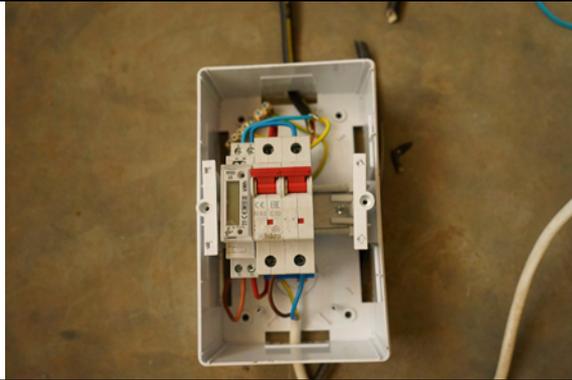
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



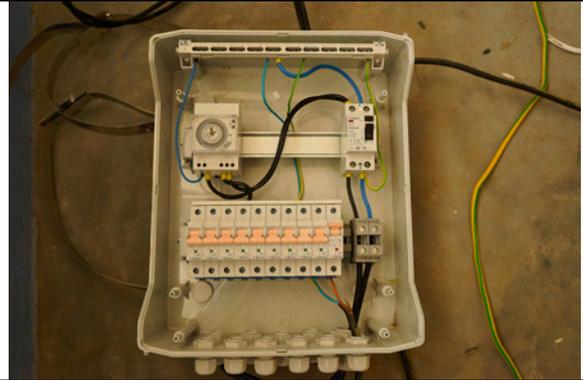
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).



est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a-t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle-ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ **Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre**

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ **Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !**

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble verre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :



Ce projet est co-financé par
l'Union Européenne



FONDATION ENERGIES POUR LE MONDE
AGENCE DE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRIFICATION RURALE
MINISTERE DE L'EAU, DE L'ENERGIE
ET DES HYDROCARBURES

DAC No. FOND A0 2019/07 – Projet PAMELA
Du 2 juillet 2019

« RENFORCEMENT DES CAPACITES DE PRODUCTION ET RENOVATION
PARTIELLE DE LA CENTRALE D'ELECTRIFICATION AUTONOME
D'AMBONDRO
REGION ANDROY / MADAGASCAR »

DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE (D.E.M)

ANKA MADAGASCAR



1. Eléments de contexte

L'objectif général du projet PAMELA est de réduire la pauvreté dans deux régions d'Afrique subsaharienne : la Basse-Casamance au Sénégal, et les Régions Anosy et Androy, au sud de Madagascar. L'objectif spécifique est de contribuer au développement du tissu économique local par la valorisation économique de l'accès à l'électricité dans un certain nombre de localités de ces régions déjà électrifiées au cours des dernières années, les unes par centrales solaires et mini-réseaux à Madagascar, l'autre par systèmes solaires individuels au Sénégal.

Ce projet de recherche-action a vocation à établir une méthodologie destinée à valoriser les usages productifs de l'électricité en zones rurales de manière à développer le tissu économique local tout en garantissant la pérennité financière des exploitations électriques.

Ce projet se déroule en plusieurs phases :

- La première phase consiste en l'élaboration d'une méthodologie de valorisation de l'accès à l'électricité basée sur une approche par filières économiques ;
- La deuxième phase vise à tester cette méthodologie auprès de 20 à 30 entrepreneurs (porteurs de projets) à Madagascar et au Sénégal ;
- La troisième phase permettra d'ajuster la méthodologie de départ à partir des résultats de la phase de test et de l'analyse des impacts ;
- Enfin, la dernière phase du projet consistera en la diffusion de la méthodologie finale auprès d'un grand nombre d'acteurs, en vue de sa réplique à toutes les géographies d'Afrique Sub-Saharienne.

Le projet se situe actuellement dans sa phase n°2. Dans les régions Androy et Anosy, à Madagascar, 16 porteurs de projets ont été identifiés pour être accompagnés dans la création ou l'expansion de l'activité économique proposée, en lien avec l'électricité.

Le projet se situe dans l'extrême sud de Madagascar, à proximité d'Ambovombe. Le site est accessible par piste toute l'année, à environ 4 heures de Fort Dauphin, 45 minutes d'Ambovombe.

Parmi les activités du projet, il est prévu de renforcer les capacités de production de la centrale d'Ambondro afin de pouvoir raccorder de nouveaux usagers productifs.

2. Intervention d'ANKA Madagascar

ANKA Madagascar est attributaire de la consultation FOND AO 2019/07 portant sur les travaux suivants :

- Organisation d'une visite préalable de site en présence d'un représentant de la maîtrise d'ouvrage (visite de piquetage et d'implantation des différents éléments)
- Fourniture des plans et dossiers d'exécution en amont du démarrage des travaux (validation obligatoire par l'assistance à la maîtrise d'ouvrage avant tout démarrage de travaux).
- Terrassement préalable pour l'implantation des structures porteuses, y compris l'aménagement si nécessaire des voies d'accès au site sera réalisé par l'ASA
- Dépose et mise en recyclage du parc batterie existant.
- Remplacement des 3 SI5048 existant (dont 1 HS) par 3 SI 8.0 H, y compris pose et raccordement, les équipements déposés restent sur place.
- Fourniture et installation d'un parc photovoltaïque de 15 kWc avec un (1) onduleur SMA associé, y compris raccordement au TGBT existant et mise en service.
- Fourniture et installation d'un parc batterie de 206 kWh y compris raccordement DC et mise en service et eau distillée.

- Fourniture et installation du câblage, goulottes et canalisations
- Fourniture et mise en place d'un outil de monitoring, en impliquant au maximum le personnel technique disponible de l'exploitant ASA.
- Fourniture de composants de rechange (convertisseur bidirectionnel + équipement de monitoring)
- Réglage et paramétrage du monitoring, avec prise en charge des frais de connexion jusqu'à la réception technique définitive (au plus tard 1 an après la mise en service).
- Contrôle et resserrage de l'ensemble des points de connexion de la centrale.
- Mise en service, réglage et tests de l'ensemble.
- Elaboration du dossier des ouvrages exécutés (DOE), du manuel d'entretien et d'exploitation des centrales (DEM).

3. Résumé de la centrale hybride d'Ambondro

- Dénomination : Centrale Ambondro
- Implantation : Sur site préalablement terrassé, avec clôture en raketa, local technique en ouvrage de maçonnerie
- Point GPS de la centrale : 25°12'38.81"S / 45°49'36.52"E
- Accessibilité : Route nationale RN10
- Puissance du champs PV : 15 kWp
- Parc Batteries : 206 kWh
- Mise en œuvre du champ photovoltaïque : Sur châssis fixes en acier galvanisé, ancré sur longrines bétons
- Couplage de puissance : Sur bus AC
- Onduleur PV: Sunny Tripower STP 15000 TL-30
- Onduleurs bidirectionnels : Sunny Island SI8.0H13
- Système de surveillance : Surveillance à distance à travers un routeur
- Date de mise en service : 02/11/2020 (réception technique provisoire)

Ce document concerne le dossier d'exploitation et de maintenance (DEM) pour la centrale d'Ambondro. On trouvera la procédure de mise en marche et arrêt de la centrale, la manipulation et diagnostic des onduleurs, et la procédure de maintenance des équipements de la centrale.

4. Consignes de sécurité importante

DANGER

Danger de mort par choc électrique en cas de contact avec des composants conducteurs ou des câbles

Les composants conducteurs ou les câbles du produit sont soumis à de hautes tensions. Le contact avec des composants conducteurs ou des câbles peut entraîner la mort ou des blessures mortelles due à un choc électrique.

- Ne touchez pas aux composants conducteurs ou aux câbles dénudés.
- Mettez hors tension le produit et sécurisez-le avant toute intervention.
- Après la mise hors tension, attendez au moins 15 minutes que les condensateurs soient déchargés.
- Respectez toutes les consignes de sécurité des composants en lien avec le produit.
- Portez toujours un équipement de protection individuelle adapté lors de toute intervention sur le produit.

DANGER

Danger de mort par choc électrique en cas d'exploitation d'un produit endommagé

L'exploitation d'un produit endommagé peut présenter des situations dangereuses lors desquelles des pièces accessibles du produit sont sous haute tension. Le contact avec des composants conducteurs ou des câbles peut entraîner la mort ou des blessures mortelles due à un choc électrique.

- Le produit doit être exploité uniquement s'il se trouve dans un état technique irréprochable et dans un parfait état de fonctionnement.
- Vérifiez régulièrement que le produit ne présente aucun dommage visible.
- Assurez-vous que tous les dispositifs de sécurité externes sont librement accessibles à tout moment.
- Assurez-vous que le fonctionnement de tous les dispositifs de sécurité est garanti.
- Portez toujours un équipement de protection individuelle adapté lors de toute intervention sur le produit.

AVERTISSEMENT

Danger de mort par incendie et explosion

Dans de rares cas, les mélanges gazeux inflammables peuvent être générés dans l'onduleur en cas de dysfonctionnement. Les opérations de commutation risquent, dans ce cas, de provoquer un incendie ou une explosion dans l'onduleur. Il peut en résulter la mort ou des blessures pouvant engager le pronostic vital par projection d'objets ou présence d'objets brûlants.

- En cas de dysfonctionnement, n'exécutez pas d'actions directes sur l'onduleur.
- Assurez-vous que les personnes non autorisées ne peuvent pas accéder à l'onduleur.
- Déconnectez la batterie du produit via un dispositif de sectionnement externe.
- Coupez le disjoncteur miniature AC ou si celui-ci s'est déjà déclenché, laissez-le désactivé et sécurisez-le contre tout réenclenchement.
- Lors de l'exécution de travaux sur l'onduleur (recherche d'erreurs, réparations, par ex.), portez toujours un équipement de protection individuelle conçu pour manipuler des matières dangereuses (gants de protection, protection des yeux et du visage et masque respiratoire).

ATTENTION

Risque de brûlure dû aux courants de court-circuit sur l'onduleur mis hors tension

Les condensateurs dans la zone d'entrée du raccordement DC de l'onduleur accumulent de l'énergie. Une fois la batterie déconnectée de l'onduleur, la tension de la batterie persiste temporairement au niveau du raccordement DC. Un court-circuit au niveau du raccordement DC de l'onduleur peut entraîner des brûlures et endommager l'onduleur.

- Attendez 15 minutes avant d'intervenir sur le raccordement DC ou sur les câbles DC. Les condensateurs ont ainsi le temps de se décharger.

PRUDENCE

Endommagement du produit par pénétration de sable, de poussière et d'humidité

La pénétration de sable, de poussière et d'humidité dans le produit peut endommager celui-ci ou altérer son fonctionnement.

- N'ouvrez le produit que si l'humidité de l'air est comprise dans les limites indiquées et si l'environnement est exempt de sable et de poussière.
- N'ouvrez pas le produit en cas de tempête de sable ou de précipitations.

PRUDENCE

Endommagement de l'onduleur par une décharge électrostatique

En touchant les composants électroniques, vous pouvez endommager, voire détruire l'onduleur par décharge électrostatique.

- Reliez-vous à la terre avant de toucher un composant.

⚠ AVERTISSEMENT

Danger de mort dû à des gaz explosifs

Des gaz explosifs peuvent s'échapper de la batterie et entraîner une explosion.

- Protégez les zones à proximité de la batterie contre les flammes nues, les braises ou les étincelles.
- Procédez à l'installation, à l'exploitation et à la maintenance de la batterie en respectant les consignes du fabricant.
- La batterie ne doit ni surchauffer au-delà de la température autorisée, ni être jetée au feu.
- Mesure supplémentaire pour les batteries au plomb : assurez-vous que la salle des batteries est suffisamment ventilée.

⚠ AVERTISSEMENT

Risque de brûlure par l'électrolyte de la batterie

En cas de mauvaise manipulation, l'électrolyte contenu dans la batterie peut s'échapper et provoquer des brûlures au niveau des yeux, des organes respiratoires et de la peau.

- Procédez à l'installation, l'exploitation, la maintenance et l'élimination de la batterie en respectant les consignes du fabricant.
- Lors de toute intervention sur la batterie, portez un équipement de protection individuelle approprié, tel que des gants en caoutchouc, un tablier, des bottes en caoutchouc et des lunettes de protection.
- En cas de projection d'acide, rincez longuement et soigneusement à l'eau claire et consultez immédiatement un médecin.
- Si des vapeurs d'acide ont été inhalées, consultez immédiatement un médecin.

⚠ AVERTISSEMENT

Danger de mort par brûlures causées par l'arc électrique à cause de courants de court-circuit

Les courants de court-circuit de la batterie peuvent provoquer des dégagements de chaleur et des arcs électriques. Les dégagements de chaleur et arcs électriques peuvent entraîner des blessures mortelles par brûlure.

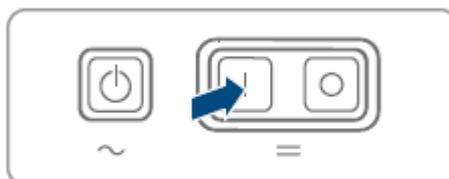
- Avant toute intervention sur la batterie, retirez vos montres, bagues et autres objets métalliques.
- Pour toute intervention sur la batterie, utilisez un outillage isolé électriquement.
- Ne posez pas d'outils ni de pièces métalliques sur la batterie.
- Respectez toutes les consignes de sécurité du fabricant des batteries.

⚠ DANGER
Indique une mise en garde dont le non-respect entraîne des blessures corporelles graves, voire la mort.
⚠ AVERTISSEMENT
Indique une mise en garde dont le non-respect peut entraîner des blessures corporelles graves, voire la mort.
⚠ ATTENTION
Indique une mise en garde dont le non-respect peut entraîner des blessures corporelles légères ou de moyenne gravité.
PRUDENCE
Indique une mise en garde dont le non-respect peut entraîner des dommages matériels.

5. Mise en service de la centrale

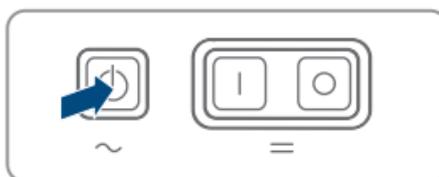
La mise en service de la centrale se déroule comme suit :

1. Fermer les interrupteurs-sectionneurs des fusibles batteries
2. Démarrer le Sunny Island :
 - a. Appuyez sur la touche marche du maître et maintenez-la enfoncée jusqu'à ce qu'un signal sonore retentisse.



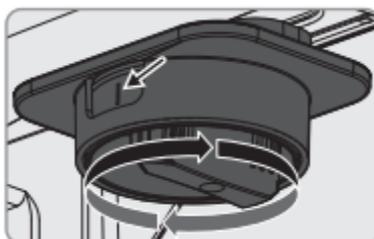
- Sur chaque Sunny Island, la DEL orange de l'onduleur est allumée et les onduleurs Sunny Island sont en mode Veille.

- a. Appuyez sur la touche marche/arrêt du Maître et maintenez-la enfoncée jusqu'à ce qu'un signal sonore retentisse.



- La DEL d'onduleur de chaque Sunny Island est allumée en vert. Les Sunny Island sont en service

3. Fermer les disjoncteurs miniatures AC1 et AC2 dans le TGBT
4. Fermer les disjoncteurs dans le l'armoire du monitoring
5. Tourner l'interrupteur-sectionneur DC du Sunny Tripower en position I



- *Les trois DEL s’allument et la phase de démarrage commence. La phase de démarrage peut durer quelques minutes.*
- *La DEL verte est allumée. Le mode d’injection commence*

Si la DEL verte clignote toujours, cela veut dire que les conditions de démarrage du mode d’injection ne sont pas encore remplies. Dès que les conditions pour le mode d’injection sont remplies, l’onduleur commence l’injection et la DEL verte s’allume durablement ou clignote en fonction de la puissance disponible.

6. Fermer le sectionneur général, départ 1, départ 2

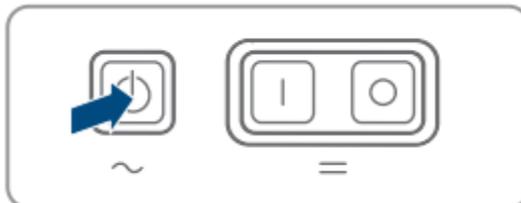
6. Mise hors service de la centrale

La procédure de mise hors service de la centrale se déroule contrairement à celle de la mise en service :

1. Ouvrir le sectionneur général, départ 1, départ 2
2. Tourner l’interrupteur-sectionneur DC du Sunny Tripower en position 0



3. Ouvrir les disjoncteurs dans le l’armoire du monitoring
4. Ouvrir les disjoncteurs miniatures AC1 et AC2 dans le TGBT
5. Appuyez sur la touche marche/arrêt du Maître et maintenez-la enfoncée jusqu’à ce qu’un signal sonore retentisse.



- *Sur chaque Sunny Island, la DEL de l’onduleur est orange. Les onduleurs Sunny Island sont en mode Veille.*

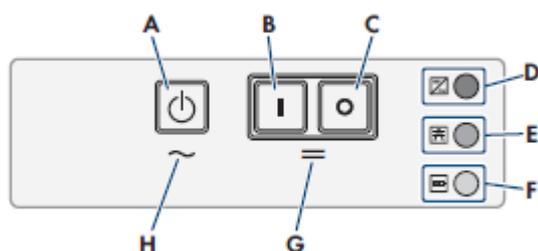
6. Appuyez sur la touche arrêt du maître et maintenez-la enfoncée jusqu’à ce qu’un signal sonore retentisse.



- *Aucune DEL d’onduleur n’est allumée sur les Sunny Island.*

7. Ouvrir les interrupteurs-sectionneurs des fusibles batteries.

7. Signification des DEL sur les Sunny Islands



Position	Symbole	Désignation	Signal de DEL	Explication
A		Touche marche / arrêt	–	Appuyez sur la touche marche / arrêt pour démarrer ou arrêter le système.
B		Touche marche	–	Appuyez sur la touche marche pour mettre le Sunny Island en service. Après la mise en marche, le Sunny Island est en mode Veille.
C		Touche arrêt	–	Appuyez sur la touche arrêt pour mettre hors tension le Sunny Island.
D		DEL de l'onduleur	Éteinte	Le Sunny Island est éteint.
			Verte	Le Sunny Island est en service
			Orange	Le Sunny Island est en mode veille ou d'économie d'énergie.
			Rouge	Le Sunny Island s'est éteint à la suite d'une erreur.
			Clignote	Le Sunny Island n'est pas configuré.
E		DEL de réseau	Éteinte	Aucune tension n'est présente au niveau du générateur ou du réseau électrique public.
			Verte	Le générateur ou le réseau électrique public est connecté.
			Orange	Le Sunny Island synchronise le réseau en site isolé avec le générateur ou le réseau électrique public.
			Rouge	Erreur de raccordement du générateur ou du réseau électrique public.
F		DEL de la batterie	Verte	L'état de charge est supérieur à 50 %.
			Orange	L'état de charge est compris entre 20 et 50 %.
			Rouge	L'état de charge est inférieur à 20 %.
G		Standby	–	Zone des touches de mise sous tension et d'arrêt
H		Fonctionnement AC	–	Zone de touche pour le démarrage et l'arrêt de l'exploitation

8. Fonctionnement de la centrale

Si l'état de charge d'une batterie atteint 40%, le relais multifonction ouvre le contacteur de délestage raccordé. Le contacteur de délestage déconnecte le réseau de distribution du générateur. Si l'état de charge de la batterie atteint 60% au cours de la recharge, le relais multifonction ferme le contacteur de délestage raccordé. Le contacteur de délestage connecte le réseau de distribution à la centrale.

La lampe à éclat sur le toit du local est activée dès que l'état de charge est à 60%.

9. Accès aux interfaces utilisateurs

9.1. Accès sur sunny portal

- Lien : <https://ennexos.sunnyportal.com>
- Utilisateur : centrale.ambondro@gmail.com
- Mot de passe : PVamb2020!

9.2. Accès sur sunny island

- Via câble Ethernet :
 - Lien : 169.254.12.3
 - Utilisateur : il existe 2 types :
 - Installateur (pwd : PVamb2020!)
 - Utilisateur (pwd : PVAmb2020!)
- Via réseau sans fil :

Conditions requises :

- Le produit doit avoir été mis en service.
- Un terminal (un ordinateur, une tablette ou un smartphone) est nécessaire.
- L'un des navigateurs Web suivants doit être installé dans sa version actuelle sur le terminal : Chrome, Edge, Firefox, Internet Explorer ou Safari.
- JavaScript doit être activé dans le navigateur Web du terminal.
- Pour modifier les paramètres importants pour le réseau une fois les 10 premières heures de service écoulées ou après exécution de l'assistant d'installation, le code SMA Grid Guard personnel de l'installateur est nécessaire (voir « Formulaire de commande du code SMA Grid Guard » sur www.SMA-Solar.com).

SSID, adresse IP et mot de passe du réseau local sans fil

- SSID dans le réseau local sans fil : SMA[numéro de série] (par exemple : SMA0123456789)
 - Mot de passe WLAN spécifique à l'appareil : voir clé WPA2-PSK sur la plaque signalétique du produit ou au dos du manuel fourni
 - Adresse d'accès par défaut pour la connexion directe par WLAN en dehors d'un réseau local : [http:// smalogin.net](http://smalogin.net) ou 192.168.12.3
- Connexion et déconnexion à l'interface utilisateur :

Ouverture d'une session :

- Une fois la liaison avec l'interface utilisateur de l'onduleur établie, la page de connexion s'ouvre.
- Dans la liste déroulante Langue, sélectionner la langue souhaitée.

- Dans la liste déroulante Groupe d'utilisateurs, sélectionner l'entrée Installateur ou Utilisateur.
- Dans le champ Mot de passe, saisir « PVamb2020! » pour Installateur, ou « PVAmb2020! » pour Utilisateur.
- Cliquer sur connexion

Fermeture d'une session

- Sélectionner le menu Réglages utilisateur dans la barre de menu à droite.
- Sélectionner [Déconnexion] dans le menu contextuel suivant.

10. Recherche erreur

10.1. Sunny Island

Le DEL rouge du sunny island s'allume en cas d'erreur. Les avertissements et les erreurs s'affichent dans le menu Événements de l'interface utilisateur, jusqu'à ce que les causes de ces avertissements et les erreurs ne soient plus saisis par le Sunny Island. Chaque évènement correspond à un numéro, ce numéro permet d'identifier la cause d'erreur et la résolution possible en référent sur messages d'évènements dans « Instruction d'emploi Sunny Island »

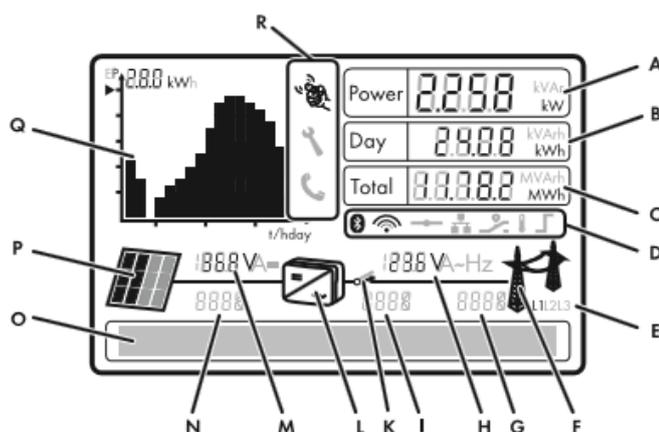
Les messages d'évènements et les valeurs instantanées sont mémorisés dans le Sunny Island. L'analyse de ces données permet de suivre les opérations se déroulant dans le système Sunny Island.

Procédure :

- Ouvrir l'interface utilisateur de l'onduleur isolé ou appeler dans un cluster l'interface utilisateur du maître.
- Ouvrir une session Installateur ou Utilisateur.
- Cliquer sur « Evènements ».
- Suivez les instructions de l'interface utilisateur.

10.2. Sunny Tripower

En présence d'une erreur le LED rouge du Sunny Tripower s'allume. Le numéro d'évènement est affiché sur l'écran du sunny tripower.



O : Ligne du texte pour l'affichage de messages d'évènement et d'erreurs

Pour trouver la cause et la solution de la panne, il faut se référer sur « Instruction d'emploi – Messages d'évènement »

11. Entretien des équipements

11.1. Champs photovoltaïques

- Vérifier l'état des connecteurs MC4 des modules solaires tous les six mois.
- Assurer bien que les modules solaires soient exempts de poussière, de feuilles ou autres salissures. Nettoyez les modules à l'aide d'un chiffon humidifié à l'eau claire.

NB : Il ne faut pas utiliser des produits nettoyants.

11.2. Batteries

Contrôler régulièrement le niveau d'électrolyte. Lorsque celui-ci est descendu sous la marque du niveau inférieur, de l'eau purifiée doit être ajoutée.

La batterie doit rester propre et sèche afin d'éviter les courants de fuite. Le nettoyage de la batterie doit être effectué conformément à la fiche ZVEI « Nettoyage de batterie ». Les parties en plastique de la batterie, en particulier les bacs des éléments, ne peuvent être nettoyées qu'avec de l'eau sans ajout.

Les batteries doivent être mesurés et enregistrés au moins tous les six mois :

- La tension de la batterie,
- La tension de quelques éléments/ Batterie monobloc
- La température de quelques éléments
- La densité de quelques éléments
- La température de salle

Contrôle visuel annuel :

- Vérifier les raccords vissés, et assurer qu'ils sont bien serrés.
- Vérifier la mise en place des batteries
- Vérifier l'aération et la ventilation de la salle

11.3. Sunny Island

- Assurer que les onduleurs soient exempts de poussière, feuilles ou autres salissures. Nettoyer les saletés importantes à l'aide d'une brosse douce. Attention, ne pas utiliser des produits nettoyants.
- Dans le cas de systèmes nouvellement installés, contrôlez toutes les semaines pendant les six mois suivant la première mise en service si des messages d'erreur ont été recensés. Cela permet de déceler des erreurs cachées dans l'installation ou dans la configuration.
- Avec tous les autres systèmes, vérifiez tous les six mois si des messages d'erreur ont été recensés. Procédure :

- Ouvrez l'interface utilisateur de l'onduleur.
- Connecter en tant qu'utilisateur
- Cliquer sur « Evènements »
- Configurer le filtre :
 - Activer Avertissement et Erreur
 - Désactiver information
- Régler la durée souhaitée puis cliquer sur [Appliquer filtre temporel]. Si des messages d'erreur ont été recensés, éliminez leurs causes.

- Vérifier les raccordements tous les six mois (cf. Instruction d'emploi).
- Nettoyage des ventilateurs (cf. Instruction d'emploi)

11.4. Sunny Tripower

- Assurer que l'onduleur soit exempt de poussière, feuilles ou autres salissures. Nettoyer les saletés importantes à l'aide d'une brosse douce. Attention, ne pas utiliser des produits nettoyants.
- Vérification des raccordements

- Vérifier s'il y a un message d'événement
- Contrôler les parafoudres

Danger : Mettre l'onduleur hors tension et attendre 20 minutes avant de démonter le capot de protection DC

Si aucune bande ne s'affiche dans la fenêtre de visualisation du parafoudre se situant à côté de la désignation de type, le parafoudre se trouve en bon état. Si une bande rouge est visible dans la fenêtre de visualisation du parafoudre se situant à côté de la désignation de type, le parafoudre est défectueux.

- Commandez de nouveaux parafoudres.
- Lorsque les nouveaux parafoudres sont disponibles, remplacez tous les parafoudres

11.5. Réseau de distribution

Balancement des phases

Pour éviter de surcharge sur les onduleurs Sunny Island, bien assurer l'équilibre de phase dans le réseau de distribution ; Le maître assurant la phase L1, l'esclave 1 assurant la phase L2, et l'esclave 3 assurant la phase L3. Pour rappel, le sunny island SI8.0H13 a une puissance nominale de 6000W.

Protection contre les courts-circuits

Contrôler les installations des abonnés, les installations sur le réseau de distribution régulièrement. Mettre des disjoncteurs capables de déclencher rapidement en cas de court-circuit sur le réseau.

12. Contact

Anka Madagascar

Lot 56 rue du Général Charles De Gaulle

Espace Dera Tsiadana, rez-de-chaussée

Route de l'Université

101 Antananarivo

Contact :

- Nom : Jean Christophe MARA SOA HAJATO
- Téléphone : +261342071003
- Email : haja.m@go-anka.com

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 – 2017



Centrale solaire et mini réseau de Beanantara – 7,5 kWc
Centrale de type 3
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALETIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE ANJEKY BENANTARA

Champ Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 7500 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 30 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 3 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
Parc de stockage électrochimique	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2200 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 1 parc de 24 éléments série - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
Ensemble régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 2 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
Ensemble onduleur	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 1 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 1 onduleur XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave
Coffrets et protections	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
Câblages et canalisations	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BAT'T : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF

Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation
Mini réseau	<ul style="list-style-type: none"> - - Poteaux BT : poteaux bois, 29 poteaux installés - Réseau principal : 2x35 alu, 476 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 604 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
Distribution & raccordements usagers	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
Distribution intérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
Eclairage public	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 4 unités
Exploitant	<ul style="list-style-type: none"> - Association Fivohy
Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> - 20 février 2016

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



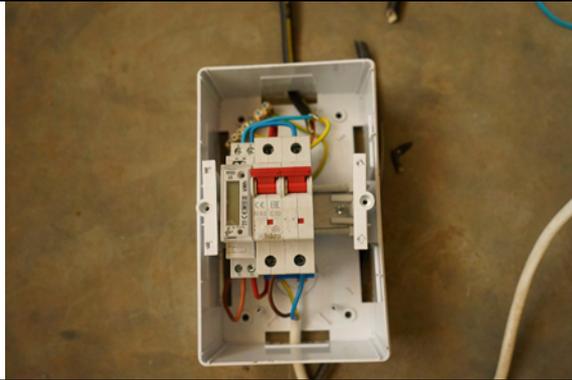
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



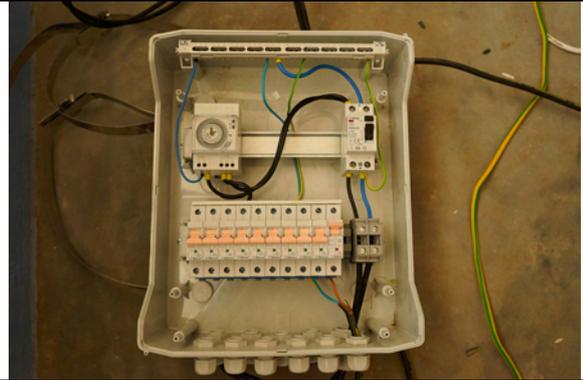
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



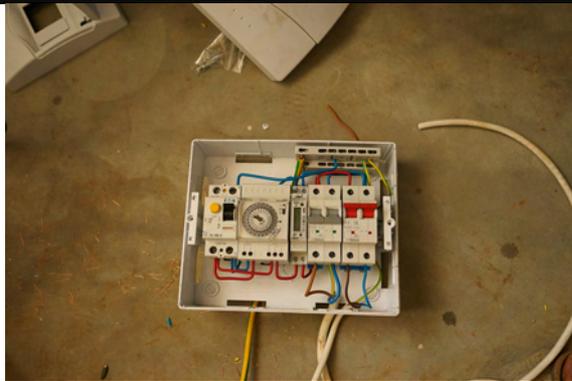
18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



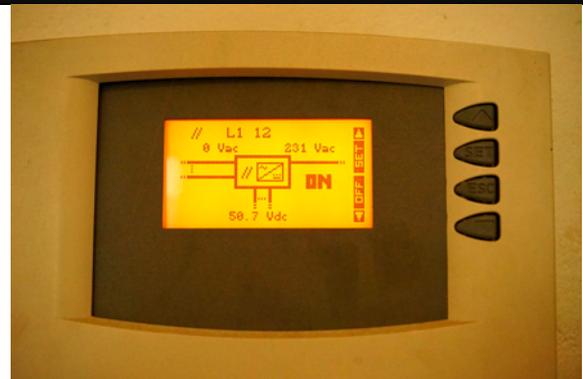
21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h25	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h25	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).

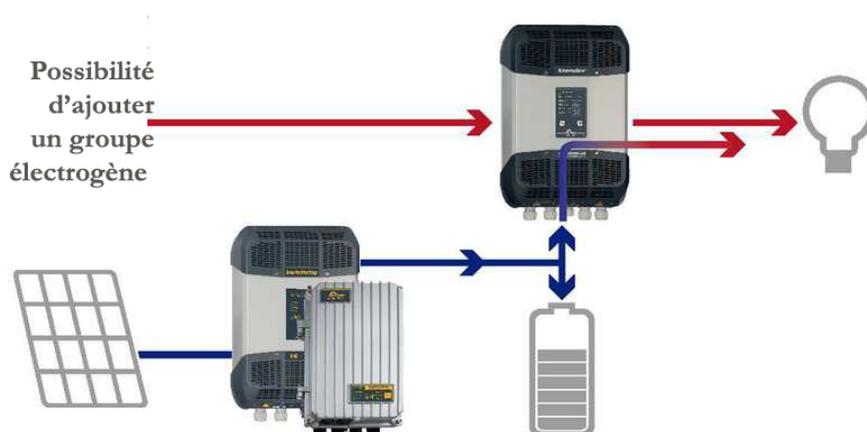


Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque



Centrale PV : comment ça fonctionne ?

Le schéma de principe de la centrale PV peut se comprendre ainsi :



1. Le générateur solaire, composé de modules photovoltaïques assemblés en série et parallèle, délivre en journée une puissance électrique de tension et intensité variable, de type continu (courant CC). En journée, la tension varie de 280 à 350 V environ, l'intensité pour chaque champ PV de 10 modules, entre 1 et 10 A.
2. Cette puissance électrique est amenée aux régulateurs de charges (VS120), qui ont pour fonction principale de convertir la puissance électrique reçue des champs PV en puissance électrique compatible pour charger les batteries. La tension d'entrée des régulateurs peut accepter une plage de 200 à 600 V en provenance des champs PV, mais en sortie le régulateur abaissera cette tension à une plage de 45 à 65 V compatible avec la charge des batteries. Cette conversion se fait avec un rendement de 95% environ, ce qui veut dire qu'il y a 5% de perte d'énergie, raison pour laquelle les régulateurs chauffent et activent parfois leurs ventilateurs internes.
3. La puissance électrique ainsi convertie par les régulateurs est en partie transportée aux batteries pour être stockée sous forme chimique (l'autre partie peut directement alimenter le réseau si des appareils sont utilisés dans le village). La charge des batteries

est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjky	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble verre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

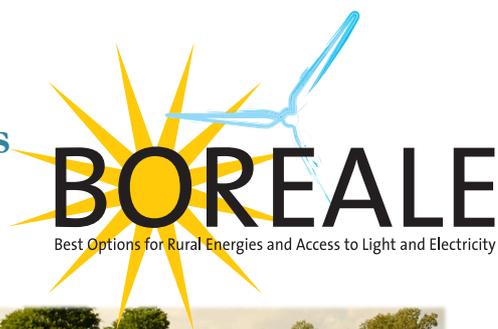
Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 - 2017



Centrale solaire et mini réseau de Ifotaka - 10 kWc
Centrale de type 2
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALÉTIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE IFOTAKA

<p align="center">Champ Photovoltaïque</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 10 000 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 40 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 4 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
<p align="center">Parc de stockage électrochimique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2800 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 2 parc de 24 éléments série, raccordés en parallèle - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
<p align="center">Ensemble régulation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 3 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
<p align="center">Ensemble onduleur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 2 onduleurs XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave parallèle
<p align="center">Coffrets et protections</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre Type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
<p align="center">Câblages et canalisations</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BAT'T : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF

Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation
Mini réseau	<ul style="list-style-type: none"> - Poteaux BT : poteaux bois, 47 poteaux installés / 6 restants - Réseau principal : 2x70 alu, 647 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 1250 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
Distribution & raccordements usagers	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
Distribution intérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
Eclairage public	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 8 unités
Exploitant	<ul style="list-style-type: none"> - Toky Construction
Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> - 20 novembre 2015

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



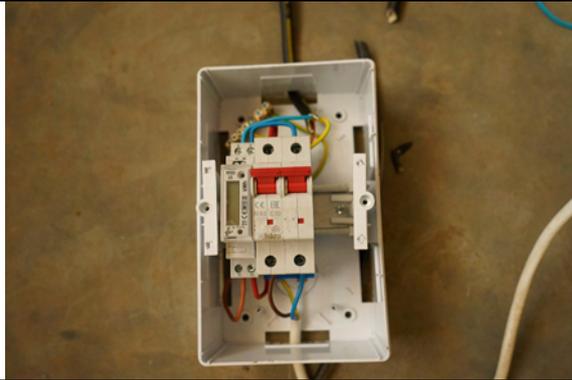
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



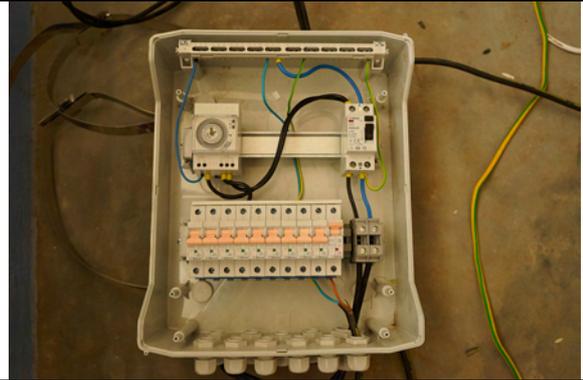
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).

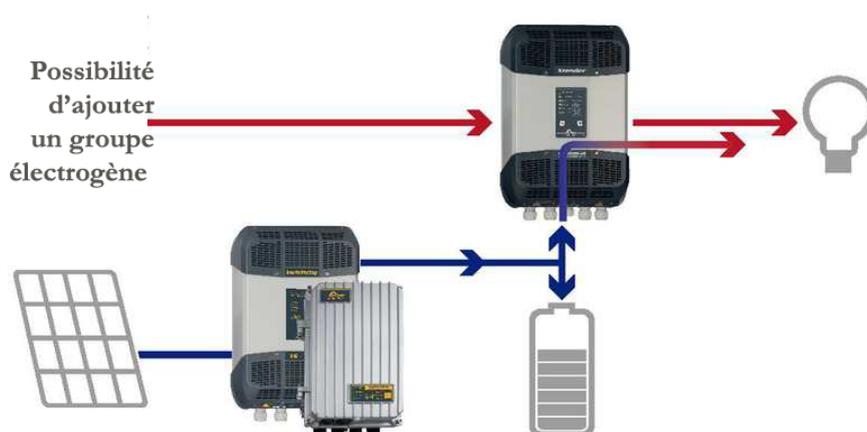


Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque



Centrale PV : comment ça fonctionne ?

Le schéma de principe de la centrale PV peut se comprendre ainsi :



1. Le générateur solaire, composé de modules photovoltaïques assemblés en série et parallèle, délivre en journée une puissance électrique de tension et intensité variable, de type continu (courant CC). En journée, la tension varie de 280 à 350 V environ, l'intensité pour chaque champ PV de 10 modules, entre 1 et 10 A.
2. Cette puissance électrique est amenée aux régulateurs de charges (VS120), qui ont pour fonction principale de convertir la puissance électrique reçue des champs PV en puissance électrique compatible pour charger les batteries. La tension d'entrée des régulateurs peut accepter une plage de 200 à 600 V en provenance des champs PV, mais en sortie le régulateur abaissera cette tension à une plage de 45 à 65 V compatible avec la charge des batteries. Cette conversion se fait avec un rendement de 95% environ, ce qui veut dire qu'il y a 5% de perte d'énergie, raison pour laquelle les régulateurs chauffent et activent parfois leurs ventilateurs internes.
3. La puissance électrique ainsi convertie par les régulateurs est en partie transportée aux batteries pour être stockée sous forme chimique (l'autre partie peut directement alimenter le réseau si des appareils sont utilisés dans le village). La charge des batteries

est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble terre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

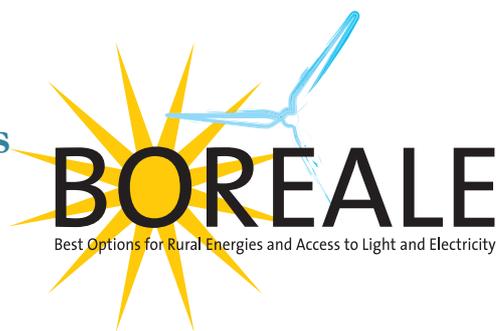
Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 - 2017



Centrale solaire et mini réseau de Mahatalaky - 15 kWc
Centrale de type 1
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALÉTIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE MAHATALAKY

Champ Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 15 000 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 60 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 6 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
Parc de stockage électrochimique	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 4400 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 2 parcs de 24 éléments série, cablés en parallèle - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
Ensemble régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 3 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 3 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
Ensemble onduleur	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 3 x 5 kVA nominal (45 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 3 onduleurs XTH 6000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en régime triphasé avec neutre
Coffrets et protections	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre Type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
Câblages et canalisations	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BAT'T : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de

	l'installation
Mini réseau	<ul style="list-style-type: none"> - Poteaux BT : poteaux bois, 52 poteaux installés / 7 restants - Réseau principal : 3x35 + 1x54,6 alu, 1790 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 912 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
Distribution & raccordements usagers	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
Distribution intérieur	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
Eclairage public	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 6 unités
Exploitant	<ul style="list-style-type: none"> - Toky Construction
Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> - 20 novembre 2015

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



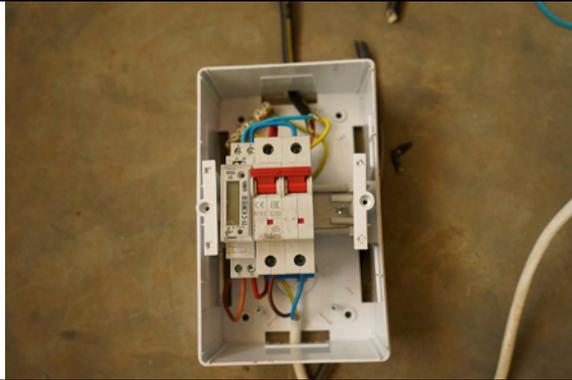
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



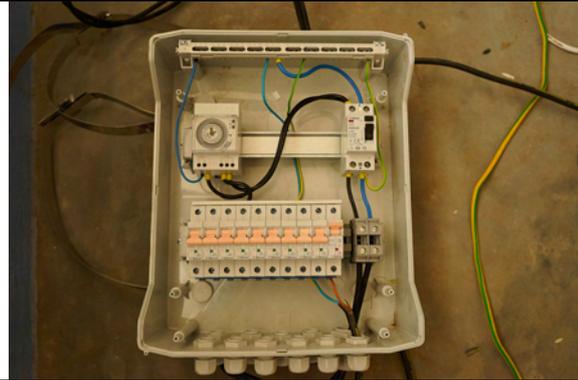
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



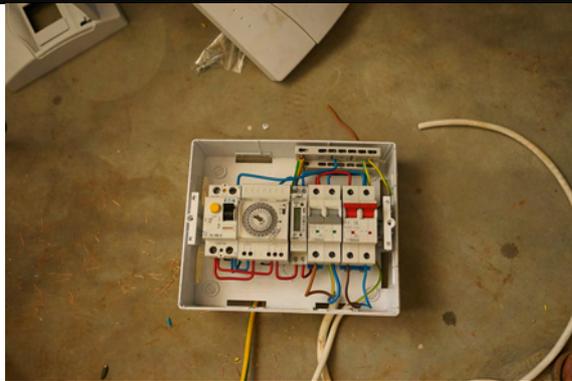
18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).

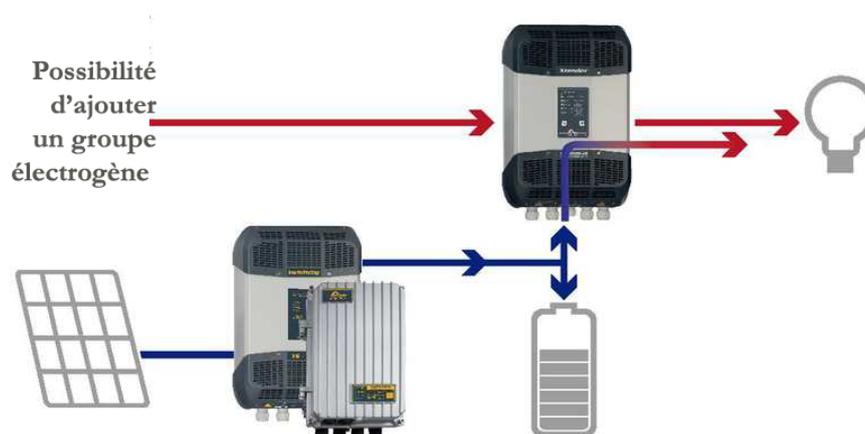


Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque



Centrale PV : comment ça fonctionne ?

Le schéma de principe de la centrale PV peut se comprendre ainsi :



1. Le générateur solaire, composé de modules photovoltaïques assemblés en série et parallèle, délivre en journée une puissance électrique de tension et intensité variable, de type continu (courant CC). En journée, la tension varie de 280 à 350 V environ, l'intensité pour chaque champ PV de 10 modules, entre 1 et 10 A.
2. Cette puissance électrique est amenée aux régulateurs de charges (VS120), qui ont pour fonction principale de convertir la puissance électrique reçue des champs PV en puissance électrique compatible pour charger les batteries. La tension d'entrée des régulateurs peut accepter une plage de 200 à 600 V en provenance des champs PV, mais en sortie le régulateur abaissera cette tension à une plage de 45 à 65 V compatible avec la charge des batteries. Cette conversion se fait avec un rendement de 95% environ, ce qui veut dire qu'il y a 5% de perte d'énergie, raison pour laquelle les régulateurs chauffent et activent parfois leurs ventilateurs internes.
3. La puissance électrique ainsi convertie par les régulateurs est en partie transportée aux batteries pour être stockée sous forme chimique (l'autre partie peut directement alimenter le réseau si des appareils sont utilisés dans le village). La charge des batteries

est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble terre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

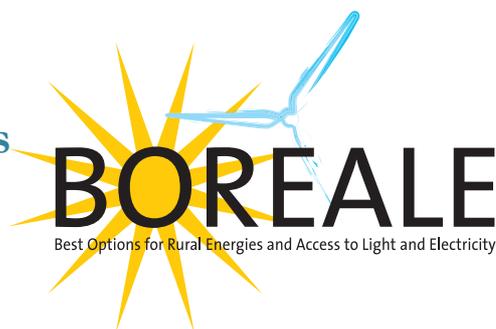
Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 – 2017



Centrale solaire et mini réseau de Maroalomainty – 7,5 kWc
Centrale de type 3
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALÉTIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE MAROALOMAINTY

Champ Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 7500 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 30 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 3 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
Parc de stockage électrochimique	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2200 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 1 parc de 24 éléments série - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
Ensemble régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 2 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
Ensemble onduleur	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 1 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 1 onduleur XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave
Coffrets et protections	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
Câblages et canalisations	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BATT : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF
Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation

<p>Mini réseau</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Poteaux BT : poteaux bois, 42 poteaux installés / 7 restants - Réseau principal : 2x35 alu, 889 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 1540 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
<p>Distribution & raccordements usagers</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
<p>Distribution intérieure</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
<p>Eclairage public</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 4 unités
<p>Exploitant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Association Locale (Maurice)
<p>Mise en service</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 20 février 2016

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



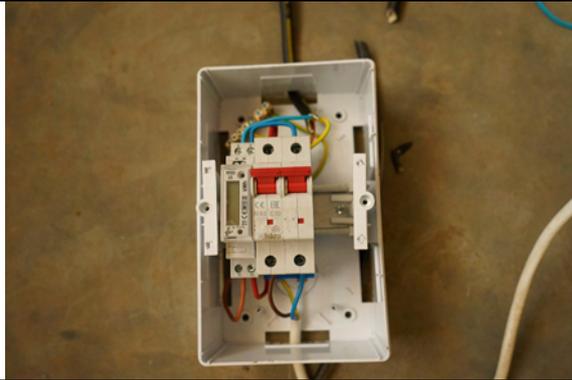
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



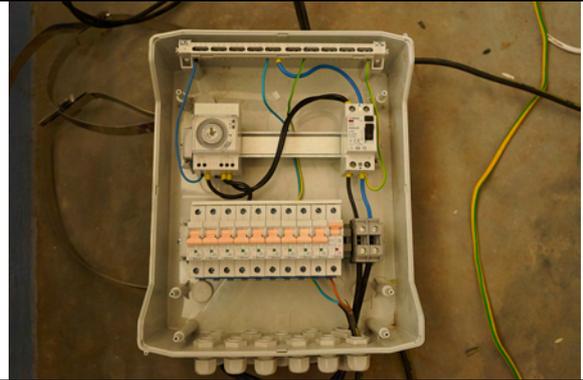
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).



est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble terre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 – 2017



Centrale solaire et mini réseau de Marovato - 10 kWc
Centrale du type 2
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALÉTIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE MAROVATO

<p align="center">Champ Photovoltaïque</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 10 000 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 40 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 4 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
<p align="center">Parc de stockage électrochimique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2800 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 2 parcs de 24 éléments série, raccordés en parallèle - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
<p align="center">Ensemble régulation</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 3 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
<p align="center">Ensemble onduleur</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 2 onduleurs XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave parallèle
<p align="center">Coffrets et protections</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre Type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
<p align="center">Câblages et canalisations</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BAT'T : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF

Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation
Mini réseau	<ul style="list-style-type: none"> - Poteaux BT : poteaux bois, 54 poteaux installés / 67 restants - Réseau principal : 2x50 alu, 923 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 1540 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
Distribution & raccordements usagers	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
Distribution intérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
Eclairage public	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 4 unités
Exploitant	<ul style="list-style-type: none"> - ASA
Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> - 20 février 2016

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



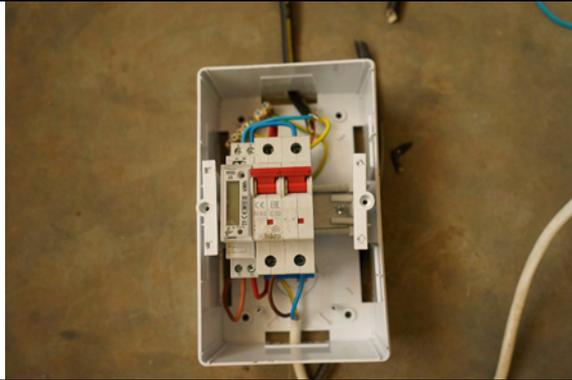
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



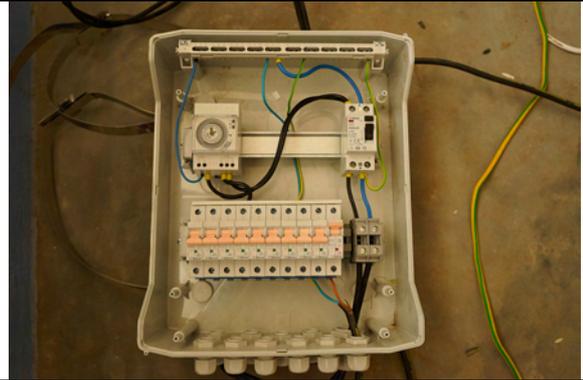
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



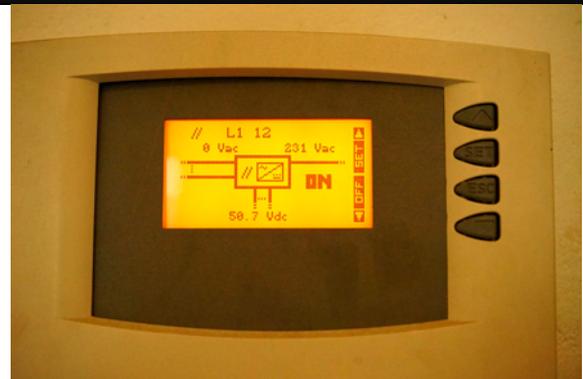
21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dimanche
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dimanche
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dimanche
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dimanche

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).



est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramétrages complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défailante constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble verre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :

Projet BOREALE
Electrification de 7 communes rurales
Mini-réseaux photovoltaïques
Région Androy & Anosy
Madagascar / 2013 – 2017



Centrale solaire et mini réseau de Tanandava – 7,5 kWc
Centrale de type 3
Dossier des Ouvrages Exécutés – DOE

Projet développé, mis en œuvre et piloté par :



Projet co-financé par :



Conception technique et réalisation :



PREAMBULE

Le projet Boreale est un programme d'électrification rurale par énergie renouvelable co-financé par l'Union Européenne et le Ministère de l'Energie de Madagascar, avec l'appui de partenaires privés et de fondations publiques, dans le cadre de la Facilité Energie (UE).

Le projet Boreale a été mise en œuvre entre 2013 et 2017, avec pour objectif l'accès à l'électricité par source renouvelable de près de 10 000 bénéficiaires dans les régions Anosy et Androy du sud de Madagascar.

Le projet Boreale est piloté en délégation de maîtrise d'ouvrage par la Fondation Energies pour le Monde, appuyé par l'Agence de l'Electrification Rurale (ADER) et l'ONG Kiomba, partenaires du projet.

La conception technique des ouvrages, la maîtrise d'œuvre et la réalisation ont été réalisées par les entreprises Hacsé (Fr), Asantys (All) et SunEnergie (Mg).

FICHE SIGNALETIQUE

MINI RESEAU SOLAIRE DE TANANDAVA

Champ Photovoltaïque	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance crête : 7500 Wc, en tolérance positive - Modules PV : 30 modules 250 Wc, si-poly, 60 cellules 6 pouces - Produit : SolarWorld SW250 Poly - Structure porteuse : Schletter anti cyclone – antivol par résine - Architecture électrique : 3 chaînes de 10 modules en série - Mise en œuvre : orientation nord / inclinaison 30°
Parc de stockage électrochimique	<ul style="list-style-type: none"> - Capacité totale: 2200 Ah sous régime C120 @ 48V - Type de stockage : batterie tubulaire pb/acide ouverte à électrolyte liquide - Produit: éléments de 2V Hoppecke OPzS - Architecture électrique : 1 parc de 24 éléments série - Option : système de brassage d'électrolyte automatisé - Mise en œuvre : sur chantier métallique Hoppecke
Ensemble régulation	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 2 x 7 kW nominal (charge 360A @ 48V) - Régulation : MPPT avec séparation galvanique, Vdc max 600V - Produit : 2 régulateurs VarioString 120, Studer Innotec - Configuration : fonctionnement 2 MPPT, câblage parallèle
Ensemble onduleur	<ul style="list-style-type: none"> - Puissance : 1 x 7 kVA nominal (30 kVA max @ 2sec) - Technologie: conversion DC/AC, séparation galvanique, technologie réversible - Produit : 1 onduleur XTH 8000, Studer Innotec - Configuration : synchronisation en maître esclave
Coffrets et protections	<ul style="list-style-type: none"> - Protections DC côté PV : coupure d'urgence, parafoudre type 2, equipotentialité des masses métalliques - Protection DC côté Batterie : fusibles Gg et coffrets sécurisés - Protection AC : TGBT général, dispositif de coupure et protection conforme NFC 15-100, parafoudre de type 2, coupure d'urgence
Câblages et canalisations	<ul style="list-style-type: none"> - Câbles DC PV : câble unipolaire PV 6mm² - Câbles DC BATT : câble HPO7 RNF unipolaire - Câbles AC : câble 3GX HO7 RNF

Monitoring	<ul style="list-style-type: none"> - BSP Studer pour mesure tension/courant/température batterie - RCC02 Studer pour pilotage et supervision de l'ensemble de l'installation
Mini réseau	<ul style="list-style-type: none"> - - Poteaux BT : poteaux bois, 47 poteaux installés / 7 restant - Réseau principal : 2x35 alu, 825 m installé - Réseau secondaire : 2x16 alu, 1320 m installé - Architecture électrique : régime TT avec reprises de MALT-N
Distribution & raccordements usagers	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : via coffret départ client (CDC), protection individuelle 2A (disjoncteur), protection collective (10 clients max) par interrupteur différentiel 30mA, interrupteur horaire mécanique. - Usagers économiques : branchement direct sur réseau par câble alu 2x16
Distribution intérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Usagers domestiques : coffret client comportant un disjoncteur général 10A et un compteur électronique. - Usagers économiques : coffret client comportant un départ éclairage (protection 10A), un départ prise (protection 16A), une protection différentielle (30mA), un interrupteur horaire et un compteur électronique
Eclairage public	<ul style="list-style-type: none"> - Eclairage public LED : 4 unités
Exploitant	<ul style="list-style-type: none"> - Toky Construction
Mise en service	<ul style="list-style-type: none"> - 20 février 2016

FICHE CONTACTS

Fondation Energies pour le Monde	Nom : Yves Maigne, Directeur Email : yves.maignes@energies-renouvelables.org Téléphone : +33 (0)1 44 18 00 80 Site web : www.energies-renouvelables.org
Kiomba	Nom : Fulgence et/ou Briand Email : kiomba.kiomba@yahoo.fr Téléphone : +261 (0)33 08 192 65 / +261 (0)33 24 679 77
Hacsé	Nom : Etienne Sauvage Email : esauvage@hacse.eu Téléphone : +33 (0)6 35 29 45 49 Site Web : www.hacse.eu
SunEnergie	Nom : Eloi Rajoto-Arisoa Email : eloi.rakoto-arisoa@sunenergie.net Téléphone : +261 (0)32 07 715 64
Association Expert	Nom : Gervais Razafimaharavo Email : grazafimaharavo@yahoo.fr Téléphone : +261(0)33 85 480 56

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES - ANNEXE

A CONSERVER AVEC LE DEM



1 : Configuration champ PV centrale de type 2



2 : Configuration champ PV centrale de type 3



3 : Configuration champ PV centrale de type 1



4 : parc batterie centrale de type 3



5 : Manuels Studer – à conserver en permanence dans le local avec le DOE et le DEM



6 : Bulleur à air pour électrolyte – fonctionnement automatique, aucune maintenance.
En cas de défaillance ou disfonctionnement, ouvrir les fusibles.



7 : Parc batterie pour centrale de type 2



8 : Parc batterie pour centrale de type 2



9 : Parc batterie pour centrale de type 1



10 : Equipements, de gauche à droite :
 - Les onduleurs XTH (3 pour T1, 2 pour T2, 1 pour T3)
 - Les régulateurs VS (3 pour T1, 2 pour T2 et T3)
 - Le coffret DCBATT contenant toutes les protections du circuit 48V batterie
 - Les coffrets DCPV contenant toutes les protections du circuit 300V PV



11 : détail du TGBT AC (étiquetage a reprendre).
 - Le compteur de gauche comptabilise l'énergie fournie au réseau.
 - Le compteur de droite comptabilise l'énergie consommée par le local technique, il peut aussi être envisagé comme rechange
 - L'inverseur de source (à gauche) permet la coupure du réseau, et le basculement en mode groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride



12 : Vu de détail d'un coffret DCBATT pour T2/T3. Il contient des fusibles GG. Maintenir à l'intérieur du coffret les fusibles de rechange et la poignée pour manipuler les fusibles.



13 : Monitor de batterie BSP, il mesure la tension le courant et la température des batterie.



14 : Coffret DCPV



15 : Coffret DCPV ouvert, il contient des interrupteurs sectionneurs et des parafoudres DC



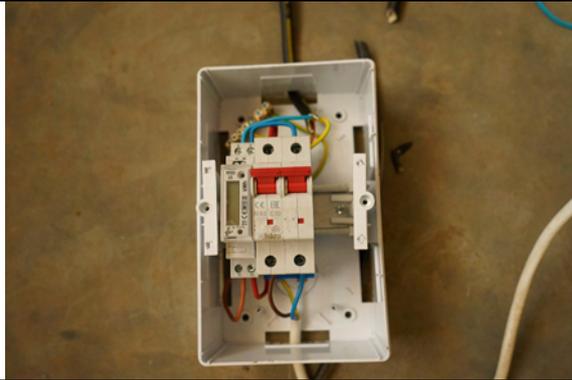
16 : Parafoudre DC : vérifier régulièrement que les cartouches n'indique pas une couleur rouge vive



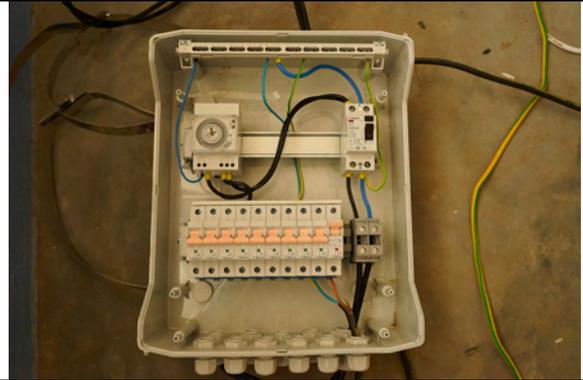
17 : coffret DCBAT pour centrale de type 1, idem photo 12



18 : préparation des coffrets pour la distribution sur le réseau



19 : Coffret client pour DS et SES1



20 : Coffret départ client CDC en tête de poteau.



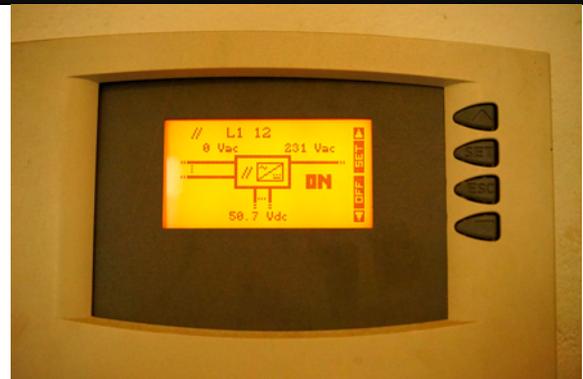
21 : Coffret client pour SES 2 à 5



22 : Coffret client pour SES 2 à 5



23 : Ecran de veille – on fait défiler les différents écran indicateur en appuyant sur les flèches du haut et du bas.



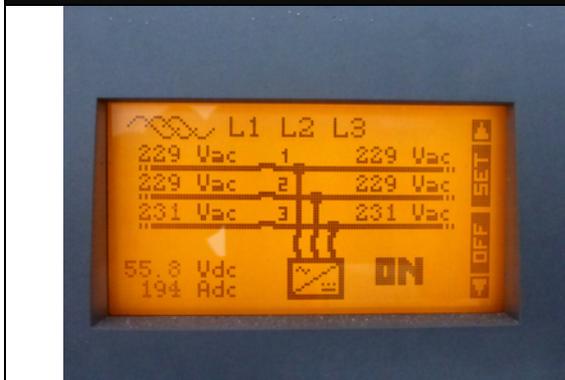
24 : Ecran onduleur. Il indique la tension batterie (50,7 V), et la tension réseau (230 V) confirmant son bon fonctionnement. A gauche (valeur 0), il indique l'éventuel présence d'un groupe dans le cas d'un fonctionnement hybride.



25 : Ecran batterie – il indique la tension batterie, l'état de charge (SOC, ici 78,1 %) et le courant de charge (si flèche vers le haut, ici 6,2 A) ou décharge (si flèche vers le bas).



26 : Ecran régulateur – il indique le type de charge (ici Charge), la puissance solaire utilisée (0,42 kW), la tension batterie (50,7 V) et la quantité totale d'énergie solaire utilisée dans la journée (0,15 kWh)



27 : Ecran onduleur pour centrale de type 1 en fonctionnement hybride (triphase)



28 : Voyants régulateur – le voyant orange clignote en journée, le voyant vert s'allume la nuit, le voyant rouge lorsque le système est éteint ou en défaut. Les voyants verts de droite indiquent le courant de charge, en fonction du soleil.



29 : Voyants onduleur – seule le voyant vert « On » et le voyant « AC out » sont allumés. Les autres concernent le fonctionnement en mode hybride.



30 : Maintenance – maintenir le niveau d'électrolyte en ajoutant de l'eau distillée, entre le niveau moyen et le niveau max.



31 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



32 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



33 : Maintenance – vérification de la densité de l'électrolyte (idéalement entre 1,23 et 1,25 pour des batteries complètement chargées).



34 : Maintenance – Bien utiliser les équipements de protection (EPI) pour monter au poteau – échelle ou grimpeuse, chaussure de sécurité, casque et surtout harnais de sécurité.

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

35 : Exemple de trame de relevé quotidien

CONTROLE VISUEL DES REGULATEURS ET L'ONDULEUR

DATE	HEURE	TEMPOIN	U/BAT	SOC	Ej	JOUR
24/02/25	16h05	OK	50,50	98,4%	22,0	Sam
25/02/25	08h08	OK	65,96	95,9%	0	Dim
25/02/25	08h10	OK	57,14	97,6%	20,4	Dim
26/02/25	08h00	OK	65,86	95,9%	0	Dim
26/02/25	08h15	OK	65,66	97,4%	9,96	Dim

36: Incrire les valeurs lues sur la RCC02 dans le cahier de suivi quotidien.

CONTENU DU DOSSIER D'EXPLOITATION ET DE MAINTENANCE

- 1. Introduction**
- 2. Principe de fonctionnement du mini réseau photovoltaïque**
- 3. Risques et procédures d'intervention à respecter**
- 4. Gestion quotidienne des ouvrages**
- 5. Maintenance préventive des ouvrages**
- 6. Maintenance et interventions sur le réseau et la distribution électrique**
- 7. Que faire en cas de panne ?**

INTRODUCTION

A quoi sert ce document ?

Ce document s'intitule le Dossier d'Exploitation et de Maintenance, communément appelé DEM. Il concerne comme son nom l'indique, l'exploitation et la maintenance des centrales solaires et mini réseaux du projet BOREALE.

Le DEM doit être conservé en permanence dans le local technique de la centrale, avec le DOE et les manuels techniques Studer, disponibles à tout moment dans le cadre d'une intervention de maintenance.

Le DEM et le DOE permettent à tout intervenant extérieur, ne connaissant pas les centrales, de disposer des éléments techniques permettant d'intervenir, de comprendre le fonctionnement, voir de procéder à une modification technique sur les ouvrages.

Le DEM doit être parfaitement compris par l'exploitant du site, ce dernier y fera régulièrement référence pour l'ensemble des interventions, maintenance préventive, dépannage éventuel.

Mutualiser les expériences au sein de l'association Experts

Nous encourageons fortement les exploitants à mutualiser les expériences de gestion quotidienne des ouvrages, que ce soit sur le plan technique, commercial ou administratif, avec les autres exploitants via l'association Experts qui regroupe les exploitants des 8 sites (y compris Ambondro).



est régulée par les algorithmes internes des régulateurs, qui adaptent en permanence le courant et la tension de charge en fonction de nombreux paramètres (niveau de décharge, température, puissance solaire disponible, nombre de cycle, etc...). La transformation de l'énergie électrique en énergie électrochimique se fait avec un rendement moyen de 85%, soit une nouvelle perte de 15%, ce qui explique pourquoi les batteries peuvent légèrement chauffer lorsqu'elles sont en charge. Les batteries de type plomb/acide sont par définition des accumulateurs unitaires de tension nominale 2 V. Les éléments de batterie sont donc raccordés en série pour atteindre un parc de 48 V (24 éléments en série), et les parcs sont parfois doublés pour augmenter la capacité (par exemple, 2 parcs sont couplés en parallèle pour les centrales de type 1 et 2).

4. En pratique, la tension d'un parc batterie varie de 46 V (batterie déchargée) à 50 V (batterie complètement chargée, en état de repos). En journée avec du soleil, la tension de la batterie variera régulièrement entre 50 et 56 V, voir 60 V, correspondant à différents seuils de charge gérés par l'algorithme des régulateurs, et les paramétrages initiaux fixés pas les concepteurs.
5. En sortie des batteries, l'électricité continue (CC ou DC) est convertie par les onduleurs en électricité alternative (CA ou AC), sous le standard 230 V/50Hz. Les onduleurs produisent ainsi l'électricité alimentant l'ensemble du réseau de distribution.
6. L'électricité est ensuite distribuée sur l'ensemble du réseau alimentant les différents usagers.

Centrale PV : principes de conception

Les centrales ont été conçues sur le principe du couplage de puissance sur bus DC, se justifiant par un usage de près de 80% de l'électricité en soirée.

Les régulations de la charges des batteries (Studer VS120) et de la décharge (Studer XTH) sont assurés par des composants du même fabricant, communiquant entre eux par le bus RS485 centralisé sur la télécommande (RCC02). Complété par un moniteur de batterie précis (BSP) qui mesure le courant batterie et sa température, la régulation des batteries se fait de manière optimale. Une coupure basse paramétrée à 46 V, des cycles de formatage réguliers, complète l'arsenal mis en œuvre pour garantir une grande longévité.

L'ajout d'un équipement de brassage d'électrolyte par injection d'air permet de réduire la stratification de l'électrolyte en période de faible ensoleillement, et d'accroître la durée de vie des batteries.

Mini réseau et distribution : principes de conception

Les mini-réseaux (MR) sont en basse tension AC 230V/50Hz, monophasés pour les centrales de type 2 et 3, triphasé avec neutre pour Mahatalaky (uniquement pour des raisons de transport de puissance, aucun usager ne peut se raccorder en triphasé).

Le mini réseau est alimenté en permanence (24h/24) par les onduleurs sauf en cas d'intervention. Les raccordements des consommateurs sur le réseau a été conçu selon 3 typologies :

- Eclairage public : raccordement au réseau avec un coffret spécifique contenant un interrupteur horaire, paramétré par l'exploitant pour un allumage le soir et la nuit.
- Clients DS et SES1 : raccordement par un coffret commun (jusqu'à 10 raccordement par coffret), contenant les protections électriques et un interrupteur horaire commun paramétré par l'exploitant pour une fourniture électrique en soirée, de quelques heures par jour.
- Clients SES supérieurs : raccordement individuel directement sur le réseau, et installation d'un interrupteur horaire individuel au sein du bâtiment desservi. Ceci permet d'accorder des plages horaires individualisées adaptées aux activités économiques.

L'ensemble des clients raccordés au réseau sont équipés d'un compteur d'énergie numérique, à partir duquel s'établi la facturation mensuelle.

Possibilité d'hybridation par groupe électrogène

Le système à été conçu de manière à ce qu'un groupe électrogène d'appoint puisse être raccordé directement dans le TGBT, afin de transformer la centrale solaire en centrale hybride. Cette configuration est à envisager par les exploitants si la demande rencontre une forte croissance, et que les clients sont prêts à payer davantage pour plus d'électricité.

En effet, l'ajout d'un groupe électrogène exige d'acheter du carburant, chaque kwh ainsi produit coutera plus cher à l'exploitant qu'un kWh solaire !

En revanche, l'intérêt d'une hybridation si celle si est bien conçue et bien gérée, est l'optimisation de la consommation du groupe et de sa puissance de fonctionnement. Ainsi, une centrale hybride reste économiquement bien plus pertinente qu'une centrale 100% groupe !

Avant d'envisager l'hybridation du système, une ingénierie préalable est indispensable, basée sur l'analyse des données de monitoring et l'élaboration d'un plan de gestion technique des ouvrages. De nombreux paramètres complexes sont également à prévoir sur site.

Rappel des limites du système

S'agissant d'un ouvrage photovoltaïque dédié à l'électrification de zones rurales fortement enclavées, les limites techniques et financières du projet ont imposé un cadre assez strict aux conditions de fonctionnement des mini-réseaux solaires :

- La quantité d'énergie captée chaque jour est limitée par le soleil, la surface de panneau et la taille des batteries. **La centrale n'est pas conçue pour alimenter l'ensemble du village en permanence!** mais pour offrir des services d'électricité « domestique » en soirée (environ 4h par jour), de l'éclairage public (toute la nuit), et des services d'électricité « économique » en journée.
- **Les appareils installés, surtout les onduleurs, ne peuvent pas alimenter n'importe quoi !** Les onduleurs ont une puissance nominale fixe. C'est pour cela que l'exploitant doit redoubler de vigilance sur le contrôle des récepteurs électriques utilisés par ses clients, et veiller à faire bien respecter les consignes (type d'appareil, durée de service, etc..).
- Le système est équipé d'une centrale d'acquisition de mesure, qui enregistre à chaque minute l'ensemble des indicateurs de fonctionnement de la centrale. **Si des appareils électriques non adaptés ont été branchés, ou si les durées de service en journée ne sont pas respectées, tout cela est archivé très précisément pour un contrôle ultérieur !**

Capacité de production d'énergie des centrales

La capacité moyenne de production des centrales solaires est la suivante (en kWh/jour restituable au réseau) :

	Minimum (mai à juillet)	Maximum (novembre à février)	Moyenne annuelle
Mahatalaky	≈ 45 kWh/jour	≈ 53 kWh/jour	≈ 50 kWh/jour
Ifotaka	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour
Tanandava	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Anjegy	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Maroalomainty	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Ambonaivo	≈ 26 kWh/jour	≈ 28 kWh/jour	≈ 30 kWh/jour
Marovato	≈ 35 kWh/jour	≈ 39 kWh/jour	≈ 37 kWh/jour

Les exploitants doivent donc vérifier, avec le relevé quotidien de consommation du réseau (via le compteur TGBT), que la consommation journalière des usagers ne dépasse pas les valeurs mentionnées dans le tableau.

Si la consommation journalière est nettement inférieure aux valeurs du tableau, l'exploitant peut réfléchir à des options pour augmenter la consommation électrique. En premier lieu, augmenter par exemple d'une heure les durées de service, puis éventuellement autoriser un consommateur de forte puissance quelques heures en journée. Tout doit être minutieusement encadré, archivé et surveillé.

Que se passe t'il si l'exploitant ou les usagers ne respectent pas les consignes ?

→ Si des appareils non adaptés (de trop forte puissance) sont branchés sur le réseau :

1. Risque de détériorer les onduleurs
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de déclencher les protections électriques (disjoncteurs)
4. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

→ Si la quantité d'énergie (cf tableau ci dessus) consommée chaque jour est trop importante (clients trop consommateurs, fraude ou durée de service trop longue) :

1. Risque de détériorer les batteries rapidement
2. Risque de consommer beaucoup d'énergie au détriment des autres clients
3. Risque de mise en protection générale de la centrale (tension batterie trop basse).

Dans tout les cas, l'exploitant doit être extrêmement vigilant au respect des règles d'utilisation. Une panne sur la centrale, ou des dysfonctionnements récurrent affecte fortement la crédibilité de l'exploitant, et par conséquent le paiement des factures.

Si les clients consomment plus d'énergie électrique que celle reçue dans la journée par le soleil, par exemple en saison des pluies ou en période de forte consommation, les batteries vont se décharger. Leur tension diminuera, jusqu'à passer en deçà du seuil critique de 46 V. Par sécurité, les onduleurs qui détecteront cette tension, considèreront que les batteries doivent être protégées, et ils arrêteront de fonctionner, entraînant une coupure générale de l'alimentation électrique. Il ne sera pas possible de les remettre en service manuellement, ils redémarreront lorsque la tension des batteries dépassera à nouveau la valeur de 48 V, c'est à dire quand elles seront suffisamment rechargées (le lendemain, ou parfois après plusieurs jours).

Ceci est une procédure automatique de protection, qui doit arriver le moins souvent possible. A chaque fois que les batteries sont fortement déchargées, elle se dégradent et leur durée de vie baisse beaucoup.

Principaux risques à l'exploitation des ouvrages et procédures de sécurité à respecter



Y a t'il des risques de nature électrique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques électriques qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Tension de 300 à 350 V en permanence en journée, impossible à interrompre (il faudrait pour cela arrêter le soleil, impossible !). **Cette tension est mortelle.** Donc aucune intervention sur les champs PV et les câbles entre les champs PV et les régulateurs en journée.
- En journée, un courant jusqu'à 10 A circule en sortie des modules PV. Il est **formellement interdit d'ouvrir le circuit DCPV en journée**, à n'importe quelle endroit, sans avoir ouvert tous les interrupteurs sectionneurs des coffrets DCPV (photos # 14 et 15). Sinon, risque d'arc électrique et d'incendie.

→ Du côté du réseau:

- Dès la sortie des onduleurs, la tension délivrée est de 230 V en courant alternatif. Celle ci est également mortelle, en cas de contact direct mais aussi de contact indirect car notre schéma de liaison à la terre implique une mise à la terre du neutre régulièrement. Avant toute intervention sur la partie AC ou sur le réseau, **on arrête systématiquement les onduleurs et on isole le réseau en plaçant l'inverseur de source sur la position « 0 »** (photo #11).

→ Du côté des batteries

- La tension batterie (max 65 V) reste à la limite de la tension de sécurité en milieu sec. Il n'y a pas de risque d'électrisation, mais attention au court circuit !

- Attention à tout court circuit qui peut être « explosif » avec des batteries de forte capacité. Ne jamais prendre le risque de mettre en contact direct les pôles positifs et négatifs des batteries. Avant toute intervention d'ordre électrique sur les batteries : 1-éteindre les onduleurs et régulateurs / 2-retirer les fusibles du coffret DCBAT. Procédure inverse pour la remise sous tension.

Y a t'il des risques de nature mécanique ?



Les mini-réseaux photovoltaïques en place comportent une multitude de risques de nature mécanique qu'il est important de connaître !

→ Du côté du champ photovoltaïque :

- Attention en période cyclonique aux risques d'arrachement des ouvrages ! ne pas s'abriter sous les modules PV en cas de cyclone.

→ Du côté du réseau:

- Toute intervention sur le réseau exige d'être en hauteur, respecter impérativement les procédures et le port des équipements de protection (photo # 34), et s'assurer qu'un périmètre de sécurité est bien défini autour de la zone d'intervention.

Y a t'il d'autres risques?



→ Risques de vols:

- Assurer un bon gardiennage et ne pas tenter les intrus. S'assurer du bon fonctionnement de l'éclairage public à la centrale, ne pas hésiter à laisser le local éclairé toute la nuit.

→ Risques chimiques :

- L'acide sulfurique qui compose l'électrolyte des batteries est très corrosif. Il provoque des brûlures, et attaque notamment les vêtements, le béton, la peau... **il peut rendre aveugle en cas de contact avec les yeux.** Pour les procédures de remplissage des batteries ou vérification d'électrolyte, bien respecter le port des équipements de protection : gants, masque, lunettes.

- En cas de charge d'égalisation (environ tous les mois), les batteries subissent un « bouillonnement » qui leur permet de brasser l'électrolyte évitant sa stratification. Pendant ces phases, un dégagement de dihydrogène a lieu, ce gaz est très explosif. De manière générale, il y a en journée toujours du dihydrogène qui se dégage des batteries. **Il est formellement interdit du fumer dans l'ensemble du local technique**, ou d'y apporter une source de feu (fatapera, jiro capoka, labouji, etc...). Si l'odeur est trop forte pendant ces phases d'égalisation, éviter de rester dans la pièce.

Rappel de ce qu'il ne faut jamais faire

Ne jamais débrancher un câble sur le circuit DCPV sans avoir éteint les régulateurs et ouverts les interrupteurs des coffrets DCPV

Ne jamais intervenir sur le champ PV en journée

Ne jamais fumer à proximité des batteries

Ne jamais monter au poteau sans les protections adéquates

Ne jamais faire de court circuit sur le circuit DCBAT

Ne jamais intervenir dans le paramétrage des RCC02 sans supervision ou ordre extérieur

Ne jamais laver les panneaux avec un détergent, ou même du savon

Ne jamais ajouter de l'acide dans les batteries, uniquement de l'eau distillée achetée en ville

Gestion quotidienne de la centrale



Que faire quotidiennement sur la centrale ?

Les mini-réseaux photovoltaïques en place fonctionnent automatiquement. Les opérations quotidiennes sont essentiellement du contrôle visuel, du nettoyage, et du relevé d'indicateurs de fonctionnement.

Les contrôles et relevés sont à faire 2 fois par jour : le matin, idéalement à l'aube (entre 5h et 5h30) et le soir, à la tombée de la nuit (idéalement entre 18h30 et 19h)

→ Quelles valeurs relever quotidiennement dans le cahier de suivi ?

A chaque contrôle, relever dans le cahier de suivi les indicateurs : kWh centrale, Tension batterie, Energie jour (Ej), et le SOC (état de charge batterie, en %). Voir photos # 35, 36.

→ Quels contrôles visuels à faire ?

A chaque contrôle, vérifier les voyants des régulateurs et onduleurs (photos # 28,29), et archiver dans un cahier vos remarques éventuelles.

→ Y a t'il d'autres tâches à faire tous les jours ?

- Un nettoyage (balai) du local technique dans son ensemble est à faire 1 à 2 fois par jour. La poussière abîme les appareils électronique.
- Bien vérifier chaque jour la ventilation de la pièce, en maintenant propre les fenêtre et grilles de ventilation.
- Un rapide contrôle visuel des panneaux, chaque matin, pour s'assurer d'aucun défaut.
- Tout constat doit être correctement archivé !

Comment arrêter et remettre en marche la centrale ?

L'exploitant sera dans l'obligation d'arrêter complètement la centrale, si un défaut est constaté ou pour une maintenance approfondie, comme par exemple le contrôle semestriel.

→ **Pour arrêter la centrale, suivre la procédure dans l'ordre**

1. Mettre l'inverseur de source sur la position « 0 » - photo # 11
2. Arrêter les onduleurs en appuyant sur le bouton en façade, puis en ouvrant l'interrupteur placé sous l'onduleur – photo # 29
3. Ouvrir les coffrets DCPV et mettre les interrupteurs sectionneurs en position « 0 » - photos # 14,15
4. Pour aller jusqu'à une consignation complète, poursuivre avec :
 - a. Le retrait des fusibles dans le coffret DCBAT
 - b. Mettre tous les disjoncteurs du TGBT en position « OFF »

→ **Pour remettre la centrale en fonctionnement, effectuer la procédure dans le sens inverse !**

Maintenance préventive sur la centrale



Nettoyage et entretien général, tâches hebdomadaires

Les contrôles quotidiens doivent permettre de garder les ouvrages propres, bien fixer, et dans leur état d'origine.

Une fois par semaine, il est recommandé de faire un nettoyage un peu plus rigoureux, avec un chiffon propre, de l'ensemble des appareils (coffrets, onduleurs, régulateurs, batteries, câbles...), en visant notamment les grilles de ventilations des onduleurs et régulateurs qui doivent rester propre.

Une fois par semaine, les modules photovoltaïques doivent être lavés avec un chiffon doux et propre, et de l'eau (ne jamais ajouter de savon !)

Inspection détaillée des ouvrages, tâches mensuelles

Une inspection détaillée des ouvrages doit avoir lieu **une fois par mois, en complément des tâches quotidiennes et hebdomadaires**. Celle ci portera sur un contrôle visuel détaillé des points ci dessous :

- Absence de tâches noires sur les modules PV (défaut cellule)
- Vérification du niveau d'électrolyte dans les batteries, et ajout d'eau distillée si nécessaire (**Attention : il faut anticiper les stocks car tous les éléments doivent être remplis exactement au même niveau. Il faut parfois 100 à 150 litres d'eau distillée pour une remise à niveau correcte ! Et bien sûr, je jamais compléter avec de l'acide**).
- Pas de rouille sur la structure, bonne tenue mécanique.
- Les câbles des panneaux sont bien attachés, les connecteurs entre panneau ne présentent pas de trace d'échauffement.
- Les câbles entre les panneaux et le local sont intègres, aucun n'est abimé.

- Les raccords de terre sont solides.
- L'ensemble des appareils et coffrets est solidement fixé.
- L'ensemble des câbles sont intègres et ne présentent pas de point chaud.
- Les fusibles du coffret DCBAT sont intègres, sans point chaud.
- En ouvrant le TGBT, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, le parafoudre n'a pas viré au rouge.
- En ouvrant les coffrets DCPV, aucun point chaud ou connectique défectueuse constaté, les parafoudres n'ont pas viré au rouge.
- Tous les raccords de terre avec le câble terre/jaune PE sont en bon état, aucune interruption du circuit d'équipotentialité.

Inspection détaillée des batteries, tâches semestrielles

Une inspection détaillée des batteries doit avoir lieu **tous les 6 mois, en complément des tâches quotidiennes, hebdomadaires et mensuelles**. Cette intervention doit se faire après mise à l'arrêt de la centrale (voir procédure du chapitre précédent), et attente de 2 heures, pour que les batteries soient considérées au repos.

1. Mettre à l'arrêt la centrale (pas nécessité de consigner les batteries), noter l'heure.
2. Effectuer les tâches d'entretien hebdomadaire et mensuel, notamment le remplissage des batteries si nécessaire, en laissant les batteries ouvertes.
3. Si 2 heures se sont écoulés après l'arrêt de la centrale, procéder à la mesure de la densité d'électrolyte et de tension pour chaque élément de batterie, en notant bien la température. Ne pas oublier de porter les équipements de protection.
4. Après avoir correctement archiver les mesures, remettre la centrale en service.

<p>Si des écarts (tension ou densité) de plus de 5% entre un élément de batterie et les autres est constaté, la centrale peut être remise en service mais il faut alerter SunEnergie.</p>
--

Consignation des interventions

Pour un meilleur suivi et une meilleure compréhension des défauts, ne pas oublier **d'archiver proprement** chacune des interventions de maintenance préventive !

Conduite à tenir en cas d'orage



Bien que la centrale et le réseau soient équipés de protection contre les effets indirects de la foudre, **nous recommandons fortement aux exploitants, en cas d'orage fort en cours ou annoncé, d'interrompre le fonctionnement de la centrale, y compris consignation des batteries, en suivant la procédure.**

La centrale pourra être remise en service une fois l'orage passé.

Après le passage d'un orage, vérifier les parafoudres dans les coffrets DCPV et dans le TGBT. Si l'un est passé au rouge (il est donc hors service), la centrale peut être remise en service mais il faut informer SunEnergie pour convenir des modalités de remplacement.

Intervention et maintenance sur le réseau et sur la distribution électrique



RAPPEL : Bien s'équiper avant toute intervention en hauteur sur le réseau !

A chaque fois que l'on branche un nouveau client sur le réseau :

A chaque fois qu'un nouveau client est raccordé, l'exploitant en profite pour contrôler le CDC concerné ou le plus proche :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
- Bon serrage des connectiques
- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
- Resserrage des connecteurs à perforation accessibles

A chaque fois que l'on effectue un relevé des compteurs chez les clients :

A chaque fois qu'un relevé des compteurs est prévu, l'exploitant en profite pour contrôler le coffret client :

- étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
- heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire) pour les SES
- Pas de tentative de fraude, de rajout de circuit, d'appareils non autorisés

Contrôle détaillé du réseau, tâches semestrielles

De même qu'un contrôle détaillé de la centrale doit être programmé tous les 6 mois, de même l'ensemble du réseau doit être vérifié :

- Vérification des CDC :
 - o étanchéité, absence d'insecte, absence de trace de point chaud
 - o heure correcte de l'interrupteur horaire (à régler si nécessaire)
 - o Bon serrage des connectiques

- Orientation de la face ouvrante du coffret vers le SUD
 - Resserrage des connecteurs à perforation accessibles
- Vérification des descentes de mise à la terre du neutre.
- Resserrages des dérivations du réseau par connecteurs à perforation.
- Contrôle de chaque pied de poteau : absence de détérioration, re-badigeonnage à l'huile de vidange si nécessaire.
- Vérification des éclairages publics, et coffrets associés : étanchéité, absence d'insecte, pas de point chaud, réglage de l'interrupteur horaire.

Que faire en cas de panne ?



Des pannes peuvent survenir, l'exploitant doit être en mesure de les identifier, diagnostiquer, voir de corriger le défaut, seul ou avec assistance téléphonique de SunEnergie et/ou Hacsé.

Que faire si un court circuit a lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un court circuit est un contact direct entre la phase et le neutre, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou en **renversant de l'eau sur un appareil**, on peut créer un court circuit.

Si le court circuit est franc, le temps de réponse des disjoncteurs ne permet pas leur déclenchement, et **la centrale s'arrêtera automatiquement**. Les onduleurs seront mis à l'arrêt, et **l'écran de la télécommande RCC02 sera rouge** avec un message d'erreur « surintensité AC ». Les onduleurs essayeront de redémarrer automatiquement 3 fois avant de s'arrêter complètement avec l'écran maintenu en rouge. Le village n'a plus d'électricité !

L'exploitant doit maintenant localiser le défaut : la méthode consiste déjà à bien connaître ses clients pour pré-identifier le responsable... se focaliser d'abord sur les gros consommateurs, et bien sur uniquement sur les clients alimentés lors du défaut (par exemple, les clients domestiques ne peuvent pas créer de défaut en journée !).

La recherche du défaut chez un client peut se faire en isolant le circuit de distribution intérieure (ouverture du disjoncteur client), puis mesure d'isolement avec le testeur (position Ohmmètre).

Une fois le défaut localisé, la centrale peut être manuellement remise en service en éteignant et rallumant manuellement les onduleurs.

Que faire si une surcharge à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Une surcharge est une augmentation rapide et anormale de l'intensité suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise.

Normalement, une surcharge entraîne le déclenchement des disjoncteurs (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait beaucoup plus rapide.

Que faire si un défaut d'isolement à lieu sur le réseau ou chez un client ?

Un défaut d'isolement est la conséquence d'un contact direct ou indirect entre une phase active du réseau et la terre, suite au défaut d'un appareil, pouvant avoir lieu en tout point du réseau, y compris chez les clients. Typiquement, en branchant un **récepteur électrique défaillant** sur une prise, ou dans des conditions **d'humidités anormalement élevées**.

Un défaut d'isolement entraîne le déclenchement des protections différentielles (chez les clients, ou dans les coffrets CDC sur poteau), donc seul le (ou les) client(s) concernés seront coupés. La recherche du défaut est de fait plus rapide, et surtout elle ne peut concerner que des appareils avec carcasses métalliques, branchés sur le réseau de prise.

Que faire dans le cas d'un défaut majeur sur les onduleurs ou régulateurs ?

Un défaut d'appareil peut survenir dans la centrale. La première étape consiste à mettre la centrale totalement à l'arrêt, y compris consignation (en respectant la procédure), attendre environ 5 minutes, et procéder à une remise sous tension des ouvrages.

Si le défaut persiste, ne pas tenter d'intervenir davantage, appeler SunEnergie :

Nom du technicien SunEnergie :

N° de téléphone n°1 :

N° de téléphone n°2 :