



Agence Malienne pour le Développement de l'Energie  
Domestique et de l'Electrification Rurale

*L'énergie pour tous*

MINISTÈRE DE L'ENERGIE ET DE L'EAU-MEE

Agence Malienne pour le Développement de l'Energie  
Domestique et de l'Electrification Rurale - AMADER

MN-06-01/005 Décembre 2009

**ELECTRIFICATION RURALE DECENTRALISEE :  
PRESCRIPTIONS TECHNIQUES GENERALES**

# SOMMAIRE

	Pages
<b>INTRODUCTION</b>	4
<b>I. OBJECTIF</b>	4
<b>II. DOMAINE D'APPLICATION</b>	4
<b>III. REFERENCES NORMATIVES</b>	4
<b>IV. PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA CENTRALE DE PRODUCTION</b>	5
<b>IV.1 CENTRALE DE PRODUCTION</b>	5
IV.1.1- Emplacement de la Centrale	5
IV.1.2- Groupes Electrogènes	5
IV.1.3- Génie Civil	5
IV.1.4- Stockage Fuel	6
IV.1. 5- Récupération Déchets	6
IV.1. 6- Protection Incendie	6
<b>IV.2 RESEAUX DE DISTRIBUTION</b>	6
IV.2.1- Les Supports de Réseau basse tension (BT)	6
IV.2.1.1- Les types de supports	6
IV.2.1.2- Les implantations des supports	7
IV.2.1.3- Longueurs des supports	7
IV.2.2- Les câbles BT	7
IV.2.2.1- Les câbles aériens	7
IV.2.2.2- Les câbles souterrains	8
IV.2.3- Les matériels BT de connexion, d'ancrage et de suspension	8
IV.2.4- Les mises à la terre	8
IV.2.4.1- Constitution du dispositif de mise à la terre	8
IV.2.4.2- Les emplacements	8
IV.2.4.3- Les valeurs normatives	9
IV.2.5- Les branchements des clients	9
IV.2.5.1- Les câbles de branchement	9
IV.2.5.2- Protection des installations et des personnes	9
IV.2.5.3- Evaluation de la consommation	9
IV.2.6- Les surplombs et voisinages	9
IV.2.7- Réseau moyenne tension (MT)	9
IV.2.8- Tension BT fournie	10
<b>V. INSTALLATIONS INTERIEURES DES ABONNES</b>	10
V.1- Câbles	10
V.2- Boites de dérivations	10
V.3- Lampes	10
<b>VI. SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES</b>	10
VI.1- Chaîne de puissance et choix des tensions	10
VI.2- Le générateur photovoltaïque	11

VI.3- Le régulateur	11
VI.4- Les batteries	11
VI.5- Les luminaires	11
VI.6- Les câbles électriques	11
VI.7- Les boîtes de dérivation	12
<b>VII. BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>13</b>

## **INTRODUCTION**

Les activités de production et distribution d'électricité sont généralement complexes et comportent des risques pour les personnes et pour l'environnement.

Afin de réduire ces risques et garantir la sécurité des personnes et de préserver l'environnement, des règles ont été établies pour régir ces activités.

En plus des normes généralement appliquées dans la construction des centrales et réseaux électriques, en milieu rural et selon la taille et la nature des installations, certaines conditions techniques minimales pourront être acceptées afin de réduire les coûts sans compromettre la sécurité des biens et des personnes, et la qualité du service.

## **I. OBJECTIF**

Dans le cadre de l'électrification rurale, un recueil des règles techniques s'avère nécessaire pour orienter les opérateurs privés et les clients dans la réalisation des installations et l'utilisation de l'électricité.

Le présent document est élaboré dans cette optique afin de réduire les coûts des investissements tout en assurant :

- la sécurité des personnes et des installations
- la protection de l'environnement
- la qualité de l'électricité fournie.

## **II. DOMAINE D'APPLICATION**

Les présentes prescriptions techniques s'appliquent :

- à la construction des ouvrages de production et de distribution d'électricité en milieu rural,
- à l'installation des systèmes photovoltaïques
- à la réalisation des installations intérieures des abonnés.

## **III. REFERENCES NORMATIVES**

Au Mali, en l'absence de norme nationale en la matière, les normes françaises et internationales sont appliquées. Entre autres, on peut citer :

- NFC 15-100 : relative aux installations intérieures d'abonnés : 2002
- NFC 14-100 : relative aux branchements d'abonnés basse tension (BT) : 1996
- NFC 11-201 : relative aux réseaux moyenne tension (MT) et basse tension (BT) : 1996
- NFC 13-100 : relative aux postes MT/BT de distribution : avril 2001
- EN 61215 ou NF EN 61646 : relatives aux systèmes de fourniture d'électricité à partir de l'énergie solaire : septembre 2005

- UTE C18-510 : relative à la sécurité durant la construction et l'exploitation des ouvrages et installations électriques : 1988

## **IV. PRESCRIPTIONS RELATIVES A LA CENTRALE DE PRODUCTION**

### **IV. 1 CENTRALE DE PRODUCTION**

#### **IV.1.1- Emplacement de la Centrale**

L'emplacement de la Centrale est choisi dans le souci :

- de réduire considérablement, la nuisance sonore sur la population
- de réduire considérablement la pollution de l'air et du sol (émissions gazeuses, déchets d'huile, etc.)
- d'éviter un réseau de distribution extrêmement long qui sera le siège de chutes de tension
- de faciliter l'accès aux engins de livraison des produits consommables et aux engins de sécurité.

Un tel emplacement est choisi en collaboration avec les autorités locales.

Dans tous les cas on évitera de construire une centrale au voisinage direct des habitations, écoles, centres de santé, lieux de culte, bureaux de l'administration.

#### **IV.1.2- Groupes Electrogènes**

Les puissances des groupes sont choisies en vue d'assurer un bon rendement de fonctionnement et éviter ainsi leur fonctionnement à vide. La charge minimale conseillée est de 60% de la puissance nominale. Il est préférable d'installer plus d'un groupe de puissances différentes et de les faire fonctionner suivant la demande d'énergie.

Les groupes devront être adaptés aux conditions climatiques des milieux où ils sont prévus pour être installés. Ils devront être protégés contre les surintensités. Leur consommation spécifique de carburant ne devra pas excéder les valeurs ci-dessous dans les deux premières années de service.

Plage de puissance nominale	50kW – 100kW	100kW-250kW	300kW-400kW
Consommation spécifique à 100% de la charge nominale	0,28 litres/kWh	0,27 litres/kWh	0,27 litres/kWh

#### **IV.1.3- Génie civil**

Le socle pour les machines est conçu en béton armé pour mieux atténuer l'effet des vibrations sur l'assemble du bâtiment. La salle des machines doit être suffisamment aérée.

La toiture du bâtiment de la centrale sera en tôle de 7,2 kg.

#### IV.1.4- Stockage du fuel

Le fuel est stocké dans une cuve étanche en dehors de la salle des machines et dans un espace clôturé dont l'accès est réservé aux exploitants. La cuve peut être enterrée ou posée à l'air libre sur un socle surélevé.

#### IV.1.5- Traitement des déchets

Les huiles usées doivent être traitées. A défaut d'un système de traitement, les huiles usées seront récupérées dans des fûts.

Les chiffons utilisés pour le nettoyage des huiles et graisse ne doivent pas être jetés dans les alentours. Ils doivent être récupérés et transportés en dehors de la localité sur les dépôts d'ordures.

#### IV.1.6- Protection incendie

La Centrale doit disposer d'extincteurs contre les feux d'origine électrique et les feux dus au carburant. Les extincteurs au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et la poudre ABC.

### IV. 2 LES RESAUX DE DISTRIBUTION

#### IV.2.1-Les supports de réseau basse tension (BT)

##### IV.2.1.1-Types de supports

Les supports pourront être du type : bois, métallique ou béton.

##### a)- Supports bois :

Les supports bois traités offrent une meilleure garantie quant à la résistance mécanique et la résistance à l'attaque des termites.

#### Caractéristiques des supports bois (norme C11 2001):

##### Supports Bois Simples

Réf.Support	Fo	F	P
S100	100	100	35
S140	140	140	45
S190	190	190	65
S255	255	255	84
S325	325	325	110
S430	430	430	150
S550	550	550	200

##### Supports Bois Jumelés

Réf.Support	Fo	F	P
J100	100	280	105
J140	140	370	135
J190	190	505	195
J255	255	660	260
J325	325	830	330

##### Supports Bois Contrefichés

Réf.Support	Fo	F	P
100	100	260	260
X140	140	340	340
Y140	140	600	600
Y255	255	930	930
Z140	140	930	930
Z255	255	1450	1450

##### Supports Bois Haubanés

Réf.Support	Fo	F	P
H100	100	525	525
H140	140	825	825
H190	190	1090	1090
H255	255	1420	1420
H325	325	2250	2250
H430	430	3160	3160

Fo : effort nominal du poteau simple ; F : effort nominal du support ;

P : effort permanent du support

A défaut de supports normalisés (supports traités en industrie), les supports utilisés devront être du **Teck** ou de l'**Eucalyptus** traités localement en enduisant de produits chimiques appropriés, la partie inférieure du poteau, avec un diamètre minimal au sommet de :

- 10 cm pour les supports en alignement
- 12 cm pour les supports d'effort (en arrêt ou en angle).

Unité : daN

Références :

#### **b)- Supports métalliques :**

En plus des supports métalliques normalisés déjà connus (IPN, IPE, HEA, « PetitJean ») dans la construction des réseaux de distribution électrique, pourront être admis en milieu rural :

- les supports en tube métalliques pour les tronçons de réseau dont la section de câble ne dépassent pas 16 mm<sup>2</sup>,
- les supports en poutrelle légère quand la section du câble ne dépasse pas 16 mm<sup>2</sup>.

Ces supports devront permettre l'utilisation des échelles par les monteurs électriciens.

#### **c)- Supports béton :**

Les supports béton sont techniquement admis sur toutes les artères du réseau. Leur choix sera justifié par le coût par rapport aux supports précités et la disponibilité.

### **IV.2.1.2-Implantation des supports**

Pour permettre au support de résister au basculement ou à l'arrachement sous la traction du câble et/ou l'effet du vent qui souffle fréquemment dans la zone :

- la profondeur minimale de la fouille doit être  $P = 0,5m + L/10$  où :

\* P : profondeur en mètres

\* L : longueur du support en mètres

- le calage doit se faire avec les pierres sèches ou moellons
- on procédera au bétonnage du support s'il est implanté dans un sol marécageux ou sablonneux ou si c'est un support d'effort (angle, arrêt, support IACM, support poste H61).

### **IV.2.1.3-Longueur des supports**

La longueur d'un support à implanter dans un endroit donné, devra être définie dans le souci d'obtenir une hauteur acceptable du câble de réseau par rapport au sol (hauteur de surplomb). La longueur minimale des supports en milieu rurale est de 7m.

## **IV.2.2- Les câbles BT**

### **IV.2.2.1-Câbles aériens**

Les câbles de réseau aérien BT seront de préférence du type pré assemblé appelé communément câble torsadé. En plus des câbles torsadés généralement utilisés sur les réseaux basse tension, on pourra admettre en milieu rural, les câbles torsadés 4x25mm<sup>2</sup>, 2x25mm<sup>2</sup>, 4x16mm<sup>2</sup> et 2x16mm<sup>2</sup> selon la charge à transiter et la longueur de transit.

Les câbles de branchements aériens pourront être :

- du câble torsadé 2x16mm<sup>2</sup> ou 2x10mm<sup>2</sup>
- du câble rond en cuivre isolé de section : 2mm<sup>2</sup> ; 4mm<sup>2</sup> ; 6mm<sup>2</sup> ; 10mm<sup>2</sup>
- du câble rond en aluminium isolé de section : 4mm<sup>2</sup> ; 6mm<sup>2</sup> ; 10mm<sup>2</sup>

#### **IV.2.2.2-Câbles souterrains**

S'il est nécessaire de passer en souterrain une partie du réseau, on devra utiliser du câble rond (cuivre ou alu), enfoui dans une tranchée de profondeur minimale de 0,5m.

Si le câble est du type armé, il sera directement posé dans la tranchée.

Si le câble n'est pas du type armé, sa protection mécanique sera assurée en le faisant passer dans une gaine ou tuyau PVC.

Le sable ou à défaut la terre meuble, constituera la première couche de remblai.

Le grillage avertisseur rouge est utilisé pour signaler la présence des câbles souterrains.

#### **IV.2.3- Matériels BT de connexion, d'ancrage et de suspension**

Les épissures sont systématiquement interdites pour éviter les risques d'incendie.

Le raccordement de deux câbles se fera avec des manchons pré isolés prévus en la matière.

Les connexions de dérivation de réseau ou de branchement de client se feront à l'aide des connecteurs conçus pour le réseau torsadé, notamment les connecteurs à perforation d'isolant.

Les ancrages aux arrêts de ligne seront réalisés avec des ensembles d'ancrage simple. Les ensembles d'ancrage double seront utilisés au niveau des angles forts. Les ensembles de suspension seront utilisés en alignement.

Pour les sections de 25mm<sup>2</sup> et 16mm<sup>2</sup>, on utilisera au niveau des alignements, les pinces de suspension pour réseaux torsadés autoportés et on utilisera au niveau des ancrages, les pinces d'ancrage habituellement utilisées pour les branchements.

#### **IV.2.4-Les mises à la terre**

Le neutre du réseau BT sur les tronçons triphasés doit être mis à la terre pour éviter les effets de déséquilibre et surtout les surtensions consécutives à la coupure du conducteur de neutre.

##### **IV.2.4.1- Constitution du dispositif de mise à la terre**

Le dispositif de mise à la terre du réseau comprend :

- un conducteur en cuivre isolé de section minimale de 25mm<sup>2</sup>
- un piquet de terre en acier galvanisé de longueur minimale de 1,5m

Le conducteur relie le neutre du réseau au piquet enfoncé dans le puits. Le remblai peut comprendre en plus de la terre de déblai, du sel et du charbon pour améliorer la qualité de la mise à la terre.

##### **IV.2.4.2- Les emplacements**

Les mises à la terre du neutre sont réalisées sur les tronçons triphasés du réseau. Sur un tronçon donné, les mises à la terre seront distantes de 500m au maximum.

Une mise à la terre sera réalisée au bout des dérivations de plus de 150m de longueur. Selon la nature du sol, les mises à la terre seront multipliées sur le réseau pour obtenir une meilleure valeur de terre.

#### **IV.2.4.3- Les valeurs normatives**

La valeur de terre globale ne doit pas dépasser 25 ohms. Si cette valeur n'est pas obtenue avec un seul puits, on réalisera deux ou plusieurs puits reliés au même conducteur de terre.

#### **IV.2.5- Les branchements des clients**

##### **a)-Branchements aériens**

La longueur maximale d'un branchement aérien sans poteau sera de 30m pour éviter un éventuel arrachement du crochet à scellement qui pourrait détériorer le mur de l'abonné. Au delà de 30m, un poteau sera utilisé pour le respect de la hauteur minimale de surplomb du câble et réduire l'effort de traction sur le crochet à scellement.

##### **b)-Branchements aéro-souterrains**

Les branchements aéro souterrains seront réalisés avec des câbles isolés ronds de préférence en aluminium.

##### **IV.2.5.1- Les câbles de branchement**

Les câbles de branchement sont définis ci haut.

##### **IV.2.5.2- Protection des installations et des personnes**

Le disjoncteur différentiel sera utilisé pour :

- la protection des installations contre les courts-circuits
- la protection des personnes contre les risques d'électrocution par contact indirect.

##### **IV.2.5.3- Evaluation de la consommation**

Pour évaluer la consommation d'électricité du client :

- le système de comptage (type à prépaiement ou type classique) sera installé pour les gros consommateurs
- un tarif forfaitaire sera appliqué en fonction du service accordé (puissance installée) pour les clients à faible consommation. Un limiteur de puissance sera utilisé pour limiter la consommation du client.

#### **IV.2.6- Les surplombs et voisinages**

Les distances minimales suivantes doivent être respectées entre le câble de réseau BT et le sol en milieu rural :

- surplomb des voies publiques (rues) : 5m
- surplomb des terrains ordinaires ou agricoles : 4m
- traversée d'une route nationale ou toute route fréquentée par les camions : 6m

Au voisinage des constructions, le câble sera maintenu à une distance permettant d'éviter le frottement du câble sur les murs en cas de vent.

#### **IV.2.7- Réseau Moyenne Tension (MT)**

Il s'agit des réseaux alimentés par une tension de 15 kV ou 30 kV.

Si l'option réseau MT est retenue pour alimenter une localité, au regard de la sécurité, le réseau MT sera construit dans les mêmes conditions qu'en milieux urbains et conformément aux normes en vigueur.

Ainsi :

- les supports seront des supports normalisés béton, bois ou métalliques
- la hauteur minimale du câble par rapport au sol sera de 8m
- une distance horizontale d'au moins 2 m sera observée entre le conducteur nu et les bâtiments hauts.
- le surplomb des habitations est interdit.

Une ligne rigide est préférable à une ligne suspendue pour des raisons de coût.

Le réseau MT souterrain se fera conformément aux règles techniques prévues en la matière.

#### **IV.2.8- Tension BT fournie**

La tension fournie aux clients devra se situer entre les limites suivantes :

- minimum : 198 volts, c'est-à-dire 220 V- 10%
- maximum : 240 volts, c'est-à-dire 220V+9%

La fréquence sera de 50 Hz plus ou moins 4%.

## **V. INSTALLATIONS INTERIEURES DES ABONNES**

### **V.1- Câbles**

Les circuits d'éclairage et de ventilateurs seront réalisés avec du câble rond en cuivre de section minimale 1,5mm<sup>2</sup>.

Les circuits des prises de courant seront réalisés avec du câble rond en cuivre de 2,5 mm<sup>2</sup> de section minimale.

### **V.2- Boites de dérivation**

Les dérivations par épissures exposées sur façade sont le siège de court-circuit.

Les dérivations seront donc réalisées dans des boites de dérivation de préférence encastrées pour réduire le risque de court-circuit. Les dominos seront utilisés pour les raccordements au niveau de la boite de dérivation.

### **V.3- Lampes**

Pour des raisons d'économie d'énergie, l'utilisation des lampes basse consommation (LBC) est fortement conseillée en milieu rural.

## **VI. SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES**

### **VI.1 Chaîne de puissance et choix des tensions**

- Puissance installée du générateur photovoltaïque comprise entre **0** et **200 W<sub>c</sub>** :  
Tension de fonctionnement : **12 V**
- Puissance installée du générateur photovoltaïque comprise entre **200** et **1000 W<sub>c</sub>** : Tension de fonctionnement : **24 V**
- Puissance installée du générateur photovoltaïque supérieure à **1000 W<sub>c</sub>** :  
Tension de fonctionnement : **48 V**

## **VI.2 Le générateur photovoltaïque**

Il est constitué de modules photovoltaïques, de diodes anti-retour, de diodes de dérivation si nécessaire et des structures de support. Les cellules photovoltaïques doivent répondre aux normes **ISPRA** ou équivalent.

Les structures de support permettant l'assemblage des modules en générateur et la fixation de celui-ci seront réalisées en aluminium anodisé ou en acier galvanisé à chaud. L'ensemble fondation-structure de support devra supporter les vitesses des vents en milieu rural.

L'inclinaison des modules sera réglée de 12 à 15° Nord-Sud et non susceptible d'être modifiée par l'utilisateur.

L'installation sur toiture ne doit pas nuire à son étanchéité.

## **VI.3 Le régulateur**

Le régulateur de charge doit protéger les batteries contre les surcharges et les décharges excessives. Le régulateur doit être :

- Adaptable aux conditions du sahel ;
- Protégé contre les décharges nocturnes de la batterie dans le régulateur ;
- Protégé contre les surintensités sur la liaison avec la batterie par disjoncteur ou fusible ;
- Muni de 3 pôles pour connexion de générateur, de batterie, et de l'utilisation ;
- Etanche à la poussière ;
- Equipé d'un système d'allumage crépusculaire pour les systèmes d'éclairage public. On peut lui associer un interrupteur manuel.

Le régulateur disposera de protection automatique contre l'inversion de polarité à son entrée.

Le régulateur comportera des visualisations pour les conditions suivantes :

- Fonctionnement normal
- Etat de charge des batteries
- Etat de décharge des batteries.

## **VI.4 Les batteries**

Les batteries seront de type solaire sans entretien.

Le parc de batteries devra supporter huit cents (800) cycles à une profondeur de décharge de 50 % avant que sa capacité résiduelle ne soit plus que 80 % de la valeur nominale.

Les batteries seront placées dans une boîte fermée à clé, dotée de trou d'aération, résistante à la corrosion, et au choc et sera conçue de telle façon que les contrôles périodiques soient aisés.

## **VI.5 Les luminaires**

Les luminaires seront des lampes basses consommations (**LBC**) de **7W** à **11W** pour l'éclairage domestique et de **23W** à **36W** pour l'éclairage public. Ils doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- longue durée de vie
- Protection contre les inversions de polarité
- Plage de tension compatible avec le régulateur
- Rendement lumineux de **50 lumens/watt** au moins.

## **VI.6 Les câbles électriques**

La section minimale de câble est de **2,5 mm<sup>2</sup>** cuivre rond.

Toutefois, les câbles employés doivent répondre aux exigences suivantes :

- les longueurs totales forfaitaires doivent être suffisantes pour la réalisation des installations ;
- les sections conductrices seront telles que les pertes de charge en ligne seront inférieures à **5 %** de la tension nominale dans les conditions extrêmes d'utilisation.

Selon les cas, les câbles électriques satisferont les conditions suivantes :

- Soit ils seront susceptibles de résister à une température de service de **90°C**, aux rayons ultraviolets et à l'humidité ;
- Soit ils seront enterrés dans des saignés (murs) pour les systèmes domestiques ou dans une tranchée de profondeur minimale **20 cm** protégés par une gaine offrant une bonne résistance mécanique reposant sur du sable pour les lampadaires.

Les sections des conducteurs seront de telles sortes que les chutes de tension n'excèdent pas les valeurs suivantes :

<b>Liaison</b>	<b>Chute de tension maxi</b>
Module - Module	<b>1 %</b>
Module - Régulateur	<b>2,5 %</b>
Régulateur - Batterie	<b>1,25 %</b>
Régulateur - Récepteur	<b>2,5 %</b>

#### **VI.7 Les boîtes de dérivation**

Les boîtes de dérivation seront installées de telle sorte que tous les passages de câbles soient étanches. L'étanchéité pouvant être assurée par exemple au moyen de résine siliconée.