

AGENCE SÉNÉGALAISE D'ELECTRIFICATION RURALE



Minima techniques & Règles environnementales



Mai 2023

Édition entièrement révisée

Table des matières

0. PREFACE	7
0.1. Référence à la législation de base du Sénégal transposant la présente directive.....	7
0.2. Champs d'application de la directive.....	8
0.3. Non inclus dans la présente directive	8
0.4. Histoire de la directive	8
0.5. Acronymes et abréviations.....	9
0.6. Termes et définitions	10
0.7. Liste des figures.....	11
0.8. Liste des tableaux.....	11
0.9. Structure de la directive	12
1. EXIGENCES POUR L'ACCES UNIVERSEL A L'ENERGIE ELECTRIQUE	13
1.1. Domaine d'application	13
1.2. Exigences universelles.....	13
1.3. Définition du niveau de service	13
1.4. Définition des courbes de charge	17
1.5. Définition du type de système	18
1.5.1. Système Photovoltaïque Familial (SPF).....	19
1.5.2. Mini-réseau isolé	19
1.5.3. Mini-réseau connecté	20
1.5.4. Configurations de systèmes associées.....	20
1.6. Définition d'un projet.....	20
1.7. Exigences posées au gestionnaire d'un mini-réseau	21
2. INSTALLATION INTERIEURE	22
2.1. Définitions	22
2.2. Schémas électriques.....	23
2.2.1. Boîte de raccordement domestique	23
2.2.2. Câblage	23
2.2.3. Disjoncteur.....	23
2.3. Protection	25
2.3.1. Prise de terre	25
2.3.2. Protection contre les surintensités et les courants de défaut.....	25

2.4. Eclairage intérieure et extérieure	26
2.4.1. Marquage.....	27
2.4.2. Douilles de lampes	27
2.5. Prises de courant pour le raccordement de consommateurs courants	28
2.6. Câblage	28
2.7. Tests et mise en service.....	28
2.7.1. Vérification de la sécurité	29
2.7.2. Test de la protection contre les surintensités	29
2.7.3. Test de fonctionnement	29
2.7.4. Formation de l'utilisateur et contrôle des appareils électriques existants.....	29
2.7.5. Économies d'énergie.....	29
3. DISTRIBUTION BASSE TENSION	31
3.1. Définition réseau et structure	31
3.2. Poteaux.....	31
3.3. Conducteurs BT	32
3.3.1. Types.....	32
3.3.2. Sections.....	32
3.4. Branchements et comptage BT.....	33
3.4.1. Description.....	33
3.4.2. Contrôle de la consommation	33
3.5. Protection	33
3.5.1. Régime neutre et mise à la terre	34
3.6. Eclairage public	34
3.6.1. Description.....	34
3.6.2. Spécifications	34
3.7. Spécifications particulières pour les réseaux BT enterrés.....	35
4. SYSTEMES DE PRODUCTION D'ENERGIE RENOUVELABLE	36
4.1. Modules photovoltaïques	36
4.1.1. Dimensionnement	36
4.1.2. Définition	36
4.1.3. Caractéristiques	37
4.1.4. Connexion des modules PV.....	37
4.1.5. Documentation et tests	37
4.1.6. Protection contre la foudre	37
4.2. Fixation et orientation des modules photovoltaïques	38
4.2.1. Définition	38
4.2.2. Conditions divergentes pour les SPF's uniquement	38
4.2.3. Matériaux constitutifs.....	38
4.2.4. Implantation et orientation	38
4.2.5. Fixation des modules	39
4.2.6. Mise à la terre et équilibrage de potentiel	39
4.3. Système de stockage	39
4.3.1. Définition	40

4.3.2. Marquage.....	40
4.3.3. Capacité et durée de vie	40
4.3.4. Installation	41
4.4. Protections.....	41
4.5. Convertisseur d'énergie	42
4.5.1. Exigences générales	42
4.5.2. Contrôle de la puissance photovoltaïque	42
4.5.3. Onduleur à batterie	42
4.5.4. Convertisseur DC/DC	43
4.5.5. Onduleur à injection	43
4.5.6. Marquage.....	43
4.5.7. Interface utilisateur	43
4.6. Conducteurs	43
4.6.1. Types de conducteurs	43
4.6.2. Caractéristiques techniques	44
4.7. Dimensionnement et performances du système	45
4.7.1. Indicateurs de performances	45
4.7.2. Dimensionnement et critères de performances.....	45
5. GENERATEUR A COMBUSTION	46
5.1. Définitions	46
5.1.1. Caractéristiques générales.....	46
5.2. Caractéristique du moteur thermiques	46
5.3. Caractéristiques de l'alternateur	47
5.4. Protection technique.....	48
5.4.1. Protections mécaniques	48
5.4.2. Protections électriques	48
5.5. Équipement annexes.....	49
5.5.1. Coffret de commande et de protection	49
5.5.2. Réservoir de carburant	49
5.5.3. Installation du GE.....	49
6. EXTENSION RESEAU MOYENNE TENSION	51
6.1. Antenne et Déivation MT.....	51
6.1.1. Caractéristiques générales.....	51
6.1.2. Configuration	52
6.1.3. Tension de service	52
6.2. Poteaux.....	53
6.3. Conducteurs MT	53
6.3.1. Types.....	53
6.3.2. Sections	53
6.4. Poste de transformation MT/BT.....	54
6.4.1. Caractéristiques générales.....	54
6.4.2. Marquage.....	54
6.4.3. Types de postes et raccordement au réseau SENELEC	55

6.4.4. Tension de service	55
6.5. Protection	55
6.5.1. Foudre.....	55
6.5.2. Protection thermique	56
6.5.3. Spécifications particulières pour les réseaux monofilaires avec retour par la terre	56
6.6. Comptage MT.....	56
7. MANAGEMENT ENVIRONNEMENTAL	57
7.1. Risques environnementaux liés à la production d'électricité décentralisé	57
7.1.1. Antenne MT et réseau BT	57
7.1.2. Générateurs à combustion	58
7.1.3. Systèmes solaires PV individuels	58
7.2. Options techniques alternatives.....	59
7.2.1. Pico ou microcentrales hydrauliques.....	59
7.2.2. Aérogénérateurs	59
7.2.3. Générateur de Bioénergie	59
7.3. Mesures de gestion environnementale : Recommandations et Obligations	60
7.4. Conditions de la collecte et du recyclage des produits usés.....	61
7.4.1. Batteries au plomb et au Lithium-ion	61
7.4.2. Groupes électrogènes	61
7.4.3. Huile de vidange	62
7.5. Contrôle et suivie	62
8. ANNEXES	63
8.1. Conditions environnementales	63
8.1.1. Autres conditions.....	63
8.2. Prévision de la demande et dimensionnements.....	64
8.2.1. Hypothèses de dimensionnement réseaux MT et BT	64
8.3. Poteaux MT et BT.....	66
8.3.1. Type de poteaux et marquage	66
8.3.2. Implantation	67
8.3.3. Tension de service – Poteaux bois	68
8.3.4. Tension de service – Poteaux acier	68
8.3.5. Tension de service – Poteaux en béton	68
8.3.6. Dimension et portée	69
8.3.7. Mise en œuvre des poteaux	69
8.3.8. Accessoires haut de poteaux	69
8.4. Procédures et tests à suivre	71
8.5. Maintenance et dépannage	72
8.6. Garanties.....	73
8.7. Formulaire d'enregistrement d'un projet	75
8.8. Formulaire d'enregistrement d'un gestionnaire	76

0. Préface

0.1. Référence à la législation de base du Sénégal transposant la présente directive

1 Ce document a été élaboré en révision des directives techniques et environnementales minimales pour le Sénégal, établi par l'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER) dans la dernière version du document de 2010.

2 La présente directive fait référence aux lois citées ci-dessus.

3 [1] La Loi n° 2021-31 portant Code de l'électricité qui vise à :

- 4 ■ Favoriser un accès universel à des services énergétiques fiables, modernes, durables et au moindre coût.
- 5 ■ Mettre un accent sur la nécessité de garantir l'approvisionnement en énergie électrique du pays au moindre coût en étendant l'accès des populations à l'électricité, notamment en milieu rural.
- 6 ■ Consolider la possibilité offerte aux clients éligibles de s'approvisionner directement auprès des producteurs indépendants et garantir l'accès des différents niveaux de services (tiers) au réseau électrique.

7 [2] Le Décret n° 2023-285 relatif aux projets d'électrification rurale décentralisée qui vise à :

- 8 ■ Définir les spécifications techniques minimales applicables à l'électrification rurale pour les mini-réseaux électriques.
- 9 ■ Définir les caractéristiques et modalités de réalisation, d'exploitation, de délégation et de suivi des projets d'Électrification Rurale Décentralisée (ERD).
- 10 ■ S'appliquer aux installations électriques hors réseau réalisées et/ou exploitées dans des localités rurales non incluses dans les programmes prioritaires ou les programmes d'investissement des concessionnaires.

11 [3] L'accès universel à l'électricité 2025 qui vise à :

- 12 ■ Fournir, à tous les citoyens et aux acteurs économiques, une énergie fiable, en quantité, qualité et durée suffisantes, et à un prix abordable à l'horizon 2025.
- 13 ■ Encourager l'augmentation de l'approvisionnement en énergie grâce à l'insertion de la production en énergie, d'énergie renouvelable à travers des mini-réseaux photovoltaïques et systèmes solaires familiaux.
- 14 ■ Promouvoir une extension de réseaux ainsi que la mise à niveau des lignes électriques.

15 La présente directive renvoie aux sources précédentes, numérotées entre crochets.

0.2. Champs d'application de la directive

16 Ce document est une révision complète de la directive précédente afin de l'adapter à la situation législative actuelle du Sénégal et aux besoins futurs de la population rurale.

17 Les sujets traités sont :

- 18 ■ Une définition des niveaux de service qui définissent la puissance minimale, l'énergie et les installations électriques tels que lampes et prises de courant requises pour chaque ménage ou utilisateur productif ou administratif, en régions rurales au Sénégal.
- 19 ■ Les spécifications techniques minima applicables aux trois options de base retenues pour l'électrification rurale au Sénégal (Système Photovoltaïque Familial (SPF), mini-réseau isolé, extension réseau moyenne tension avec un mini-réseau connecté).
- 20 ■ Les règles environnementales applicables à chacune de ces options.
- 21 ■ Procédures techniques et non techniques à respecter.
- 22 ■ Une annexe contenant les thèmes inter-chapitres qui font partie de la directive.

23 La numérotation des paragraphes permet de faire référence à des exigences individuelles dans ce document.

24 Un cas d'application particulier est celui où un mini-réseau isolé est raccordé au réseau moyenne tension :

- 25 ■ Dans le cas où ce raccordement est caractérisé par *la capacité limitée du réseau moyenne tension étendu*, on considère qu'il s'agit d'un *mini-réseau connecté* dans le cadre de l'électrification rurale.
- 26 ■ Dans le cas où le mini-réseau est entièrement intégré au réseau national interconnecté *sans limitation d'alimentation au réseau moyenne tension*, il n'est plus considéré comme faisant partie d'une électrification rurale et ne sera donc pas considéré dans le cadre des présentes lignes directives.

27 Cette directive traite de l'alimentation du réseau national interconnecté par l'ancien gestionnaire du mini-réseau isolé en tant qu'auto-producteur, une fois que le raccordement au réseau moyenne tension est établi. Cette injection particulière dans le réseau reste limitée par la faible capacité de transport du réseau MT étendu et n'est pas équivalente à l'injection dans le réseau national interconnecté.

28 Tant qu'il s'agit d'un mini-réseau connecté, il n'est pas prévu que des clients privés ou commerciaux injectent eux-mêmes leur propre installation PV connectée au réseau.

0.3. Non inclus dans la présente directive

29 La présente directive traite des exigences techniques et environnementales. Les sujets non couverts dans la présente directive incluent :

- 30 ■ Tarifs
- 31 ■ Autres conditions contractuelles
- 32 ■ Spécifications techniques pour l'électrification urbaine
- 33 ■ Cadre politique et institutionnel

0.4. Histoire de la directive

34 Les directives de minima techniques et environnementales du Sénégal ont été premièrement rédigé en 2005. Celles-ci ont par la suite été adaptées en 2010, lesquelles seront revisitées dans ce document.

0.5. Acronymes et abréviations

A .....	.Ampère
ANSD .....	.Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
ASER .....	.Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale
AC .....	.Anglais : Courant alternatif
BT .....	.Basse Tension
CA.....	.Courant Alternatif
CC.....	.Courant Continu
CEI.....	.Commission Electronique Internationale
CRSE.....	.Commission de Régulation du Secteur de l'Électricité
DC.....	.Anglais : Courant continu
EN.....	.Normalisation Européenne
EP .....	.Electricité Public
ER.....	.Electrification Rurale
ERD .....	.Electrification Rurale Décentralisé
ERIL.....	.Electrification Rurale d'Initiative Locale
GPS .....	.Système de Positionnement Globale
HT .....	.Haute Tension
IP .....	.Protection contre Infiltration
ISO.....	.Organisation internationale de normalisation
MT.....	.Moyenne Tension
NF .....	.Normalisation Française
PASER.....	.Plan d'Action Sénégalais d'Électrification Rurale
PE .....	.Polyéthylène
PV .....	.Photovoltaïque
PVC .....	.Polychlorure de vinyle
SENELEC .....	.Société nationale d'électricité
SPF .....	.Système Photovoltaïque Familial
STC.....	.Conditions Standard de Test
TBT .....	.Très Basse Tension
UV .....	.Ultraviolet
V .....	.Volt
W .....	.Watt
Wc.....	.Watt-crête

0.6. Termes et définitions

Auto-producteur	Toute personne physique ou morale ou tout autre acteur assimilé qui fait de l'autoproduction -et qui -peut vendre le surplus de ·production conformément aux dispositions du présent Code. [1]
Basse tension	Niveau de tension inférieur ou égal à un (1) kilovolt (kV). [1]
Cahier des charges	Document qui traite des spécifications techniques concernant chacune des activités de production, d'autoproduction, de stockage, de transport, d'importation, d'exportation, de distribution et de vente de l'énergie électrique, annexé aux titres d'exercice. Le cahier des charges définit les indicateurs, les niveaux de performance et les modalités de suivi évaluation pour chaque activité. Il précise notamment la réglementation administrative, technique et juridique applicable à l'activité considérée. [1]
Clients	Catégories de consommateurs autorisés, en fonction du seuil de puissance minimale d'énergie électrique, précisé par arrêté du Ministre chargé de l'Energie, à conclure des contrats d'achat d'énergie électrique directement avec des producteurs ou fournisseurs d'énergie électrique. Les modalités de mise en œuvre sont déterminées par arrêté du Ministre chargé de l'Energie. [1]
Concessionnaire	Toute personne de droit public ou privé ayant conclu avec une autorité concédante une concession avec pour objet l'exercice d'une ou de plusieurs activités de services public. [1]
Energie solaire	Energie issue du rayonnement direct ou diffus du soleil. [1]
Générateur à combustion	Fait référence à tout appareils qui, grâce à des moteurs à combustion de carburant solide, liquide ou gazeux arrive à convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.
Gestionnaire/Exploitants de mini-réseau	Organisme en charge de l'entretien et du développement du réseau de production et de distribution d'électricité provenant du mini-réseau et le mets à disposition des fournisseurs.
Installations électriques Intérieures	Toutes les installations électriques situées en aval du compteur posé par le distributeur de l'énergie électrique et destinées à la satisfaction des besoins des consommateurs. Elles ne font pas partie du réseau de distribution. [1]
Ligne électrique	Ensemble constitué par un ou plusieurs conducteurs électriques nus ou isolés et les éléments assurant leur fixation et, le cas échéant, leur protection mécanique. Il peut être aérien ou souterrain.
Le support	Élément de réseau permettant de soutenir un conducteur tel qu'un poteau.
Mini-réseau connecté	Un mini-réseau connecté comprend un système de production d'énergie disponible localement et un point de couplage commun où l'équipement appartenant au client est raccordé au système de distribution moyenne tension du service public d'électricité local.
Mini-réseau électrique	Système intégré composé d'une ou plusieurs installations de production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables, hybride ou diesel connecté(s) à un réseau de distribution basse tension. [2]
Minima techniques	Spécifications techniques minimales applicables à l'électrification rurale pour les mini-réseaux électriques. [2]
Moyenne tension	Niveau de tension supérieur à 1 kilovolt (kV) inférieur ou égal à 50 kilovolts (kV). [1]
Normes	Spécifications techniques pour évaluer et apprécier les seuils de qualité et de performances des services ou installations électriques. [2]

Point de raccordement	Point d'entrée ou de sortie des échanges d'énergies de système hors-réseau avec le réseau national de distribution ou avec un concessionnaire ou entre plusieurs mini réseaux électriques isolés. [2]
Producteur	Toute personne physique ou morale produisant de l'énergie électrique en vue de satisfaire les besoins du public, de clients éligibles ou autres usagers, industriels ou non. [1]
Producteur indépendant	Tout titulaire d'un titre d'exercice l'autorisant à développer, financer, construire, exploiter et maintenir une installation de production ou de stockage et qui vend également sa production au transporteur, au gestionnaire du Réseau de Distribution, aux détaillants indépendants et aux clients éligibles. [1]
Réseau de distribution	C'est un ensemble d'éléments connectés permettant de faire circuler l'électricité et de distribuer l'énergie aux utilisateurs finaux. Le réseau peut être aérien ou souterrain, moyenne ou basse tension.
Réseau interconnecté.....	Réseau constitué de plusieurs réseaux de transport et/ou de distribution reliés entre eux par une ou plusieurs interconnexions. [1]

0.7. Liste des figures

Figure 1 : Matrice avec l'attribution des chapitres aux différents systèmes	12
Figure 2 : Exemples de courbes de charge pour les niveaux de services domestiques et d'éclairage public	17
Figure 3 : Exemples de courbes de charge pour les niveaux de services à usage productifs	18
Figure 3 : Câblage interne d'un bâtiment avec deux chambres et une véranda : Dans cet exemple, le compteur électrique (0) est placé en haut du poteau. Dans le bâtiment, il y a un disjoncteur (1) à partir duquel les interrupteurs (3), les plafonniers (4), les lampes extérieures (5) et les prises doubles de courant (6) sont raccordés via des boîtes de dérivation (2).	23
Figure 4 : Exemple d'un petit boîtier de raccordement domestique avec disjoncteur de surintensité et disjoncteur différentiel combinés et le raccordement de la mise à la terre MALT dans un réseau avec la terre distribuée avec la neutre (TN-C-S).	24

0.8. Liste des tableaux

Tableau 1 : Niveaux de service national au Sénégal	15
Tableau 2 : Disjoncteurs à utiliser de préférence	26
Tableau 4 : Mesures de gestion environnementale	60
Tableau 5 : Conditions environnementales	63
Tableau 6 : Documents et données de base requis pour les réseaux	64
Tableau 7 : Hypothèses de dimensionnement réseaux MT et BT	66
Tableau 8 : Spécification des poteaux.....	67
Tableau 9 : Marquage des poteaux.....	68
Tableau 10 : Tension de service – Poteaux en béton	68
Tableau 11 : Section de câble et poteau	68
Tableau 12 : Aperçu des tests nécessaires avant la mise en service proprement dite	71
Tableau 13 : Maintenance et dépannage	72
Tableau 14 : Garanties	73

0.9. Structure de la directive

- 35 Dans cette nouvelle version complète de la directive, il ne doit pas y avoir de chapitres qui se chevauchent.
- 36 Cette directive décrit un processus d'amélioration continue de l'accès à l'énergie électrique pour les ménages et les autres utilisateurs. Dans la mesure du possible, les foyers desservis par un système individuel doivent être raccordés à un mini-réseau, qui doit ensuite, si possible, être connecté au réseau national et finalement complètement intégrée.
- 37 La mise en œuvre d'un approvisionnement énergétique à faible coût dans les zones rurales implique des compromis. S'il n'est pas économiquement possible de raccorder un ménage à un mini-réseau en raison de la distance, le ménage peut être alimenté par un système individuel (SPF), mais avec des restrictions en termes de capacité. Dans les zones d'habitation suffisamment grandes ayant des ménages situés à distance réduites entre eux, il est possible de construire des mini-réseaux isolés ou de raccorder les systèmes existants au réseau moyenne tension interconnecté.
- 38 Dans chacun de ces 3 systèmes, il est possible de répondre aux besoins individuels des ménages en fonction de leur taille et de leur attribuer un niveau de service approprié.
- 39 La directive garantit la compatibilité des technologies utilisées dans ce processus.

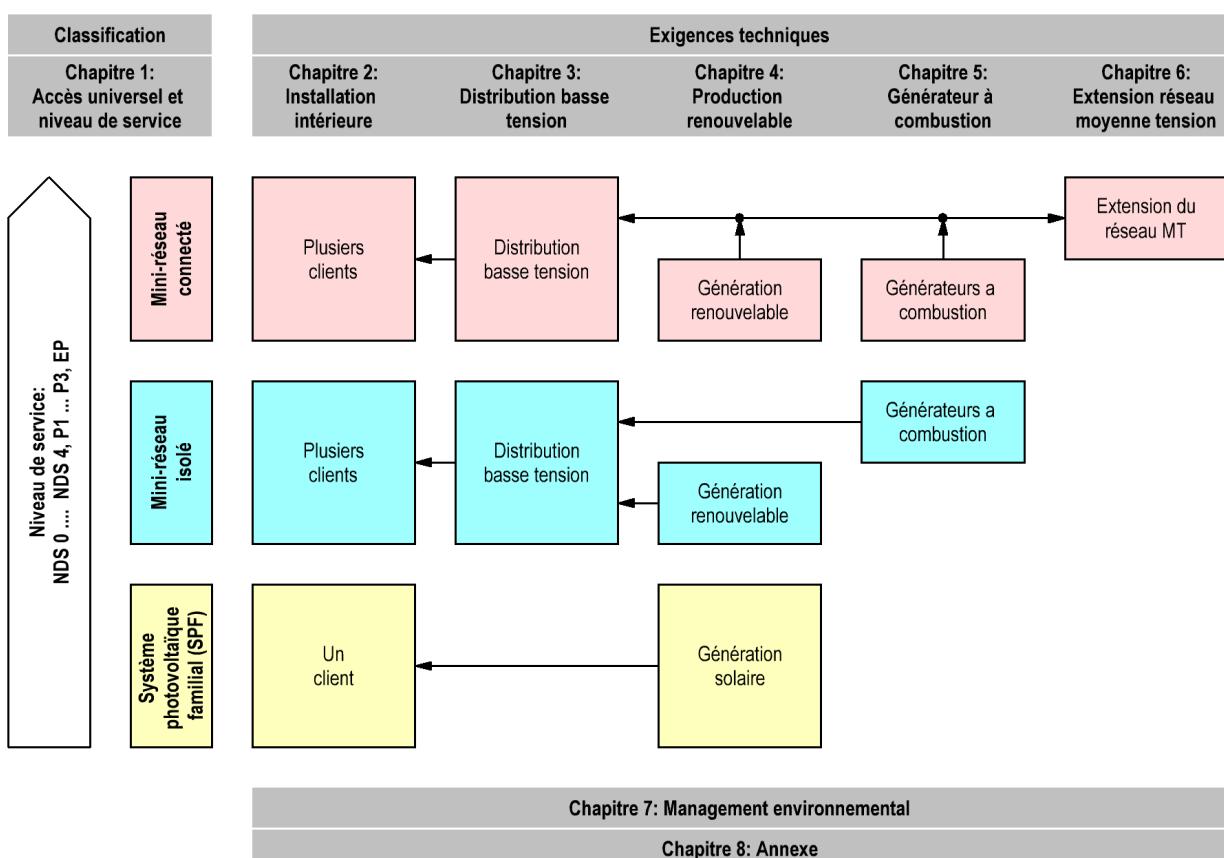


Figure 1 : Matrice avec l'attribution des chapitres aux différents systèmes

1. Exigences pour l'accès universel à l'énergie électrique

1.1. Domaine d'application

- 40 Cette directive concerne uniquement l'électrification des ménages, commerces, producteurs, administrations, écoles rurales ou des communes rurales complètes.
- 41 Les habitations situées à proximité immédiate d'une zone urbaine desservie par un réseau d'interconnexion ne sont pas couvertes par cette directive.
- 42 Les communes rurales peuvent être reliées par une branche de réseau moyenne tension dont la capacité de transport est toutefois limitée.
- 43 Cette directive ne concerne pas l'approvisionnement en énergie électrique dans les zones urbaines et les systèmes d'énergie portables.
- 44 Chaque gestionnaire mini-réseaux concerné par cette directive est tenu de faire une évaluation environnementale et sociale relative à son projet, et d'inclure un plan de gestion environnementale et sociale complet à la conception de dudit projet. Ce dernier doit inclure les mesures environnementales et sociales à observer lors de l'installation, l'opération et le décommissionnement des équipements de production et de distribution d'énergie du au projet tels que cités au chapitre 7 de cette directive.

1.2. Exigences universelles

- 45 Pour un accès universel, il doit être possible d'utiliser des appareils électroménagers, multimédia, et informatiques standard pour les besoins de base. L'objectif est de faciliter l'accès aux ménages, aux petites entreprises, aux écoles et aux administrations ainsi qu'aux utilisateurs productifs.
- 46 Les appareils électroménagers doivent pouvoir fonctionner avec une tension nominale de 230 V et un courant alternatif d'une fréquence de 50 Hz. Une utilisation triphasée peut également être possible dans certains cas.
- 47 Il doit y avoir des prises électriques pour que les appareils puissent être branchés facilement et en toute sécurité.
- 48 Dans chaque maison, il doit y avoir un minimum d'éclairages fixe à l'intérieur ou à l'extérieur.

1.3. Définition du niveau de service

- 49 Afin d'atteindre l'objectif d'accès universel à l'énergie électrique et de mettre en pratique le décret d'*Electrification Rurale Décentralisée (ERD)* au Sénégal, les niveaux de services suivants sont définis pour spécifier les exigences minimums pour l'approvisionnement en électricité des ménages en milieu rural au Sénégal.
- 50 Le tableau ci-dessous présente les principales exigences en matière de classification pour chaque chapitre de la présente directive.
- 51 Le niveau de service 0 (NDS 0) doit être compris comme une étape de pré-électrification, car il ne répond pas aux exigences de l'accès universel. Il peut être utilisé lorsque le besoin réel d'accès à l'énergie électrique est

inférieur au niveau de service minimal 1 (NDS 1) ou lorsque ce système a été installé temporairement dans le but de l'étendre ultérieurement au niveau de service 1 au minimum (NDS 1).

- 52 Les ménages plus grands ont droit à un niveau de service plus élevé.
- 53 Des restrictions s'appliquent aux petits ménages et à tous les ménages situés en dehors des agglomérations pour l'électrification avec un mini-réseau.
- 54 5 niveaux de service pour les ménages sont définis ; 3 niveaux de service sont attribués à chacun des 3 systèmes différents. Le niveau intermédiaire définit un système standard pour des exigences moyennes, le niveau inférieur des exigences moins élevées et le niveau supérieur les exigences les plus élevées dans chaque domaine d'application.
- 55 Dès que la disponibilité de l'énergie électrique s'améliore, le niveau de service des ménages doit être adapté. La disponibilité de l'énergie électrique s'améliore lorsqu'un ménage alimenté par un SPF est raccordé à un mini-réseau ou lorsqu'un mini-réseau isolé est raccordé au réseau national interconnecté.
- 56 Il convient de faire la distinction entre l'utilisation domestique et l'utilisation productive, commerciale ou administrative.
- 57 Les niveaux de services 0 ... 4 s'appliquent principalement aux ménages et aux petites entreprises comparables.
- 58 Parmi les petites entreprises pouvant être classifiés sous les niveaux de services 0 ... 4, on peut compter celles qui ont des tendances de consommation énergétique nocturnes.
- 59 Les niveaux de services P1 ... P3 s'appliquent aux utilisateurs productifs, commerciale ou administrative dans les mini-réseaux. Celles – ci se distinguent par des tendances de consommation électriques journalières contrairement aux ménages.
- 60 Les besoins en énergie pour l'éclairage public (EP) définissent un niveau de service spécifique.
- 61 Dans des cas exceptionnels, pour des ménages particulièrement grands ou pour un ménage avec un petit commerce, les besoins d'un seul client peuvent être modélisés en combinant plusieurs niveaux de service ou des niveaux différents.

Tableau 1 : Niveaux de service national au Sénégal

Niveaux de service (NDS)	0	1	2	3	4	P1	P2	P3	EP				
Domaine d'application	Système Photovoltaïque Familial					Utilisateurs productifs, commercial, administratif, écoles dans les mini-réseaux							
	Mini-réseau isolé												
	Mini-réseau connecté												
Application typique ¹⁾	Éclairage intérieur et extérieur, radios, chargement de téléphones portables et de petits appareils électriques < 20W					Petit commerce, écoles, administration public	Atelier de soudure, utilisateur productif avec besoin de puissance élevé monophasé	Moulin avec moteur triphasé	Lampadaires installés en haut des poteaux				
	Petit ventilateur	Un ou plusieurs ventilateurs											
	Petite télévision	Téléviseur de taille moyenne, ordinateur											
			Petit réfrigérateur										
				Appareils puissants									
Courant nominal à 230V tension de phase [A] ²⁾	0 / 1	2 ... 6	6	10	16	16	32	3x32					
Courant nominal pour la conception du réseau électrique [A] ³⁾	-	0,5	0,5	1	2	5	10	3x15					
Nombre de luminaires fixes ⁴⁾	3	5	6	8	8	6	6	6	0,5				
Nombre de prises doubles ⁴⁾	1	2	2	3	4	5	5	5					
Durée minimale quotidienne [h] ⁵⁾ pendant la journée + la nuit	8 + 8	8 + 8 / 23	8 + 8 / 23	23	23	23	23	23	0 + 11				
Puissance moyenne [W] ⁶⁾	20	50	100	200	300	500	1500	3000					
Puissance de crête [W] ⁷⁾	50	150	500	1000	2000	3k	5k	10k					
Consommation moyenne quotidienne [Wh] ⁸⁾	200	500	1000	2000	3000	5k	10k	25k					
Tension d'alimentation ⁹⁾	230 V, 50 Hz								x 3				
	12 ou 24 V CC												
Exigences spécifiques applicables uniquement aux SPF													
Puissance PV installée [Wc] ¹⁰⁾	60 ... 100	120 ... 200	240 ... 350										
Capacité utile de la batterie [Wh] ¹¹⁾	500	800	1600										
Puissance nominale d'onduleur [W] ¹²⁾	0 / 150	150 ... 250	500 ... 1000										

62 Tous les niveaux de service sont basés sur un raccordement monophasé à l'exception d'un utilisateur P3.

63 Un raccordement triphasé n'est prévu que pour les clients à grandes consommations.

64 Une demande en énergie accrue ne pourra probablement pas être satisfaite par un SPF et nécessitera un mini-réseau.

- 65 1) Les applications doivent être considérées comme des exemples typiques et incluent toutes les autres applications similaires en termes de puissance, de consommation et de profil de charge.
- 66 2) Le courant nominal correspond à la valeur du disjoncteur de surintensité à installer.
- 67 3) En plus du courant nominal par client, il faut tenir compte de la simultanéité de l'utilisation du réseau basse tension et des différentes périodes d'utilisation. En cas de présence simultanée de clients résidentiels et d'utilisateurs productifs, ce courant en moyenne est nettement inférieur au courant nominal pour la conception des réseaux et la production d'énergie. Pour les utilisateurs productifs, une valeur plus élevée est supposée par rapport aux clients domestiques, car les courants de démarrage et les durées d'utilisation plus longues représentent ici aussi des exigences plus élevées.
- 68 4) Le nombre de prises et de lampes est une valeur indicative, considérée comme appropriée pour un besoin typique dans les régions rurales. Si le besoin réel est inférieur, seul le nombre nécessaire doit être installé. Si le client fait part d'un besoin plus important, ces prises doivent être installées aux frais du client.
- 69 5) Tous les mini-réseaux doivent être conçus pour fonctionner 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. Dans un SPF, l'énergie doit être disponible la plupart des heures pendant la journée et le soir. Il peut y avoir des restrictions pendant les heures tardives de la nuit et les heures du matin - en particulier les jours où le rayonnement solaire est faible. Les heures de service quotidiennes minimales se réfèrent à une moyenne sur une période de 3 mois.
- 70 6) La puissance moyenne ne se rapporte pas à une journée entière, mais à la puissance moyenne au moment de la journée où la puissance est la plus élevée.
- 71 7) La puissance de crête doit être disponible à tout moment pendant une période au moins de 5 minutes.
- 72 8) La consommation journalière se réfère au profil de charge journalier avec une puissance moyenne pendant la période de forte demande et une consommation plus faible le reste de la journée.
- 73 9) La tension nominale dans tous les systèmes est la tension aux prises de courant pour le raccordement des consommateurs et non la tension nominale d'un accumulateur de batterie dans le SPF. Ce n'est que dans le cas d'une pré-électrification avec un SPF qu'il est possible de renoncer à fournir une tension alternative de 230 V et de n'utiliser que des consommateurs de 12 ou 24 V CC.
- 74 10) Puissance de crête du module photovoltaïque à installer, en fonction des contrats de concession.
- 75 11) Capacité disponible de la batterie en watts-heure, indépendamment de la tension nominale de la batterie. Les batteries classiques au plomb de 12 V ne peuvent que délivrer environ juste la moitié de la capacité de la batterie ; avec d'autres technologies de stockage, il est possible de choisir une capacité inférieure en ampères-heures.
- 76 12) Puissance nominale de l'onduleur en volt-ampères ou en watts.
- 77 Tous les chapitres suivants se réfèrent au tableau ci-dessus.

1.4. Définition des courbes de charge

- 78 Les courbes de charge ci-dessous visent à illustrer la disponibilité en partie limitée pendant la nuit et une utilisation typique avec une consommation maximale en soirée.

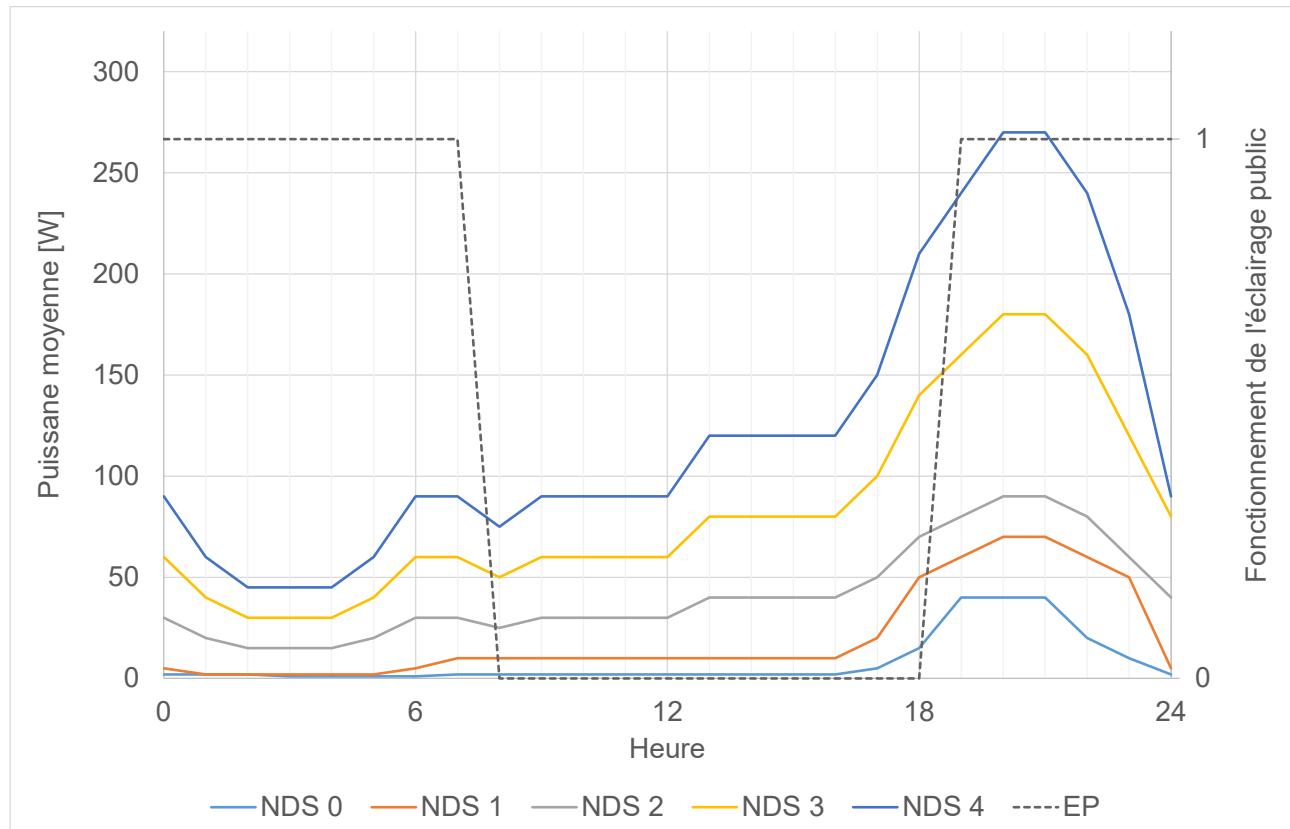


Figure 2 : Exemples de courbes de charge pour les niveaux de services domestiques et d'éclairage public

- 79 Ces courbes démontrent la tendance de consommation domestique comme étant une tendance nocturne entre 16 h et 23 h et entre 19 h et 7 h pour l'éclairage public.
- 80 Elle indique également une consommation réduite à la nuit correspond au profil de consommation électrique des ménages.
- 81 Pour les niveaux de service plus élevés, on part du principe que de l'énergie est nécessaire la nuit pour l'éclairage et un réfrigérateur.

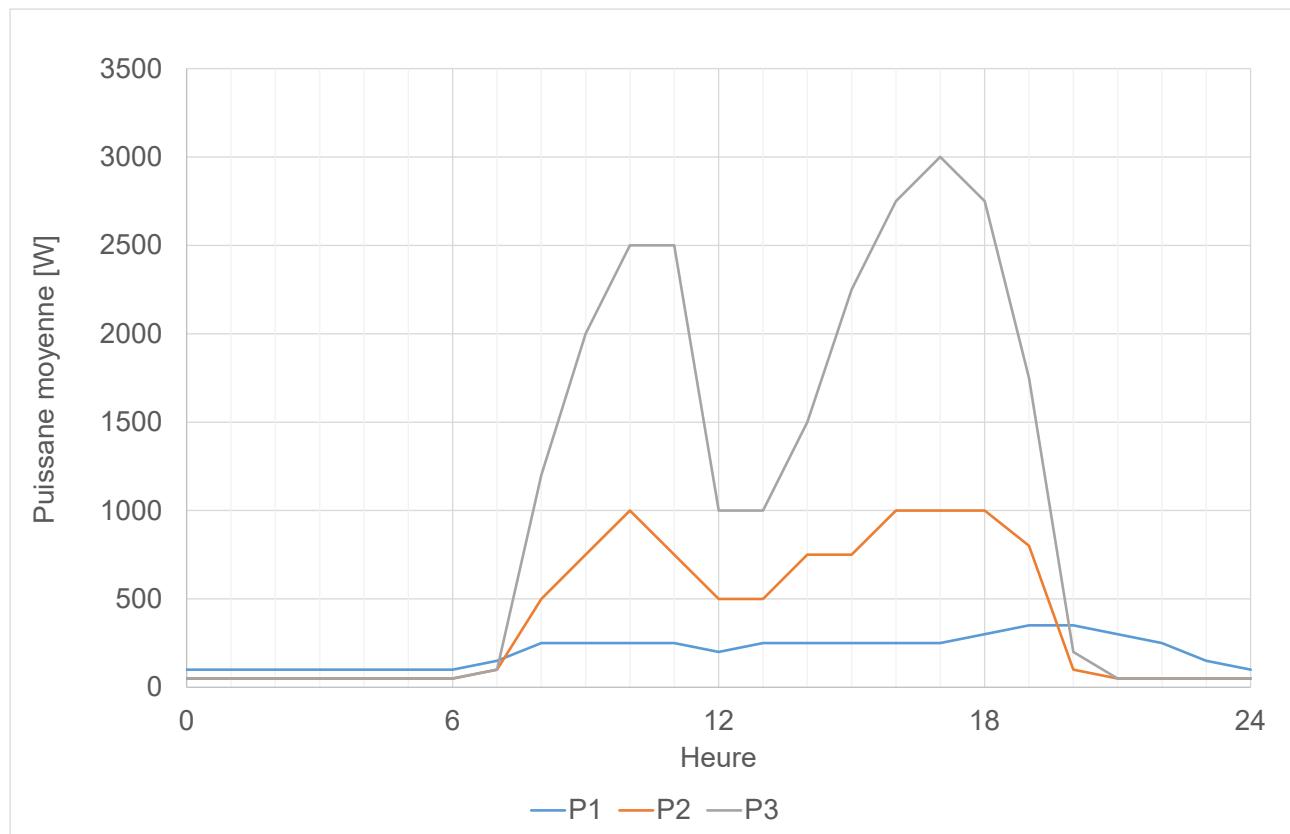


Figure 3 : Exemples de courbes de charge pour les niveaux de services à usage productifs

- 82 Contrairement aux niveaux de service domestiques, les courbes de charges pour usage productifs démontrent plutôt des tendances de consommation journalière.
- 83 Ces courbes de charge doivent définir les exigences minimales et notamment la charge requise pendant les horaires nocturnes. Durant les jours ensoleillés, tous les systèmes disposeront d'une énergie supplémentaire pendant la journée pour une utilisation productive.
- 84 Le niveau de service P1 est destiné aux petits commerces, aux écoles, à l'administration public et aux restaurants, et présente donc une pointe en soirée pour le profil de charge moyen de tous les clients.
- 85 Pour les ménages, on part du principe que la consommation d'énergie est élevée le soir, contrairement à la consommation des utilisateurs productifs qui se fait principalement pendant la journée.
- 86 Si le profil de charge d'un utilisateur commercial correspond à celui d'un ménage, il doit être considéré comme un client domestique.
- 87 Il y a une pause à midi.

1.5. Définition du type de système

- 88 Pour l'électrification rurale au Sénégal, on distingue trois systèmes qui sont :
- 89
 - Système Photovoltaïque Familial (SPF)
 - Mini-réseau isolé
 - Mini-réseau connecté (extension réseau MT)
- 90 91 92 Les ménages, les utilisateurs productifs, les commerciaux, les administrations et les écoles qui répondent aux critères d'accès universel à l'électricité sont raccordés à ces systèmes. [3]

1.5.1. Système Photovoltaïque Familial (SPF)

93 Un Système Photovoltaïque Familial permet de produire et utiliser de manière autonome des services électriques couvrant les besoins domestiques courants : éclairage, audiovisuel, ventilation, etc.

94 Il est également connu dans les pays anglophones sous le nom de « Solar Home System (SHS) » ou « micro-réseau ».

95 L'extension du système est limitée à un ménage, à un petit commerce ou au terrain clos d'une famille plus grande.

96 Les éléments constitutifs d'un système photovoltaïque familial comprennent au minimum de :

- 97 ■ Un ou plusieurs panneaux photovoltaïques installés sur ou proche le bâtiment.
- 98 ■ Une batterie de stockage.
- 99 ■ Un régulateur de charge de batterie.
- 100 ■ Un onduleur pour faire fonctionner des appareils ménagers normaux sur la batterie ; dans le cas d'une pré-électrification de niveau de service 0 (NDS 0) uniquement, il peut s'agir d'un système à courant continu de 12 ou 24 V, à condition qu'il réponde aux besoins du ménage ou qu'il soit installé de manière temporaire.
- 101 ■ Dispositifs de protection contre la surchauffe, la surintensité, la décharge totale ou la surcharge de la batterie.
- 102 ■ Indicateurs de l'état de charge de la batterie, de la puissance de sortie, de l'état de fonctionnement et des commandes avec un interrupteur principal.
- 103 ■ Une installation intérieure avec éclairage fixe dans le bâtiment et des prises de courant pour des appareils électroménagers courants avec la mise à la terre du conducteur de protection.

1.5.2. Mini-réseau isolé

104 Un mini-réseau est un système composé d'une partie production (par exemple, une centrale solaire) d'électricité éventuellement combinés à un système de stockage de l'énergie produite et d'une partie distribution d'électricité qui alimente en énergie un petit groupe isolé de clients et qui fonctionne indépendamment du réseau électrique national.

105 Les caractéristiques et exigences d'un mini-réseau isolé incluent :

- 106 ■ Un mini-réseau dessert plusieurs clients.
- 107 ■ Leurs tailles varient généralement entre quelques kilowatts et moins de 1 mégawatt.
- 108 ■ Il peut être qualifié de *petit* mini-réseau si la puissance disponible à tout moment ne dépasse pas 100 kW.
- 109 ■ Il est nécessaire d'enregistrer et de facturer la quantité d'énergie consommée par les clients.
- 110 ■ L'énergie produite de manière centralisée à un endroit du système doit être distribuée en utilisant la basse tension.
- 111 ■ La puissance installée sous forme de modules photovoltaïques, de stockage d'énergie et des régulateurs de charge et onduleurs nécessaires est conçue pour répondre aux besoins de la localité.
- 112 ■ Il peut y avoir un générateur d'électricité supplémentaire avec un moteur à combustion interne.
- 113 ■ Installation internes des ménages et autres consommateurs connectées avec éclairage fixe dans le bâtiment et des prises de courant pour des appareils électroménagers courants avec la mise à la terre du conducteur de protection, protection contre les surintensités et les courants de défaut.

1.5.3. Mini-réseau connecté

- 114 Un mini-réseau connecté comprend un système de production d'énergie disponible localement (par exemple, une centrale solaire) et un point de couplage commun où l'équipement appartenant au client est raccordé au système de distribution moyenne tension du service public d'électricité local.
- 115 Il existe ici un échange direct entre le producteur d'énergie local (concessionnaire ERD) et le service public d'électricité (SENELEC), ou le concessionnaire ERD reçoit une indemnisation financière par la SENELEC, pour la reprise et l'exploitation de son réseau après évaluation.^[2]
- 116 Dans les cas où le concessionnaire ERD devient un auto producteur suite au raccordement au réseau national, une compensation monétaire lui sera attribuée par la SENELEC pour tout excès d'énergie produite et reversé dans le réseau public.
- 117 Le tarif de compensation pour tout énergie reversée dans le réseau national est fixé par l'Organe de Régulation du Secteur de l'Électricité (ORSE) dans les limites du seuil de revente de l'excédent autorisé indiqué par décret dans la loi n° 2021-31 portant Code de l'électricité dans sa dernière version.^[1]
- 118 Les caractéristiques et exigences d'un mini-réseau interconnecté incluent :
- 119 ■ Un mini-réseau dessert plusieurs clients.
 - 120 ■ Leurs tailles varient généralement entre quelques kilowatts et moins de 1 mégawatt.
 - 121 ■ Il peut être qualifié de *petit* mini-réseau si la puissance disponible à tout moment ne dépasse pas 100 kW.
 - 122 ■ Il est nécessaire d'enregistrer et de facturer la quantité d'énergie consommée par les clients.
 - 123 ■ L'énergie produite de manière centralisée à un endroit du système doit être distribuée en utilisant la basse tension.
 - 124 ■ La principale source d'énergie est le raccordement de la localité au réseau national de moyenne tension et l'alimentation par un transformateur.
 - 125 ■ Il peut y avoir un générateur d'électricité supplémentaire avec un moteur à combustion interne.
 - 126 ■ Installation internes des ménages et autres consommateurs connectées avec éclairage fixe dans le bâtiment et des prises de courant pour des appareils électroménagers courants avec la mise à la terre du conducteur de protection, protection contre les surintensités et les courants de défaut.

1.5.4. Configurations de systèmes associés

- 127 Deux ou plusieurs mini-réseaux dans des localités proches et des localités plus grandes ou plus étendues avec plusieurs sous-réseaux de basse tension peuvent être reliés par des lignes moyenne tension.
- 128 La centrale solaire est installée dans au moins un mini-réseau.
- 129 Les exigences du chapitre 6 relatives à la construction du réseau de moyenne tension s'appliquent par analogie.
- 130 Un transformateur est utilisé pour éléver la basse tension à la sortie de la centrale solaire à moyenne tension.
- 131 L'énergie du réseau moyenne tension ne doit pas être enregistrée et facturée, car il n'y a qu'un seul opérateur.

1.6. Définition d'un projet

- 132 Tout projet d'électrification doit être enregistré auprès de l'ASER.
- 133 Le gestionnaire des SPF ou de mini-réseau doit remplir le formulaire de **l'annexe 8.8** avant de commencer l'implémentation.
- 134 La répartition des clients dans les différents niveaux de service doit permettre de détailler le nombre de clients par niveau de service dans chaque projet.

- 135 A partir du nombre de clients par niveau de service, il faut calculer la puissance maximale et la quantité d'énergie nécessaire chaque jour pour tous les niveaux de service.
- 136 Le gestionnaire peut dans un premier temps installer une puissance inférieure, correspondant au minimum à 75 % de la capacité de production calculée, mais il doit préciser quand l'extension finale aura lieu.
- 137 Le gestionnaire peut également installer une puissance supérieure à celle calculée forfaitairement si les besoins sont effectivement plus élevés.

1.7. Exigences posées au gestionnaire d'un mini-réseau

- 138 Toute personne physique et morale exerçant en tant que gestionnaire mini-réseaux est responsable de la mise en place des ateliers de formations pour les utilisateurs et clients du mini réseau électrique sur les éléments suivants :
- L'utilisation d'appareils électronique liées directement ou indirectement à l'utilisation de l'énergie électrique provenant du mini-réseau.
 - L'économie d'énergie et l'utilisation efficiente d'énergie électrique.
 - Le traitement de déchets issus directement ou indirectement de la consommation d'énergie électrique provenant du mini-réseau. C'est à dire, la mise en rebut et/ou recyclage d'appareils électriques.
- 142 Le gestionnaire mini-réseau a la responsabilité d'élaborer une stratégie de gestion du service clientèle et des contrats avec les utilisateurs du mini-réseau. Ceci permettra de :
- Développer une compréhension d'ensemble des clients connectés.
 - Gérer les questions et les plaintes.
 - Réduire le risque de conflit avec la communauté.

2. Installation intérieure

- 146 Aux fins de la présente directive, un ménage est électrifié lorsqu'il dispose des éclairages électriques fixe et de prises de courant dans les pièces principales de la maison ou à l'extérieur.
- 147 Le nombre minimal d'éclairages et de prises de courant fixes est défini par le niveau de service (NDS).
- 148 L'équipement de base d'une installation intérieure comprend, outre les prises de courant, les interrupteurs et les douilles de lampe, une ampoule correspondante par douille.
- 149 Les autres appareils électriques doivent être achetés par le client à ses propres frais ; y compris le remplacement de lampes.
- 150 Le client doit être informé par l'installateur des appareils électriques pouvant être branchés sur les prises et doit recevoir des instructions à ce sujet.
- 151 Le client doit également être informé et instruit sur les consignes de sécurité concernant l'utilisation de l'énergie électrique.
- 152 L'installation intérieure doit être conçue de manière à pouvoir être complétée en cas d'augmentation du niveau de service, dès que la disponibilité de l'énergie s'améliore.
- 153 Ce chapitre traite exclusivement des installations domestiques dans les zones rurales dans le cadre d'un service de base.
- 154 Ce type d'alimentation de base ne comprend qu'un seul circuit électrique et ne répond pas aux exigences des installations modernes dans les zones urbaines.
- 155 Les installations domestiques pour les consommateurs dans les zones rurales qui dépassent la norme de niveau de service doivent être conformes aux dispositions nationales du Sénégal et ne sont pas traitées dans ce chapitre.
- 156 L'installation intérieure se compose de 3 parties :
- 157 ■ Le câble, les boîtiers de distribution, les prises, les interrupteurs et les luminaires ; solidement fixé au bâtiment ;
- 158 ■ Un disjoncteur dans un petit boîtier et la prise à la terre ;
- 159 ■ L'introduction du câble dans la maison.

2.1. Définitions

- 160 Les limites de la tension nominal de 230 V / 400 V au point de livraison au client doivent être conformes à la norme CEI 60038 (+-10 %).
- 161 Dans l'installation domestique, la tension ne doit pas être inférieure de plus de 4 % de celle indiquée dans la norme CEI 60038.
- 162 La fréquence nominale doit être de 50 Hz et peut varier de +-2 %.
- 163 Il peut y avoir une exception pour le NDS 0 si la tension de 12 ou 24 V CC correspond aux exigences du client.

2.2. Schémas électriques

2.2.1. Boîte de raccordement domestique

- 164 Boîtier en plastique pour l'installation à l'intérieur avec une protection contre les contacts accidentels suffisante du type de protection IP3x.
- 165 Toutes les ouvertures non utilisées doivent être solidement fermées.
- 166 Bornier de distribution pour le raccordement du conducteur neutre ou PEN du réseau ou sortie d'onduleur, de la terre et des conducteurs neutres et de protection installés séparément dans la maison.
- 167 Montage à l'intérieur de la maison sur un mur extérieur offrant une entrée de câble directe depuis le réseau de distribution basse tension.

2.2.2. Câblage

- 168 Le câblage de la maison doit être présent sur tous les systèmes, y compris les SPF.

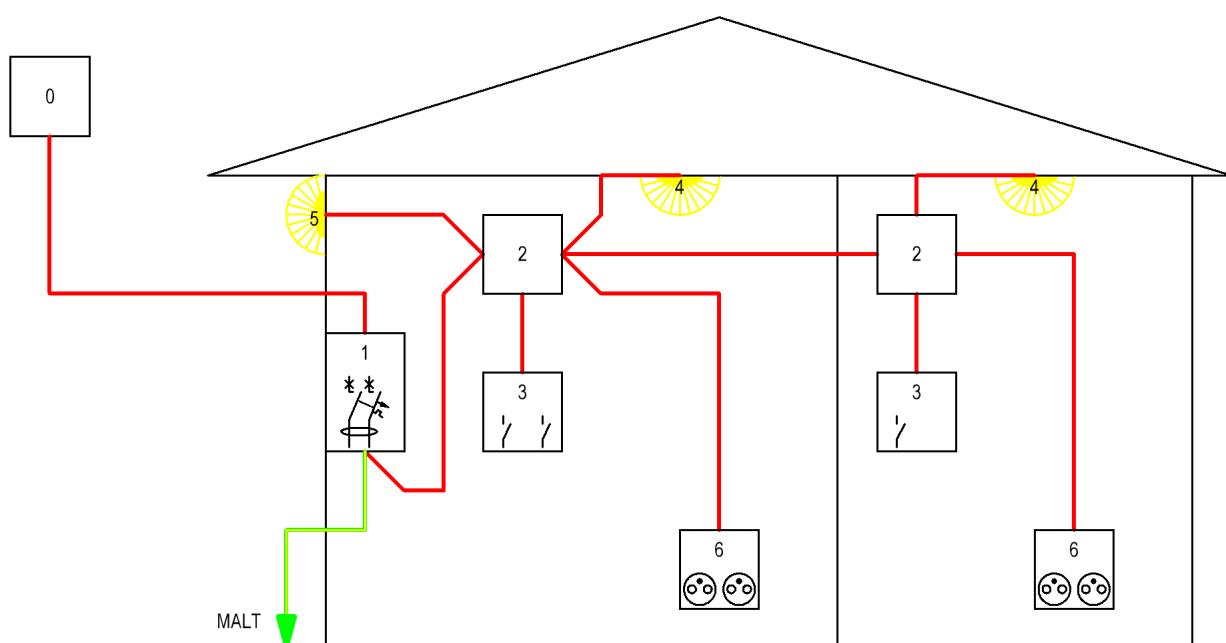


Figure 4 : Câblage interne d'un bâtiment avec deux chambres et une véranda : Dans cet exemple, le compteur électrique (0) est placé en haut du poteau. Dans le bâtiment, il y a un disjoncteur (1) à partir duquel les interrupteurs (3), les plafonniers (4), les lampes extérieures (5) et les prises doubles de courant (6) sont raccordés via des boîtes de dérivation (2).

- 169 Le nombre d'installations dépend des exigences du niveau de service.
- 170 En option, il est possible d'installer le double de prises simples à la place des prises doubles.

2.2.3. Disjoncteur

- 171 Un disjoncteur doit être présent dans chaque maison dans un mini-réseau et également dans un SPF si la puissance de l'onduleur dépasse 500 W. Les SPF dont la puissance de sortie de l'onduleur est inférieure à 500 W ne nécessitent pas de disjoncteur, à condition que l'onduleur soit équipé d'un interrupteur pour la sortie de tension alternative et d'une protection interne contre les surintensités.
- 172 Il est recommandé d'utiliser un disjoncteur de surintensité et un disjoncteur de fuite à la terre combinés. Connus en anglais sous le nom de « Residual current operated Circuit-Breaker with Overcurrent protection (RCBO) ».

- 173 Les fonctions de protection contre les surintensités et les courants de défaut peuvent toutefois être assurées par des appareils séparés.
- 174 Pour les installations qui dépassent le standard du niveau du service 4 (NDS 4), il faut installer plusieurs circuits électriques.

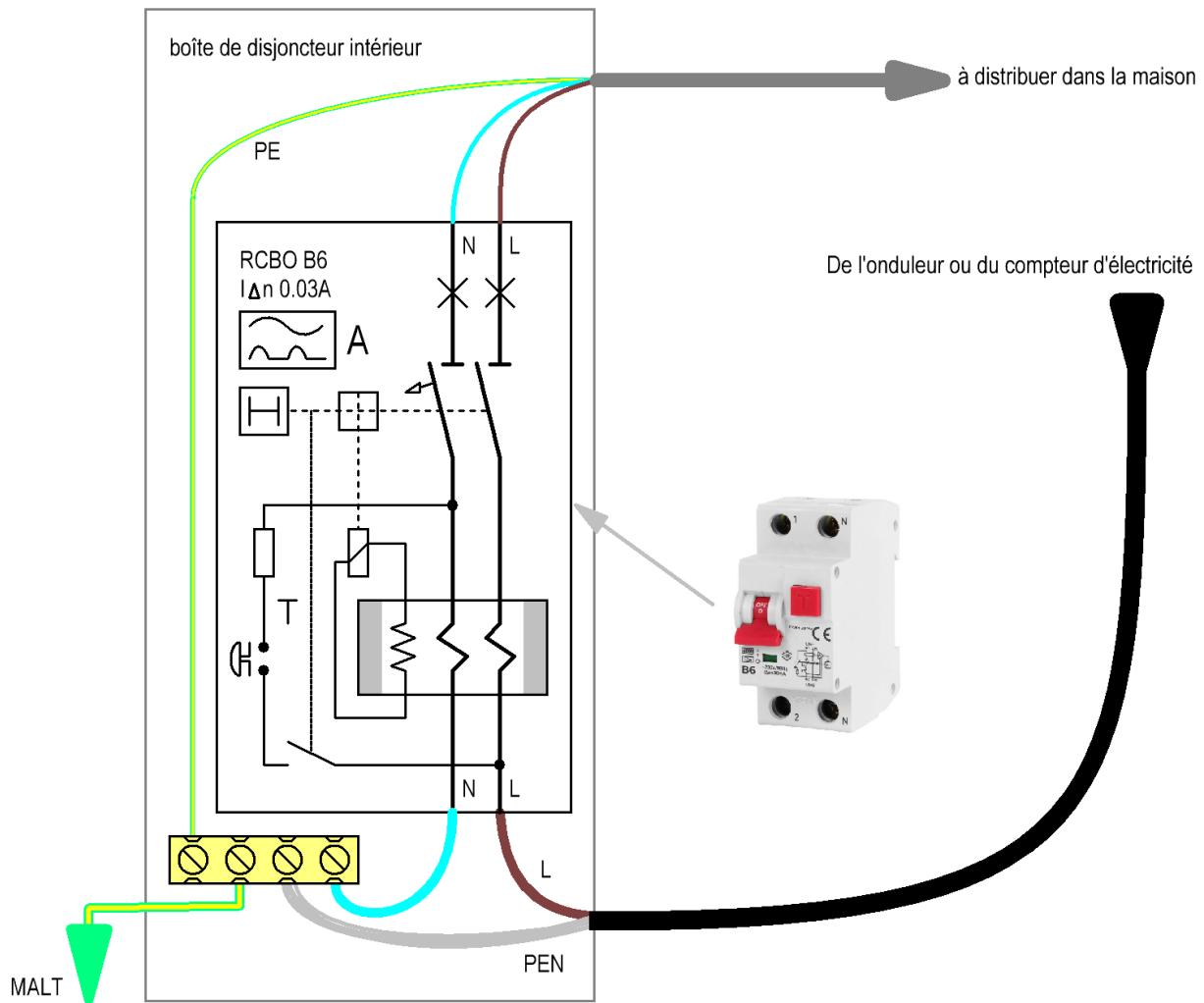


Figure 5 : Exemple d'un petit boîtier de raccordement domestique avec disjoncteur de surintensité et disjoncteur différentiel combinés et le raccordement de la mise à la terre MALT dans un réseau avec la terre distribuée avec la neutre (TN-C-S).

- 175 Si seul le conducteur neutre est amené dans le mini-réseau de la forme TT, celui-ci est directement raccordé au disjoncteur différentiel et n'est pas relié au conducteur de protection mis à la terre séparément.

2.3. Protection

176 L'ensemble de l'installation domestique à partir du boîtier de raccordement doit être réalisée en tant qu'installation avec un conducteur neutre et un conducteur de protection séparés.

2.3.1. Prise de terre

177 Deux formes de réseau basse tension sont possibles :

178 ■ Dans le réseau basse tension, le conducteur neutre et le conducteur de protection sont combinés et mis à la terre à basse impédance à la source et à plusieurs reprises dans le réseau (TN-C).

179 ■ Seul le conducteur neutre est mis à la terre à la source. Dans chaque bâtiment, le conducteur de protection doit être mis à la terre séparément (TT).

180 Dans les mini-réseaux, l'exploitant du réseau peut assurer la mise à la terre des installations domestiques par une mise à la terre à la source et multiple du conducteur neutre et du conducteur de protection combinés du réseau de distribution basse tension.

181 En cas de mise à la terre exclusive du réseau de distribution basse tension, chaque maison doit être raccordée avec une section minimale de 16 mm² en aluminium.

182 Une mise à la terre suffisante doit être prouvée par des mesures.

183 L'électrode de terre pour un raccordement domestique doit être composée au minimum d'une barre ronde de 10 mm de diamètre et de 1500 mm de longueur avec une surface plaquée cuivre et être raccordée au bornier du boîtier de raccordement domestique par un conducteur en cuivre massif de 4 mm².

184 Le conducteur doit être suffisamment protégé contre les dommages et doit pouvoir être facilement contrôlé, sinon la section doit être augmentée à au moins 10 mm².

185 Les structures métalliques doivent être raccordées par une liaison équipotentielle.

186 Le but de la prise de terre est d'écouler les courants de défaut vers la terre. En l'absence d'une prise de terre efficace, tout ou une partie du courant de défaut s'écoulera à travers la personne en contact avec l'appareil défectueux, ce qui peut être mortel.

187 Sa résistance ne peut être supérieure à 30 Ω ou, moyennant des mesures complémentaires, supérieure à 100 Ω en combination avec la protection différentielle.

2.3.2. Protection contre les surintensités et les courants de défaut

188 Une surcharge ou un court-circuit dans une installation peut provoquer un incendie lorsque l'intensité nominale des fusibles ou disjoncteurs n'est pas adaptée à la section des conducteurs.

189 Les SPF équipés d'un onduleur, d'un régulateur de tension continue de 12 ou 24 V ou d'une connexion de batterie protégée n'ont pas besoin d'un disjoncteur externe limitant le courant, à condition que la protection intégrée contre les surintensités et les surcharges fonctionne en toute sécurité.

190 A partir d'une puissance supérieure à 500 W dans un SPF, un disjoncteur externe supplémentaire est nécessaire.

191 Les fusibles ne sont autorisés qu'en interne dans les onduleurs.

192 Le dimensionnement du disjoncteur de surintensité doit permettre le fonctionnement d'appareils électriques usuels dans la classe de puissance du niveau de service ; le courant permanent et le courant d'enclenchement sont pertinents pour le dimensionnement.

193 En outre, le dimensionnement du disjoncteur de surintensité doit tenir compte de la puissance limitée de l'onduleur et du mini-réseau. Dans un mini-réseau, le disjoncteur doit pouvoir se déclencher immédiatement et sans délai en cas de court-circuit dans un appareil situé sur la prise la plus éloignée du raccordement de la maison. Le courant de court-circuit mis à disposition par la centrale solaire ou par le transformateur d'alimentation, compte tenu du réseau de conduites, doit être suffisamment élevé pour pouvoir fournir à tout moment la surintensité nécessaire au déclenchement immédiat du dispositif de protection.

- 194 Ce n'est que dans un SPF à partir de 500 W que le cas où le courant de l'onduleur n'est pas suffisant pour déclencher immédiatement le disjoncteur et que l'onduleur doit donc se couper en raison d'une surcharge peut se produire.
- 195 La fonction de coupure en cas de surcharge doit être testée et fonctionner de manière fiable et durable.
- 196 Le choix d'un dispositif de protection tient compte du courant nominal permanent et du multiple du courant nominal nécessaire pour garantir un déclenchement immédiat en cas de court-circuit.
- 197 Les types à utiliser de préférence selon la norme CEI/EN/NF 60898-1 sont les suivants :

Tableau 2 : Disjoncteurs à utiliser de préférence

Application	Domestique				Productif					
	2	6	6	10	16	32	16	3x16	32	3x32
Courant nominal [A]	2	6	6	10	16	32	16	3x16	32	3x32
Courbe	D	B	C	B	B	B	C	C	C	C
Puissance continue admissible des consommateurs 230 V [W]	400	1200	1200	2000	3000	6000	3000	3x3000	6000	3x6000
Courant d'appel maximal des consommateurs qui ne s'éteignent pas [A]	20	18	30	30	48	96	80	3x80	160	3x160
Courant de déclenchement minimal à mettre à disposition par le réseau pour le déclenchement immédiat [A]	40	30	60	50	80	160	160	3x160	320	3x320

- 198 Un courant de déclenchement supérieur à 50 A ne peut généralement être fourni que dans les mini-réseaux de grande taille et lorsque la centrale solaire est peu éloignée.
- 199 Les courants élevés doivent pouvoir être fournis à tout moment par la centrale solaire en plus de la consommation normale dans le réseau et être transmis par le réseau basse tension. Si les deux ne sont pas possibles, une valeur faible de la protection contre les surintensités doit être installée.
- 200 Le pouvoir de coupure doit être d'au moins 3000 A dans les petits mini-réseaux (<= 100 kW) et 6000 A dans les plus grands mini-réseaux ou les mini-réseaux connectées.
- 201 Un disjoncteur différentiel avec bouton de test doit être installé dans chaque foyer. Le courant de défaut maximal ne doit pas dépasser 30 mA et doit être au moins de classe « A »  pour les courants de défaut continus sinusoïdaux et pulsés. La classe « AC » pour la protection contre les courants de défaut sinusoïdaux uniquement n'est pas autorisée.
- 202 L'installation d'un disjoncteur combiné selon IEC/EN 61009-1 et IEC/EN 61009-2-1 est préférable.

2.4. Eclairage intérieure et extérieure

- 203 La fixation d'un niveau de service définit le nombre minimal de plafonniers fixes.
- 204 Un ou plusieurs plafonniers peuvent également être installés en tant que luminaires extérieurs.
- 205 Les luminaires installés à l'extérieur doivent être protégés contre les gouttes et les projections d'eau ou être entièrement protégés par un auvent suffisamment grand.
- 206 Les ampoules doivent être facilement disponibles sur le marché et présenter un rendement élevé d'au moins 80 lumens par watt pour les nouvelles installations.
- 207 Les ampoules doivent avoir un filetage Edison E27 ou équivalent et être facilement remplaçables par le client.
- 208 Les pièces sous tension ne doivent pas pouvoir être touchées. Le degré de protection doit être d'au moins IP20 selon ISO 20653 ou CEI/NF/EN 60529.

- 209 La puissance lumineuse de chaque lampe doit être conforme aux exigences locales et ne doit être ni trop sombre ni beaucoup trop claire.
- 210 En règle générale, il faut utiliser une ampoule LED de 4 à 6 watts.
- 211 L'exploitant ne peut utiliser que des ampoules LED dans les nouvelles installations.
- 212 L'ampoule doit être conçue pour au moins 15000 commutations et fournir la pleine puissance d'éclairage en une seconde maximum.
- 213 L'angle de rayonnement doit être d'au moins 200°.
- 214 La température de couleur de la lumière doit correspondre aux exigences d'utilisation.
- 215 Si l'installation électrique de la maison est en 12 ou 24 V, les douilles ne doivent pas être compatibles avec les ampoules de 230 V.
- 216 Les lampes doivent être commandées par un interrupteur ayant un pouvoir de coupure compatible avec le courant transitant. C'est toujours le conducteur actif qui doit être commuté.
- 217 Les lampes extérieures doivent de préférence être commandées de l'intérieur de la maison.
- 218 Les sources lumineuses doivent être conformes aux normes internationales de sécurité et de compatibilité électromagnétique ; à titre d'exemple :
- 219 ■ CEI 62031 : Modules à LED pour éclairage général – Spécifications de sécurité.
 - 220 ■ CEI 60838-2-2 : Douilles diverses pour lampes – Partie 2-2 : règles particulières – Connecteurs pour modules LED.
 - 221 ■ CEI 60838-2-3: Douilles diverses pour lampes – Partie 2-3 : exigences particulières – Douilles pour lampes LED linéaires à deux culots.

2.4.1. Marquage

- 222 Chaque lampe doit être munie d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :
- 223 ■ Numéro ou référence du modèle du fabricant ;
 - 224 ■ Puissance nominale (W) ;
 - 225 ■ De préférence, le flux lumineux en lumen [lm] ;
 - 226 ■ Tension nominale et plage de tensions de fonctionnement admissibles (V) ; fréquence de tension (Hz).

2.4.2. Douilles de lampes

- 227 Les douilles doivent être fixées à un mur, un plafond ou des poutres de toit.
- 228 La hauteur du plafond doit être suffisante pour que la lampe ne puisse pas être touchée accidentellement.
- 229 La lumière doit pouvoir se diffuser le plus librement possible dans la zone à éclairer avec une grande efficacité.
- 230 Si la lampe est pourvue d'un capot de protection du tube, celui-ci doit alors :
- 231 ■ Être étanche aux insectes ;
 - 232 ■ Être facilement démontable pour changement de lampe par l'usager.
- 233 Les lampes à usage extérieur doivent présenter un degré de protection IP 54 ; en alternative, il est possible d'utiliser des lampes à usage intérieur placées sous un abri présentant une étanchéité équivalente.

2.5. Prises de courant pour le raccordement de consommateurs courants

- 234 Des prises de courant doivent être installées pour alimenter les appareils électroménagers courants.
- 235 Les prises doivent être conformes à la norme française type E (NF C 61-314).
- 236 Les prises de courant à l'extérieur ne sont pas autorisées.
- 237 Les prises de courant doivent être installées là où elles sont nécessaires, mais au moins à une distance suffisante du sol. Pour la protection des jeunes enfants, les prises ne doivent pas être installées à une hauteur facilement accessible.
- 238 La prise doit être suffisamment fixée au mur ou dans le mur, sinon il faut d'abord installer une plaque de montage ou d'une installation encastrée dans le mur.
- 239 Le boîtier de la prise doit pouvoir résister à une force de traction d'au moins 5 daN (force de 5 kg).

2.6. Câblage

- 240 Le matériau du conducteur doit être du cuivre et est généralement conçu comme un conducteur rigide.
- 241 Chaque câble doit comporter 3 conducteurs, le conducteur actif, le conducteur neutre et un conducteur de protection.
- 242 Les conducteurs individuels qui ne sont pas protégés par la gaine d'un câble ne doivent pas être posés.
- 243 La section minimale des conducteurs dépend du courant nominal du disjoncteur et de la longueur du câble.
- 244 Jusqu'à 10 A de courant nominal du disjoncteur de surintensité et 25 m de longueur de câble, la section minimale du conducteur doit être de 1,5 mm² ; au-delà de 25 m et jusqu'à 50 m de longueur, au-delà de 10 A et jusqu'à 16 A, il faut installer un conducteur d'une section minimale de 2,5 mm².
- 245 Pour les utilisateurs productifs ou les installations de CC de 12 ou 24 V, la section du câble entre le boîtier de raccordement de la maison et le consommateur doit être dimensionnée pour une chute de tension maximale de 3 % pour le courant nominal.
- 246 Le câble doit être solidement fixé au bâtiment.
- 247 En cas de sollicitation particulière, de besoin de protection spécifique ou si le mur n'est pas suffisamment solide, le câble doit être posé sous le crépi, dans un tube de protection ou dans un canal de câbles.
- 248 En l'absence d'exigences particulières, le câble peut être fixé au mur à l'aide de colliers de serrage. L'écart entre les serre-câbles ne doit pas dépasser 0,3 m. Chaque collier de serrage doit être solidement fixé au mur.
- 249 Les spécifications des câbles doivent être conformes aux normes le standard national de haute qualité ou à une norme internationale équivalente.

2.7. Tests et mise en service

- 250 Avant la mise en service et la remise au client, l'installateur ou l'exploitant du réseau doit tester la sécurité et le fonctionnement de chaque installation domestique.
- 251 Ces essais sont réalisés suivant la norme CEI 60364-6 et les normes correspondantes, couvrant les mesures de sécurité exigées pour des bâtiments à usage d'habitation ou autre. Celle-ci seront appliquées conjointement avec les réglementations locales et/ou gouvernementales mises en place en Sénégal.

2.7.1. Vérification de la sécurité

- 252 Les essais électriques avant la mise en service et les vérifications par inspection visuelle des installations électriques à l'intérieur des bâtiments incluent typiquement toutes les actions suivantes :
- 253 ■ Tests d'isolement entre phases, et entre phases et terre de tous les conducteurs câbles et de la filerie d'une installation fixe ;
- 254 ■ Essais de continuité et de conductivité des conducteurs de protection (PE), des liaisons équipotentielles et des mises à la terre ;
- 255 ■ Mesure de la résistance de terre ;
- 256 ■ Vérification des sections de tous les conducteurs.

2.7.2. Test de la protection contre les surintensités

- 257 Chaque dispositif de protection contre les surintensités installées doit être testés dans chaque foyer lors de leur mise en service.
- 258 A l'aide d'un testeur d'installation conforme à la norme CEI 60364-6, l'impédance de la boucle doit être déterminée sur chaque prise et le courant de court-circuit maximal calculé doit être le double du courant de déclenchement du disjoncteur de surintensité. Il est toutefois préférable d'établir un court-circuit direct, car la mesure de l'impédance de boucle ne permet pas de tirer des conclusions sur le courant de déclenchement fourni par la source.
- 259 Pour le test de fonctionnement de chaque dispositif de protection, une fiche avec un dispositif de court-circuit doit être branchée dans la maison avec la plus grande longueur de câble depuis le point de raccordement de la maison ou la sortie de l'onduleur en cas d'un SPF et le dispositif de court-circuit doit être déclenché pour le test.
- 260 Le dispositif de protection doit alors se déclencher de manière sûre et dans un délai court, inférieur à une seconde.
- 261 Dans un mini réseau, l'alimentation ne doit pas être coupée pendant et après le test de court-circuit ; la tension d'alimentation doit chuter pendant le test et doit être rétablie dans la plage nominale de la tension d'alimentation immédiatement après le test.

2.7.3. Test de fonctionnement

- 262 Toutes les lampes doivent fonctionner grâce à un interrupteur et leur fonctionnement doit être testé.
- 263 Il est conseillé de tester le fonctionnement des consommateurs du commerce déjà présents dans la maison.

2.7.4. Formation de l'utilisateur et contrôle des appareils électriques existants

- 264 Après la mise en service de l'installation domestique, chaque client doit être formé à l'utilisation des appareils électriques en toute sécurité.
- 265 Il faut expliquer à chaque client quels appareils peuvent être utilisés et lesquels ne peuvent pas être connectés en raison de la puissance limitée ou une tension nominale différente.
- 266 Le client doit se voir proposer la possibilité de faire vérifier la sécurité de l'équipement.
- 267 Il est recommandé de marquer les appareils dont la sécurité a été contrôlée avec la date du test avec un autocollant correspondant.

2.7.5. Économies d'énergie

- 268 Les clients doivent être informés de la consommation d'énergie des appareils et des mesures appropriées pour économiser l'énergie.

- 269 Cela peut se faire dans le cadre d'un événement public pour tous les habitants du village. La durée de l'événement devrait être d'au moins deux heures et être illustrée par l'utilisation et la démonstration d'outils appropriés.
- 270 Dans la mesure du possible, les habitants talentueux et préqualifiés du village doivent être spécialement formés pour devenir des personnes de contact locales.

3. Distribution basse tension

- 271 A chaque niveau de service du Tableau 1 est associé le courant par client à prendre en compte pour la conception du réseau.
- 272 Les lignes longues et fortement chargées doivent être contrôlées par rapport à la chute de tension admissible concernant les tolérances de la tension d'alimentation au point de livraison au client.
- 273 Le courant attribué par niveau de service représente la charge minimale à prendre en compte et doit, le cas échéant, être corrigé vers le haut en fonction des exigences plus élevées.

3.1. Définition réseau et structure

- 274 L'alimentation comme source du réseau basse tension peut être assurée par :
- 275 ■ La sortie basse tension d'une centrale solaire avec onduleurs à batterie ou d'un générateur avec moteur à combustion interne ;
 - 276 ■ Transformateur abaissageur du réseau moyenne tension.
- 277 Les lignes de distribution basse tension avec la tension nominale entre un conducteur extérieur et le conducteur neutre de 230 V et 400 V entre 2 conducteurs extérieurs constituent le réseau électrique. Elles servent à alimenter les clients en électricité. Un réseau BT est constitué des éléments suivants :
- 278 ■ Un tableau de distribution situé à la sortie d'une centrale solaire ou d'un transformateur MT/BT ;
 - 279 ■ La mise à la terre du neutre à la source ;
 - 280 ■ Un ou plusieurs départs BT ;
 - 281 ■ Une distribution électrique par câbles aériens ou enterrés ;
 - 282 ■ Des coffrets divisionnaires ;
 - 283 ■ Préférer l'installation de sectionneurs avec fusibles pour isoler quelques lignes individuelles en cas de défaut ;
 - 284 ■ Des branchements desservant les usagers.
- 285 Les différentes configurations possibles sont les suivantes :
- 286 ■ Tension monophasée ou triphasée ;
 - 287 ■ Distribution par câbles aériens ou enterrés.
- 288 La configuration préconisée est la distribution monophasée ou triphasée par câbles aériens.
- 289 La possibilité d'adopter une autre configuration reste ouverte, si elle a fait l'objet d'une étude comparative par rapport à la configuration de référence (ex. distribution triphasée rendue nécessaire pour l'alimentation de grosses stations de pompage).
- 290 La structure des réseaux BT est arborescente.

3.2. Poteaux

- 291 Les types de poteaux utilisés pour des réseaux BT et leurs caractéristiques sont définis en annexe 8.3.

3.3. Conducteurs BT

3.3.1. Types

292 Les conducteurs pour distribution aérienne doivent satisfaire les critères suivants :

- Le câble doit être isolé, la gaine de protection étant résistante aux UV ;
- Le conducteur doit être en aluminium ou en alliage d'aluminium ;
- Installation d'un 5ème conducteur pour l'éclairage public – si nécessaire ;
- Les faisceaux sont de type tendu sur poteaux.

297 Les conducteurs pour distribution souterraine doivent satisfaire les critères suivants :

- Le câble doit être isolé et sa gaine de protection soit en polyéthylène réticulé, soit armée ;
- Le conducteur doit être en aluminium ou en alliage d'aluminium.

300 L'utilisation de câbles nus ou d'autres matériaux constitutifs (cuivre) pour la distribution BT est soumise à l'avis préalable de l'ASER.

3.3.2. Sections

301 Le choix de la section de conducteur, pour une tension de service donnée, doit être effectué :

- Sur la base de la prévision de la demande électrique à moyen terme ;
- En fonction des contraintes techniques : résistance mécanique, chutes de tension admissibles, intensité maximale admissible dans le conducteur, tenue en court-circuit ;
- En recherchant le meilleur compromis entre le coût du conducteur et celui des pertes engendrées tout au long du cycle de vie du conducteur ;
- La section minimale autorisée du conducteur doit être supérieure à 16 mm² ; 16 mm² et moins ne sont pas autorisés ;
- Lors du dimensionnement du conducteur neutre, il faut partir du principe qu'il peut être plus fortement chargé que les conducteurs extérieurs en raison de la charge asymétrique des conducteurs extérieurs et des courants harmoniques superposés ;
- Dimensionnement en fonction des besoins de courant selon le Tableau 1 ;
- Les tolérances de la tension nominale au point de livraison au client visées au paragraphe 157 doivent être respectées.

3.4. Branchements et comptage BT

3.4.1. Description

309 Les branchements basse tension ont pour objet d'amener le courant du réseau chez les abonnés, à l'intérieur des habitations.

310 Chaque type de branchement (il peut y en avoir plusieurs types en fonction du calibre de puissance) doit faire l'objet d'un schéma et d'une nomenclature exhaustive de ses éléments, chaque élément étant identifié par son fabricant, son modèle et son numéro de référence. Sont en particulier concernés :

- 311 ■ Connecteur ;
- 312 ■ Cable de descente ;
- 313 ■ Potelet ;
- 314 ■ Pinces d'ancrage ;
- 315 ■ Appareils de protection ;
- 316 ■ Appareils de contrôle de la consommation (compteur, limiteur de courant, capacités de correction du facteur de puissance) ;
- 317 ■ Coffrets divisionnaires.

3.4.2. Contrôle de la consommation

318 Le contrôle de la consommation de l'abonné est défini en fonction du système de tarification de l'électricité.

319 Les solutions techniques possibles sont les suivantes :

- 320 ■ Compteurs de kWh (simples, à prépaiement, etc.) ;
- 321 ■ Limiteurs de puissance (thermique, magnétique, électronique).

322 Les compteurs électriques doivent avoir une précision de 1 %, le courant nominal ne doit pas dépasser 6 A.

323 Le courant maximal du compteur doit être conforme aux exigences du client.

324 Ils doivent être conformes aux normes usuelles CEI 62052-11 et CEI 62053-21 ou à des normes comparables.

325 D'autres solutions techniques peuvent être envisagées mais doivent être soumises à l'avis préalable de l'ASER.

326 Une description technique détaillée du système retenu pour le contrôle de la consommation et des mesures prévues pour le contrôle et la correction du facteur de puissance doivent être présentées.

3.5. Protection

327 Le système de protection doit faire l'objet d'une description détaillée et obligatoire des dispositifs techniques prévus concernant :

- 328 ■ Le régime neutre ;
- 329 ■ La protection des personnes contre les contacts directs et indirects ;
- 330 ■ La protection contre les surintensités et les courts-circuits ;
- 331 ■ La protection contre les surtensions d'origine atmosphérique.

332 Les dispositions ci-après concernent le régime neutre préconisé et les dispositifs de protection associés ; d'autres régimes neutres peuvent néanmoins être prévus, sous réserve qu'il soit démontré que les protections mentionnées ci-dessus sont efficacement assurées.

3.5.1. Régime neutre et mise à la terre

333 Le régime neutre préconisé est de type TT pour les distributions collectives ; dans ce régime, les dispositions suivantes sont d'application :

- 334 ■ Le neutre BT de la sortie de la centrale solaire ou du transformateur MT/BT est mis à la terre ;
- 335 ■ Les masses des appareils sont également mises à la terre ;
- 336 ■ Toutes les masses des matériels électriques protégés par un dispositif de protection doivent être interconnectées et reliées par un conducteur de protection à une même prise de terre ;
- 337 ■ À l'origine de toute l'installation et à chaque départ principal, tous les conducteurs actifs y compris le neutre sont sectionnés.

338 Le régime neutre préconisé permet d'assurer :

- 339 ■ La coupure de l'alimentation au premier défaut ;
- 340 ■ La coupure de l'alimentation par des dispositifs différentiels ;
- 341 ■ La limitation de la coupure au circuit en défaut par l'emploi des différentiels sélectifs.

342 Si, dans le régime neutre TT, il est envisagé d'alimenter un gros consommateur directement à travers son propre poste MT/BT, ce dernier a la possibilité de choisir entre les trois régimes neutres existants, en tenant compte :

- 343 ■ Des caractéristiques de son réseau intérieur ;
- 344 ■ Des récepteurs à alimenter ;
- 345 ■ Des exigences de continuité de service.

346 La coexistence dans une même installation des différents régimes neutres est admise sous réserve de l'adoption des solutions techniques suivantes :

- 347 ■ L'utilisation de transformateurs de séparation des circuits ;
- 348 ■ Le traitement des circuits terminaux du régime TN selon le régime TT en vue de la résolution des problèmes de sélectivité des protections.

3.6. Eclairage public

3.6.1. Description

349 L'éclairage public (en abrégé EP) doit être techniquement possible dans la conception du réseau BT, mais sa réalisation pratique n'est pas forcément systématique : ceci relève du cahier de charges particulières de l'opérateur.

3.6.2. Spécifications

350 Les spécifications suivantes relèvent également du cahier de charges particulières de l'opérateur :

- 351 ■ L'alimentation de l'EP par conducteur séparé ;
- 352 ■ Une commande centralisée de toutes les lampes, par exemple via une connexion radio sécurisée ou communication filaire via un protocole sécurisé ;
- 353 ■ Le nombre de points d'EP et leur répartition dans la localité ;
- 354 ■ Les horaires et la durée journalière d'EP ;

355 Le type de point lumineux lié au niveau d'éclairage souhaité : il est recommandé d'utiliser un flux lumineux de 1500 lumen.

356 Les solutions techniques prévues pour l'EP doivent faire l'objet d'une description détaillée précisant notamment :

- 357 ■ Le type de lampe ;
- 358 ■ Le degré d'étanchéité IP de l'enveloppe : IP65 est recommandé ;
- 359 ■ La hauteur d'installation et la puissance lumineuse au sol ;
- 360 ■ Les appareils de contrôle (horloge) et de coupure.

361 Afin d'assurer la préservation environnementale pendant l'installation des lignes électriques BT et même MT, il est nécessaire de prendre en compte l'itinéraire le moins nuisible à la population et à son environnement pendant la conception du projet, et également tenir compte de la préservation des sites d'intérêt patrimonial, écologique ou paysagiste en autres, tels que détaillé au chapitre 7.

3.7. Spécifications particulières pour les réseaux BT enterrés

362 Les réseaux BT enterrés doivent être conçus pour les conditions suivantes :

- 363 ■ Tension nominal de service 1000 V ;
- 364 ■ Tension spécifiée de 0,6/1 kV ;
- 365 ■ Résistivité thermique du câble de 100°C * cm/W.

366 La pose des câbles enterrés doit respecter les dispositions suivantes :

- 367 ■ Profondeur de tranchée de 0,60 m au minimum ;
- 368 ■ Dégagement du fonds de fouille pour ôter les corps susceptibles de détériorer les câbles ;
- 369 ■ Dépôt d'une couche de sable en fond de tranchée sur une épaisseur de 0,10 m avant pose des câbles, puis du remblai tamisé sur une hauteur de 0,20 m minimum ;
- 370 ■ Pose d'un grillage avertisseur à 0,20 m minimum au-dessus des câbles ;
- 371 ■ Tous les accessoires installés en souterrain doivent être placés sous regard en béton armé de dimension appropriées.

4. Systèmes de production d'énergie renouvelable

- 372 Ce chapitre traite de la production d'énergie issu de sources renouvelables tels que l'énergie solaire, éolienne, hydraulique ou biomasse.
- 373 Dans le cadre de ces directives, nous allons nous focaliser principalement sur la production d'énergie solaire grâce aux panneaux solaires photovoltaïques, étant donné qu'elles sont le moyen d'électrification décentralisé le plus en utilisation et le plus rapide à déployer.
- 374 Ce chapitre inclus la production photovoltaïque, le stockage d'énergie électrique et l'inversion de l'énergie stocké à la tension alternative.
- 375 Pour un mini-réseau, ce chapitre traite d'une centrale solaire, également appelée centrale photovoltaïque, et des exigences supplémentaires en matière de commande et de surveillance.
- 376 Dans le cas d'un SPF, on trouve ici les exigences relatives au module solaire avec la fixation sur le bâtiment, le stockage de l'énergie et l'onduleur.

4.1. Modules photovoltaïques

4.1.1. Dimensionnement

- 377 Pour les SPF, la puissance crête à installer par client se définit en fonction du niveau de service du client individuelle selon Tableau 1.
- 378 La puissance crête à installer dans une centrale solaire résulte d'un dimensionnement détaillé en fonction des besoins énergétiques prévus dans le cadre du projet.
- 379 Un prédimensionnement peut être effectué en additionnant le produit du nombre de clients par niveau de service et l'énergie journalier correspondant pour tous les niveaux de service comme décrit dans le calcul en annexe 8.8. Ce besoin quotidien doit pouvoir être généré même les jours de faible ensoleillement, en tenant compte des 30 % de pertes de conversion, stockage et de distribution réseau. Pour le Sénégal, il est possible de produire l'énergie journalière nécessaire en 3,0 heures à pleine charge ; les pertes sont déjà prises en compte.
- 380 A titre d'exemple de prédimensionnement, pour une consommation de 30 kWh par jour, il est nécessaire d'installer 10 kWc de panneaux solaires.

4.1.2. Définition

- 381 Les modules PV du type monocristallin, polycristallin ou de type couches minces doivent être testés et certifiés conformément à la famille des normes CEI 61215.
- 382 Dans tous les cas, l'emploi de modules PV de technologies autres que le monocristallin ou le polycristallin est soumise à l'avis préalable de l'ASER.
- 383 L'homologation de type doit être certifiée par un rapport d'essai effectué par un laboratoire d'essais accrédité et conduit conformément à la procédure ISO/CEI 17025.
- 384 Les documents attestant des certifications obtenues doivent être rendus disponibles sur simple demande de l'ASER.

4.1.3. Caractéristiques

- 385 Le module PV doit être muni d'un cadre assurant sa rigidité et permettant sa fixation sur des structures supports. Le matériau constitutif du cadre doit être aluminium anodisé ; il doit conférer au module une bonne résistance à la torsion durant sa manutention.
- 386 Le module doit être doté de boîtier(s) étanche(s) de degré IP54 au minimum abritant les borniers de connexion. Les boîtiers sont équipés de presse-étoupes permettant la traversée des câbles. La polarité des borniers doit être clairement indiquée à l'intérieur du boîtier.
- 387 Il est recommandé de n'utiliser que des modules dont les câbles sont déjà raccordés en usine et dont les connecteurs sont compatibles MC4.
- 388 Chaque module PV doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :
- 389 ■ Nom du fabricant (monogramme ou symbole) ;
 - 390 ■ Numéro de référence du modèle ;
 - 391 ■ Puissance-crête (W_c), anglais : Peak-power (W_p), courant de court-circuit (A), tension de circuit ouvert (V) pour les conditions STC (anglais : *Standard Test Conditions*) ;
 - 392 ■ De préférence : Numéro de série ;
 - 393 ■ Pays de fabrication.
- 394 Tolérance de puissance maximale +5W par rapport à la valeur nominale.
- 395 Seuls des modules identiques peuvent être utilisés dans une chaîne PV.
- 396 Selon la taille du module PV, une ou plusieurs diodes de dérivation doivent être incluses.
- 397 Garantie de puissance après 20 ans au minimum 85% de la puissance nominale/initiale.
- 398 Fiche technique complète et certificats de conformité disponibles.

4.1.4. Connexion des modules PV

- 399 Dans le cas d'un SPF, on installe généralement un seul module photovoltaïque, qui est relié à un régulateur de charge.
- 400 Dans une centrale solaire, les modules PV sont d'abord connectés en série, d'une tension nominale allant environ de 400 V et 1500 V en maximum, puis plusieurs modules en chaînes sont connectés en parallèle pour augmenter la puissance.
- 401 Si plus de 3 connexions en chaînes sont montées en parallèle sur une entrée d'un régulateur de charge ou d'un onduleur d'alimentation, des fusibles de chaînes spécifiés pour la tension continue et les systèmes PV doivent être installés pour chaque connexion en série.

4.1.5. Documentation et tests

- 402 Les SPF doivent être soumis à un test de fonctionnement simple lors de leur mise en service.
- 403 Dans chaque centrale solaire, la norme CEI 62446 doit être appliquée et au moins les essais de la catégorie 1 doivent être effectués ; cela s'applique également aux mini-réseaux isolés et connectés et aux systèmes avec régulateur de charge et onduleur d'alimentation.

4.1.6. Protection contre la foudre

- 404 Toutes les centrales solaires doivent être équipées d'un système de protection contre la foudre et les surtensions induites par les lignes électriques, conformément à la norme CEI 62305, y compris la protection des bâtiments techniques.
- 405 L'installation d'un paratonnerre est courante.

4.2. Fixation et orientation des modules photovoltaïques

4.2.1. Définition

- 406 Les types de supports préconisés pour des installations photovoltaïques dans une centrale solaire pour les mini-réseaux sont généralement les structures posée ou ancrée au sol.
- 407 D'autres type de supports tels que les structures fixées sur les toitures et sur les façades verticales sont aussi acceptable seulement pour les SPF.

4.2.2. Conditions divergentes pour les SPF's uniquement

- 408 Lors de l'installation d'un SPF, la procédure suivante doit être suivie :
- 409 ■ Vérifier s'il existe une surface de toiture portante appropriée directement sur le bâtiment d'habitation du client, qui ne sera pas exposée à l'ombre pendant la plupart des heures d'ensoleillement de la journée. L'orientation doit être vers le sud ;
 - 410 ■ Si l'orientation vers le sud n'est pas possible, les orientations Est et Ouest peuvent être étudiées, mais dans ce cas, la puissance installée des modules PV doit être surdimensionnée jusqu'à 50% ;
 - 411 ■ S'il n'y en a pas, améliorer la capacité portante d'une autre surface de toit ou optimiser l'orientation du module PV à l'aide d'un simple support ;
 - 412 ■ Si cela n'est pas possible, installer le module PV sur un support au moins 3 – 4 mètres au-dessus du sol.

4.2.3. Matériaux constitutifs

- 413 Les matériaux constitutifs des supports de modules PV doivent être capables de résister à 10 ans d'exposition extérieure sans corrosion ou fatigue notables. Les traitements anti-corrosion mis en œuvre doivent être décrits.
- 414 Les matériaux constitutifs suivants sont admis :
- 415 ■ Acier inoxydable ;
 - 416 ■ Acier galvanisé ;
 - 417 ■ Aluminium anodisé ;
 - 418 ■ Bois traité ;
 - 419 ■ Matériaux plastiques traités anti-UV.
- 420 La combinaison de différents matériaux (y compris boulonnerie) sur une même structure est admise à condition qu'ils soient séparés et que soient clairement décrites les dispositions techniques prévus pour empêcher la formation de pile électrochimique entre ces matériaux.
- 421 Dans des conditions environnementales corrosives (forte humidité, forte teneur en sel), seul le matériel en acier inoxydable est autorisé.
- 422 La couche de galvanisation d'une structure métallique doit être de 3 µm au minimum.

4.2.4. Implantation et orientation

- 423 Les supports de modules PV doivent être statiques.
- 424 L'inclinaison des modules par rapport à l'horizontale doit être de 15° par rapport à l'horizontale, avec une tolérance de + ou -5°.
- 425 Les modules doivent être orientés vers le Sud géographique, avec une tolérance de + ou - 10°.

- 426 Sur chaque site, le lieu d'implantation des modules doit être choisi de telle manière qu'aucune ombre ne soit portée sur eux entre 90 mn après le lever du soleil et 90 mn avant le coucher du soleil. Dans les situations où un ombrage partiel est inévitable, il doit être compensé dans les calculs de dimensionnement du système.

4.2.5. Fixation des modules

- 427 En cas de monture sur toiture, une distance minimale de 0,1 m doit être respectée entre face arrière de modules et toiture. La structure support de modules doit être fixée sur le corps de charpente ou du bâtiment, et non sur la toiture elle-même. Un système d'haubanage doit être prévu si nécessaire.
- 428 Il est recommandé de soutenir la structure de montage du module au sommet d'un poteau d'au moins 50 cm de long ou de la fixer à l'aide d'angles de support à quatre positions.
- 429 En cas de fixation murale, le support de modules doit être fixé au minimum en 2 points avec un système de fixation traversant le mur (goujons et platine de serrage).
- 430 Si le support (poteau métallique) pour les SPF's n'est pas plus haut que le sommet de la maison, le problème de l'ombre portée par les murs de la maison ou les parties du toit doit être pris en considération dans les calculs du dimensionnement.
- 431 En cas de structure au sol pour les SPF's, le support doit être installé dans un lieu à l'écart des zones de passage, au moins 3 – 4 mètres au-dessus du sol ; le(s) module(s) et le câblage doivent être placés hors de portée des enfants. Les câbles enterrés doivent être passés sous gaine (tube PVC ou PE).
- 432 Un poteau métallique d'au moins 50 mm de diamètre doit être ancré dans du béton à au moins un mètre de profondeur dans le sol et la structure doit pouvoir résister à des vents allant jusqu'à 120 km/h -150 km/h.
- 433 Les fixations des modules sur la structure support (écrous, rondelles, boulons) doivent être en matériau(x) inoxydable(s).
- 434 Une protection contre le vol des modules doit être intégrée soit au moyen des systèmes de fixation des modules (rivets pops ou écrous antivol), soit au niveau de la conception de la structure support de modules elle-même. Le système photovoltaïque doit néanmoins rester accessible pour des inspections régulières.

4.2.6. Mise à la terre et équilibrage de potentiel

- 435 Dans les centrales solaires, toutes les armatures métalliques doivent être reliées entre elles par une liaison équipotentielle et mises à la terre en un point central. Pour les systèmes étendus dont la puissance installée est supérieure à 10 kWc environ, chaque châssis doit en outre être mis à la terre individuellement.

4.3. Système de stockage

- 436 L'énergie produite par les panneaux photovoltaïques pendant la journée doit être stockée pour être utilisée pendant la nuit et pour compenser les variations de puissance.
- 437 Chaque SPF et chaque mini-réseau isolé doit avoir un stockage d'énergie ; un mini-réseau connecté ne doit pas avoir de stockage.

4.3.1. Définition

438 Quatre types de batteries sont généralement utilisés comme systèmes de stockage dans les installations photovoltaïques notamment :

- 439 ■ Les batteries au plomb ouvert
- 440 ■ Les batteries au plomb AGM
- 441 ■ Les batteries au plomb Gel
- 442 ■ Les batteries au Lithium

443 D'autres et nouvelles technologies de stockage peuvent également être utilisées, à condition qu'elles soient établies avec succès depuis plus de 5 ans dans le même segment de marché et qu'il soit possible d'en apporter la preuve pour vérification par l'ASER.

444 Pour les SPF, la durée de vie calculée doit être d'au moins 3 ans, et d'au moins 6 ans en cas d'installation dans un centrale solaire.

445 Le calcul de la durée de vie doit tenir compte des spécificités de la technologie de stockage, de la température ambiante, du nombre de cycles testé par le fabricant pour les profondeurs de décharge calculées correspondantes.

446 La décharge journalière pour le calcul de la durée de vie doit correspondre à 75 % de la consommation journalière du niveau de service correspondant.

447 Les batteries des SPF doivent être sans entretien pour l'utilisateur.

448 Les caractéristiques de la batterie, en particulier lorsqu'elle est utilisée dans des SPF, doivent être conformes à la norme CEI 61427-1 ou à une norme équivalente.

449 Les batteries au plomb doivent être conformes à la famille de normes CEI 60896 ou CEI 61056 (uniquement pour les SPF) ; pour les centrales solaires, uniquement les batteries stationnaires sont autorisées (CEI 60896).

4.3.2. Marquage

450 Chaque batterie doit être munie d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :

- 451 ■ Nom, monogramme ou symbole du fabricant ;
- 452 ■ Numéro ou référence du modèle ;
- 453 ■ Tension nominale ;
- 454 ■ Capacité (Ah) avec indication d'un régime de décharge (C10 et/ou C20 et/ou C100), alternativement en watts-heure (Wh) ;
- 455 ■ Mois et année de fabrication ou l'année et le mois de la mise en service.

456 La batterie doit porter un marquage indélébile indiquant la polarité « + » ou « - » de chaque borne.

4.3.3. Capacité et durée de vie

457 La nécessité d'éviter une décharge excessive conduit à limiter la profondeur maximale de décharge à une certaine valeur, qui se situe généralement entre 0,3 et 0,6, mais peut approcher 0,8, selon le type de batterie. En cas de doute, il faut compter 0,5 pour les batteries au plomb et 0,8 pour les batteries lithium-ion.

458 L'alimentation de la charge doit être coupée lorsque cette limite est atteinte.

- 459 La profondeur de décharge maximale de la batterie (atteinte occasionnellement en fin de durée d'autonomie assignée au SPF) ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :
- 460 ■ 80% de la capacité C_{20} pour une batterie à plaque tubulaire ;
 - 461 ■ 60% de la capacité C_{20} pour une batterie à plaques planes stationnaire ;
 - 462 ■ 80% de la capacité C_{20} pour une batterie au Lithium -ion ;
 - 463 ■ Les recommandations du fabricant doivent être prises en compte en priorité.
- 464 La capacité de référence d'une batterie est définie comme sa capacité C_{20} , qui correspond à un régime de décharge réaliste sur un système PV.

4.3.4. Installation

- 465 La batterie ne doit pas reposer à même sur le sol.
- 466 En cas d'une batterie plomb-acide : Elle peut être installée de l'une des manières suivantes :
- 467 ■ Sur un socle en matériau résistant aux acides et ininflammable (le bois traité est accepté) ;
 - 468 ■ Dans un boîtier muni d'aérations de ventilation pour l'évacuation des gaz. Le boîtier doit être en matériau résistant aux acides et ininflammable.
- 469 En cas d'une batterie lithium-ion : Elle peut être installée de l'une des manières suivantes :
- 470 ■ Dans une armoire à batteries ou plusieurs armoires à batteries, en option les modules de batteries comme tiroirs modulaires ;
 - 471 ■ Dans un boîtier posé sur le sol ;
 - 472 ■ Pour les petites batteries, également dans un boîtier suspendu à un mur - à condition que la capacité de charge du mur soit suffisante et que la fixation soit appropriée ;
 - 473 ■ L'emplacement de l'installation doit être choisi en fonction de la taille de la batterie et du risque potentiel d'incendie de la batterie, et doit être signalé par des avertissements appropriés.
- 474 Indépendamment de la chimie de la batterie, toutes les instructions d'installation du fabricant doivent être respectées.
- 475 L'ensemble batterie-régulateur doit être installé dans un lieu à l'écart des passages et bien ventilé.
- 476 Les températures ambiantes élevées du local de la batterie doivent être évitées dans tous les cas ; dans les SPF, les cellules de stockage doivent être installées dans un endroit froid du bâtiment ; dans une centrale solaire, le local de la batterie doit être ombragé en permanence et les températures élevées doivent en outre être évitées grâce à un système de refroidissement actif ou passif.
- 477 Dans le cas d'un SPF, la batterie peut être intégrée dans un boîtier avec le régulateur de charge et l'onduleur, à condition que le fonctionnement du régulateur de charge et de l'onduleur n'augmente la température de la batterie que de manière négligeable.

4.4. Protections

- 478 Il faut empêcher activement toute surcharge ou décharge profonde de l'accumulateur d'énergie selon les exigences de chaque technologie.
- 479 Le courant de charge doit être régulé selon les indications du fabricant de la batterie ou les normes internationales habituelles et permettre une charge complète de la batterie avec le moins de restrictions possibles quant à sa durée de vie.
- 480 Si des charges d'égalisation sont nécessaires, le régulateur de charge doit les effectuer automatiquement.
- 481 La décharge de la batterie doit être empêchée activement si l'état de charge atteint réduit la durée de vie.

- 482 Pour les batteries au lithium, les tensions des cellules individuelles doivent être surveillées activement et ajustées, dans la mesure où cela correspond à l'état de la technique.
- 483 Le régulateur doit tolérer sans dommage, être protégé ou clairement étiquetés contre les événements accidentels suivants :
- 484 ■ Inversion de polarité au branchement de la batterie et du (des) module(s) sur le régulateur ;
 - 485 ■ Court-circuit sur l'utilisation : cette protection doit être assurée par un fusible ou équivalent dont le remplacement doit pouvoir être effectué par l'usager, sans ouverture du boîtier du régulateur ;
 - 486 ■ Surtensions induites à l'entrée modules ou à la sortie utilisation (foudre) ;
 - 487 ■ Toute situation de fonctionnement « sans batterie », le(s) module(s) photovoltaïque(s) étant connecté(s) au régulateur : dans cette situation, le régulateur doit également protéger les appareils d'usage en limitant la tension de sortie à une valeur au maximum supérieure à 30 % à la tension nominale de sortie du régulateur ;
 - 488 ■ Fonctionnement aux limites de capacités nominales : le régulateur doit tolérer sans dommage un courant d'entrée 25 % supérieur au courant de court-circuit du générateur PV, et un courant de sortie utilisation 25 % supérieur au courant nominal maximal (tous appareils allumés) du système PV, pendant une durée à indiquer par le fournisseur ;

4.5. Convertisseur d'énergie

4.5.1. Exigences générales

- 489 Le boîtier du convertisseur doit présenter un degré de protection minimum IP32.
- 490 Le boîtier du convertisseur doit être doté de dispositif de fixation ou d'accrochage mural.

4.5.2. Contrôle de la puissance photovoltaïque

- 491 Les panneaux solaires doivent être exploités à leur point de puissance maximale (en anglais : Maximum Power Point Tracking (MPPT)).
- 492 Si aucun ombrage ne peut se produire sur les différents strings, plusieurs strings peuvent être connectés en parallèle et fonctionner sur une entrée avec MPPT pour autant que tous les strings soient composés du même nombre de modules PV identiques et soient orientées de la même manière vers le soleil.
- 493 Dans les SPF, le MPPT est nécessaire à partir d'une puissance de module PV de 200 Wc.

4.5.3. Onduleur à batterie

- 494 A l'exception du NDS 0, l'énergie produite et stockée doit être convertie en tension de réseau de 230 V / 400 V.
- 495 La puissance à installer est fonction du le nombre cumulé de clients, compte tenu de leurs niveaux de service respectifs, conformément au Tableau 1.
- 496 La forme de l'onde doit être sinusoïdale ; pour les SPF, elle peut aussi être pseudo-sinusoïdale.
- 497 Une surcharge d'au moins 2 fois son courant nominal pendant 5 secondes doit être tolérée.
- 498 La surtension pendant l'alimentation des charges inductives et capacitatives doit être limitée.
- 499 Il doit être protégé contre le court-circuit sur l'utilisation.
- 500 Sa consommation à vide doit être inférieure à 2 % de la puissance nominale.

4.5.4. Convertisseur DC/DC

- 501 Pour le NDS 0 avec une tension de sortie de 12 ou 24 V, il faut installer un convertisseur DC/DC.
- 502 La tolérance de la tension de sortie doit correspondre à la tolérance de la tension du réseau.
- 503 La tension d'entrée doit correspondre à la tension de la batterie.
- 504 Le convertisseur doit être du type hacheur à découpage.
- 505 La prise d'alimentation du convertisseur doit être détrompée.

4.5.5. Onduleur à injection

- 506 Dans une centrale solaire, il est possible de convertir le courant continu des panneaux photovoltaïques en courant alternatif et de le coupler à l'onduleur de la batterie ou de le consommer directement sur le réseau côté tension alternative. Ceci est particulièrement avantageux lorsqu'un mini-réseau jusqu'alors isolé est raccordé au réseau moyen tension et que les onduleurs d'alimentation existants peuvent également réinjecter directement dans le réseau national.

4.5.6. Marquage

- 507 Chaque régulateur doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :
- 508 ■ Nom, monogramme ou symbole du fabricant
 - 509 ■ Numéro ou référence du modèle
 - 510 ■ Tension nominale (V)
 - 511 ■ Courant nominal entrée module et sortie utilisation (A)
- 512 Le régulateur doit porter un marquage indélébile indiquant la polarité + ou - de chaque bornier de raccordement électrique.

4.5.7. Interface utilisateur

- 513 Le régulateur de charge doit être équipé de témoins de visualisation de l'état de charge de la batterie, de type LED ou dispositif équivalent, fournissant à l'utilisateur les indications minima suivantes :
- 514 ■ Système disponible à l'utilisation / état de charge batterie suffisant ;
 - 515 ■ Utilisation déconnectée / état de charge batterie est trop faible.
- 516 Il est préconisé qu'une indication d'avertissement de fin de décharge proche soit également intégrée sur le régulateur.

4.6. Conducteurs

4.6.1. Types de conducteurs

- 517 Les conducteurs utilisés pour les liaisons modules-modules, modules-régulateur, régulateur-batteries, batteries-batteries doivent être adaptés pour l'usage extérieur conformément au standard international CEI 60811. Ils sont du type H07RN-F ou norme équivalente.

- 518 Les conducteurs préconisés pour les installations intérieures sont ceux couramment disponibles dans le commerce au Sénégal :
- 519 ■ Câbles de type A05 VVU, A05 VVR ou équivalent, montés en apparent ;
- 520 ■ Câbles monofilaires de type H07 VU ou équivalent sous gaine polyéthylène encastrée.
- 521 Pour les installations de petites tailles, des solutions de câblage en kits sous forme de faisceaux précâblés peuvent également être prévues.

4.6.2. Caractéristiques techniques

- 522 Sous réserve du respect des chutes maximales de tension autorisées, les sections minima acceptables de conducteurs sur le générateur PV sont de :
- 523 ■ 2,5 mm² pour une liaison module-module, ou module-régulateur ;
- 524 ■ 4 mm² pour une liaison régulateur-batterie.
- 525 Les sections des conducteurs doivent être dimensionnées de manière à ne pas dépasser les valeurs de chute de tensions suivantes :
- 526 ■ Liaison module-régulateur : maximum 2% ;
- 527 ■ Liaison régulateur-batterie : maximum 1% ;
- 528 Toutes les liaisons entre conducteurs situées en extérieur doivent être solidement assurées sur le plan mécanique par l'usage de borniers et être situées à l'intérieur de boîtiers de jonction présentant un degré de protection IP54.
- 529 Toutes les liaisons entre conducteurs situés en intérieur doivent être solidement assurées sur le plan mécanique par l'usage de dominos et être situées à l'intérieur de boîtiers de jonction de modèle courant au Sénégal.
- 530 Les moyens prévus assurer une fixation solide des câbles de distribution BT (attaches, colliers, etc.) doivent être précisément décrits.

4.7. Dimensionnement et performances du système

4.7.1. Indicateurs de performances

531 Les indicateurs de performances suivant doivent être fournis pour tout système de production d'énergie renouvelable :

- 532 ■ **Énergie journalière garantie** : c'est l'énergie garantie disponible à la sortie « utilisation » dans les conditions de référence d'irradiation globale et de température ambiante définies précédemment. Elle est exprimée en watt-heures par jour (Wh/jour) ;
- 533 ■ **Autonomie de fonctionnement** : c'est le nombre de jours pendant lesquels le système peut fournir l'énergie journalière garantie à partir de sa batterie chargée à 100 %, le(s) module(s) PV étant déconnecté(s) du régulateur.

534 La méthode de dimensionnement utilisée pour aboutir aux performances annoncées doit être décrite. Il est préconisé d'utiliser des méthodes de simulation dynamique, en utilisant les paramètres types suivants :

- 535 ■ Rendement d'adaptation modules : 95 % ;
- 536 ■ Rendement énergétique batterie : 80 % ;
- 537 ■ Rendement régulateur de charge : 10 %.

4.7.2. Dimensionnement et critères de performances

538 Suivant les notes de calcul du dimensionnement en annexe, la gamme des systèmes photovoltaïques proposés doivent couvrir l'ensemble de la demande potentielle définie pour chaque catégorie de niveau de service défini au Tableau 1 :

539 Le Cahier de Charges envisage la possibilité d'une offre commerciale différenciée qui s'appuierait sur d'autres niveaux services à l'intérieur des plages de puissance retenues. Ces propositions devront faire l'objet d'une note de calcul de dimensionnement et d'une présentation des systèmes photovoltaïques suivant les mêmes principes que ceux édictés ci-dessus.

540 L'autonomie de fonctionnement doit être au minimum de :

- 541 ■ 2 jours pour les SPF des niveaux de service 0 et 1 ;
- 542 ■ 3 jours pour les SPF du niveau de service 2.

543 Il est important de noter que toutes les règles de management environnemental pour les batteries et les systèmes de génération ER tels qu'énumérés au chapitre 7 de cette directive doivent être observer tant bien à l'installation, l'opération et le décommissionnement de ces équipements.

544 Les plus importantes étant notamment l'installation de coffres ventilés ou de bacs de rétention d'acide comme cités plus haut pour recevoir les batteries afin d'éviter l'épandage d'acide sulfurique lors de leur remplissage et la récupération et le recyclage des batteries en fin de vie par les opérateurs mini-réseaux.

5. Générateur à combustion

- 545 Ce chapitre concerne l'utilisation de tout type de générateur de combustible liquide, gazeux ou solide susceptible de générer des déchets issus de la combustion des carburants hydrocarbonés tels que le diesel, la biomasse ou le gaz naturel, ou des carburants propres tels que l'hydrogène.
- 546 Le moteur à combustion interne ne peut être la principale source d'énergie que s'il fonctionne principalement au biogaz ou huile végétale.
- 547 Les moteurs à combustion fonctionnant avec des combustibles fossiles ne peuvent être exploités qu'en complément de la production d'énergie renouvelable, dans le but de surmonter les goulots d'étranglement de la production et de mettre à disposition une alimentation de remplacement pendant la période où la centrale solaire n'est temporairement pas opérationnelle.
- 548 Etant donné l'importance du générateur diesel dans les mini-réseaux, les spécifications minima ne concernent pour l'instant que ce type de technologies.

5.1. Définitions

5.1.1. Caractéristiques générales

- 549 Le moteur et le générateur du groupe électrogène (GE) doivent être conformes aux familles de normes ISO suivantes ou à des normes comparables :
- ISO 9528 : Groupes électrogènes à courant alternatif entraînés par moteurs alternatifs à combustion interne
 - ISO 3046 : Moteurs alternatifs à combustion interne — Performances
- 552 Les documents attestant la conformité des caractéristiques des GE aux normes précitées doivent être rendus disponibles sur simple demande de l'ASER.
- 553 La puissance doit être dimensionnée de manière à obtenir le meilleur rendement possible pour un nombre d'heures de fonctionnement élevé. Ce n'est que si le groupe électrogène est essentiellement utilisé comme système de remplacement avec un faible nombre d'heures de fonctionnement que le dimensionnement doit permettre d'alimenter de manière fiable la charge attendue.
- 554 Les GE utilisés doivent être qualifiés par leur constructeur pour le régime de fonctionnement prévu :
- Service continu ou discontinu ;
 - Durée annuelle de fonctionnement ;
 - Surcharge uni horaire ;
 - Une durée de vie prévue d'au moins 5 ans, compte tenu des conditions d'exploitation prévues.

5.2. Caractéristique du moteur thermiques

- 559 La vitesse de rotation du moteur ne doit pas dépasser 1500 tours par minute. Le recours à des vitesses supérieures est possible mais soumis à l'avis préalable de l'ASER.

- 560 Le démarrage du moteur peut être manuel ou électrique (batterie de démarrage).
- 561 Le moteur doit obligatoirement être doté des équipements suivants :
- 562 ■ Filtre à air spécialement adapté à des conditions sévères de poussière (ex : filtre à bain d'huile de grande capacité précédé d'un séparateur statique centrifuge, ou système équivalent) ;
 - 563 ■ Filtre à carburant et filtre à huile par cartouche.
- 564 Le rejet des gaz de combustion du moteur doit respecter les dispositions suivantes :
- 565 ■ Les gaz de combustion sont rejetés à l'extérieur du local du GE par un tuyau d'échappement de longueur suffisante ;
 - 566 ■ Le raccordement du tuyau d'échappement à l'échappement moteur est flexible afin de limiter la transmission des vibrations ;
 - 567 ■ Les parties chaudes du tuyau d'échappement à portée de l'opérateur doivent être protégées ou calorifugées ;
 - 568 ■ Si le local est situé à proximité immédiate d'habitations, un silencieux doit être interposé à la sortie du tuyau d'échappement.
- 569 Le moteur doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :
- 570 ■ Nom du fabricant ;
 - 571 ■ Numéro ou référence du modèle ;
 - 572 ■ Cylindrée en cm^3 ;
 - 573 ■ Puissance motrice en kW ;
 - 574 ■ Vitesse nominale en tours/minutes ;
 - 575 ■ Norme de référence ;
 - 576 ■ Numéro de série ;
 - 577 ■ Pays de fabrication ;
 - 578 ■ Caractéristiques de moteurs thermiques pour combustibles liquides/gazeux ;
 - 579 ■ Caractéristiques de moteurs thermiques pour combustibles solides.

5.3. Caractéristiques de l'alternateur

- 580 Selon la configuration du réseau BT, l'alternateur est monophasé ou triphasé.
- 581 L'isolation de l'alternateur doit être au minimum de classe F.
- 582 Le rendement de l'alternateur doit être supérieur ou égal à 80 %.

583 L'alternateur doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :

- 584 ■ Nom du fabricant ;
- 585 ■ Numéro ou référence du modèle ;
- 586 ■ Numéro de série ;
- 587 ■ Tension nominale en Volt ;
- 588 ■ Puissance nominale en kVA ;
- 589 ■ Facteur de puissance nominale ;
- 590 ■ Vitesse de rotation en tours/minute ;
- 591 ■ Normes de références ;
- 592 ■ Classe d'isolation ;
- 593 ■ Pays de fabrication.

5.4. Protection technique

5.4.1. Protections mécaniques

594 Des équipements de protection doivent être prévus pour faire face aux situations critiques suivantes :

- 595 ■ Pression d'huile moteur anormale ;
- 596 ■ Température d'eau moteur anormale.

5.4.2. Protections électriques

597 Les protections électriques doivent comprendre au minimum :

- 598 ■ Protection générale du GE par disjoncteur à déclencheur à seuil magnétique au départ du réseau BT ; la protection générale doit avoir un temps de réaction compatible avec la capacité de surcharge de l'alternateur ;
- 599 ■ Surtensions d'origine atmosphérique par parafoudre ou système équivalent posé sur le poteau de départ du réseau BT.

600 Le groupe électrogène doit être doté d'une liaison équipotentielle entre tous ses constituants, ramenée à un point de connexion sur le châssis du groupe pour mise à la terre.

601 Toutes les autres masses métalliques doivent être reliées à la même prise de terre (armoire de commande, chemins de câble, tuyauteries, réservoirs de carburant).

5.5. Équipement annexes

5.5.1. Coffret de commande et de protection

- 602 Le coffret de commande et de protection du groupe électrogène peut être intégré au bâti du groupe électrogène ou monté séparément :
- 603 ■ Le montage séparé est le système préconisé ; dans ce cas le coffret de commande est déporté sur un mur ;
- 604 ■ En cas de montage intégré au bâti du GE, le coffret de commande doit être efficacement protégé contre les vibrations du GE par des silentblocs ou système équivalent.
- 605 Le coffret doit être au minimum doté d'indicateurs de mesure des paramètres suivants :
- 606 ■ Tension par phase (en volts) ;
- 607 ■ Courant appelé par phase (en ampères) ;
- 608 ■ Fréquence (en hertz) ;
- 609 ■ Durée cumulée de fonctionnement du GE (en heures) ;
- 610 ■ Compteur d'énergie active délivrée au départ du réseau (en kilowatts heures).
- 611 Le coffret de commande doit en outre inclure les fonctions suivantes :
- 612 ■ Démarrage et arrêt du GE ;
- 613 ■ Réglage de la tension et de la fréquence ;
- 614 ■ Sectionnement du réseau de distribution BT.

5.5.2. Réservoir de carburant

- 615 La réserve de carburant doit prendre en compte les conditions d'accès au site et son éloignement de la première source d'approvisionnement permanente ; dans tous les cas, elle doit assurer une autonomie de fonctionnement minimum de 5 jours.
- 616 Le GE est alimenté par une nourrice de carburant placée à une élévation suffisante par rapport au GE pour que la pompe à injection du moteur soit en charge.
- 617 Si le volume de carburant à stocker dépasse 500 litres, les dispositions suivantes doivent être prises :
- 618 ■ Un réservoir principal en tôle d'acier doit être installé à l'extérieur de la cabine du groupe électrogène, et relié par une canalisation en acier ou en cuivre à une nourrice de capacité inférieure à 500 litres située à l'intérieur du local du GE. Une pompe de transfert spéciale pour carburant permet le remplissage du réservoir vers la nourrice ;
- 619 ■ Le réservoir peut être installé en fosse ou en surface ; toutes les précautions doivent être prises par rapport à l'environnement, le risque d'incendie, la protection contre la corrosion du réservoir ;
- 620 ■ Une vanne de sectionnement de l'alimentation en carburant doit être accessible à l'extérieur du local du GE ; elle est placée de préférence à l'opposé de la sortie du tuyau d'échappement.
- 621 Les dispositions d'installation doivent être prises pour permettre la concentration de dépôts éventuels et de l'eau de condensation au fond des réservoirs ou du tuyau d'échappement et leur extraction périodique.

5.5.3. Installation du GE

- 622 Le GE doit être assemblé sur châssis (skid), l'ensemble étant posé sur un socle en béton armé.
- 623 La liaison entre les supports de moteur et d'alternateur avec le châssis doit être réalisée par des silentblocs.
- 624 Le socle repose sur un isolant. Sa masse du socle doit représenter 1,5 fois le poids du GE.

- 625 Le GE et ses équipements annexes (sauf réservoir de carburant) doivent être installés dans un local dont l'accès sera fermé au public.
- 626 Les dimensions du local et ses ouvertures doivent être calculées de manière à assurer la ventilation requise pour le GE en conditions normales de fonctionnement.
- 627 Les portes du local doivent être suffisamment larges pour permettre un dégagement facile du GE.
- 628 Un extincteur d'incendie doit être prévu dans le local.
- 629 L'emplacement du local du GE doit être sélectionné sur la base de critères techniques, le choix définitif devant être obtenu par consensus parmi la population locale. Une attention particulière doit être portée à ce que les nuisances sonores générées par le fonctionnement du GE soient compatibles avec son environnement proche.
- 630 En ce qui concerne les mesures environnementales à suivre lors de l'installation, de l'opération et du décommissionnement des générateurs à combustion (notamment le générateur diesel), on note des aspects conséquents tels que le choix de l'emplacement pour limiter la pollution sonore, la collecte des huiles de vidanges pour limiter la pollution des eaux et la collecte et recyclage des appareils en fin de vie.
- 631 Les points énumérés ci-dessus font références aux conditions de management environnementales d'un mini-réseau détaillés au chapitre 7 de cette directive.

6. Extension réseau moyenne tension

- 632 Les mini-réseaux ou certains grands consommateurs rurales peuvent également être alimentés par l'extension du réseau national de distribution d'électricité à la place d'une centrale solaire.
- 633 Il s'agit formellement d'une extension du réseau national interconnecté, mais avec les restrictions d'une puissance de transmission plus faible en raison de la grande longueur des lignes.
- 634 Pour la raison susmentionnée de la connexion limitée au réseau électrique national, cette directive définit un « mini-réseau connecté » avec quelques particularités ; dès que tous les clients sont connectés sans restriction au réseau électrique national, le processus d'électrification rurale est terminé et cette directive ne s'applique plus.
- 635 Ce chapitre traite de l'extension du réseau moyenne tension et de l'exploitation d'un ou de plusieurs transformateurs basse tension qui alimentent un réseau basse tension à la place d'une centrale solaire ou en parallèle, comme spécifié au chapitre 3.

6.1. Antenne et Dérivation MT

6.1.1. Caractéristiques générales

- 636 L'antenne MT est une ligne électrique prenant sa source sur le réseau MT interconnecté de la SENELEC et alimentant de long en long des localités rurales situées sur une distance de quelques dizaines de km.
- 637 L'antenne MT peut inclure des dérivation secondaires MT d'une longueur de quelques km pour la desserte de chaque localité, et aboutissant à un transformateur MT/BT.
- 638 De manière générale, la conception de l'antenne MT et le dimensionnement de ses composants ne doivent pas reposer sur l'application systématique des standards techniques conventionnels, mais sur une analyse pertinente de la demande électrique à court, moyen et long terme spécifiquement ciblée sur la zone d'implantation de cette ligne, en vue d'optimiser le coût de cycle de vie des composants.
- 639 La conception de l'antenne MT et le dimensionnement de ses composants devront tenir compte des caractéristiques techniques du réseau SENELEC existant, d'une analyse pertinente de la demande et du projet de Convention SENELEC - Concessionnaire.
- 640 Les dossiers d'Etudes Moyenne Tension doivent être approuvés au préalable par SENELEC.
- 641 Les propositions éventuelles sur les standards techniques doivent être soumises à l'approbation de SENELEC via l'ASER.
- 642 Toutes modifications que pourra engendrer l'introduction de techniques allégées devront être supportées par l'opérateur. Ce dernier prendra en charge un plan de formation pour les agents de Senelec chargés des études et de l'exploitation du réseau.

6.1.2. Configuration

643 La configuration actuelle du réseau de transport de SENELEC est type triphasé à 3 conducteurs, le neutre n'étant pas distribué ; dans ces conditions, l'antenne MT peut adopter l'une des configurations suivantes :

- 644 ■ Ligne triphasée à 3 conducteurs et neutre non distribué ;
- 645 ■ Ligne biphasée à 2 conducteurs ;
- 646 ■ Ligne monofilaire avec retour à la terre (anglais : Single-Wire Earth Return SWER).

647 Une dérivation MT monofilaire ne doit pas supporter une charge totale supérieure à 250 kW.

648 Les dérivations MT biphasées ou monophasées peuvent être de type :

- 649 ■ Non transformable (en triphasé) si l'augmentation des charges au-delà de la capacité actuelle de la dérivation est peu probable sur son cycle de vie ;
- 650 ■ Transformable dans le cas contraire.

651 Dans le cas des réseaux en moyenne tension assimilés à des lignes de transport ou à des lignes de distribution, les opérateurs, en plus du réseau triphasé classique, pourrait, avec l'accord préalable de SENELEC, explorer les systèmes alternatifs de distribution à moindres coûts, tels que la distribution en moyenne tension à 4 conducteurs et à neutre distribué, avec des antennes monophasées (phase + neutre) ou le monophasé avec retour par la terre communément (SWER) ou les diverses utilisation des fils de garde des lignes de transport pour la desserte des localités rurales au voisinage duquel passent de tels ouvrages.

652 Les entreprises chargées de réaliser les travaux ainsi que leurs sous-traitants devront être agréées par SENELEC.

653 Les supports en béton à utiliser pour les lignes en 34,4 mm² qui doivent par la suite supporter des lignes en 54,6 mm² sont ainsi désignés ci-dessous :

- 654 ■ Support béton de dérivation ; B1250 daN
- 655 ■ Support béton pour IACM ; B1250 daN
- 656 ■ Support béton simple ou assemblage de supports béton aux angles ; B800 daN - B1250 daN - B1600 daN - B2000 daN
- 657 ■ Support béton pour transformateur haut de poteau ; B2000 daN
- 658 ■ Support béton d'arrêt. B1250 daN - B1600 daN - B2000 daN

659 En fonction des section les supports béton ci-après sont normalisés :

- 660 ■ Pour le câble almélec 54,6 mm² : AR400 daN - AR650 daN - B800 daN - B1250 daN - B1600 daN - B2000 daN
- 661 ■ Pour le câble almélec 75,5 mm² : AR400 daN - AR650 daN - B800 daN - B1250 daN - B1600 daN - B2000 daN
- 662 ■ Pour le câble almélec 148 mm² : AR400 daN - AR650 daN - B800 daN - B1250 daN - B1600 daN

6.1.3. Tension de service

663 La tension de distribution du réseau SENELEC est de 30 kV ou 6,6 kV. Dans ces conditions, les tensions de service d'une antenne MT directement raccordée au réseau SENELEC peuvent être les suivantes :

- 664 ■ Pour une antenne biphasée : 30 kV ou 6,6 kV (tension composée de la ligne triphasée) ;
- 665 ■ Pour une antenne monophasée : 17,3 kV ou 3,8 kV (tension simple).

666 Avec l'accord préalable de SENELEC, l'emploi de tensions de distribution intermédiaires au moyen de transformateurs MT appropriés reste possible, soit directement au niveau du poste de raccordement au réseau SENELEC, soit au départ des dérivations secondaires vers les localités desservies.

667 L'utilisation de câbles autre que les 34,4 mm² (en almelec-acier) pour des contraintes physiques, oblige l'opérateur à constituer le stock minimal pour les mêmes types de matériel.

6.2. Poteaux

668 Les types de poteaux utilisés pour des réseaux d'extensions MT et leurs caractéristiques sont définis en annexe 8.3.

6.3. Conducteurs MT

6.3.1. Types

669 Les conducteurs de l'antenne MT et de ses dérivations doivent être de type nu ou en aluminium/alliage aluminium.

670 Toutefois, en environnement salin (zones maritimes) où l'utilisation d'aluminium peut conduire à des problèmes de corrosion prématuée, d'autres matériaux tels que le cuivre ou les alliages de cuivre peuvent être prévus.

671 Les lignes MT ou Haute Tensions Catégories A (HTA) seront réalisées en conducteurs 54,6 mm², 75,5 mm² ou 148 mm². Cependant les lignes 75,5 mm² et 148 mm² ne seront construites qu'en technique suspendue (conducteurs aérienne).

672 Pour les conducteurs en souterrains, la section recommandée est de 3x240 mm², de type HN33S26 avec une tension assignée de 18/30 kV conforme à la norme NF C 33-226 de section 240 mm² ALU.

673 Les conducteurs pourraient être dimensionnés de sorte à avoir un taux de charge initial de 45 % et un taux de charge dans le long terme (+10 ans) de 70 %.

674 La portée maximale des lignes sur isolateurs rigides ne devra pas excéder 90 m pour les supports en bois et 100 m pour les supports en béton. Pour les lignes sur isolateurs suspendus ne devra pas excéder 160 m.

6.3.2. Sections

675 Le choix de la section de conducteur, pour une tension de service donnée, doit être effectué :

- Sur la base d'une analyse détaillée de la demande électrique à moyen terme (cf. ci-après) ;
- En fonction des contraintes techniques : résistance mécanique, chutes de tension admissibles, intensité maximale admissible dans le conducteur, tenue en court-circuit ;
- Dans le but d'optimiser le coût de cycle de vie du conducteur.

676 La chute de tension maximale sur l'antenne MT, doit cependant être inférieure à 7,5 % de la tension nominale.

677 Dans un souci de standardisation, il est fait obligation à l'opérateur d'utiliser les sections de câble normalisées par SENELEC pour les réseaux en moyenne tension. Il en est de même pour tous les accessoires des réseaux en moyenne tension.

678 La section almélec 34,4 mm² est tolérée pour les antennes en moyenne tension desservant de faibles charges dans les limites des chutes de tension admissibles ; cependant les supports à utiliser pour les lignes en MT avec section 34,4 mm² pour les lignes assimilées à des lignes de transport et devant être reversées dans le périmètre de SENELEC, doivent être équipées de poteaux, armements et accessoires pouvant supporter la section 54,6 mm² almélec.

679 Si dans son plan directeur, SENELEC prévoit de faire une ligne d'ossature qui traverse un village à alimenter en antenne par un opérateur, ce dernier à l'obligation de prévoir la section de câbles et les dimensions de supports conformes au projet SENELEC.

683 L'utilisation d'une telle section de câble en l'occurrence le 34,4 mm² visé ci-dessus, oblige le concessionnaire à fournir à SENELEC un stock initial de sécurité équivalant à au minimum *trois (03) tonnes de câbles almélec 34,4 mm², avec les accessoires ainsi définis en quantité* :

- 684 ■ 150 manchons de jonction pour câble almélec graissé 34,4 mm² ;
685 ■ 162 ensembles de suspension pour câble almélec graissé 34,4 mm² ;
686 ■ 30 ensembles d'ancrage pour câble almélec graissé 34,4 mm².

6.4. Poste de transformation MT/BT

6.4.1. Caractéristiques générales

687 Les transformateurs mis en œuvre doivent présenter les caractéristiques générales suivantes :

- 688 ■ Type monophasé ou triphasé ;
689 ■ Système de refroidissement par air ou par huile.

690 Les transformateurs doivent être homologués suivant les normes en vigueur.

691 En vue d'optimiser le coût de cycle de vie des transformateurs, les dispositions suivantes sont d'application :

- 692 ■ La puissance des transformateurs doit être déterminée au cas par cas en fonction de la charge à supporter par chaque unité ; elle peut aller de 1 à 400 kVA ;
693 ■ Le recours à des transformateurs monophasés est préconisé ; si une distribution de courant triphasé est nécessaire, la solution de couplage de 3 transformateurs monophasés doit être comparée à l'emploi d'un transformateur triphasé ;
694 ■ Les pertes des transformateurs de réseau de distribution triphasés doivent être affectées à la directive 2009/125/CE dite d'écoconception ou ErP (anglais : energy-related products) ou dans la version actuelle ;

6.4.2. Marquage

695 Chaque poste de transformation doit être muni d'une plaque signalétique contenant au minimum les informations suivantes :

- 696 ■ Nom du fabricant
697 ■ Modèle ou type du transformateur
698 ■ Millésime de l'année de fabrication
699 ■ Numéro de série
700 ■ Puissance nominale en kVA
701 ■ Capacité de surcharge
702 ■ Tension nominale côté haute et basse tension

6.4.3. Types de postes et raccordement au réseau SENELEC

- 703 Les postes de transformation peuvent se classer en 3 catégories :
- 704 ■ Postes maçonnés pouvant accueillir en plus des autres équipements un transformateur de puissance qui peut aller jusqu'à 400 kVA pour les postes de distribution et au-delà pour les postes de livraison. Ils sont construits avec des dimensions respectant le plan type SENELEC ;
- 705 ■ Postes préfabriqués, construits en usine en béton ou en béton CCV de puissance maximale de 400 kVA et homologué pas la SENELEC ;
- 706 ■ Postes aériens de type H61 avec disjoncteur et une gamme de puissance allant jusqu'à 160 kVA. Les postes sur poteau doivent être construits selon la norme C13-103, et la hauteur et le matériel utilisé pour l'accrochage du transformateur doivent respecter les spécifications et les normes en vigueur homologuées par Senelec.
- 707 Le dispositif de raccordement au réseau de SENELEC doit être réalisé conformément aux prescriptions définies par la SENELEC et approuvé par ses services compétents. Il en est de même du point de piquage.

6.4.4. Tension de service

- 708 Jusqu'à une puissance de 160 kVA, les transformateurs doivent être montés en haut de poteau. Au-delà de cette limite, les transformateurs doivent être posés au sol, sur un socle en béton armé, à l'intérieur d'une enceinte inaccessible au public.
- 709 Les transformateurs doivent être placés le plus près possible du centre du réseau BT afin de réduire les chutes de tension au maximum possible.
- 710 Le choix de l'emplacement du poste doit être fixé d'un commun accord entre l'aménageur et l'autorité locale et doit être soumis à l'approbation préalable de Senelec. Il doit tenir compte en premier lieu des contraintes d'exploitation et des contraintes environnementales.
- 711 Les postes maçonnés doivent être construits dans les conditions suivantes :
- 712 ■ Zones non inondables ;
- 713 ■ Facilité d'accès du matériel de manutention ;
- 714 ■ Implantation en limite de propriété.
- 715 Quel que soit le type de poste, l'accessibilité facile du personnel de Senelec, à toute heure, est impérative afin qu'il puisse effectuer toutes les opérations nécessaires à l'exploitation du réseau.
- 716 Les postes de distribution doivent être géoréférencés. En sus, les postes de distribution public doivent avoir une plaque d'identification (avec le sigle de SENELEC et le nom du poste).

6.5. Protection

6.5.1. Foudre

- 717 La protection contre les surtensions d'origine atmosphérique doit être assurée en tous les points requis de l'antenne MT par des parafoudres ou des éclateurs.
- 718 Lorsque cette protection est assurée par des éclateurs, la résistance de la terre des masses ne doit pas excéder 30 ohms et le matériel BT doit supporter 10 kV à 50 Hz et 20 kV au choc.
- 719 Si pour des raisons techniques ou économiques il n'est pas possible d'obtenir économiquement une résistance de terre des masses inférieure à 30 ohms, une alternative autorisée est de recourir à des parafoudres à résistance variable qui écouleront le courant de choc avec coupure automatique du courant.

6.5.2. Protection thermique

- 720 La protection contre les surintensités résultant de surcharges et de courts-circuits doit être assurée sur le secondaire de chaque transformateur MT/BT par des disjoncteurs magnétothermiques de calibre adéquat.
- 721 Les caractéristiques des déclencheurs thermiques doivent être déterminées en fonction de la courbe de surcharge admissible des transformateurs afin d'éviter l'avarie des transformateurs par suite de défaut sur le réseau BT.
- 722 Les dérivations MT doivent être protégées par des interrupteurs aériens avec ouverture automatique ou par des sectionneurs à fusible placés à l'origine des dérivations.

6.5.3. Spécifications particulières pour les réseaux monofilaires avec retour par la terre

- 723 Dans le cas des dérivations monofilaires avec retour par la terre, les minima suivants sont d'application :
- Les mises à la terre aux extrémités des dérivations ne doivent pas dépasser 3 ohms ;
 - Les mises à la terre de chaque transformateur MT/BT monophasé ne doivent pas excéder 10 ohms quelle que soit la période de l'année ;
 - Les descentes de mise à la terre doivent être soigneusement protégées et de préférence doublées ;
 - La valeur des impédances des terres, qui peut se dégrader dans le temps, doit être périodiquement contrôlée.

6.6. Comptage MT

- 728 Un dispositif de comptage de l'énergie électrique en MT doit être prévu au point de l'entrée de l'antenne MT qui représente le point de livraison de SENELEC.
- 729 Le dispositif de comptage doit être constitué des éléments minima suivants :
- Transformateur(s) de courant de classe 0.5, de précision 15 VA, et d'un calibre approprié ;
 - Transformateur(s) de tension de classe 0.5, de précision 15 VA, et d'un rapport de tension approprié ;
 - Un indicateur de maximum ;
 - Une horloge de commande des changements de tarifs ;
 - Un enregistreur de puissance réactive si la puissance souscrite est supérieure à une puissance à définir.
- 735 L'installation du dispositif de comptage doit respecter les points suivants :
- Les appareils doivent être placés en tableau à l'intérieur d'une cabine fermée non accessible au public les mettant à l'abri des chocs, de l'humidité, des températures excessives, des poussières et des vapeurs corrosives ;
 - Un espace libre d'au moins 1 m par rapport au point le plus saillant des appareils doit être réservé sur le devant du tableau à l'intérieur de la cabine ; les indications de tous les appareils doivent être facilement lisibles depuis le devant du tableau ;
 - Les transformateurs de tension doivent être placés en amont du moyen de coupure manœuvrable ;
 - Les transformateurs de courant doivent être placés immédiatement en aval de la protection de l'antenne MT ;
 - Les transformateurs de mesure doivent être aisément accessibles en vue de leur vérification et de leur remplacement éventuel ;
 - Le tableau de comptage doit être situé le plus près possible des transformateurs de mesure.
- 741 Les transformateurs de mesure doivent être périodiquement vérifiés par un organisme agréé.

7. Management environnemental

- 742 Selon la *loi portant code de l'environnement* au Sénégal, tout projet de développement ou activité susceptible de porter atteinte à l'environnement, devra faire l'objet d'une évaluation environnementale.
- 743 Une étude d'impact sur l'environnement permet d'examiner les conséquences, tant bénéfiques que néfastes, qu'un projet de développement rural aura sur l'environnement et les mesures mises en place pour l'atténuation de ces conséquences.
- 744 Cette étude est établie par le gestionnaire du projet et comprendra l'identification des risques liées à la production d'électricité sur ledit site, partant de l'installation à l'exploitation jusqu'au décommissionnement du projet et leurs mesures d'atténuation. Elle sera évaluée par le ministère chargé de l'environnement qui a l'obligation de prendre en compte l'avis du public avant l'établissement d'un permis ou d'une autorisation environnementale, nécessaire pour le début des travaux d'installation par le gestionnaire.
- 745 Les déchets issus de la production d'énergie électrique doivent être éliminés ou recyclés de manière écologiquement rationnelle afin de supprimer ou de réduire leurs effets nocifs sur la santé de l'homme, sur les ressources naturelles, la faune et la flore ou la qualité de l'environnement.
- 746 L'élimination des déchets et le recyclage par ces structures doit être faite sur autorisation et surveillance du Ministère chargé de l'environnement en collaboration étroite avec le ASER qui fixe des prescriptions en fonction des normes en vigueur au Sénégal.
- 747 Dans le cas où des normes relatives au management environnemental ne sont pas accessibles dans la réglementation Sénégalaise, tout opérateur mini-réseaux sera en charge d'appliquer les procédures de management environnemental indiquées dans la norme ISO 14001 ou toute autre norme relative à cette application.

7.1. Risques environnementaux liés à la production d'électricité décentralisé

7.1.1. Antenne MT et réseau BT

- 748 L'implantation d'une ligne MT ou BT peut nécessiter, dans certains cas, l'abattement d'arbres d'intérêt patrimonial ou/et économique.
- 749 Les transformateurs MT-BT refroidis à l'huile doivent répondre à des exigences de qualité élevées afin d'éviter toute fuite d'huile dans l'environnement.
- 750 L'impact visuel des lignes électriques peut parfois être important. Toutefois, en consultant les populations au préalable à tout abattage d'arbres et en respectant quelques principes paysagistes simples, l'impact sera généralement négligeable. Dans le cas de sites architecturaux ou de paysages emblématiques (tourisme conventionnel, écotourisme), il pourra parfois être nécessaire de faire appel à des spécialistes (architectes, paysagistes), voire même de recourir à des solutions plus coûteuses (enterrement des réseaux).

7.1.2. Générateurs à combustion

- 751 Les groupes électrogènes, même s'ils sont de petite taille, constituent un risque non négligeable pour l'environnement, qui peut se traduire par les impacts suivants :
- 752 ■ Lors de l'utilisation : bruit, fumées, émissions de gaz à effet de serre, risque d'incendie, rejets d'huile de vidange et de gazole ;
- 753 ■ En fin de vie : abandon dans la nature du groupe ou de certains de ses composants.
- 754 Les différentes pollutions sont d'intensité variable selon que le groupe est bien dimensionné, bien utilisé et bien entretenu.
- 755 Le bruit et les fumées produits par un groupe électrogène peuvent être dangereux pour la santé du voisinage. Néanmoins, le risque le plus important est le rejet de produits pétroliers utilisés comme carburants ou comme lubrifiants (huile de vidange).
- 756 Le déversement d'hydrocarbures est une grave menace pour les eaux de surface et souterraines. Les hydrocarbures rejetés peuvent altérer l'environnement de diverses manières :
- 757 ■ En causant des dommages au milieu lui-même, ce qui aura un impact sur la faune sauvage et notamment pour les oiseaux et les mammifères des rives polluées ; les organismes d'eaux douces présentent le risque d'être asphyxiés par de l'huile qui sera transportée au loin par le courant, ou bien d'être lentement empoisonnés par de l'huile piégée dans le lit du cours d'eau ou dans des zones d'eau stagnante ;
- 758 ■ En provoquant des modifications, moins visibles, de la tension superficielle de l'eau et la formation de films en surface limitant les échanges avec l'atmosphère ; ainsi les effets des substances qui consomment de l'oxygène seront amplifiés provoquant l'augmentation de la demande chimique d'oxygène (DCO) et mettant ainsi en péril la potabilité de l'eau ;
- 759 ■ En raison de la toxicité des hydrocarbures eux-mêmes, qui sont un poison pour tous les organismes vivants.

7.1.3. Systèmes solaires PV individuels

- 760 Les modules solaires PV ne présentent pas en eux-mêmes de risque pour l'environnement.

- 761 Le risque principal liée aux système PV se situe au niveau des batteries de stockage utilisées :
- 762 ■ En utilisation : les risques principaux sont liés à la présence d'acides et de métaux toxiques pour l'environnement ;
 - 763 ■ En fin de vie : le rejet incontrôlé de la batterie peut occasionner une pollution ponctuelle grave.
 - 764 ■ Les batteries au plomb présentent beaucoup plus de risque pour l'environnement que celles au Lithium.
 - 765 ■ Les batteries au plomb contiennent de l'acide sulfurique qui peut se répandre lors du remplissage, de la mise à niveaux, par projection dans l'atmosphère lors du bullage, ou par fissuration de la batterie en cas de choc. Ceci est alors très nocif pour la nature et ce qu'elle contient.
 - 766 ■ L'émission d'hydrogène et d'oxygène en cas de surcharge présentent un risque d'explosion, et la pollution en fin d'utilisation par le plomb sous forme de résidus métalliques ou liquide sur les bacs de plastiques, ainsi que les résidus d'acide et de sulfate oxydé sont nocifs pour l'environnement.
 - 767 ■ Les batteries au Lithium présentent de grands risques de surchauffe pouvant entraîner des explosions si chargées pendant une longue période.
 - 768 ■ Lors de leurs décommissionnement et recyclage, la présence de métaux toxiques tels que le nickel, le manganèse ou encore le cobalt les rendent dangereux pour l'environnement.

7.2. Options techniques alternatives

7.2.1. Pico ou microcentrales hydrauliques

- 769 Même dans le cas d'installations de petite taille, les impacts environnementaux liés à la production hydroélectrique peuvent être importants, en fonction du caractère du cours d'eau à exploiter. On citera notamment les problèmes que peuvent occasionner la construction d'un barrage à usage hydroélectrique et la diminution (voire la disparition) des débits du cours d'eau, sur la faune et la flore aquatiques.
- 770 Néanmoins, les méthodes de correction d'impact pour ce type de projet sont bien connues et largement appliquées dans le monde. Notamment, le maintien de débits réservés et/ou l'installation d'échelles pour permettre le passage des poissons permettent de corriger en grande partie ces impacts négatifs.

7.2.2. Aérogénérateurs

- 771 L'installation massive de grands aérogénérateurs pose des problèmes environnementaux. Parmi ceux-ci, on citera des interférences électromagnétiques avec les postes de TV et radio voisins, l'impact visuel sur le paysage, le bruit et les effets nocifs des infrasons sur la santé humaine ainsi que des impacts sur les changements microclimatiques et la migration des oiseaux.
- 772 Cependant, dans le cadre du PASER, il s'agira de petits aérogénérateurs dont l'impact peut être négligeable, si on respecte un certain nombre de principes environnementaux notamment en matière de paysages.

7.2.3. Générateur de Bioénergie

- 773 Contrairement à l'énergie solaire, éolienne et hydraulique, la production d'électricité à partir de la biomasse émet des gaz à effet de serre et des polluants dans l'air. La combustion de la biomasse à l'état solide, liquide ou gazeux peut également émettre d'autres polluants et particules dans l'air, notamment du monoxyde de carbone, des composés organiques volatils et des oxydes d'azote.
- 774 D'autre facteurs tels que la déforestation peut aussi être le résultat direct de l'action des biodigesteurs à bois sur l'environnement. Ceci entraîne à son tour des catastrophes naturelles tels que des érosions et la perte ou destruction des habitats naturels de certains organismes et animaux.

7.3. Mesures de gestion environnementale : Recommandations et Obligations

775 Les mesures de gestion environnementale à prendre afin de prévenir et de supprimer la plus grande partie des impacts environnementaux négatifs liés au développement de l'électrification rurale, sont présentées au Tableau 4. Selon l'importance de l'impact à éviter et de la faisabilité d'application de la prévention, les mesures proposées sont à caractère obligatoire ou de simples recommandations.

Tableau 3 : Mesures de gestion environnementale

OPTION TECHNIQUE	PHASE D'INSTALLATION	PHASE D'EXPLOITATION	PHASE DE DÉCLASSEMENT
RECOMMANDATIONS			
Distribution BT à partir du réseau MT.	Choisir l'itinéraire du réseau BT le moins nuisible pour la couverture forestière. Consulter les populations et les techniciens locaux.	Pas de recommandations spécifiques sinon celles classiques liées à la sécurité.	Recyclage de tout le matériel par le concessionnaire de la distribution.
Générateurs à combustion (Groupes électrogènes)	Choisir l'emplacement de la centrale le plus éloigné possible des habitations pour minimiser les gênes liées au bruit et aux fumés, ainsi que les risques d'incendie.	Voir obligations	Voir obligations
Solaire photovoltaïque	Budgéter le changement, la récupération et le recyclage des batteries usées dès la mise en place des installations.	Voir obligations	Voir obligations
Microcentrales hydrauliques	Installer des échelles pour permettre le passage des poissons et préserver ainsi les ressources halieutiques des cours d'eau concernés.	Laisser un débit minimum (ou débit réservé) permettant le développement de vie aquatique en aval de l'exploitation.	Remettre en état le fonctionnement naturel du cours d'eau en éliminant toutes les barrières créées à fin hydroélectrique.
Aérogénérateurs	Choisir l'emplacement moins visible possible.	Pas de recommandations spécifiques	Pas de recommandations spécifiques
Générateur de biénergie	Choisir un emplacement de la centrale assez éloigné pour éliminer les gênes liées à la pollution atmosphérique et auditive.		
OBLIGATIONS			
Toutes installations	Note d'évaluation d'impact environnemental nécessaire en préalable à tout agrément de projet, selon un modèle simple défini par l'ASER		
Distribution BT à partir du réseau MT	Règles liées à certains sites particuliers d'intérêt patrimonial, écologique ou paysagiste.	Voir recommandations	Voir recommandations

Groupes électrogènes	Sol de l'abri recouvert d'une plate-forme en ciment légèrement inclinée avec un canal de récupération des rejets de combustible qui débouche sur un collecteur. Bien dimensionner le groupe par rapport aux besoins pour éviter le gaspillage de combustible et les émissions de CO ₂ non nécessaires.	Collecte des huiles de vidange et des rejets de gazole dans des conteneurs hermétiques pour recyclage postérieur. Contrôle technique des groupes après une certaine durée d'utilisation.	Récupération pour recyclage de tous les groupes électrogènes
Solaire photovoltaïque	Assurer une connexion électrique conforme aux normes et standards applicables. Installation de coffres ventilés ou de bacs de rétention d'acide pour recevoir les batteries afin d'éviter l'épandage d'acide sulfurique lors de leur remplissage.	Plaque d'information obligatoire sur les batteries. L'accès direct à la batterie ne peut être autorisé qu'à des intervenants informés.	Récupération pour recyclage de toutes les batteries.

7.4. Conditions de la collecte et du recyclage des produits usés

- 776 Les batteries usagées, les générateurs, l'huile de moteur, les panneaux photovoltaïques et les poteaux électriques en bois traités ne doivent pas être stockés sur place dans les régions rurales. Seul le stockage temporaire est autorisé pour une durée maximale de deux mois avant l'enlèvement.
- 777 Les matériaux et produits mentionnés ci-dessus et utilisés doivent être soumis au traitement ou au recyclage le plus respectueux de l'environnement disponible au Sénégal.

7.4.1. Batteries au plomb et au Lithium-ion

- 778 La récupération des batteries doit être régie selon un principe simple : toute batterie changée doit être récupérée par celui qui fait le changement (concrètement les opérateurs concessionnaires).
- 779 Le recyclage des batteries ne peut être réalisé que par des ateliers spécialisés : récupération et neutralisation de l'acide, recyclage du bac après casse et fragmentation, refonte du plomb (dans le cas d'une batterie au plomb, mais qui génère 25 % de scories non récupérées), mise en décharge des séparateurs entre éléments de la batterie (pochettes plastiques poreuses, etc.) qui représentent 10 % de la masse de la batterie. La création d'un tel atelier pourra s'avérer nécessaire pour répondre à la demande supplémentaire de recyclage liées au développement de l'électrification rurale.

7.4.2. Groupes électrogènes

- 780 Avec le développement de l'utilisation des groupes électrogènes, se crée assez rapidement un « marché d'occasion » qui fait qu'avant d'arriver à sa belle mort, un groupe peut changer plusieurs fois de mains en augmentant à chaque fois le risque environnemental.
- 781 On ne peut pas lutter contre ce marché d'occasion, il est au contraire un signe de santé du développement de l'électrification. Il est par contre souhaitable de mettre en place un système de contrôle technique sur les matériels à partir d'un certain âge, afin de s'assurer de conditions minima d'efficacité et de conformité environnementale des matériels, à l'instar de ce qui existe maintenant sur les parcs automobiles.

782 On pensera ainsi à un système réglementaire de contrôle, qui pourrait s'appuyer sur des électriciens professionnels (là encore comme les systèmes de contrôle technique automobile, qui s'appuie sur un réseau de garages agréés).

7.4.3. Huile de vidange

783 Les huiles usagées, les chiffons, les gants, les filtres à huile, etc. doivent être collectés dans des conteneurs appropriés et ne peuvent être stockés temporairement sur place qu'en quantités minimes - limitées à 3 mois maximum.

784 L'huile et les matériaux souillés par l'huile ne doivent en aucun cas être jetés dans la nature et ne peuvent être recyclés ou éliminés que par des entreprises d'élimination autorisées.

785 La norme environnementale la plus élevée disponible au Sénégal s'applique.

7.5. Contrôle et suivie

786 L'ASER en collaboration avec le ministère en charge de l'environnement, assurera en principe le suivi et contrôle des mesures environnementales, à la fois pendant les phases d'installation, d'exploitation et de déclassement des équipements.

787 Ceci suppose un triple rôle :

- Rôle de conseil : ils ont une responsabilité d'information et de formation des installateurs, des opérateurs et des usagers, et de définition des formats d'évaluation ex-ante, d'audit et de contrôle ;
- Rôle de délégation de formation et de certification de professionnels spécialisés : études d'impact et audits environnementaux des installations, contrôles techniques devront être en grande partie réalisés par des entreprises agréées : l'ASER a la charge d'identifier ces professionnels, de leur donner les outils et méthodes nécessaires et de les classer ;
- Rôle réglementaire : certaines mesures sont à réglementer, les conditions d'application des règles, les clauses de non-respect devront clairement être indiquées et l'ASER ainsi que le ministère chargé de l'environnement, devront s'en voir confier réglementairement le suivi et le contrôle.

791 Parmi les tâches à réaliser, on citera :

- Edition de brochures spécifiques de conseils environnementaux, organisation de journées d'information auprès des opérateurs attributaires des concessions et des représentants des usagers particuliers ;
- Edition de formats standards pour les différentes procédures mises en place en matière d'études d'impact, d'audit et de contrôle ;
- Visites périodiques de vérification pour juger de l'état général des installations en regard des aspects environnementaux ;
- Programme annuel d'audits environnementaux par des auditeurs indépendants sur un certain nombre d'installations prises au hasard ;
- Imposition de sanctions pour les installations qui ne répondent pas aux exigences environnementales mentionnée.

8. Annexes

797 La présente annexe est une partie obligatoire de la directive dont le contenu est commun à plusieurs chapitres.

8.1. Conditions environnementales

798 Les conditions environnementales nécessaires pour l'utilisation et l'expression des performances et services rendus par les systèmes de chaque type de technologies mentionnées dans les chapitres 4, 5 et 6 ci-dessus seront définis.

Tableau 4 : Conditions environnementales

Paramètres	Production Photovoltaïque	Générateur à combustion	Réseaux de distribution (Extension réseau MT & réseau BT)
Normes			Suivant les normes NF C11-201 selon la doctrine de la SENELEC
Température ambiante		Minimale : 48°C Maximale : 10°C Référence : 35°C	
Humidité relative	Minimale : 15 % Maximale : 90 % Les valeurs ci-dessus s'entendent sans condensation		
Vitesse de vent		Référence Maximale : 100km/h	
Contrainte de calculs	Irradiation globale horizontale Référence : 5500 Wh/m ² par jour Orientation : plan incliné à 15° par rapport à l'horizontale, orienté au Sud géographique du lieu		Valeur de l'effort : Considérer la plus défavorable des hypothèses suivantes ; $H_A = \{\text{Température} = 30^\circ\text{C, Pression du vent} = 400 \text{ daN}\}$ $H_B = \{\text{Température} = 10^\circ\text{C, Pression du vent} = 180 \text{ daN}\}$ Pour les réseaux MT ; Présence d'un interrupteur aérien de type I en haut de poteau : + 200 daN supplémentaires Présence d'un interrupteur aérien de type II en haut de poteau : + 300 daN

8.1.1. Autres conditions

799 Des conditions spécifiques d'agression marine (vents salins) doivent être prises en compte pour tous les systèmes susceptibles d'être installés dans les régions côtières du Sénégal.

- 800 Les vents de sable sont fréquents, et l'air peut être très chargé en poussière, particulièrement durant la saison sèche qui s'étend de Novembre à Juin.
- 801 En saison des pluies, les orages peuvent être violents et le risque de foudroiement est élevé.
- 802 L'altitude des localités du Sénégal ne dépasse pas 1000 m par rapport à la mer.

8.2. Prévision de la demande et dimensionnements

- 803 Ici seront détaillé les hypothèses de calculs requis dans le dimensionnement des supports de lignes MT et BT ainsi que dans l'évaluation de la demande énergétique permettant de couvrir l'ensemble de la demande potentielle définie pour chaque catégorie de niveau de service défini au chapitre 1.2. Les études se feront avec les Spécifications en vigueur au Sénégal, notamment celles utilisées par SENELEC, au niveau de sa Direction de l'Equipement.
- 804 Les exigences du Tableau 1 sont des exigences minimales ; si les exigences locales sont plus élevées, elles doivent être prises en compte.
- 805 Le dimensionnement doit tenir compte des éléments suivants :
- 806 ■ D'une analyse statistique et d'une modélisation de la consommation d'électricité des localités électrifiées situés dans la même région ;
- 807 ■ D'enquêtes menées auprès des futurs usagers ;
- 808 ■ D'une identification précise des besoins communautaires et productifs (artisanat, production agricole, élevage) ;
- 809 ■ Lissage de la courbe de puissance par une répartition étalée des appels de puissance, notamment pour les usages communautaires (pompage, moulin à mil, etc.) ; les forces motrices pourront fonctionner aux heures creuses par rapport à la courbe de charge ;
- 810 ■ Correction du facteur de puissance afin de limiter les chutes de tensions.

Tableau 5 : Documents et données de base requis pour les réseaux

Paramètres	Réseau MT	Réseau BT
Plan géographique	<ul style="list-style-type: none"> -Plan au 1/5000ème de chaque localité desservie. -Positionnement au GPS de tous les points de livraison potentiels publics et privés. -Tracé prévisionnel du réseau électrique BT 	<ul style="list-style-type: none"> -Plan au 1/50000ème de la zone de desserte de l'antenne MT. -Positionnement de toutes les localités desservies. -Tracé prévisionnel de l'antenne MT
Points d'approvisionnement en eau potable	Recensement et positionnement des stations de pompage motorisées pour l'approvisionnement en eau potable situées dans la zone de desserte de l'antenne MT / réseau BT	
Recensement	Évaluation de la population de chaque localité desservie en se basant sur des enquêtes récentes menées dans la zone ou à défaut sur le dernier recensement disponible de l'ANS (2014)	
Consommation électrique	Statistiques de consommation de localités rurales similaires déjà électrifiées.	

8.2.1. Hypothèses de dimensionnement réseaux MT et BT

- 811 Les supports des lignes en MT sont assimilés à des lignes de transport et sont à reverser dans le patrimoine de SENELEC. Pour de tels ouvrages SENELEC assure l'entretien, la maintenance et le renouvellement à ses

frais. L'opérateur ne réalise que l'investissement initial et la mise à disposition d'un stock initial de sécurité au cas où il utiliserait des sections de câbles non approvisionnés par SENELEC.

Tableau 6 : Hypothèses de dimensionnement réseaux MT et BT

Paramètres	Réseau MT	Réseau BT
Conducteurs	Hypothèse de départ : 65°C sans vent	
	Hypothèse A : température de + 25°C vent de 480 Pascal	
	Hypothèse B : température minimale de + 10°C, vent nul	
Coefficient de sécurité	Conducteurs, les armements, et les chaines d'isolateurs : Charge maxi est de 3	
Coefficient de sécurité à la rupture	Poteaux béton : 2,1 selon la Norme NFC 67200	
Coefficient de stabilité des massifs	Poteaux d'angles et d'arrêt : entre 1,1 et 1,5 particulièrement dans les zones inondables et marécageuse	
Contraintes	Utilisation du logiciel de simulation de contraintes homologué par la SENELEC et/ou ASER sur les lignes comme CAMELIA ou JOVE	
Interrupteurs aérien	Type I : en haut de poteau au point de piquage de chaque dérivation alimentant un transformateur en haut de poteau. Se conformer aux normes de la SENELEC Type II : en haut de poteau Se conformer aux normes de la SENELEC	

8.3. Poteaux MT et BT

812 Les caractéristiques de poteaux utilisées pour les connections basse et moyenne tension sont dans la plupart des cas identiques.

8.3.1. Type de poteaux et marquage

813 Les matériaux constitutifs des poteaux peuvent être en :

- Bois
- Acier (Tubulaire ou poutrelles IPE)
- Béton armé ou béton précontraint

817 Les poteaux en acier/métalliques doivent être de tôles en acier S500 laminé, conformément à la norme NF EN 10025. Celles si doivent être pliables et protégés contre la corrosion. Elles peuvent être sous formes tubulaire ou en produit laminé ayant une section en forme de double T (poutrelles IPE).

818 Les poteaux en béton doivent répondre aux dispositions de la spécification technique N° 02/2017 et à toutes les prescriptions qui n'y sont pas contraires, prévues par la NFC 67200 ou son équivalent.

819 Les poteaux peuvent être de différents types :

- Simple
- Jumelés
- Contrefichés
- Haubané

824 Tout poteau doit être pourvu d'une plaque signalétique mentionnant les informations suivantes :

- Nom du fabricant
- Modèle ou type du poteau
- Millésime de l'année de fabrication
- Hauteur de poteau (en mètres)
- Effort nominal
- Centre de gravité (pour les poteaux en béton)
- Classe
- Numéro d'ordre de fabrication

8.3.2. Implantation

833 Tout type de poteaux utilisés doivent répondre aux spécifications techniques de Senelec et à toutes les prescriptions qui n'y sont pas contraires.

Tableau 7 : Spécification des poteaux

	Poteaux en béton	Poteaux en acier (Tubulaire)	Poteaux en acier (Poutrelles IPE)
Types de supports	Massifs en béton coulé à pleine fouille		
Dimensions supports	En terrain normal, le massif est dosé à 350 kg/m ³		
Profondeur d'implantation	La profondeur d'implantation est égale à H/10 + 0,5 où H est la hauteur du support		
Types de supports en zones marécageuse	Massifs surélevés et confectionnés avec du ciment marin (400 kg/m ³) et une résine d'accrochage de type Sikalatex (ou similaire) en produit liquide. Le gravier sera de type basalte.	Massifs en béton coulés à pleine fouille, avec une pointe de diamant	
Perçage		Les poteaux disposent en leur sommet des trous traversants diamètre 18,5 +/- 1,5 mm pour adapter les différents modèles d'armements. La disposition des perçages est définie par les spécifications de Senelec.	
Mise en terre		Un écrou de diamètre M10 doit être soudé sur le fût au-dessus de la limite d'encastrement.	Pour la fixation de la MALT, il sera procédé à un perçage d'un trou de 50 cm au-dessus de la limite d'encastrement.
Supports d'alignement	Sur les lignes en 75,5 et 148 mm ² ; minimum AR 650 daN Sur les lignes 54,6 mm ² : minimum AR 400 daN		

8.3.3. Tension de service – Poteaux bois

834 Le traitement des poteaux en bois doit être accepté avant commande par SENELEC ;

- Les poteaux en bois doivent être protégés par traitement chimique contre les attaques d'insectes et les agressions naturelles.

835 ■ Les procédés actuellement reconnus (cf. tableau ci-dessous) sont relatifs aux poteaux créosotés ; le procédé d'imprégnation utilisé doit figurer sur la plaque signalétique du poteau par sa lettre de référence.

Tableau 8 : Marquage des poteaux

Lettre de référence	Intitulé du procédé	Lettre de référence	Intitulé du procédé
V	Bréant -Béthel	E	Estrade intégral
B	Boucherie	S	Séchage et fendillement
R	Rüping		

837 ■ Si dans le cas du procédé Bréant-Béthel une imprégnation avec une solution de sels métalliques est mise en œuvre, la nature du sel employé doit être précisée par une deuxième lettre.

838 ■ La liste des procédés de protection est susceptible d'élargissement ; dans l'attente, tout autre procédé de traitement doit faire l'objet d'un avis préalable de l'ASER.

839 Les classes de poteaux en bois utilisées pour le 34 et le 54,6 sont S140 daN et S190 daN.

840 Si d'autres sections sont utilisées les efforts des poteaux en bois pour les lignes assimilées à des lignes de transport et destinées à l'amenée du courant dans un village doivent être discutés avec la Direction de l'Equipement de SENELEC.

8.3.4. Tension de service – Poteaux acier

841 Les poteaux en acier doivent être protégés contre la corrosion par galvanisation d'épaisseur minimale 3 µm ou peinture antirouille en 2 couches.

842 L'utilisation de poteaux acier en environnement salin (zones maritimes, s'étendant sur une bande de 15km à partir du trait de la ligne de côte.) est permise avec des techniques de protection adéquates contre la corrosion.

843 L'utilisation de supports métalliques dans les zones à remonté d'eau salée reste prohibée.

844 Une information détaillée et certifiée doit être fournie sur les procédures de contrôle de qualité appliquées tout au long de la chaîne de fabrication.

8.3.5. Tension de service – Poteaux en béton

845 Les valeurs caractéristiques des poteaux béton sont indiquées au tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Tension de service – Poteaux en béton

Catégorie	BT	HTA	
Classe	A	A	B
Hauteur (m)	9 – 10	12 – 13 – 14	12 – 13 – 14
Effort en tête (daN)	150 – 300 – 400 – 650	400 – 650	1250 – 1600 – 2000

846 Les caractéristiques de ces poteaux sont à déterminer en fonction des efforts appliqués compte tenu des lignes HTA et BT suivant le tableau ci-après :

Tableau 10 : Section de câble et poteau

Section de câble (en mm ²)	Type de support
75,5	AR650
148	AR650
54,6	AR400

8.3.6. Dimension et portée

847 Au niveau des lignes MT assimilées à des lignes de transport et reversée dans le patrimoine de SENELEC, les efforts des poteaux, les armements et accessoires, doivent être conformes avec ceux normalisés par SENELEC quelques soient les résultats des calculs mécaniques ; La hauteur de poteau, sa circonférence, l'écartement et la portée des conducteurs entre poteaux sont des grandeurs liées qui doivent être calculées en fonction :

- 848 ■ Du nombre et de la section des conducteurs ;
- 849 ■ De l'encombrement et de la géométrie des armements haut de poteau ;
- 850 ■ Des conditions environnementales de références : vent, etc. ;
- 851 ■ Des conditions particulières du site : conditions de sol, obstacles et pentes, corrosion, etc.

852 Les minima suivants sont cependant d'application :

- 853 ■ La distance minimum au sol du conducteur de phase placé le plus bas est de 6 mètres dans des zones accessibles aux véhicules, de 7m au-dessus des voies pour passage d'engins de grande hauteur, et de 5 mètres dans des zones seulement accessibles aux piétons ;
- 854 ■ La portée de conducteurs entre 2 poteaux ne doit pas dépasser 130 m ;
- 855 ■ Le poteau doit être enfoui à une profondeur minimum égale à 1/10ème de la hauteur + 0,5 m ;
- 856 ■ Le réglage des conducteurs doit être déterminé de manière qu'aux conditions limites de vent, le facteur de sécurité par rapport à la rupture du support soit au moins égal à 3 ;
- 857 ■ En terrain découvert hors agglomération, le couloir de passage de l'antenne MT ou d'une dérivation doit être dégagé sur une largeur minimum de 6 m ;
- 858 ■ En agglomération, l'antenne MT un dégagement minimum de 2 m doit être aménagé de part et d'autre des conducteurs.

8.3.7. Mise en œuvre des poteaux

859 Les procédures de mise en œuvre des poteaux doivent être précisément décrites en fonction :

- 860 ■ Du type de poteau : bois, acier, béton ;
- 861 ■ De sa fonction : poteau d'alignement, poteau d'angle, poteau d'ancrage, poteau d'arrêt ;
- 862 ■ De la nature du sol.

863 Si l'utilisation de poteaux bois est prévue dans des zones à végétation naturelle basse abondante et présentant un risque élevé de feu de brousse, le programme d'entretien du couloir de passage doit être parfaitement identifié et son exécution garantie.

8.3.8. Accessoires haut de poteaux

864 Tous les accessoires utilisés pour les assemblages de haut de poteau doivent être homologués suivant les normes en vigueur.

- 865 Les conducteurs de distribution BT isolés en faisceau tendu doivent être fixés sur le poteau à l'aide de l'un des ensembles suivants :
- 866 ■ Ensemble de suspension ;
- 867 ■ Ensemble d'ancrage simple ;
- 868 ■ Ensemble d'ancrage double.
- 869 Chaque chaîne de suspension ou d'ancrage doit faire l'objet d'un schéma et d'une nomenclature exhaustive de tous ses éléments, chaque élément étant identifié par son fabricant, son modèle et son numéro de référence. Sont en particulier concernés :
- 870 ■ Les armements d'alignement ou d'ancrage ;
- 871 ■ Les isolateurs à broches, rigides ou suspendus ;
- 872 ■ Les éclateurs ;
- 873 ■ Les étriers ;
- 874 ■ Les pinces d'ancrage ou de suspension ;
- 875 ■ Les manchons à comprimer ;
- 876 ■ Les chaînes d'isolateur ;
- 877 ■ Les rotules et ball rocket ;
- 878 ■ Les plateformes de montage de transformateur sur poteau ;
- 879 ■ Les supports d'interrupteurs aériens.
- 880 L'utilisation des isolateurs suspendus à capot et tige en verre trempé ou en matériaux composites est admise.

8.4. Procédures et tests à suivre

881

Les procédures et tests à mettre en œuvre avant et pendant l'installation et l'opération des différentes technologies mentionnées dans les chapitres 2, 3, 4, 5 et 6 ci-dessus seront définis.

Tableau 11 : Aperçu des tests nécessaires avant la mise en service proprement dite

Installation intérieure	Réseau de BT	Centrale solaire / SPF	Générateur à combustion	Extension réseau MT
Fonctionnement des lampes et des appareils électriques déjà présents sur place	Sécurité de l'installation électrique selon la norme CEI 60364-6			Procédures et documentation de tests de la SENELEC
Conseils et formation à la sécurité du client	Mesure de l'impédance de boucle, de la résistance d'isolement et de la résistance de terre	Fonctionnement et sécurité du système PV selon la norme CEI 62446	Test de fonctionnement et essai de fonctionnement pendant une heure en charge	
Conseils obligatoires au client en matière d'économies d'énergie et de protection de l'environnement	Procédures et documentation de tests de la SENELEC	Protocole de mise en service du fabricant		
Test supplémentaire pour le déclenchement rapide du disjoncteur de surintensité par un court-circuit simulé chez chaque client				

8.5. Maintenance et dépannage

882 Les procédures de maintenance sur les technologies de production et de distribution d'énergie doivent obligatoirement être prévu et précisément décrites en spécifiant toute techniques d'intervention requise pour les systèmes et leurs composants.

Tableau 12 : Maintenance et dépannage

Paramètres	Production Photovoltaïque	Générateur à combustion	Extension réseau MT	Réseau BT
Programme de maintenance préventive	Consignes d'entretien périodique : nettoyage module(s), vérification électrolyte, entretien cosses batterie, etc.	Localement chaque 250 heures (ou moins de 500 heures) : le nettoyage, la vidange et le remplacement filtres. Personnel technique qualifié (typiquement 1500, 3000 et 5000 heures) : tarage injecteurs, échange soupapes, segments, coussinets de bielle, révisions générales, etc.	Entretien isolateurs, dégagement du couloir de passage, inspection des poteaux, tests des protections, mesures de mise en terre.	Entretien des transformateurs, inspection des poteaux, test des protection, vérification des compteurs, limiteurs de puissance, etc.
Procédures de dépannage	Consignes en cas de panne : vérifications de premier niveau, modalités d'alerte, etc.	Modalités d'alerte de pannes. Délais d'intervention et de remise en service Solution de remplacement éventuellement prévue en cas d'immobilisation prolongée du GE (ex : GE mobile de remplacement, etc.		
Formation des opérateurs locaux	Les actions de formation initiales, avant mise en service : contenu de la formation, lieu de la formation, profil du personnel d'encadrement, etc. Les actions de supervision et d'appui périodique, après mise en service : fréquence des visites sur le terrain, contenu des actions d'appui, etc. L'introduction d'un registre journalier dans chaque centrale qui mentionne l'historique de l'exploitation : date et actions de maintenance équipements, incidents, relevés etc. Une importance particulière doit être donnée à la formation des opérateurs locaux et à l'information des abonnés à la connaissance et l'application pratique des règles de sécurité.			
Moyens et service après-vente	Point-relais téléphonique pour entrer en contact avec le fournisseur ou l'opérateur des SPF et mini-réseaux PV. Vente de produits et consommables dont la diffusion n'est pas assurée par les canaux commerciaux traditionnels : lampes, fusibles, eau distillée, convertisseurs DC/DC, etc. Point de dépôt d'appareils en panne à réparer (à défaut de réparation sur place).	Effectif et qualification du personnel, outillage et matériel de mesure, logistique de transport (véhicules, camions), logistique de communication (radio, téléphone), et infrastructures (ateliers, bureaux).		

883 Dans le cadre des SPF, la notice d'utilisation a une valeur contractuelle ; elle doit être facile de compréhension par le grand public, rédigée en français et en langue vernaculaire (le choix de la langue étant fonction du

contexte local), et abondamment pourvue en illustrations. Elle ne dépasse pas l'équivalent de 2 pages A4 recto-verso.

- 884 Chaque utilisateur doit recevoir une formation de base sur l'utilisation du SPF au moment de son installation s'appuyant sur une lecture attentive et commentée de la notice d'utilisation.
- 885 Tout SPF doit être livré avec au minimum de 2 litres d'eau distillée pour batterie de plomb acide ouverte en bouteilles scellées et 5 fusibles pour régulateur de charge.

8.6. Garanties

- 886 Les garanties des équipements utilisés pour la production, le transport et l'alimentation en énergie de chaque technologie est mentionnée ci-dessous.
- 887 Les fournisseurs des différents composants doivent s'engager à appliquer les garanties, avant la fin de la période de ces dites garanties.

Tableau 13 : Garanties

Paramètres/Technologies	Production photovoltaïque	Générateur à combustion	Extension réseau MT & réseau BT
Garanties décennales	Les travaux de construction d'antennes MT et réseaux BT d'un montant dépassant 100 millions FCFA doivent être couverts par une garantie décennale.		
Durée	Modules PV : 10 ans ; Régulateur de charge : 2 ans ; Batteries : 1 an ; Autres composants : 1 an. Des options d'extension de garanties doivent être proposées par les fournisseurs, avec leurs tarifs et conditions d'application : Modules PV : 20 ans ; Régulateur de charge : 5 ans ; Batteries : 2 ans ; Autres composants : 2 ans.	De deux ans pour les groupes électrogènes et leurs armoires de commande D'un an pour les autres équipements et ouvrages	-
Mise à disposition d'un stock de pièces de recharge		Dans les bordereaux quantitatifs d'équipement à livrer par le fournisseur, il doit être inclus un minimum de stock en pièce de recharge (filtre, pompe, culasse, onduleur, disjoncteur...), notamment s'il s'agit d'une technologie nouvelle.	-
Application des garanties	Les modules PV présentent des défauts tels que stipulés aux termes des tests de qualification exécutés conformément à la norme CEI-61215 ou CEI-61646 ; Les modules PV présentent une dégradation de puissance-crête de plus de 10% par rapport à la puissance nominale. Les essais éventuellement nécessaires		

	seront réalisés en laboratoire agréé		
	Les modalités d'application de la garantie doivent être clairement décrites par les entreprises et fournisseurs, notamment pour ce qui concerne la prise en charge des frais de déplacement et de main d'œuvre durant la période de garantie		
Disponibilité	<p>Le Tableau 1 définit une disponibilité quotidienne moyenne calculée sur une période de 3 mois (90 jours). Par exemple, pour 23 heures par jour, cela signifie que la durée maximale d'indisponibilité cumulée sur une période de 3 mois ne doit pas dépasser 90 heures (3,75 jours). L'exploitant doit donc avoir réparé les dommages sur le réseau au plus tard le troisième jour, garantir la panne de la centrale solaire par la mise à disposition d'un groupe électrogène et d'une quantité suffisante de carburant, même pendant cette période, et ce de manière temporaire jusqu'à la réparation.</p> <p>Dans le SPF, la réparation ou le remplacement doit également être effectué en fonction de la disponibilité quotidienne requise, mais au plus tard après 5 jours.</p>		

8.7. Formulaire d'enregistrement d'un projet

888 Cette annexe définit les exigences minimales d'une documentation qui doit être représentée par un formulaire correspondant de l'ASER.

889 ASER se réserve le droit de vérifier l'exactitude de ces informations.

890 Le demandeur doit en outre déclarer et signer ce qui suit :

- 891 ■ Cet enregistrement est considéré comme incomplète si tous les documents requis ne sont pas soumis.
- 892 ■ Je certifie par la présente que je [NOM], _____ ai mis en service un système mini-réseau, en date du [DATE] _____, d'une puissance distribuée supérieure ou égale à 75% de la puissance totale prévue du mini-réseau _____ conformément aux réglementations de l'ASER.
- 893 ■ Dans le cas où la puissance installée serait inférieure à la puissance totale prévue, le promoteur s'engage à augmenter la capacité du système jusqu'à l'installation complète de la capacité initiale prévue du système

894 Le formulaire doit contenir au minimum les informations suivantes :

- 895 ■ Nom du gestionnaire
- 896 ■ Adresse et coordonnées du gestionnaire : Adresse physique / Téléphone / Email
- 897 ■ Titre du projet
- 898 ■ Statut juridique du gestionnaire
- 899 ■ Emplacement du projet : Coordonnées GPS (en degrés minutes secondes) / Carte de localisation (joindre) / Nom de Village, région, ... / Adresse municipale / Nombre d'habitants / Coordonnées GPS / Cadre hydrologique (plans d'eau à proximité)
- 900 ■ Joindre une carte indiquant l'emplacement du site du projet
- 901 ■ Description et objectifs du projet
- 902 ■ Type de projet solaire proposé et taille du réseau de distribution (uniquement pour mini-réseaux) : Type de projet / Puissance PV installée [kWc] / Puissance de stockage installée [kWh] / Puissance installée des onduleurs [kVA] / Puissance installée d'un générateur à moteur [kW] / Capacité de l'accumulateur pour une charge de 10h (C10) [Ah] ou [Wh] / Longueur du réseau électrique [km] / Longueur de la ligne moyenne tension, le cas échéant [km] / Longueur de ligne basse tension [km]
- 903 ■ Joindre les diagrammes de ligne unique des principaux composants
- 904 ■ Description du concept technique du projet
- 905 ■ Installation système PV : Joindre une description de la capacité initiale installée et de la mesure à suivre pour une augmentation de système comparable à une augmentation de demande

906 Demande quotidienne d'énergie du / des projet(s) est calculé suivant l'équation ci-dessus :

$$Puissance maximale [W] = \sum_{NDS P3}^{NDS O} Nombre de clients \times Puissance moyenne [W] \dots \dots (1)$$

$$Demande quotidienne d'énergie [Wh] = \sum_{NDS P3}^{NDS O} Nombre de clients \times Consommation moyenne [Wh] \dots \dots (2)$$

NDS	Nombre de clients	Puissance moyenne [W]	Puissance Maximale [W]	Consommation moyenne quotidienne [kWh]	Demande quotidienne d'énergie [kWh]
0			(1)		(2)
1			(1)		(2)
2			(1)		(2)
3			(1)		(2)
4			(1)		(2)
P1			(1)		(2)

P2		(1)		(2)
P3		(1)		(2)
EP		(1)		(2)
Total		(1)		(2)

8.8. Formulaire d'enregistrement d'un gestionnaire

- 907 Cette annexe définit les exigences minimales d'une documentation qui doit être représentée par un formulaire correspondant de l'ASER.
- 908 ASER se réserve le droit de vérifier l'exactitude de ces informations.
- 909 Cet enregistrement est considéré comme incomplète si tous les documents requis ne sont pas soumis.
- 910 Le formulaire doit contenir au minimum les informations suivantes :
- 911 ■ Veuillez sélectionner la personne en charge du projet : Nom du concessionnaire / Nom du promoteur / Nom du gestionnaire
 - 912 ■ Adresse et coordonnées du demandeur : Adresse physique / Téléphone / Email / Adresse postal / Téléphone mobile / Adresse du site internet / Nom de la personne à contacter / Téléphone mobile de la personne à contacter / Email de la personne à contacter
 - 913 ■ Statut juridique du demandeur : Entreprise individuelle / Partenariat / Société anonyme / Société privée à responsabilité limitée / Société coopérative / Société fiduciaire / Autre (veuillez spécifier)
 - 914 ■ Joindre le certificat d'enregistrement, le certificat d'incorporation, l'acte constitutif et les statuts, l'acte de partenariat, l'acte de fiducie, le cas échéant
 - 915 ■ Description de l'activité principale du demandeur
 - 916 ■ Date de mise en activité
 - 917 ■ Preuve d'éligibilité financière (Joindre les certificats bancaires et tout autre preuve d'éligibilité financière)
 - 918 ■ Nature de la demande : Indiquer s'il s'agit d'une nouvelle demande ou d'un renouvellement / Permis/licences/contrats tripartites existants.
 - 919 ■ Le demandeur dispose-t-il d'un permis ou d'une licence et/ou d'un contrat tripartite délivré par la Commission pour d'autres systèmes ?
 - 920 ■ Dans l'affirmative, indiquer la nature du permis/de la licence/du contrat tripartite, la date de délivrance et le numéro du permis/de la licence/du contrat tripartite.
 - 921 ■ Refus, suspension ou annulation du permis/de la licence/du contrat tripartite.
 - 922 ■ Le demandeur s'est-il déjà vu refuser un permis/une licence/un contrat tripartite ou a-t-il vu son permis/son permis/son contrat tripartite suspendu et/ou annulé par la Commission ?
 - 923 ■ Dans l'affirmative, donnez des précisions sur le refus, la suspension et/ou l'annulation.