



**ROYAUME DU MAROC**

**Centre de Développement des Energies Renouvelables**



**Electrification Rurale Décentralisée par mini-réseau**

**Par Mr. E. DAHBANI SMCH/CDER**

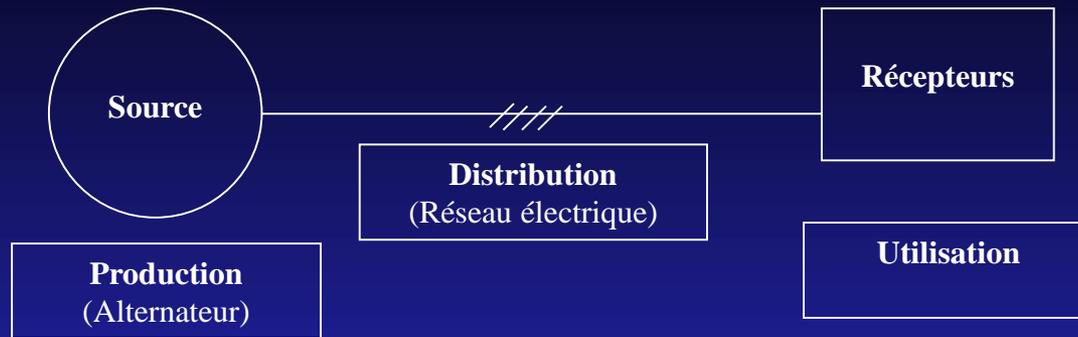


# Plan

- Configuration des mini-réseaux
- Composants mécaniques et électriques du mini-réseau
- Système de production (GE, MCH, ...)
- Réseau de distribution électrique
- Protection des mini-réseaux :
- Réception et mise en service (GE).



# Configuration des mini-réseaux



- **Le mini-réseau se décompose en trois parties :**

- Le système de production (Micro-Centrale Hydraulique, Moteurs + Alternateur, Aérogénérateur, Centrale PV, ...)

- Le réseau de distribution, composé d'éléments de l'ouvrage (supports, pinces d'alignement et d'arrêt, haubans), le transit de la puissance (conducteurs aériens nus ou pré-assemblés, conducteurs souterrains, ...) et la protection contre les différents défauts (disjoncteurs, fusible, mise à la terre, ....).

- Le point de livraison chez l'utilisateur : généralement constitué par un panneau sur lequel sont placés des fusibles de protection, un compteur d'énergie, un disjoncteur différentiel et une mise à la terre des masses de l'installation.

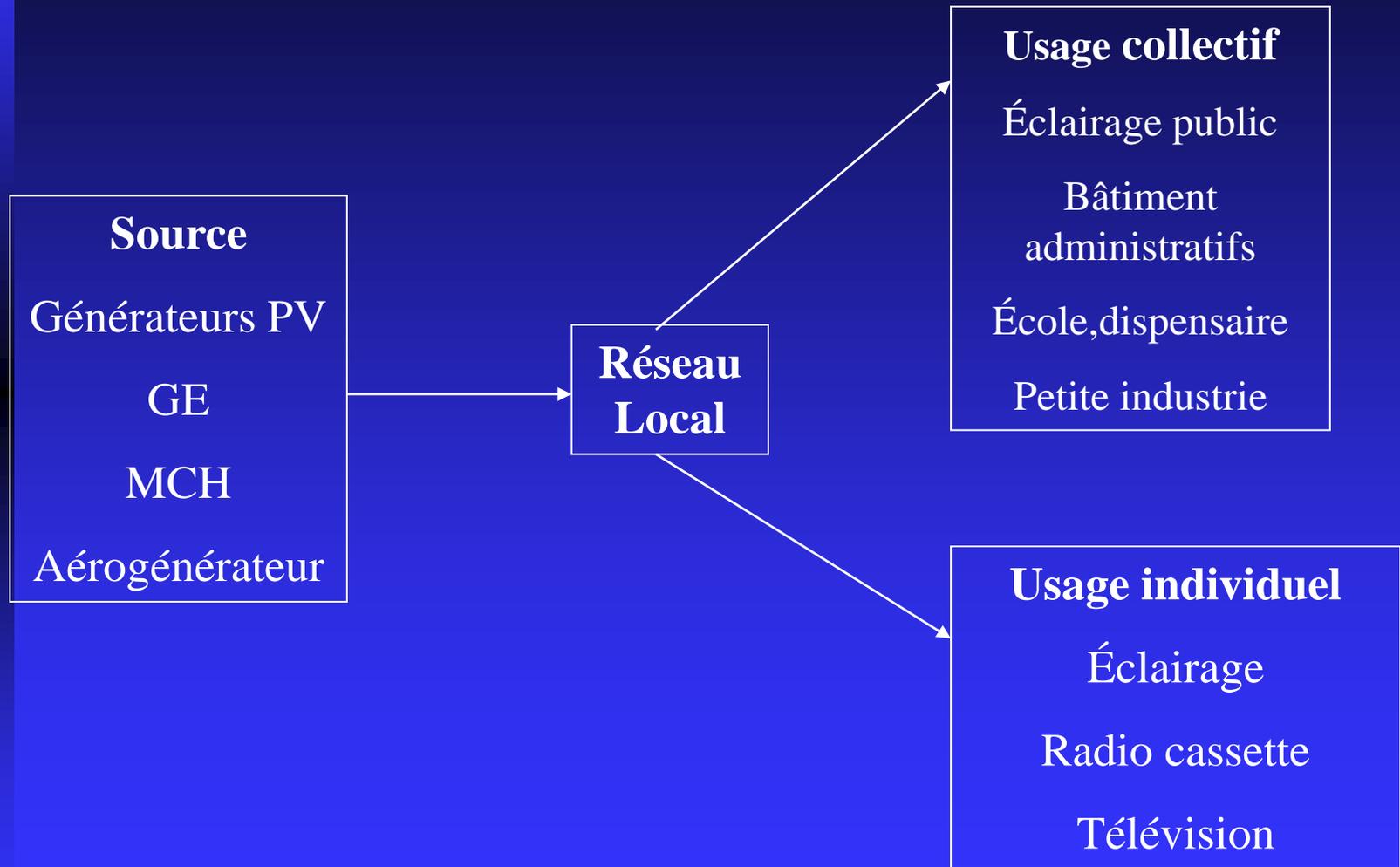


# Composants mécaniques et électriques du mini-réseau

- **Les composants, leurs caractéristiques et leurs fonctions :**
  - le générateur
  - les conducteurs
  - les protections
- **Pour alimenter un mini-réseau réseau électrique, il faut assurer une source d'énergie autonome dont on peut citer :**
  - Le Groupe Électrogène
  - L'Aérogénérateur
  - Le Générateur PV
  - La Micro centrale hydraulique.



# CONFIGURATION GENERALE D'UN MINI-RÉSEAU ELECTRIQUE





# Systeme de production

## • Groupe électrogène

Composé d'un alternateur triphasé ou monophasé entraîné par un moteur thermique (Essence ou Diesel) produisant une tension de fréquence 50 Hz, le groupe électrogène possède une résistance interne assez élevée.

- La consommation peut être estimée entre 0,2 et 0,3 l /KVA/heure
- Tout élément d'un circuit électrique doit supporter les différents états de ce circuit surtout pour les conducteurs du réseau. Le choix de la section est déterminé par :
  - L'intensité permanente sur la ligne ;
  - La chute de tension ;
  - Tenue au courant de court-circuit.

La chute de tension est la différence entre les tensions mesurées aux extrémités du réseau et la tension à l'entrée du récepteur. Un fonctionnement correct des récepteurs alimentés en fixant des conditions de chute de tension acceptable lors de l'étude, permet de garantir une tension acceptable pour chaque foyer lors des heures de fonctionnement du groupe.



# Systeme de production

## • Groupe électrogène

### caractéristiques techniques

- Puissance du moteur (en CV) ;
- Puissance de l'alternateur (en KVA) ;
- Tension assignée (V) ;
- Mode de refroidissement ;
- Réactance transitoire directe comprise entre 20 et 30% ;
- Fonctionnement temporaire plus rarement permanent (5 à 6 heures/jour);
- Monophasé ou triphasé, 220 V ou 400V ;
- Neutre sortie et distribué.



# Systeme de production

- **Groupe électrogène**

## Entretien du groupe électrogène

- Aspect visuel et bon état apparent (faite oxydation, ...)
- Niveau (huile, eau, carburant)
- État des filtres
- Tension des courroies
- Périodicité des vidanges
- Avoir à disposition un filtre à air, huile, carburant et un jeu de bougies.



# Micro-Centrale Hydraulique (MCH)

## ✓ Définition:

Une MCH est une installation de production d'énergie électrique de faible puissance (3 à 500 kW) à partir de l'énergie mécanique récupérée d'une chute d'eau.

## ✓ Service assurée par les MCH:

- L'éclairage et l'audio-visuel des ménages et de toute l'infrastructure
- L'alimentation en électricité des petites unités artisanales ou industrielles (moulin, huilerie scierie ...)
- L'alimentation d'un réseau interconnecté à d'autres centrales similaires



# Composition d'une installation MCH

- **Composante génie civil :**

- un ouvrage de prise d'eau adaptée à la nature du terrain
- un canal d'amenée en béton, un bassin de mise en charge et une conduite forcée en acier munie d'une grille qui retient les corps solides

- **Composante électro-mécanique:**

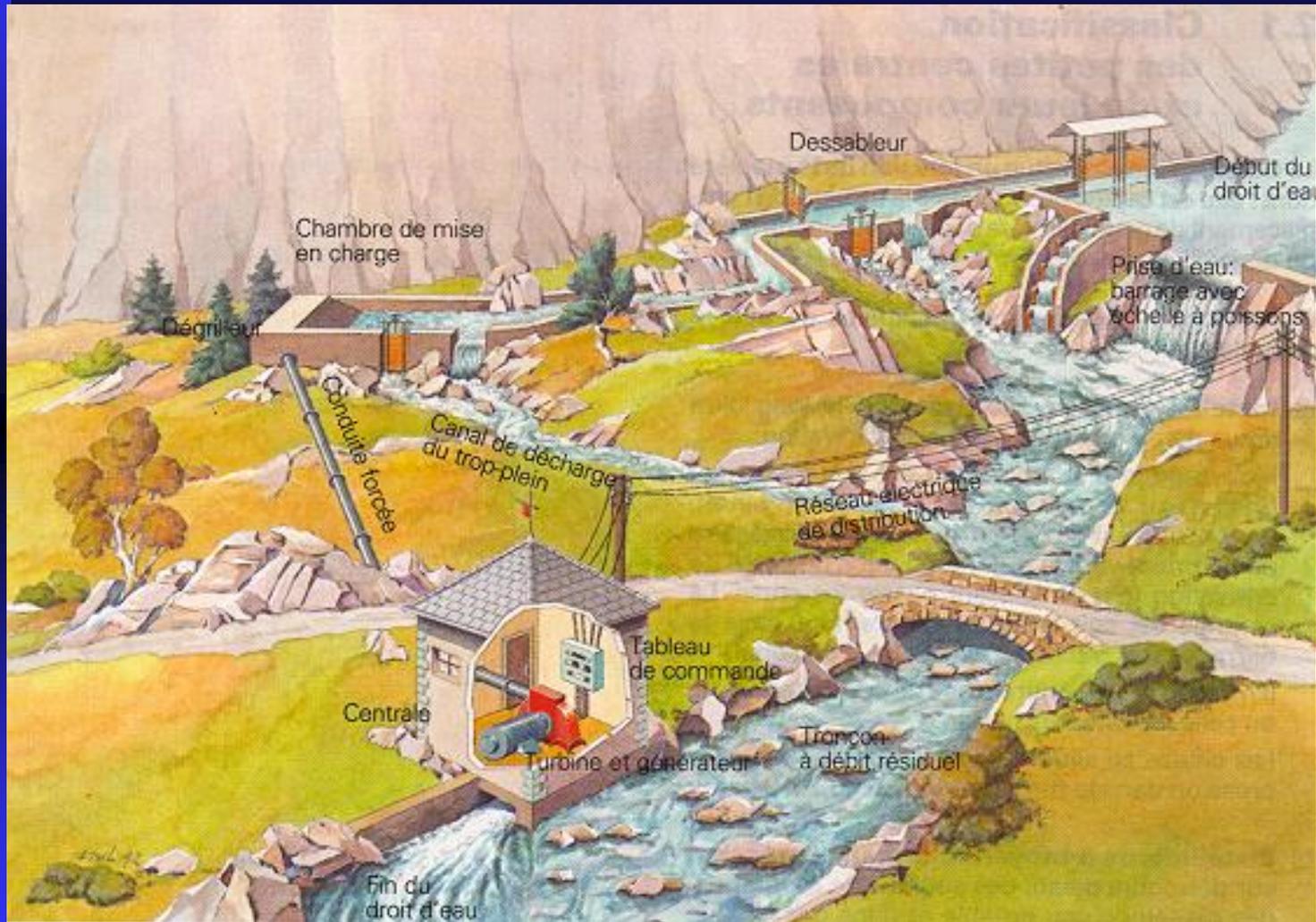
- une turbine transformant en énergie mécanique l'énergie hydraulique
- un générateur produisant l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique de la turbine;
- un système de régulation, contrôle et sécurité.

- **Composante électrique :**

- ligne de transport et réseau de distribution électriques.



# Composition d'une installation MCH





# Données de base nécessaires au dimensionnement d'une MCH

- **Généralement, l'étude de faisabilité est composée de:**
  - L'étude hydrologique qui identifie l'évolution de l'écoulement d'eau pendant un cycle d'une année ainsi sa pérennité au fil des années ;
  - L'étude géologique qui étudie la stabilité de terrain du site et analyse la possibilité de la réalisation d'une installation MCH sans crainte ;
  - L'étude topographique qui détermine le tracé des ouvrages, l'emplacement de la machine MCH et la hauteur de chute;
  - L'étude socio-économique qui détermine le besoin énergétique exprimé par la population, la durée de fonctionnement de l'installation suivant le régime d'irrigation mis en œuvre et le niveau d'implication de la population dans le projet;
  - Le dimensionnement, calcul et conception des ouvrages et élaboration des plans de réalisation.



# Réseau de distribution électrique

- Le réseau électrique est composé de :
  - La ligne de transport électrique
  - La ligne de distribution.
  - Un transformateur de tension peut être une partie composante de la ligne de transport si la distance qui sépare le lieu de la production électrique et les consommateurs, est importante (4 KM).
  - Le facteur de puissance dans le réseau ne doit pas être moins que 0,85 et la section du câble doit être suffisante pour ne pas enregistrer des pertes de tension.
  - L'éclairage public fait aussi partie de la configuration du réseau électrique.



# Réseau de distribution électrique

## • Transformateurs et poste de départ

Les sources d'énergie sont souvent éloignées des grands centres de consommation et l'énergie doit y être transportée à longues distances. Afin de le faire le plus économiquement possible, il faut donc augmenter la tension pour les fins de transmission. Des transformateurs de puissance sont utilisés pour élever le niveau de tension selon les besoins.

## • Points de consommations

Le service électrique d'un générateur consiste essentiellement en l'éclairage et l'audio visuel des ménages ruraux, de toute l'infrastructure du village (école, dispensaire, mosquée, boutique, école coranique..) et l'éclairage public. Éventuellement, la desserte en électricité des petites unités artisanales ou industrielles.

Deux types de départ seront prévus :

- Départ vers les lignes 400 Vca

- Départ vers les chargeurs et l'éclairage de la maison d'électricité en 230 Vca.



# Réseau de distribution électrique

- **Dimensionnement du réseau électrique**

le dimensionnement du réseau électrique se base sur l'étude topographique:

- Le tracé de la ligne de transport et de la ligne de distribution
- détermination de la longueur du câble électrique.

- **Calcul de la section des conducteurs :**

La section technique d'un câble est celle qui permet un fonctionnement satisfaisant de ce dernier sous les trois conditions :

- Section imposée par l'échauffement admissible en régime normal ( $S_n$ ) ;
- Section imposée par l'échauffement admissible en court-circuit ( $S_{cc}$ ) ;
- Section imposée par la chute de tension admissible dans le câble ( $S_{\Delta U}$ ).

La section adoptée sera la section normalisée immédiatement supérieure à la plus grande de ces trois sections. Cette section est appelée section technique du câble.



# Réseau de distribution électrique

- Calcul de la section imposée par l'échauffement en régime normal pour un câble BT

Calculons

$$I_f = I_b / K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = I_b / K$$

- $I_b$  : l'intensité de service réel que le câble doit supporter en régime permanent.
- $I_f$  : l'intensité fictive

Les coefficients de réduction des intensités admissibles sont :

- $K_1$  : facteur de correction de température ;
- $K_2$  : facteur de correction de proximité ;
- $K_3$  : facteur de correction de la nature du sol.

Et le facteur  $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ , (K donné par des tableaux)

On doit choisir dans les tableaux du constructeur, le câble présentant une intensité admissible maximale :  $I_a \geq I_f$



# Réseau de distribution électrique

## • Calcul de la section imposée par l'échauffement en court-circuit pour un câble BT

La connaissance de l'intensité maximale de court-circuit est nécessaire pour définir la section des conducteurs, l'intensité  $I_{cc}$  dépend de la nature du court-circuit, qui peut se produire : entre phase et la terre, entre deux phases, entre les trois phases.

Donc  $S_{cc} \geq I_{cc} \cdot \sqrt{t/K_c}$

Avec

- $I_{cc} = U_0 / \sqrt{3} \cdot Z_a$
- $t$  est le temps de durée du court-circuit ou temps de fonctionnement de la protection qui est inférieure à 5s ;
- $K_c$  : constante donnée.



# Réseau de distribution électrique

- **Calcul de la section imposée par la chute de tension pour un câble BT:**

La chute de tension est la différence entre les tensions mesurables à ses extrémités au départ coté source ou réseau et à l'arrivée coté utilisation.

La tension à l'arrivée conditionne la bonne marche des récepteurs alimentés par le réseau.

Il faut fixer les pertes de charges admissibles ( $\Delta U$ ) au bout de la ligne électrique dont la section est déterminée par :

$$S = R.L.I.\sqrt{3}/(1000.e)$$

Avec S : section du câble (ou tronçon) électrique (en mm<sup>2</sup>)

R : résistivité du câble (en mm<sup>2</sup>/km)

L : longueur de la ligne ( en m)

I : intensité de courant dans la ligne (en A)

e : Chute de tension admissible en bout de la ligne électrique ( en V).

La chute de tension admissible ne peut pas dépasser 10% de la tension à la sortie de la génératrice.



# Réseau de distribution électrique

Les supports pour la distribution électrique :

## Implantation

- Métalliques, Béton armé ou en bois,
- Hauteur totale disponible : 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 mètres,
- Effort à 0,25 m : 140, 190, 255, 325 daN.
- Soumis à la déformation permanente : 45, 65, 85, 110 daN
- Effort généré par les branchements : 40daN pour un branchement 4 fils, 25daN pour un branchement 2 fils ;
- Implantation :  $H/10 + 0,5m$  ;
- Éléments d'arrêt de ligne (Hauban).

## Éléments de suspension et d'ancrage.

- Bonne tenue par coincement du conducteur
- Ne pas blesser les conducteurs
- Protégés contre la corrosion et les intempéries



# Réseau de distribution électrique

- **Les protections**

- Disjoncteur tripolaire
- Les mises à la terre du réseau : ~ tous les 200 mètres.

- **Le branchement**

- Composé d'un panneau équipé de fusibles, d'un compteur d'énergie et d'un disjoncteur différentiel 500 mA raccordés au réseau de distribution à l'aide de conducteurs en cuivre isolé aériens ou souterrain de section  $2 \times 2 \text{ mm}^2$  ou  $2 \times 2.25 \text{ mm}^2$  ou éventuellement par des câbles constitués de 4 conducteurs pour les alimentations triphasés.
- Une mise à la terre est réalisée au niveau de chaque branchement.



# Réseau de distribution électrique

## • Protection des mini-réseaux :

Dans un réseau malgré toutes les précautions prises, un certain nombre d'incidents restent inévitables :

- Surcharges, Surtensions.;
- Défauts d'isolement triphasé, biphasé, monophasé ;
- Fausses manœuvres ;
- Rupture d'une phase ;

Le rôle de la protection est de limiter les conséquences de ces incidents :

- Assurer la protection des personnes contre tout danger électrique ;
- De limiter les effets thermiques, mécaniques et diélectriques sur les matériels ;
- De préserver la stabilité du mini-réseau par élimination rapide de la partie défectueuse.



# Réseau de distribution électrique

- **Appareillage électrique**

- **Sectionneurs :**

Un sectionneur est un appareil de coupure à vide d'un circuit ou lorsque le courant qui le parcourt est très faible. Par exemple, un sectionneur peut couper le courant absorbé à vide par un transformateur de faible puissance ou une ligne de faible longueur. Le sectionneur sert à isoler entre différentes parties d'une installation lors d'entretien ou de maintenance.

- **Interrupteurs :**

L'interrupteur est un appareil capable d'établir, de supporter et de couper des courants de service. L'appareil peut être prévu pour établir, mais pas pour couper, des courants anormalement élevés, tels que les courants de court-circuit. Commandé à la maison ou par un relais, l'interrupteur a un pouvoir de coupure correspondant au courant nominal assigné de la machine ou de l'appareil qu'il relie au réseau. Il faut prévoir un verrouillage empêchant l'ouverture de l'interrupteur si le courant qui le traverse dépasse son pouvoir de coupure.



# Réseau de distribution électrique

- **Appareillage électrique**

- **Coupe-circuit à fusibles :**

C'est essentiellement un appareil de protection dont la fonction est d'ouvrir une partie du circuit, par fusion d'un ou plusieurs fusibles, lorsque le courant dépasse une valeur donnée pendant un temps déterminé. Les normes définissent en fonction de l'usage.

Les coupe-circuits à fusibles se différencient essentiellement par les tensions d'utilisation, les tailles et les pouvoirs de coupure. -

- **Disjoncteurs :**

Le disjoncteur est un appareil capable de couper tous les courants pouvant apparaître dans un circuit : courants de charge normaux, courants de surcharge et courant de défaut. Il réalise donc les fonctions commande et élimination de défauts. Moins endurants que les contacteurs surtout du point de vue mécanique, on ne les utilise que pour des applications ne demandant pas de manœuvres trop fréquentes : l'endurance mécanique imposée par les normes pour les disjoncteurs ne dépasse pas 20.000 cycles (fermeture - ouverture).



# Réseau de distribution électrique

- Appareillage électrique

Le tableau suivant regroupe les fonctions des appareils de base :

Appareils de base	Isolement	Commande	Élimination de défaut	Surveillance
Sectionneurs	*			
Interrup-teur s		*		
Contacteurs		*		
Disjoncteurs		*	*	
Fusibles			*	*



## Réception et mise en service (GE).

- Avant de commencer les essais s'assurer que tous les disjoncteurs de départ vers les différentes stations de recharge sont ouverts.
- Vérifier que les câbles reliés au tableau électrique principale sont connectés et repérés en conformité avec les plans correspondants et que les bonnes de raccordement sont correctement serrées.
- Les essais et la mise en service du groupe électrogène sont effectués conformément à la fiche spécifique jointe.



# Réception et mise en service (GE).

Les essais de vérification sont les suivants :

- **Vérifications préliminaires** : Démarrage, Puissance, Vibration, Fuites, ...
- **Tableau de distribution** : Conformité du câblage, Conformité aux plans de l'appareillage, Serrages des bornes, Continuité des masses à la terre, Contrôle d'isolement.
- **Lignes basse tension 220 Vca**:

Suivre la totalité de la ligne et procéder au contrôle visuel des points suivants :

- Contrôle du serrage correct des raccords ;
- Contrôle du montage correct des armements ;
- Contrôle de la flèche par rapport au plan de pose avant de mettre la ligne sous tension, procéder au contrôle du bon isolement de la ligne.



# Réception et mise en service (GE).

- **Critères de réserve** : Mauvais montage des armements, Flèche ne correspondant pas au plan de pose.
- **Critères de refus** : Raccords mal serrés; Mauvais isolement.
- **Coffrets abonnés** : Contrôler la conformité du câblage avec les plans de fabrication et vérification le bon serrage de la totalité des bornes du coffret.
- **Contrôle de l'isolement** : Contrôler l'isolement correct du coffret par rapport à la masse du coffret.
- **Contrôle présence de tension sur les bornes de départ** : vérifier que la tension est présente sur les bornes de départ.
- **Tableau de distribution** : Vérification du tableau de commande, Branchements, Signalisations.
- **Lignes** : Contrôle du serrage correct des records, Contrôle du serrage correct des armements, Contrôle visuel de la flèche, Isolement de la ligne.



# Projet MORENA

- ☞ **Nom du Projet** : Électrification par système hybride éolien/ solaire/ diesel
- ☞ **Partenaires du Projet** : CDER, ITC (îles Canaries), Province d'Essaouira
- ☞ **Services Assurés**
  - ☞ Alimentation en électricité par un système hybride éolien/solaire/diesel du village Ouassen (mini-réseau basse tension).
  - ☞ L'éclairage de toute l'infrastructure du village (boutiques, école, mosquée, dispensaire, ...)
- ☞ **Situation géographique** : Province d'Essaouira, Village Ouassen
  - Accès : 27 km goudron de la ville d'Essaouira
- ☞ **Situation démographique** : Nombre de foyers : 25
- ☞ **Vitesse moyenne du vent** : 9.79 m/s à 40m du sol (moyenne 98-99)



# Projet MORENA

## ☞ Spécifications techniques

- Aérogénérateur de 1,5kW/24V
- Groupe électrogène de 6KVA/220V-50Hz
- 8 panneaux PV 600Wc (8\*75Wc)
- Onduleur d'une puissance nominale de 2400W-24V<sub>cc</sub>/220VAC-50Hz

☞ **Investissement** : 303.032,00 Dhs

## ☞ **Financement :**

- ITC : unité MORENA;
- Province d'Essaouira : Coordination du projet;
- CDER: Étude technique, installation électrique, suivi et évaluation
- Municipalité : Entretien et maintenance.

☞ **Mise en service** : Février 2000.



# Projet Sidi Kaouki

- ☞ **Nom du Projet** : Électrification par système hybride éolien/ diesel
- ☞ **Partenaires du Projet** : DER/ONE, FONDEM, CDER, Province d'Essaouira, CR.
- ☞ **Services Assurés**
  - ☞ Alimentation en électricité par un système hybride éolien/diesel (mini-réseau basse tension, 2500m ) du village Sidi Kaouki.
  - ☞ L'éclairage de toute l'infrastructure du village (boutiques, école, mosquée, dispensaire, ...)
- ☞ **Situation géographique** : Province d'Essaouira Village Sidi Kaéouki
  - Accès : 25 km goudron de la ville d'Essaouira
- ☞ **Situation démographique** : Nombre de foyers : 50
- ☞ **Vitesse moyenne du vent** : 9 m/s à 40m du sol (moyenne 98-99)



# Projet Sidi Kaouki

## ☞ **Spécifications techniques**

- 2 Aérogénérateurs de 25KVA
- Groupe électrogène de 72 kW-50Hz
- Batteries stationnaires 120 éléments de 2V, 1290 AH;
- Onduleur d'une puissance nominale de 20kW/400V-50Hz

☞ **Investissement** : 2.270.000,00 Dhs

## ☞ **Financement :**

- Fondation Coop 92 (France) : financement des aérogénérateurs;
- DER (ONE) : Réalisation du mini-réseau et fourniture du GE;
- Province d'Essaouira : Réalisation des travaux de génie civil ;
- CDER: Étude technique, suivi et évaluation

☞ **Mise en service** : Octobre 2000.



# Projet My Bouzerktoune

- ☞ **Nom du Projet** : Électrification par système hybride éolien/ diesel
- ☞ **Partenaires du Projet** : DER/ONE, FONDEM, CDER, Province d'Essaouira, CR.
- ☞ **Services Assurés**
  - ☞ Alimentation en électricité par un système hybride éolien/diesel (mini-réseau basse tension, 2800m ) du village Sidi Kaouki.
  - ☞ L'éclairage de toute l'infrastructure du village (boutiques, école, mosquée, dispensaire, ...)
- ☞ **Situation géographique** : Province d'Essaouira Village My Bouzrktoune
  - Accès : 27 km goudron de la ville d'Essaouira
- ☞ **Situation démographique** : Nombre de foyers : 65
- ☞ **Vitesse moyenne du vent** : 6.29 m/s à 10m du sol (moyenne 98-99)



# Projet My Bouzerktoune

## ☞ Spécifications techniques

- Aérogénérateur de 15KW
- Groupe électrogène de 25 KVA-50Hz
- Batteries stationnaires 120 éléments de 2V, 1320 AH;
- Onduleur d'une puissance nominale de 15KVA-380V/220VAC-50Hz

☞ **Investissement** : 1.830.000,00 Dhs

## ☞ **Financement :**

- FONDEM (France) : financement des aérogénérateurs;
- DER (ONE) : Réalisation du mini-réseau et fourniture du GE;
- Province d'Essaouira : Réalisation des travaux de génie civil ;
- CDER: Étude technique, suivi et évaluation

☞ **Mise en service** : Octobre 2000.



# Projet Lemdint

- ☞ **Nom du Projet** : Électrification par système hybride éolien/ diesel
- ☞ **Partenaires du Projet** : FONDEM, CDER, Association des bénéficiaires, Province Taroudant, CR.
- ☞ **Services Assurés**
  - ☞ Alimentation en électricité par un système hybride éolien/diesel (mini-réseau basse tension, 1600m ) du village Lemdint.
  - ☞ L'éclairage de toute l'infrastructure du village (boutiques, école, mosquée, éclairage public...)
- ☞ **Situation géographique** : Province de Taroudant, CR Agadir Melloul, Lemdint
  - Accès : 40 km piste carrossable (zone montagneuse)
- ☞ **Situation démographique** : Nombre de foyers : 80
- ☞ **Vitesse moyenne du vent** : 9 m/s à 10m du sol (moyenne 2001-2002)



# Projet Lemdint

## ☞ **Spécifications techniques**

- 2 Aérogénérateurs de 2\*20KW
- Groupe électrogène de 30 KVA-50Hz
- Batteries stationnaires 150 éléments de 2V, 900 AH;
- Onduleur d'une puissance nominale de 30KVA-380V/220VAC-50Hz

☞ **Investissement** : 3.529.000,00 Dhs

## ☞ **Financement :**

- FONDEM (France) : financement des aérogénérateurs et accessoires ;
- Association des bénéficiaires : Réalisation du mini-réseau et fourniture du GE;
- CDER: Étude technique, suivi et évaluation

☞ **Mise en service** : Août 2003.



# Projet MCH/Ouinskra

- ☞ **Nom du Projet** : Micro-Centrale Hydraulique de **OUINSKRA**
- ☞ **Cadre du Projet** : Coopération Maroco-Allemande
- ☞ **Services Assurés**
  - ☞ L'éclairage et l'audiovisuel des foyers
  - ☞ L'éclairage et l'audiovisuel des locaux collectifs
  - ☞ L'éclairage de toute l'infrastructure du village (boutiques, hammam, école, mosquée, moulins...)
- ☞ **Situation géographique** : Province du Haouz (Wilaya de Marrakech)
  - Commune rurale Asni, Cercle Asni
  - Nature de terrain : Montagne
  - Accès : Piste carrossable
- ☞ **Situation démographique** : Nombre de foyers : 100



# Projet MCH/Ouinskra

## ☞ Situation socio-économique :

Ecole primaire : 1                      Ecole coranique                      : 2                      Mosquée : 2  
Commerce : 5 boutiques                      Agriculture: céréaliculture & arboriculture élevage  
Dépenses moyennes : 1500 Dhs/mois/foyer

## ☞ Spécifications techniques

Puissance installée                      : 20 kVA                      Débit d'eau : 60 litres/seconde  
Hauteur utile                      : 32 m                      Durée de fonctionnement : 24 heures/jour

☞ Investissement                      : 1.545.000,00 Dhs



# Avantages d'ERD par mini réseau

- Production décentralisée en fonction des besoins
- Technologie mature et fiable
- Impact environnemental positif
- Amélioration des conditions de vie des ruraux
- Développement rural