



MICROGRIDS

Intelligent Energy  Europe

Définition d'un kit pour l'électrification de zones rurales

www.microgrids-eie.com

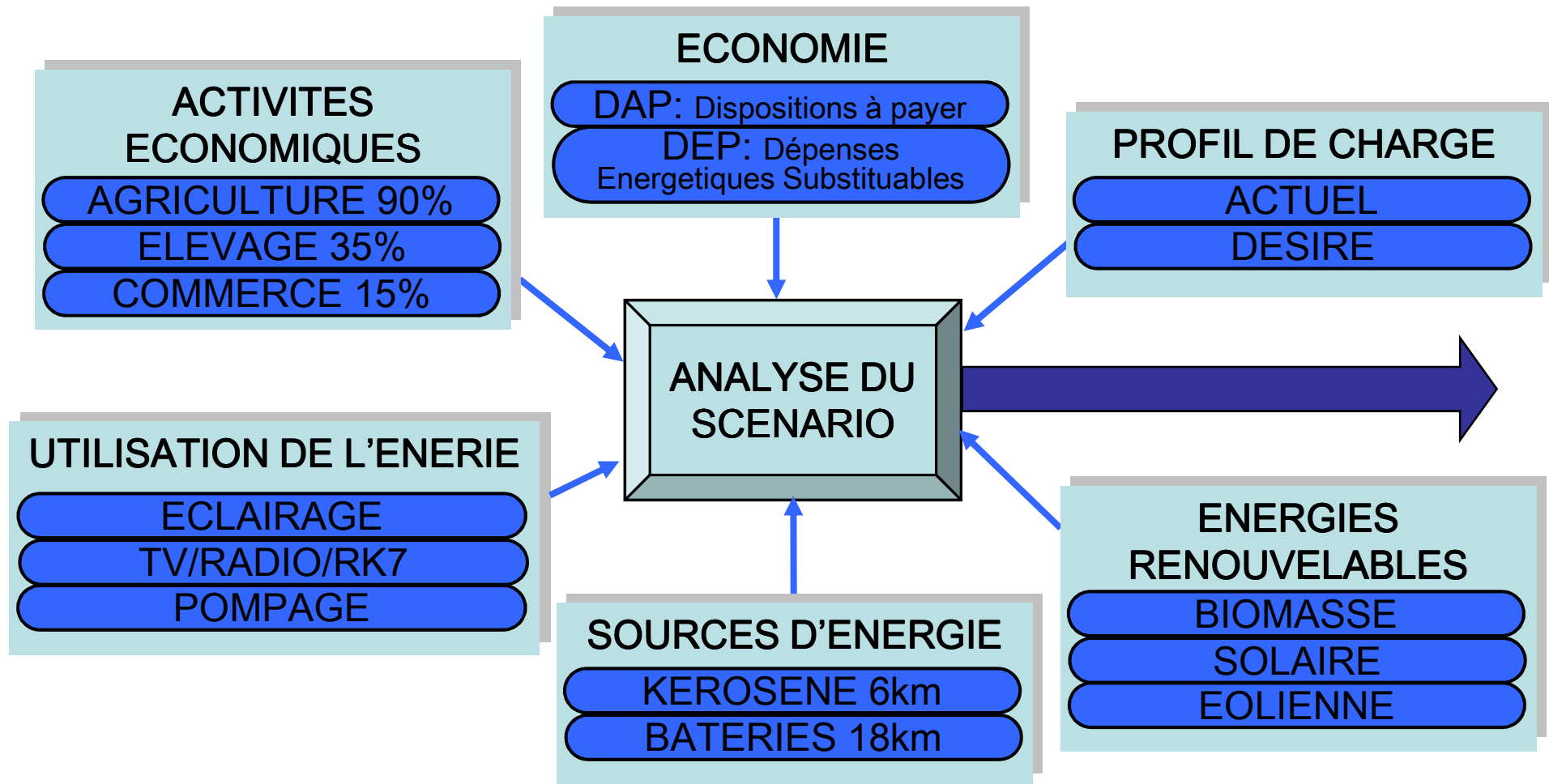
SENEGAL, octobre 2007





OBJECTIFS

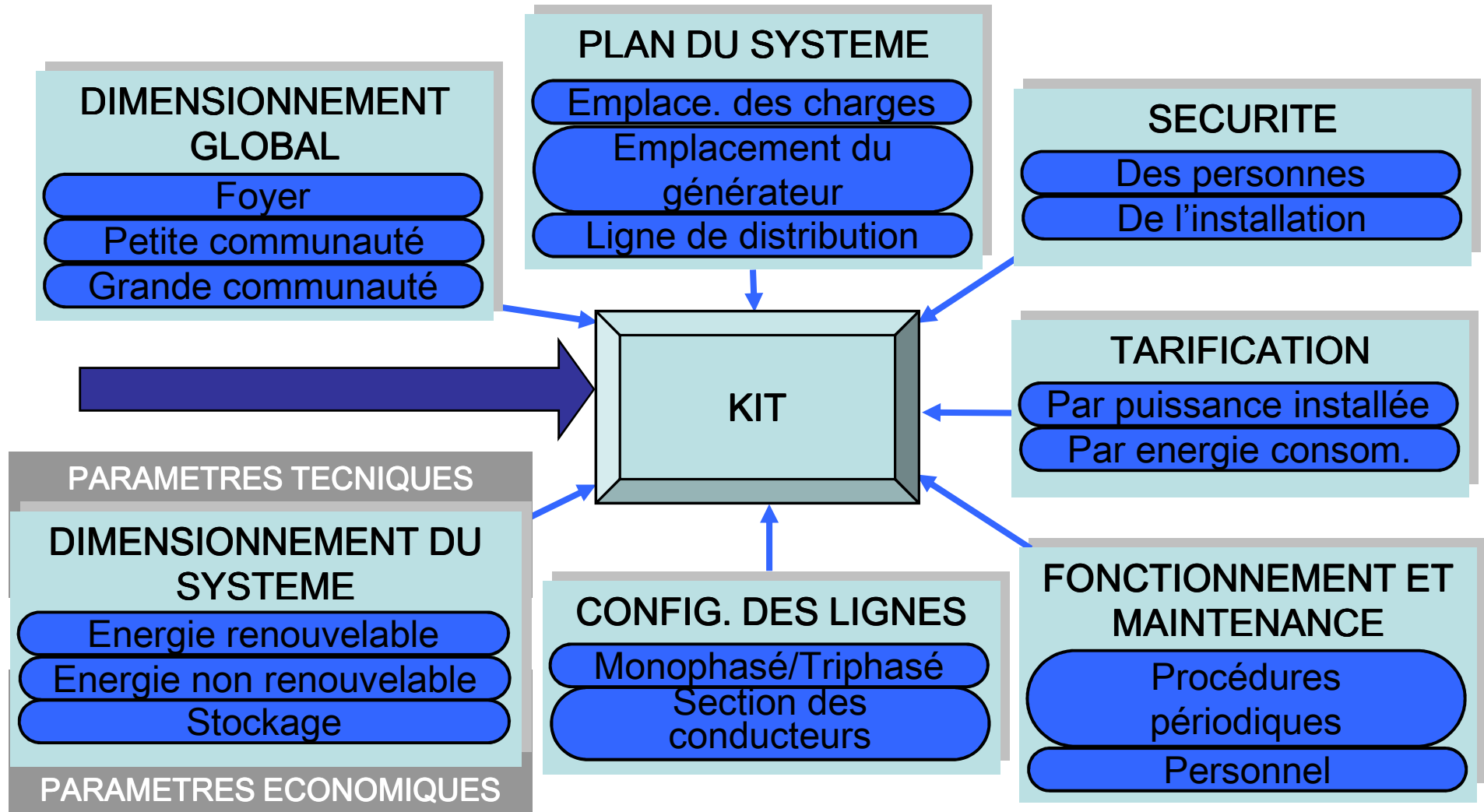
En partant de l'analyse de l'état énergétique actuel
dans les zones rurales...





OBJECTIFS

...proposer des solutions basées sur des microréseaux et des énergies renouvelables





CONDITIONS ANTERIEURES

SOURCE D'ENERGIE qui permette de répondre aux besoins prévus

INTERET DE LA COMMUNAUTE dans le développement du projet d'électrification et volonté pour s'impliquer dans les opérations de mise en marche et de maintenance du système

VOLONTE ET CAPACITE DE PAYER

Coûts: investissement initial, fonctionnement et maintenance, remplacement d'équipements, combustible

Formes de paiement: subventions, crédits, contribution des usagers
Bien que le capital initial puisse être apporté par une organisation, le reste des coûts doit être pris en compte par les usagers



CARACTERISTIQUES DU SYSTEME

BIEN DIMENSIONNE pour

- Minimiser la taille des équipements nécessaires
- Fournir avec un minimum de qualité le service énergétique nécessaire à chaque instant

ECONOMIQUEMENT EFFICACE

pour minimiser les coût le long de la vie du projet

SIMPLE pour faciliter les procédures de fonctionnement et de maintenance

MODULAIRE pour

- Gérer la possible expansion du système
- Permettre son utilisation dans des endroits différents

SÛR de sorte à ce que ce ne soit pas dangereux pour la population



DIMENSIONNEMENT GLOBAL

FOYER

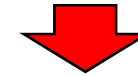
Taille trop petite pour un microréseau

PETITE COMMUNAUTE

Taille adéquate pour microréseau et Kit
Le concept modulaire permet de donner des solutions à différentes tailles

GRANDE COMMUNAUTE

Taille trop grande pour le concept du Kit



GENERATEUR DIESEL

- Facilement disponibles
- Coût initial bas
- Facile à installer et à transporter

- Besoin de combustible
- Maintenance
- Bruit et pollution

EOLIENNE

- Renouvelable
- Relation espace / puissance

- Etudes de vent antérieurs
- Placée près de la ressource
- Variabilité / Coût
- Peu de potentiel au Sénégal

SOLAIRE

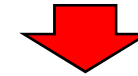
- Renouvelable
- Distribution régulière
- Grand potentiel au Sénégal

- Coût
- Besoin de batteries

BIOMASSE

- Renouvelable
- Grand potentiel au Sénégal

- Difficulté pour ramasser
- Besoin de pré-traitement pour utilisation dans microréseau



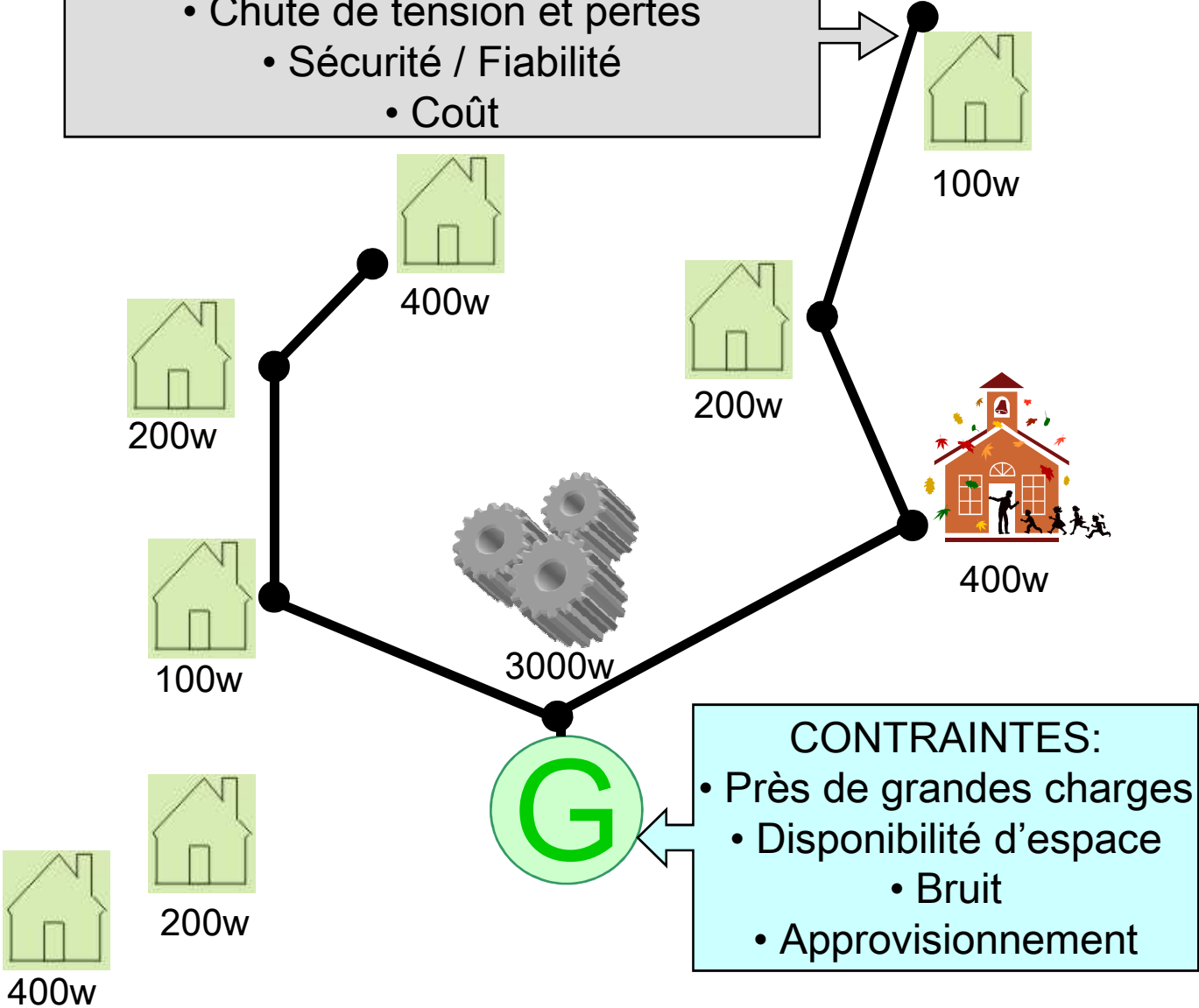
| | | |
|---------------------------------|--|--|
| <p>GENERATEUR DIESEL</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Facilement disponible • Coût initial bas • Facile à installer et transporter | <ul style="list-style-type: none"> • Besoin de combustible • Maintenance • Bruit et pollution |
| <p>EOLIENNE</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Renouvelable • Relation espace / puissance | <ul style="list-style-type: none"> • Etudes de vents réalisées • Placée près de la ressource • Variabilité / Coût • Peu de potentiel au Sénégal |
| <p>SOLAIRE</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Renouvelable • Grand potentiel au Sénégal • Distribution régulière | <ul style="list-style-type: none"> • Coût • Besoin de batteries |
| <p>BIOMASSE</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Renouvelable • Grand potentiel au Sénégal | <ul style="list-style-type: none"> • Difficulté pour ramasser • Besoin de pré-traitement pour utilisation dans microréseau |

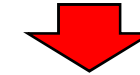
PLAN DU SYSTEME

- Emplaceme. des usagers
- Charges et distances
- Perspectives de croissance
- Emplaceme. du générateur
- Ligne de distribution

CONTRAINTES:

- Chute de tension et pertes
- Sécurité / Fiabilité
- Coût





MONOPHASEE

- Simplicité de l'installation
- Simplicité de conception de la ligne

- Moins efficace
- Cher en terme de prix du conducteur

TRIPHASEE

- Permet de connecter des charges plus puissantes
- Plus économique en terme de prix du conducteur

- Besoin d'équilibrer les charges
- Conception et installation plus compliquées

**ETOILE 4
FILS**

- Permet la connexion en triphasé et monophasé
- Est plus efficace

- Sensible au déséquilibre des charges

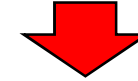
**TRIANGLE 3
FILS**

- Moins sensible aux déséquilibres des charges

- Moins efficace
- Plus cher



CONFIGURATION DES LIGNES - CONDUCTEURS



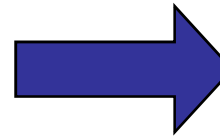
| | | | |
|----------|--------|---|--|
| MATÉRIAU | CUIVRE | <ul style="list-style-type: none">• Bonne conductivité | |
| | ALU. | <ul style="list-style-type: none">• Plus léger que le cuivre | <ul style="list-style-type: none">• 2/3 de la conductivité du cuivre |
| | ACSR* | <ul style="list-style-type: none">• Le renforcement de l'acier élimine les problèmes de résistance de l'aluminium | |
| | ACIER | <ul style="list-style-type: none">• Coût bas. Adéquat pour prise d'usagers de basse consommation | <ul style="list-style-type: none">• Basse conductivité |

* Aluminum Conductor Steel Reinforced. Conducteur le plus utilisé dans des installations conventionnelles

La resistance du conducteur entraîne:

1. Une chute de tension qui affecte la qualité du service: moins d'éclairage, problèmes avec des moteurs...
2. Une perte d'énergie due à la consommation dans le conducteur

Ces effets sont inversement proportionnels à la section du conducteur



Il est important de réaliser un dimensionnement correct des conducteurs



1. Etablir une limite maximale acceptable pour la chute de tension
2. Appliquer une méthode de calcul au plan du système:
 - a) Méthode simplifiée avec distribution équilibrée
 - b) Méthode complète avec distribution de charges et positions

IL EST POSSIBLE QUE L'UTILISATION D'UN CABLE PLUS CHER SOIT RENTABLE EN TERME DE PERTES D'ENERGIE LE LONG DE LA VIE DE L'INSTALLATION



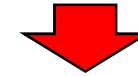
CONFIGURATION DES LIGNES

COMPARAISON DE COÛTS RELATIFS

- Configuration avec la même chute de tension pour le même plan
- La section du neutre est la même que celle des autres conducteurs
 - Le coût du conducteur est proportionnel à sa section

| Configuration de la ligne | Equilibrée | 50% de déséquilibre |
|---------------------------|------------|---------------------|
| Monophasé | 4 | 4 |
| Triphasé 3 fils | 3 | 3.2 |
| Triphasé 4 fils | 1.3 | 2 |

| | | CONSEQUENCES | SOLUTION |
|--------------|----------------------------|---|---|
| INSTALLATION | SURCHARGE | <ul style="list-style-type: none"> • Moins de qualité de service • Surchauffe • Détérioration du système | <ul style="list-style-type: none"> • FUSIBLES • MCBs |
| | COURT-CIRCUIT | <ul style="list-style-type: none"> • Courants très élevés • Dégâts dans lignes et équip. • Feu | Dans le générateur et l'utilisateur |
| | CORROSION | <ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de résistance • Chute de tension | <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation de produits anti-corrosifs |
| PERSONNES | CONTACT AVEC 2 CONDUCTEURS | <ul style="list-style-type: none"> • Courants très élevés avec danger de mort | <ul style="list-style-type: none"> • Education de l'utilisateur • Installation adéquate |
| | 1 CONDUCTEUR AVEC TERRE | <ul style="list-style-type: none"> • Courants élevés | <ul style="list-style-type: none"> • RCD (Residual Current Devices) |
| | 1 CONDUCTEUR FLOTTANT | <ul style="list-style-type: none"> • Courants moyens | <ul style="list-style-type: none"> • RCD (Residual Current Devices) |
| | 1 APPAREIL ENERGISE | <ul style="list-style-type: none"> • Courants moyens | <ul style="list-style-type: none"> • RCD • Utiliser terre d'utilisateur |



| | | |
|--------------------------|---|--|
| PAR ENERGIE CONSOMMEE | <ul style="list-style-type: none"> • Promotion de l'épargne • Améliore la planification • Permet de détecter les fraudes | <ul style="list-style-type: none"> • Coût de l'appareil de mesure |
| PAR CONTRAT DE PUISSANCE | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts • Protège le système face à des surcharges | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilité de fraude |
| Accord verbal | <ul style="list-style-type: none"> • Gratuit | <ul style="list-style-type: none"> • Facilité de fraude |
| Fusibles | <ul style="list-style-type: none"> • Coût bas • Bonne disponibilité | <ul style="list-style-type: none"> • Peu précis • Doivent être remplacés • Fraude par court-circuit |
| MCBs | <ul style="list-style-type: none"> • Plus précis • Pas besoin de les remplacer | <ul style="list-style-type: none"> • Coût moyen |
| PTCs | <ul style="list-style-type: none"> • Reset automatique • Coût bas | <ul style="list-style-type: none"> • Très peu précis • Peu de disponibilité |



FONCTIONNEMENT ET MAINTENANCE

Le suivi de procédures correctes de fonctionnement et de maintenance est basique pour que le système continue à fonctionner correctement.

LA FORMATION DU PERSONNEL LOCAL POUR CES TACHES PEUT ETRE VITALE POUR ASSURER LE SUCCES DE L'INSTALLATION

RESPONSABILITES DE L'OPERATEUR DE L'INSTALLATION:

- Tâches périodiques de maintenance
- Inspections régulières de la microcentrale de génération et du réseau
- Contrôle d'anomalies dans le fonctionnement (consommations élevées, bruits, chutes fréquentes du système...)
- Contrôles de niveau du combustible, huile, etc.
- Collecte de paiements selon une procédure préétablie

ETUDE INITIALE

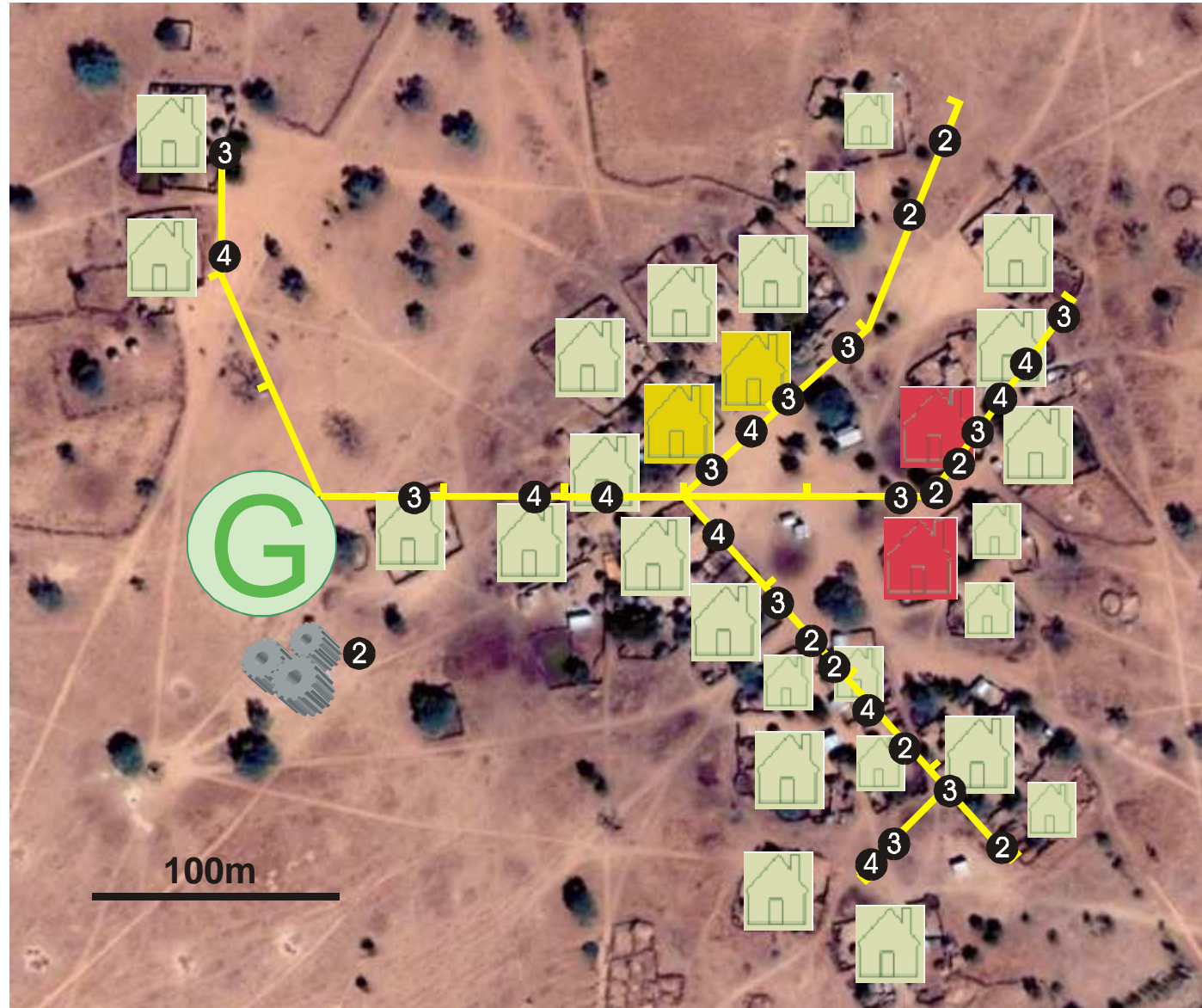
- On prend comme référence une petite taille: 350 habitants.
- Pour l'étude initiale on travaille sur la région ayant le moins de consommation: village de NDRAMÉ à KAOLACK.
- La conception modulaire permettra d'agrandir le système pour des consommations plus grandes

| 350 HABITANTS | Kaolack | Fatick | Thies |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Puissance domestique (kW) | 6,12 | 8,14 | 9,63 |
| Puissance non domestique (kW) | 1,65 | 4,91 | 3,19 |
| Puissance totale (kW) | 7,77 | 13,05 | 12,82 |
| Consommation dom. (kWh/d) | 47,99 | 65,59 | 76,52 |
| Consommation non dom.(kWh/d) | 13,46 | 31,19 | 21,14 |
| Consommation totale (kWh/d) | 61,45 | 96,78 | 97,66 |

ETUDE DE NDRAMÉ

1. Tracer le plan du village.
2. Etablir la localisation des consommateurs.
3. Etablir les charges selon le type de consommateur: 2 (110 w), 3 (240 w) ou 4 (380 w).
4. Localisation du générateur.
5. Routage de la ligne.
6. Configuration des lignes et des pertes.
7. Dimensionnement du générateur.

-  Foyers: 25
-  Commerces: 2
-  Bâtiments publics: 2
-  Applications industrielles: 1
-  Générateur





NDRAMÉ: QUALITE ET PERTES

Chute de tension et pertes de puissance dans la ligne

1. Configurations monophasée (2 fils) et triphasée (4 fils, 50% de déséquilibre entre branches).
2. Différentes sections de conducteur

| Ligne | Section | VD(V) | VD (%) | P(kW) | P(%) |
|-------|--------------------|-------|--------|-------|------|
| MONO | 13 mm ² | 24,6 | 10,7 | 0,66 | 14,2 |
| MONO | 21 mm ² | 16 | 6,9 | 0,41 | 8,9 |
| MONO | 34 mm ² | 10,5 | 4,5 | 0,25 | 5,5 |
| TRI | 13 mm ² | 6,2 | 2,7 | 0,25 | 5,3 |
| TRI | 21 mm ² | 4 | 1,7 | 0,15 | 3,3 |
| TRI | 34 mm ² | 2,6 | 1,1 | 0,10 | 2 |



NDRAMÉ: DIMENSIONNEMENT

| Ligne | mm ² | PV (kW) | Gen (kW) | Batt ¹ | Diesel (l - €) | Ligne (mètres) | Ligne (€) |
|-------|--------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| MONO | 13 mm ² | 15 | 5 | 20 | 820 | 900 | 360 |
| MONO | 21 mm ² | 15 | 5 | 20 | 705 | 900 | 630 |
| MONO | 34 mm ² | 15 | 5 | 20 | 528 | 900 | 990 |
| TRI | 13 mm ² | 15 | 5 | 15 | 522 | 900 | 720 |
| TRI | 21 mm ² | 15 | 5 | 15 | 466 | 900 | 1260 |
| TRI | 34 mm ² | 15 | 5 | 15 | 436 | 900 | 1980 |

¹ Groupes de 600Ah (12 V)

- La configuration de la ligne n'affecte pas de manière importante le dimensionnement des générateurs du système.
- La configuration triphasée permet de faire des cablage d'un moindre coût, de meilleure qualité du signal et avec moins de pertes.
- La différence de coût de combustible dû aux pertes entre configurations triphasées est négligeable



CALCULS POUR FATICK 350 HAB.

| Ligne | Section | VD(V) | VD (%) | P(kW) | P(%) |
|-------|--------------------|-------|--------|-------|------|
| MONO | 13 mm ² | 42,5 | 18,5 | 1,7 | 27,4 |
| MONO | 21 mm ² | 27,5 | 12 | 1 | 17,1 |
| MONO | 34 mm ² | 17,9 | 7,8 | 0,6 | 10,5 |
| TRI | 13 mm ² | 10,6 | 4,6 | 0,6 | 10,3 |
| TRI | 21 mm ² | 6,9 | 3 | 0,4 | 6,4 |
| TRI | 34 mm ² | 4,5 | 1,9 | 0,2 | 3,9 |

| Ligne | mm ² | PV (kW) | Gen (kW) | Batt ¹ | Diesel (l - €) | Ligne (mètres) | Ligne (€) |
|-------|--------------------|------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| MONO | 13 mm ² | 25 | 7,5 | 30 | 1364 | 1600 | 640 |
| MONO | 21 mm ² | 25 | 5 | 30 | 661 | 1600 | 1120 |
| MONO | 34 mm ² | 25 | 5 | 25 | 659 | 1600 | 1760 |
| TRI | 13 mm ² | 25 | 5 | 25 | 659 | 1600 | 1280 |
| TRI | 21 mm ² | 25 | 5 | 25 | 569 | 1600 | 2240 |
| TRI | 34 mm ² | 25 | 5 | 25 | 513 | 1600 | 3520 |

¹ Groupes de 600 Ah (12 V)



CALCULS PAR TAILLES

- Calculs pour toutes tailles de village en supposant des pertes de 3% et avec les consommations typiques suggérées dans l'analyse des besoins.

| Taille | Pertes Pot (kW) | PV (kW) | Gen (kW) | Batt ¹ | Diesel (l - €) |
|--------|-----------------|---------|----------|-------------------|----------------|
| 250 | 3% | 20 | 5 | 20 | 452 |
| 350 | 3% | 25 | 5 | 20 | 758 |
| 500 | 3% | 30 | 10 | 35 | 1406 |
| 750 | 3% | 40 | 15 | 50 | 2488 |
| 1000 | 3% | 65 | 15 | 70 | 2433 |
| 1500 | 3% | 90 | 20 | 90 | 6808 |

¹ Groupes de 600 Ah (12 V)



SENSIBILITE: DELESTAGE

Calculs pour délestages de 0.1% à 10% à Ndrané et pour 1500 habitants

NDRANÉ 350 Hab

| Delest | PV (kW) | Gen (kW) | Batt ¹ | Diesel (l - €) |
|--------|---------|----------|-------------------|----------------|
| 0,1% | 15 | 5 | 20 | 235 |
| 1% | 15 | 5 | 15 | 436 |
| 2% | 15 | 5 | 15 | 436 |
| 5% | 15 | 5 | 15 | 436 |
| 10% | 15 | 5 | 15 | 436 |

1500 Hab

| Delest | PV (kW) | Gen (kW) | Batt ¹ | Diesel (l - €) |
|--------|---------|----------|-------------------|----------------|
| 0,1% | 90 | 35 | 105 | 3789 |
| 1% | 90 | 20 | 90 | 6808 |
| 2% | 85 | 15 | 95 | 3979 |
| 5% | 80 | 15 | 70 | 6420 |
| 10% | 80 | 15 | 70 | 6420 |

¹ Groupes de 600 Ah (12 V)

- Dans de petits systèmes, les délestages au-dessus de 1% n'entraînent pas une diminution de la taille du système
- Dans de grands systèmes, les délestages au-dessus de 5% n'entraînent pas une réduction dans la taille du système. Au-dessus de 1% la réduction n'est pas très significative



FINANCEMENT NDRAMÉ

VALEURS MENSUELLES

DES (Dépenses Energétiques Substituables)
DAP (Disposition À Payer)

| NS | N° | DES CFA | DAP CFA | DES total | DAP total |
|--------------|-----------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| NS1 | 0 | 3,952 | 3,833 | 0 | 0 |
| NS2 | 8 | 7,079 | 3,298 | 56,632 | 26,384 |
| NS3 | 13 | 14,847 | 6,561 | 193,011 | 85,293 |
| NS4 | 9 | 14,524 | 11,429 | 130,716 | 102,861 |
| TOTAL | 30 | 40,402 | 25,121 | 380,359 | 214,538 |



FINANCEMENT NDRAMÉ

VALEURS MENSUELLES

| CONCEPTE | CFA |
|-------------------------|-------------------|
| GENERATEUR ¹ | 47,350,000 |
| RESEAU ² | 5,250,000 |
| AUTRES ³ | 3,000,000 |
| TOTAL | 55,600,000 |


¹Solar panels, diesel generator, batteries, inverter

²Main & secondary line, domestic installations

³Housing, accessories

| CONCEPTE | CFA |
|----------|---------|
| DES | 380,359 |
| DAP | 214,538 |

Prêt
10 ans
4%



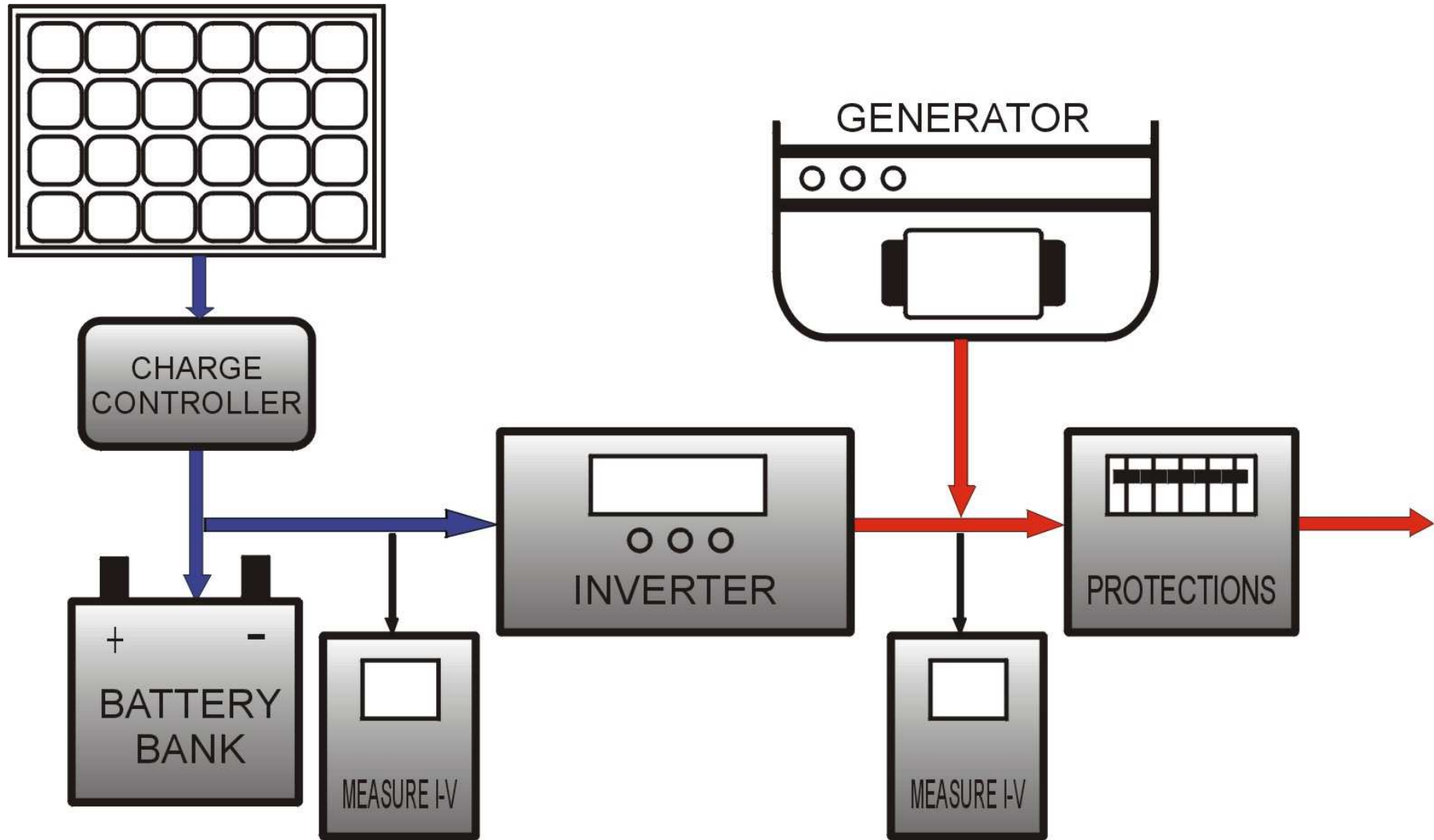
| CONCEPTE | CFA |
|------------------|----------------|
| Payement mensuel | 556,000 |
| O&M Mensuel | 77,000 |
| TOTAL | 633,000 |

DES: Seulement 54% de l'installation peut être payée

DAP: Seulement 25% de l'installation peut être payée



SCHEMA ELECTRIQUE





SCHEMA PHYSIQUE

350 Hab

PV: 25kW

Gen: 5kW

Bat: 20

DC/AC: 15kW



700 Hab

PV: 40kW

Gen: 15kW

Bat: 50

DC/AC: 25kW





SCHEMA PHYSIQUE

1500 Hab

PV: 90kW

Gen: 20kW

Bat: 90

DC/AC: 40kW





FIN

MERCI BEAUCOUP

www.microgrids-eie.com

Supported by

Intelligent Energy



Europe