



# **Ecole Nationale de la Statistique et de l'Analyse Economique**

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

**Fatou Soumaya WADE**

**Papa Magatte DIOP**

**Elèves analyste Statisticiens en deuxième année de formation à l'ENSAE**

**Enseignant  
M. DIACK**

# Table des matières

<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2 Le Schéma relationnel</b>	<b>4</b>
2.1 Description détaillée du schéma relationnel . . . . .	4
2.2 Table villages . . . . .	4
2.3 Table type_electrification . . . . .	4
2.4 Table type_electrification . . . . .	5
2.5 Table ligne_continue . . . . .	5
2.6 Table consommations . . . . .	5
2.7 Table appareils_electriques . . . . .	5
2.8 Table projets_electrification . . . . .	5
2.9 Relations principales . . . . .	6
<b>3 Alimentation de la base de données et chiffres clés</b>	<b>8</b>
<b>4 Les Requêtes SQL</b>	<b>9</b>
4.1 Les villages non électrifiés à partir d'un point sur une distance de 100 km . . . . .	9
4.2 Type d'électrification le plus optimal sur une durée de 20 ans . . . . .	10
4.3 Villages de plus de 1000 habitants de la région de Kolda . . . . .	12
4.4 Villages de 500 habitants au moins à moins de 50 km d'une zone électrifiée . . . . .	13
4.5 Villages non-électrifiés proches d'un village électrifié récemment . . . . .	15
4.6 Consommation moyenne en électricité . . . . .	16
4.7 Cinq appareils les plus utilisés dans les villages électrifiés . . . . .	18
4.8 Villages prioritaires pour électrification . . . . .	19
4.9 Budget nécessaire pour électrification complète . . . . .	21
4.10 VILLAGES ÉLECTRIFIABLES SUR UNE LIGNE . . . . .	23
4.11 CLASSEMENT DES VILLAGES PAR IMPORTANCE DÉMOGRAPHIQUE . . . . .	25
<b>5 Tableau de Bord Interactif avec Rshiny</b>	<b>28</b>
<b>6 Conclusion</b>	<b>29</b>

**1****CHAPITRE****INTRODUCTION**

L'accès à l'électricité en zone rurale demeure un enjeu majeur pour le développement socio-économique dans de nombreux pays, notamment au Sénégal. En effet, l'électrification rurale contribue à l'amélioration des conditions de vie, à la stimulation des activités économiques locales et à la réduction des inégalités entre zones urbaines et rurales. Toutefois, la gestion efficace de ce processus nécessite des outils adaptés permettant d'orienter les décisions, de suivre l'état d'avancement des projets et de prioriser les interventions.

Dans ce contexte, l'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER) souhaite développer une application informatique pour accompagner la gestion de l'électrification dans les 14958 villages du pays. Cette application s'appuiera sur une base de données robuste capable de centraliser et d'organiser les informations relatives aux villages, à leur statut d'électrification, aux types de technologies utilisées, ainsi qu'aux données démographiques et de consommation électrique.

L'objectif principal de ce projet est de concevoir et d'implémenter une base de données relationnelle qui permettra d'exécuter efficacement diverses requêtes décisionnelles, telles que l'identification des villages déjà électrifiés, la priorisation des villages non électrifiés selon des critères démographiques et géographiques, ainsi que l'analyse de la consommation et des équipements utilisés. Ce système facilitera également la planification des interventions et l'optimisation des choix technologiques en tenant compte des coûts sur le long terme.

Ce rapport présente la conception détaillée de la base de données, le script SQL de création et d'insertion des données, ainsi que les requêtes clés permettant de répondre aux besoins fonctionnels de l'ASER. Des exemples de données fictives ont été intégrés pour illustrer les fonctionnalités attendues. Ce projet constitue une étape essentielle vers une meilleure gouvernance de l'électrification rurale, contribuant ainsi au développement durable du Sénégal.

# CHAPITRE **2**

## Le Schéma relationnel

### **2.1 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DU SCHÉMA RELATIONNEL**

Le schéma relationnel représenté<sup>1</sup> ci dessous vise à modéliser de manière complète et intégrée les différentes dimensions de l'électrification rurale, afin de répondre aux besoins de gestion, d'analyse et d'optimisation de l'ASER. Il permet de suivre l'état d'électrification de près de 15 000 villages, d'optimiser les choix technologiques, d'évaluer la consommation énergétique, et de piloter des projets sur l'ensemble du territoire. Voici la description détaillée des entités principales et de leurs relations :

### **2.2 TABLE VILLAGES**

Cette table recense l'ensemble des villages avec :  
lueitem!  
un identifiant unique (`id_village`),  
des attributs géographiques (`latitude`, `longitude`, coordonnées au format POINT),  
des informations démographiques (`population`),  
des éléments administratifs (`nom`, `région`),  
l'état d'avancement de l'électrification (`statut_electrification`, `date_electrification`),  
un indicateur d'accessibilité (`accessible`). Cette table structure le référentiel des villages et constitue la clé principale d'analyse.

### **2.3 TABLE TYPE\_ELECTRIFICATION**

Elle catalogue les différents modes d'électrification disponibles : réseau national, solaire, éolien, générateur, etc. Ses attributs détaillent :  
lueitem!  
le nom du type,  
la source d'énergie,  
les coûts d'installation, de maintenance, de remplacement,  
la durée de vie moyenne de l'installation,  
la date de création du type. Cette table est essentielle pour évaluer la pertinence technique et économique des solutions.

### 2.4 TABLE TYPE\_ELECTRIFICATION

Elle enregistre les opérations d'électrification sur chaque village, en tant que table de liaison entre villages et type\_electrification. Les principaux attributs sont : lueitem!

identifiant de l'opération,  
village concerné,  
type de technologie utilisée,  
date de mise en service,  
puissance installée,  
heures moyennes de coupure.

Elle permet d'historiser et de caractériser précisément chaque action d'électrification.

### 2.5 TABLE LIGNE\_CONTINUE

Ce module décrit les tracés de lignes électriques continues, essentielles pour déterminer des chemins optimaux dans l'électrification de groupements de villages. Les champs capturent : lueitem!

les villages desservis,  
le nom du tracé,  
les points de départ et d'arrivée,  
le parcours exact (geometry LINESTRING). Elle permet ensuite diverses analyses spatiales d'optimisation des infrastructures.

### 2.6 TABLE CONSOMMATIONS

Elle consigne, par village et par période (mois, année), la quantité d'énergie consommée (en kWh). La granularité temporelle permet d'étudier l'évolution de la consommation et d'anticiper les besoins futurs.

### 2.7 TABLE APPAREILS\_ELECTRIQUES

Ce module inventorie les principaux équipements électriques utilisés dans chaque village électrifié, en précisant :

- le nombre par type,
- leur usage prioritaire,
- le lien avec le village d'utilisation.

Il permet de cibler les besoins d'équipement et de comprendre les usages énergétiques.

### 2.8 TABLE PROJETS\_ELECTRIFICATION

Elle structure la gestion de chaque projet d'électrification en indiquant :

- le village et la technologie concernés,
- le projet spécifique,
- le statut, les dates (début, fin, prévisionnelle, réelle),
- le coût global,

- les bénéficiaires,
- le mode de financement,
- le responsable de projet.

Cette table centralise le suivi administratif, technique et financier de chaque projet.

## 2.9 RELATIONS PRINCIPALES

---

Les **clés étrangères** assurent la cohérence du modèle :

- `id_village`, `id_type_electrification` et `id_electrification` lient les différentes entités de manière à garantir la traçabilité complète de chaque opération, équipement et consommation à l'échelle de chaque village.
- Les liens géographiques (via `POINT` et `LINestring`) permettent d'intégrer le facteur spatial, déterminant pour l'optimisation et la planification de l'électrification.

En substance, ce modèle relationnel robuste permet de répondre aux besoins métiers suivants :

- identifier instantanément l'état d'électrification d'un village,
- quantifier les besoins non couverts,
- prioriser les interventions en fonction de critères démographiques et spatiaux,
- optimiser le dimensionnement technique et les itinéraires d'approvisionnement,
- réaliser des analyses d'impact et de coûts sur plusieurs décennies,
- piloter et suivre chaque projet depuis la planification jusqu'à l'exploitation.

Il s'agit d'une fondation fiable pour le développement de toute application de gestion de l'électrification rurale à grande échelle.

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

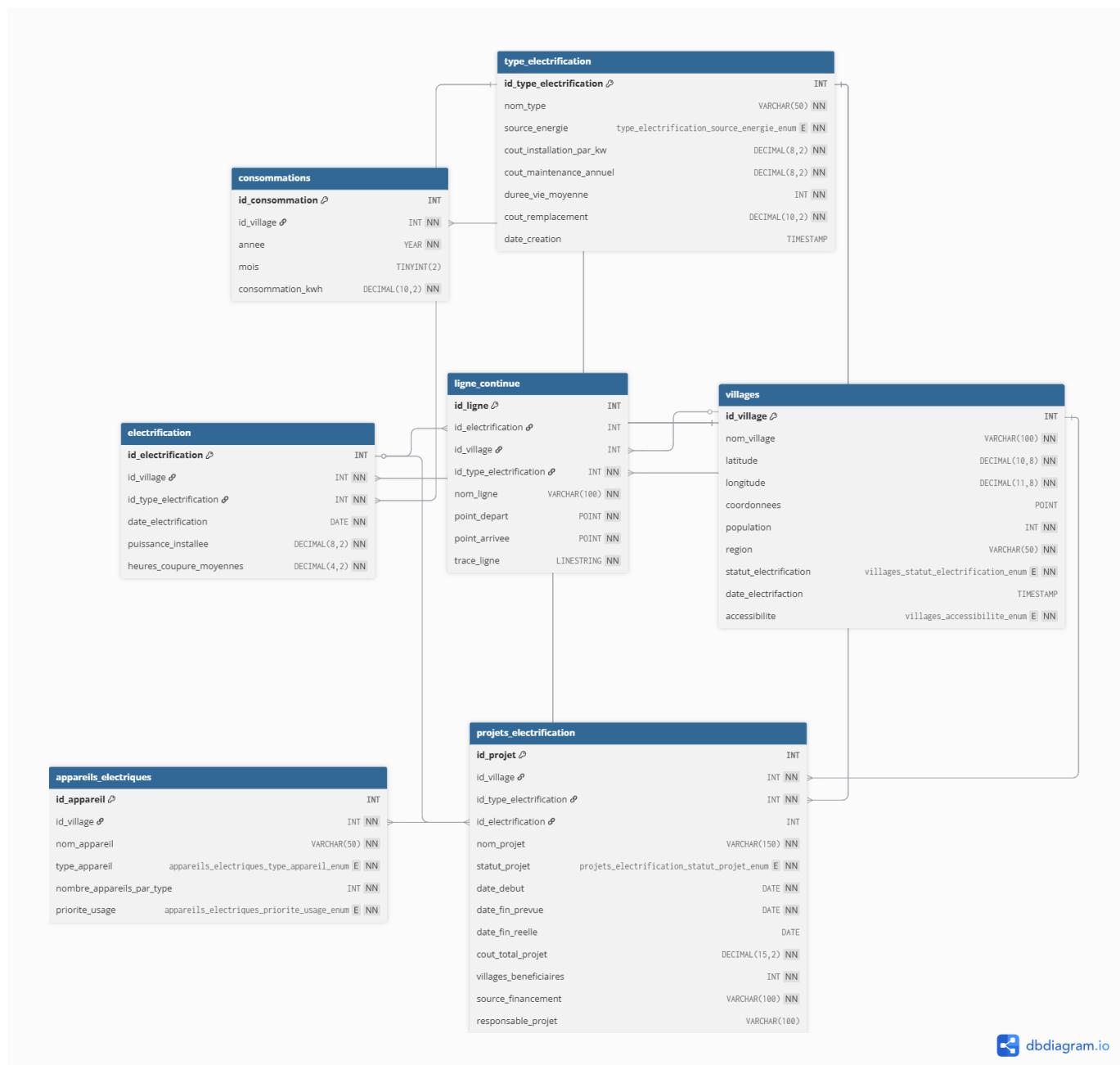


FIGURE 2.1 – Schéma relationnel de la base de données

**CHAPITRE 3**

# Alimentation de la base de données et chiffres clés

La base de données de gestion de l'électrification rurale enregistre des données réalistes pour un total de 100 villages représentatifs répartis sur 14 régions du Sénégal. Chaque village est caractérisé par ses coordonnées géographiques, sa population, sa région administrative, ainsi que son statut d'électrification.

Au total, 10 types différents de modes d'électrification sont modélisés, allant du raccordement au réseau national aux solutions renouvelables comme le solaire et l'éolien, en passant par des générateurs à hydrocarbure et des systèmes hybrides. Ces types intègrent leurs caractéristiques techniques, coûts d'installation, maintenance et cycles de vie, essentiels pour les analyses économiques à long terme.

Les données d'électrification détaillent plus de 60 opérations couvrant plusieurs villages, avec des dates de mise en service, puissances installées et indicateurs de qualité de service tels que les heures de coupure moyennes. Ces opérations sont complétées par plus de 40 projets explicitement suivis, incluant leurs coûts, statuts et responsables.

Le volet consommation énergétique est alimenté par des données historiques annuelles et mensuelles sur une longue période, permettant de suivre finement les usages en kWh par village. Enfin, plus de 300 enregistrements d'inventaire d'appareils électriques renseignent les usages domestiques et professionnels dans les villages électrifiés, mettant en lumière les équipements les plus fréquents.

Sur le plan infrastructurel, plus d'une douzaine de segments de lignes électriques continues sont enregistrés, intégrant la topologie des réseaux et facilitant la planification spatiale des extensions.

Cette alimentation complète offre un cadre riche et opérationnel pour le suivi, l'analyse et l'optimisation de l'électrification rurale sur l'ensemble du territoire sénégalais, en s'appuyant sur des données démographiques, géographiques, techniques et économiques précises.

# CHAPITRE 4

## Les Requêtes SQL

### 4.1 LES VILLAGES NON ÉLECTRIFIÉS À PARTIR D'UN POINT SUR UNE DISTANCE DE 100 KM

```
-- ===== REQUÊTE 1: Villages non électrifiés à partir d'un point sur une distance de 100 km
-- Point de référence: Dakar (latitude: 14.6937, longitude: -17.4441)
SELECT
    v.nom_village,
    v.region,
    v.population,
    v.accessibilite,
    ROUND(ST_Distance_Sphere(POINT(v.longitude, v.latitude), POINT(-17.4441, 14.6937)) / 1000, 2) AS distance_km
FROM villages v
WHERE v.statut_electrification = 'Non électrifié'
    AND ST_Distance_Sphere(POINT(v.longitude, v.latitude), POINT(-17.4441, 14.6937)) <= 100000 -- 100 km en mètres
ORDER BY distance_km ASC;
```

```
-- Point de référence: Sedhiou : POINT(-15.558300, 12.708300)
SELECT
    v.nom_village,
    v.region,
    v.population,
    v.accessibilite,
    ROUND(ST_Distance_Sphere(POINT(v.longitude, v.latitude), POINT(-15.5583, 12.7083)) / 1000, 2) AS distance_km
FROM villages v
WHERE v.statut_electrification = 'Non électrifié'
    AND ST_Distance_Sphere(POINT(v.longitude, v.latitude), POINT(-15.5583, 12.7083)) <= 100000 -- 100 km en mètres
ORDER BY distance_km ASC;
```

nom_village	region	population	accessibilite	distance_km
Malika Nord	Dakar	780	Moyenne	12.76
Khombole	Thiès	650	Moyenne	47.03
Mboro	Thiès	680	Moyenne	51.61

FIGURE 4.1 – Villages non électrifiés à partir d'un point de référence (Dakar)<sup>1</sup> sur une distance de 100 km

1. Coordonnées du point de référence DAKAR : latitude 14.6937, longitude -17.4441

Cette requête identifie les villages non électrifiés dans un rayon de 100 km autour d'un point donné, tel que Dakar ou Sédiou, en utilisant les coordonnées géographiques. Elle permet ainsi de prioriser les localités les plus proches des grands centres pour des interventions rapides et à moindre coût.

nom_village	region	population	accessibilite	distance_km
Diannah Malary	Sédiou	450	Difficile	32.4
Bounkiling	Sédiou	680	Difficile	34.3
Goudomp	Sédiou	520	Moyenne	50.43
Djibonker	Ziguinchor	580	Difficile	58.95
Bignona	Ziguinchor	1200	Moyenne	74.19

FIGURE 4.2 – villages non électrifiés à partir d'un point de référence (Sédiou)<sup>2</sup> sur une distance de 100 km

## 4.2 TYPE D'ÉLECTRIFICATION LE PLUS OPTIMAL SUR UNE DURÉE DE 20 ANS

```
-- ===== REQUETE 2: Type d'électrification optimal sur 20 ans (en tenant compte du coûts remplacements)

SELECT
    te.nom_type,
    te.source_energie,
    te.cout_installation_par_kw AS cout_initial,
    te.cout_maintenance_annuel AS maintenance_annuelle,
    te.duree_vie_moyenne AS duree_vie_ans,
    te.cout_replacement,

    -- Calcul du nombre de remplacements sur 20 ans
    FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne) AS nb_replacements_20ans,

    -- Calcul du coût total sur 20 ans par Kw
    ROUND(
        te.cout_installation_par_kw +
        (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
        (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)), 2
    ) AS cout_total_20_ans_par_kw,

    -- Coût annualisé sur 20 ans
    ROUND(
        (te.cout_installation_par_kw +
        (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
        (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne))) / 20, 2
    ) AS cout_annualise_par_kw,
    -- Classement par coût (1 = plus économique)
    RANK() OVER (ORDER BY
        te.cout_installation_par_kw +
        (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
        (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne))
    ) AS rang_economique
FROM type_electrification te
ORDER BY cout_total_20_ans_par_kw ASC;
```

2. Coordonnées du point de référence SEDHIOU : latitude 12.7083, longitude -15.5583

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

nom_type	source_energie	cout_initial	maintenance_annuelle	duree_vie	ans	cout_replacement	nb_replacements_20ans	cout_total_20ans	cout_par_kw	cout_annuel_par_kw	rang_economique
Raccordement réseau national	Réseau national	800.00	50.00	25	200.00	0	1800.00	90.00	1		
Solaire individuel	Solaire	900.00	60.00	12	600.00	1	2700.00	135.00	2		
Biomasse communautaire	Biomasse	1000.00	90.00	15	700.00	1	3500.00	175.00	3		
Panneau solaire domestique	Solaire	1200.00	80.00	15	800.00	1	3600.00	180.00	4		
Micro-centrale hydroélectrique	Hydroelectrique	2500.00	100.00	30	1500.00	0	4500.00	225.00	5		
Mini-réseau solaire	Solaire	1500.00	120.00	20	1000.00	1	4000.00	200.00	6		
Micro-réseau hybride	Hybride	1600.00	140.00	18	950.00	1	5350.00	237.50	7		
Générateur diesel	Hydrocarburant	600.00	200.00	10	500.00	2	5600.00	560.00	8		
Éolienne communautaire	Éolienne	2000.00	150.00	20	1200.00	1	6200.00	310.00	9		
Système hybride solaire-diesel	Hybride	1800.00	180.00	18	1100.00	1	6500.00	325.00	10		

FIGURE 4.3 – Type d'électrification le plus optimal sur une durée de 20 ans

```
-- Analyse détaillée des coûts
SELECT 'ANALYSE: Décomposition des coûts sur 20 ans' AS analyse;
```

```
SELECT
    te.nom_type,
    te.cout_installation_par_kw AS cout_initial,
    (te.cout_maintenance_annuel * 20) AS cout_maintenance_20ans,
    (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)) AS cout_replacements_20ans,
    ROUND(
        te.cout_installation_par_kw +
        (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
        (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)), 2
    ) AS cout_total_20ans,
```

```
-- Pourcentage de chaque composant
ROUND((te.cout_installation_par_kw /
    (te.cout_installation_par_kw + (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
    (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)))) * 100, 1) AS pct_installation,
ROUND(((te.cout_maintenance_annuel * 20) /
    (te.cout_installation_par_kw + (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
    (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)))) * 100, 1) AS pct_maintenance,
ROUND(((te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)) /
    (te.cout_installation_par_kw + (te.cout_maintenance_annuel * 20) +
    (te.cout_replacement * FLOOR(20 / te.duree_vie_moyenne)))) * 100, 1) AS pct_replacements
```

```
FROM type_electrification te
ORDER BY cout_total_20ans ASC;
```

nom_type	cout_initial	cout_maintenance_20ans	cout_replacements_20ans	cout_total_20ans	pct_installation	pct_maintenance	pct_replacements
Raccordement réseau national	800.00	1000.00	0.00	1800.00	44.4	55.6	0.0
Solaire individuel	900.00	1200.00	600.00	2700.00	33.3	44.4	22.2
Biomasse communautaire	1000.00	1800.00	700.00	3500.00	28.6	51.4	19.9
Panneau solaire domestique	1200.00	1600.00	800.00	3600.00	33.3	44.4	22.2
Micro-centrale hydroélectrique	2500.00	2000.00	0.00	4500.00	55.6	44.4	0.0
Mini-réseau solaire	1500.00	2400.00	1000.00	4900.00	30.6	49.0	20.4
Micro-réseau hybride	1600.00	2800.00	950.00	5350.00	29.9	52.3	17.8
Générateur diesel	600.00	4000.00	1000.00	5600.00	10.7	71.4	17.9
Éolienne communautaire	2000.00	3000.00	1200.00	6200.00	32.3	48.4	19.4
Système hybride solaire-diesel	1800.00	3600.00	1100.00	6500.00	27.7	55.4	16.9

FIGURE 4.4 – Analyse détaillée de la décomposition des coûts sur 20 ans

La figure 4.3 compare le coût total sur 20 ans, par kW, pour chaque type d'électrification en tenant compte du coût initial, de la maintenance annuelle et des remplacements obligatoires. Il ressort que **le raccordement au réseau national** est la solution la plus économique (1 800 €/kW), suivie du solaire individuel (2 700 €/kW) et de la biomasse communautaire. Les systèmes hybrides ou éoliens sont nettement plus coûteux à long terme. Le classement (colonne « rang économique ») permet d'objectiver ces choix.

La figure 4.4 détaille la structure du coût total sur 20 ans. On observe que, selon la technologie, la maintenance peut représenter la plus grande part des dépenses, tandis que les remplacements pèsent davantage pour certains systèmes renouvelables. Par exemple, le générateur diesel présente une lourde charge de maintenance (71 % du coût total sur 20 ans), alors que la micro-centrale hydroélectrique concentre ses coûts sur l'investissement initial. On observe que pour les solutions classiques (réseau national, solaire, biomasse), l'investissement initial représente environ 30 à 45% du coût total ; la maintenance constitue

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

la charge principale sur la plupart des cas (près de 45 à 72%), tandis que les remplacements restent marginaux sauf pour certaines solutions renouvelables dont la durée de vie matérielle est limitée.

En synthèse, le choix du type d'électrification dépend moins du coût d'installation que des coûts récurrents sur la durée. Le raccordement réseau national reste la solution optimale lorsqu'il est faisable, les renouvelables étant pertinents seulement en cas d'isolement, mais plus chers sur 20 ans.

## 4.3 VILLAGES DE PLUS DE 1000 HABITANTS DE LA RÉGION DE KOLDA

```
==== REQUÊTE 3: Villages de plus de mille habitants dans la région de Kolda

Comptage et statistiques
LECT
COUNT(*) AS nb_villages_kolda_plus_1000_hab,
SUM(population) AS population_totale,
ROUND(AVG(population), 0) AS population_moyenne,
MIN(population) AS population_min,
MAX(population) AS population_max,
SUM(CASE WHEN statut_electrification = 'Électrifié' THEN 1 ELSE 0 END) AS villages_electrifies,
SUM(CASE WHEN statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 1 ELSE 0 END) AS villages_non_electrifies,
ROUND(
    SUM(CASE WHEN statut_electrification = 'Électrifié' THEN 1 ELSE 0 END) * 100.0 / COUNT(*), 2
) AS taux_electrification_pct
FROM villages
WHERE region = 'Kolda'
AND population > 1000;

-- Détail des villages concernés
SELECT
    nom_village,
    population,
    statut_electrification,
    date_electrification,
    accessibilite
FROM villages
WHERE region = 'Kolda'

AND population > 1000
ORDER BY population DESC;
```

nb_villages_kolda_plus_1000_hab	population_totale	population_moyenne	population_min	population_max	villages_electrifies	villages_non_electrifies	taux_electrification_pct
5	7050	1410	1100	2200	3	2	60.00

FIGURE 4.5 – Statistiques des villages de Kolda de plus de 1000 habitants

nom_village	population	statut_electrification	date_electrification	accessibilite
Kolda Centre	2200	Électrifié	2022-03-10 00:00:00	Facile
Médina Yoro Foulah	1350	Électrifié	2023-08-15 00:00:00	Moyenne
Vélingara	1250	Non électrifié	NULL	Difficile
Dioulacolon	1150	Électrifié	2023-11-20 00:00:00	Moyenne
Dabo	1100	Non électrifié	NULL	Difficile

FIGURE 4.6 – Analyse détaillée des villages de Kolda de plus de 1000 habitants

Des statistiques pertinentes sont joints à ces différents tableaux afin d'offrir une vue sommaire sur les villages de Kolda de plus de 1000 habitants.

### 4.4 VILLAGES DE 500 HABITANTS AU MOINS À MOINS DE 50 KM D'UNE ZONE ÉLECTRIFIÉE

```
-- ===== REQUÊTE 4: Villages 500+ habitants à moins de 50 km d'une zone électrifiée

SELECT
    COUNT(DISTINCT v1.id_village) AS nb_villages_500plus_pres_zone_electrifiee
FROM villages v1
WHERE v1.population >= 500
    AND EXISTS (
        SELECT 1
        FROM villages v2
        WHERE v2.statut_electrification = 'électrifié'
        AND v1.id_village != v2.id_village
        AND ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) <= 50000
    )
-- Detail avec distance minimale (échantillon)
SELECT
    v1.nom_village,
    v1.population,
    v1.region,
    v1.statut_electrification,
    MIN(ROUND(ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) / 1000, 2)) AS distance_min_zone_electrifiee_km
FROM villages v1
INNER JOIN villages v2 ON v2.statut_electrification = 'électrifié'
    AND v1.id_village != v2.id_village
    AND ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) <= 50000
WHERE v1.population >= 500
GROUP BY v1.id_village, v1.nom_village, v1.population, v1.region, v1.statut_electrification
ORDER BY distance_min_zone_electrifiee_km ASC
LIMIT 15;
-- Analyse par région
SELECT
    v1.region,
    COUNT(DISTINCT v1.id_village) AS nb_villages_concernes,
    ROUND(v1.population, 0) AS population_moyenne
FROM villages v1
WHERE v1.population >= 500
    AND EXISTS (
        SELECT 1 FROM villages v2
        WHERE v2.statut_electrification = 'électrifié'
        AND ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) <= 50000
    )
GROUP BY v1.region
ORDER BY nb_villages_concernes DESC;
```

nb_villages_500plus_pres_zone_electrifiee
62

FIGURE 4.7 – Nombre de Villages d'au moins 500 habitants à moins de 50 km d'une zone électrifiée

Nous comptons un nombre de 62 villages d'au moins 500 habitants à moins de 50 km d'une zone électrifiée

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

nom_village	population	region	statut_electrification	distance_min_zone_electrifiee_km
Bambey Est	850	Diourbel	Non électrifié	0
Malem Hodar	750	Kaolack	Non électrifié	0
Kaffrine	1400	Kaolack	Non électrifié	0
Diourbel Nord	750	Thiès	Non électrifié	1.79
Khombolé	650	Thiès	Non électrifié	3.73
Mboro	680	Thiès	Non électrifié	5.21
Malika Nord	780	Dakar	Non électrifié	6.6
Diamniadio	2100	Dakar	Électrifiée	6.62
Sebikoutoune	950	Dakar	Électrifiée	6.62
Mbacké	1400	Diourbel	Électrifiée	6.62
Touba	3200	Diourbel	Électrifiée	6.62
Bargny	1200	Dakar	Électrifiée	7.02
Yenne	850	Dakar	Électrifiée	7.02
Niakhar	720	Fatick	Électrifiée	7.35
Kaolack Sud	1800	Kaolack	Électrifiée	7.35

FIGURE 4.8 – Analyse détaillée sur un échantillon de 15 villages

region	nb_villages_concernes	population_moyenne
Dakar	8	1219
Thiès	8	1204
Fatick	7	893
Diourbel	6	1408
Kaolack	6	1125
Saint-Louis	6	1137
Kolda	5	1290
Louga	5	1004
Matam	4	888
Tambacounda	4	1043
Ziguinchor	4	1158
Kaffrine	3	1043
Sédhiou	3	833
Kédougou	2	1190

FIGURE 4.9 – Répartition régionale du nombre total de Villages d'au moins 500 habitants à moins de 50 km d'une zone électrifiée

## 4.5 VILLAGES NON-ÉLECTRIFIÉS PROCHES D'UN VILLAGE ÉLECTRIFIÉ RÉCEMMENT

```
-- === REQUÊTE 5: Villages non-électrifiés à moins de 10 km d'un village électrifié depuis moins de 2 ans
-- Comptage total
SELECT
    COUNT(DISTINCT v1.id_village) AS nb_villages_non_electrifies_pres_electrifi_recente
FROM villages v1
INNER JOIN villages v2 ON v2.statut_electrification = 'Électrifié'
INNER JOIN electrification e ON v2.id_village = e.id_village
WHERE v1.statut_electrification = 'Non électrifié'
    AND e.date_electrification >= DATE_SUB(CURDATE(), INTERVAL 2 YEAR)
    AND ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) <= 10000
    AND v1.id_village != v2.id_village;

-- Détail avec informations sur l'électrification récente
SELECT

    v1.nom_village AS village_non_electrifie,
    v1.population,
    v1.region AS region_village,
    v1.accessibilite,
    v2.nom_village AS village_electrifie_recent,
    v2.region AS region_electrifie,
    e.date_electrification,
    ROUND(ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) / 1000, 2) AS distance_km,
    DATEDIFF(CURDATE(), e.date_electrification) AS jours_depuis_electrification
FROM villages v1
INNER JOIN villages v2 ON v2.statut_electrification = 'Électrifié'
INNER JOIN electrification e ON v2.id_village = e.id_village
WHERE v1.statut_electrification = 'Non électrifié'
    AND e.date_electrification >= DATE_SUB(CURDATE(), INTERVAL 2 YEAR)

    AND ST_Distance_Sphere(POINT(v1.longitude, v1.latitude), POINT(v2.longitude, v2.latitude)) <= 10000
    AND v1.id_village != v2.id_village
ORDER BY distance_km ASC, e.date_electrification DESC
LIMIT 20;
```

Dans le cadre de l'analyse spatiale de l'électrification rurale, cette requête SQL vise à identifier les villages non électrifiés situés à proximité immédiate de villages récemment électrifiés. Plus précisément, l'objectif est de repérer les localités non connectées au réseau électrique mais se trouvant à moins de 10 kilomètres d'un village ayant été électrifié au cours des deux dernières années.

La première instruction effectue un comptage agrégé du nombre de villages non électrifiés qui satisfont à ces critères. La logique repose sur une jointure spatiale entre deux ensembles de villages : ceux non électrifiés (v1) et ceux électrifiés (v2), avec une vérification que l'électrification de v2 est intervenue récemment (moins de deux ans à la date du jour) et que la distance géographique (calculée en mètres sphériques) est inférieure ou égale à 10 000 mètres. Seuls les couples de villages distincts sont considérés. La seconde instruction fournit un tableau de détail listant les villages non électrifiés concernés, accompagnés de plusieurs informations descriptives : nom, population, région, niveau d'accessibilité. Pour chaque village, sont également affichés les éléments relatifs au village électrifié voisin : nom, région, date d'électrification, distance en kilomètres, et nombre de jours écoulés depuis son électrification. Les résultats sont triés par proximité croissante et par récence décroissante de l'électrification, et limités aux vingt premiers cas les plus pertinents.

Sur la base de nos données, nous ne trouvons aucun village non\_electrifié se trouvant à moins de 10 km à la ronde d'un village électrifié il y a moins de 2 ans

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

nb_villages_non_electrifies_pres_electrif_recente
0

FIGURE 4.10 – Villages non-électrifiés à moins de 10 km d'un village électrifié il y a moins de 2 ans

Compte tenu de notre jeu de données, cette requête nous renvoie qu'il n'y a aucun village (0) non-électrifié à moins de 10 km d'un village électrifié il y a moins de 2 ans.

## 4.6 CONSOMMATION MOYENNE EN ÉLECTRICITÉ

Afin d'estimer la consommation annuelle moyenne d'un village de 1 000 habitants, nous avons retenu les villages dont la population se situe entre 950 et 1 050 habitants. Ce choix méthodologique repose sur la rareté de villages ayant exactement 1 000 habitants et permet de constituer un échantillon suffisamment large, tout en conservant une population proche de la cible. L'écart de  $\pm 50$  habitants, représentant une variation de 5 %, reste statistiquement acceptable et garantit la représentativité des résultats.

```
-- ----- REQUÊTE 4: Consommation moyenne (kWh) d'un village de mille habitants par an
-- Consommation annuelle moyenne (villages entre 950 et 1050 habitants)
SELECT
    ROUND(AVG(c.consumption_kwh), 2) AS consommation_moyenne_kwh_anuelle,
    COUNT(DISTINCT v.id_village) AS nb_villages_échantillon,
    ROUND(AVG(v.population), 0) AS population_moyenne_échantillon,
    ROUND(HI(c.consumption_kwh), 2) AS consommation_min,
    ROUND(LO(c.consumption_kwh), 2) AS consommation_max,
    ROUND(STDDEV(c.consumption_kwh), 2) AS ecart_type
FROM villages v
INNER JOIN consumptions c ON v.id_village = c.id_village
WHERE v.population BETWEEN 950 AND 1050
AND v.statut_electrification = 'Electrifié'
AND c.mois IS NULL -- Données annuelles seulement
AND c.annee IN (2002, 2003);

-- Consommation par habitant
SELECT
    ROUND(AVG(c.consumption_kwh / v.population), 2) AS consommation_par_habitant_kwh_an,
    ROUND(MIN(c.consumption_kwh / v.population), 2) AS consommation_min_par_hab,
    ROUND(MAX(c.consumption_kwh / v.population), 2) AS consommation_max_par_hab
FROM villages v
INNER JOIN consumptions c ON v.id_village = c.id_village
WHERE v.population BETWEEN 950 AND 1050
AND v.statut_electrification = 'Electrifié'
AND c.mois IS NULL
AND c.annee IN (2002, 2003);

-- Evolution par année
SELECT
    c.annee,
    ROUND(HI(c.consumption_kwh), 2) AS consommation_moyenne,
    ROUND(LQ(c.consumption_kwh / v.population), 2) AS consommation_par_habitant,
    COUNT(DISTINCT v.id_village) AS nb_villages
FROM villages v
INNER JOIN consumptions c ON v.id_village = c.id_village
WHERE v.population BETWEEN 950 AND 1050
AND v.statut_electrification = 'Electrifié'
AND c.mois IS NULL
GROUP BY c.annee;
ORDER BY c.annee;

-- Détail par village (échantillon)
* SELECT
    v.nom_village,
    v.population,
    v.region,
    v.region,
    c.annee,
    c.consumption_kwh,
    ROUND(c.consumption_kwh / v.population, 2) AS consommation_par_habitant
FROM villages v
INNER JOIN consumptions c ON v.id_village = c.id_village
WHERE v.population BETWEEN 950 AND 1050
AND v.statut_electrification = 'Electrifié'
AND c.mois IS NULL
AND c.annee = 2002
ORDER BY c.consumption_kwh DESC
LIMIT 10;
```

FIGURE 4.11 – consommation moyenne (kwh) en électricité d'un village de mille habitants par an

consommation_moyenne_kwh_anuelle	nb_villages_échantillon	population_moyenne_échantillon	consummation_min	consummation_max	ecart_type
40363.01	2	950	38300.30	42300.60	1845.94

FIGURE 4.12 – Statistiques générales

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

Cette requête fournit un aperçu global de la consommation électrique annuelle des villages comptant entre 950 et 1 050 habitants. Elle calcule la consommation moyenne, les valeurs minimale et maximale, ainsi que l'écart-type, permettant de mesurer la dispersion des niveaux de consommation dans cet échantillon.

consommation_par_habitant_kwh_an	consommation_min_par_hab	consommation_max_par_hab
42.49	40.32	44.53

FIGURE 4.13 – Moyenne par habitant

L'objectif ici est de déterminer la consommation moyenne d'électricité par habitant, en kWh par an. Cette approche affine l'analyse en tenant compte de la taille exacte des villages, et met en évidence les écarts entre les moins et les plus consommateurs, à l'échelle individuelle.

annee	consommation_moyenne	consommation_par_habitant	nb_villages
2023	38525.30	40.55	2
2024	42200.73	44.42	2

FIGURE 4.14 – Évolution annuelle

Cette requête compare la consommation électrique moyenne sur deux années (2023 et 2024). Elle permet d'observer les dynamiques d'évolution à la fois en volume total et en consommation par habitant, tout en précisant le nombre de villages concernés chaque année.

nom_village	population	region	annee	consommation_kwh	consommation_par_habitant
Pout	950	Thiès	2024	42300.60	44.53
Sebikotane	950	Dakar	2024	42100.85	44.32

FIGURE 4.15 – Top 10 villages les plus consommateurs

Enfin, cette requête identifie les dix villages de l'échantillon dont la consommation annuelle totale est la plus élevée. Elle fournit des informations détaillées (nom, population, région, consommation totale et par habitant) pour ces villages, mettant en lumière les cas atypiques ou à fort usage énergétique.

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

## 4.7 CINQ APPAREILS LES PLUS UTILISÉS DANS LES VILLAGES ÉLECTRIFIÉS

```
-- ----- REQUÊTE 7: les cinq appareils les plus utilisés dans les villages électrifiés

-- Top 5 par nombre total d'appareils
SELECT
    ae.nom_appareil,
    ae.type_appareil,
    ae.priorite_usage,
    COUNT(DISTINCT ae.id_village) AS nb_villages_utilisent,
    SUM(ae.nombre_appareils_par_type) AS total_appareils,
    ROUND(AVG(ae.nombre_appareils_par_type), 1) AS moyenne_par_village,
    ROUND(
        COUNT(DISTINCT ae.id_village) * 100.0 /
        (SELECT COUNT(*) FROM villages WHERE statut_electrification = 'Electrifié'), 2
    ) AS pourcentage_penetration_villages
FROM appareils_electriques ae
INNER JOIN villages v ON ae.id_village = v.id_village
WHERE v.statut_electrification = 'Electrifié'
GROUP BY ae.nom_appareil, ae.type_appareil, ae.priorite_usage
ORDER BY total_appareils DESC
LIMIT 5;

-- Top 5 par pénétration (pourcentage de villages qui l'utilisent)
SELECT 'TOP 5 par pénétration dans les villages' AS classement;
SELECT
    ae.nom_appareil,
    ae.type_appareil,
    COUNT(DISTINCT ae.id_village) AS nb_villages_utilisent,
    ROUND(
        COUNT(DISTINCT ae.id_village) * 100.0 /
        (SELECT COUNT(*) FROM villages WHERE statut_electrification = 'Electrifié'), 2
    ) AS pourcentage_penetration,
    SUM(ae.nombre_appareils_par_type) AS total_appareils
FROM appareils_electriques ae
INNER JOIN villages v ON ae.id_village = v.id_village
WHERE v.statut_electrification = 'Electrifié'
GROUP BY ae.nom_appareil, ae.type_appareil
ORDER BY pourcentage_penetration DESC, total_appareils DESC
LIMIT 5;

-- Analyse par type d'appareil
SELECT 'ANALYSE par type d\'appareil' AS analyse;
SELECT
    ae.type_appareil,
    COUNT(DISTINCT ae.nom_appareil) AS nb_types_appareils,
    COUNT(DISTINCT ae.id_village) AS nb_villages_utilisent,
    SUM(ae.nombre_appareils_par_type) AS total_appareils,
    ROUND(AVG(ae.nombre_appareils_par_type), 1) AS moyenne_par_village
FROM appareils_electriques ae
INNER JOIN villages v ON ae.id_village = v.id_village
WHERE v.statut_electrification = 'Electrifié'
GROUP BY ae.type_appareil
ORDER BY total_appareils DESC;
```

Cette requête explore les équipements électriques les plus répandus dans les villages électrifiés, selon trois axes complémentaires.

nom_appareil	type_appareil	priorite_usage	nb_villages_utilisent	total_appareils	moyenne_par_village	pourcentage_penetration_villages
Téléphone portable	Communication	Essentiel	22	3380	158.0	52.38
Ampoule LED	Éclairage	Essentiel	27	3287	121.7	64.29
Radio FM	Communication	Important	8	1230	153.8	19.05
Ventilateur	Électroménager	Confort	8	971	121.4	19.05
Television LCD	Communication	Confort	8	736	92.0	19.05

FIGURE 4.16 – Top 5 par nombre total d'appareils

Cette partie identifie les cinq appareils électriques les plus présents en volume total dans les villages électrifiés. Elle indique également leur type, leur priorité d'usage, le nombre de villages dans lesquels ils sont utilisés, la moyenne d'équipements par village, ainsi que leur taux de pénétration sur l'ensemble des villages électrifiés.

nom_appareil	type_appareil	nb_villages_utilisent	pourcentage_penetration	total_appareils
Ampoule LED	Éclairage	27	64.29	3287
Téléphone portable	Communication	22	52.38	3380
Radio FM	Communication	8	19.05	1230
Ventilateur	Électroménager	8	19.05	971
Television LCD	Communication	8	19.05	736

FIGURE 4.17 – Top 5 par taux de pénétration

Dans le cadre de cette analyse, le taux de pénétration d'un appareil correspond au pourcentage de villages électrifiés dans lesquels cet appareil est présent. Il est calculé en rapportant le nombre de villages

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

électrifiés utilisant l'appareil au nombre total de villages électrifiés, puis en multipliant par 100. Ce taux permet de mesurer la diffusion d'un appareil à travers le territoire électrifié, indépendamment du nombre d'exemplaires installés.

## Taux de pénétration

$$\text{Taux de pénétration (\%)} = \frac{\text{Nombre de villages utilisant l'appareil}}{\text{Nombre total de villages électrifiés}} \times 100$$

Ici, l'accent est mis sur la diffusion des appareils en fonction du pourcentage de villages qui en possèdent au moins un. Cette approche permet de mettre en évidence les équipements les plus largement adoptés, même si leur nombre total reste modeste.

type_appareil	nbr_types_appareils	nb_villages_utilisent	total_appareils	moyenne_par_village
Communication	3	22	10346	27,3
Éclairage	1	27	3287	121,7
Électroménager	3	8	1954	85,0
Professionnel	2	7	183	15,3
Éducatif	1	5	61	12,2
Agriculture	1	6	22	3,7
Medical	1	5	16	3,2

FIGURE 4.18 – Analyse par type d'appareil

Enfin, cette analyse regroupe les équipements par grande catégorie (type d'appareil), et fournit des statistiques sur la diversité des modèles, le nombre de villages utilisateurs, le total d'appareils déployés, et la moyenne d'équipements par village. Elle permet de cerner les usages dominants selon les familles d'appareils (éclairage, cuisine, bureautique, etc.).

## 4.8 VILLAGES PRIORITAIRES POUR ÉLECTRIFICATION

FIGURE 4.19 – Villages prioritaires pour électrification

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

Le score d'électrification prioritaire permet de classer les villages non électrifiés selon leur niveau d'urgence pour une intervention. Il repose sur quatre composantes pondérées :

- **Population** (jusqu'à 40 points) : La population est divisée par 1000 pour la ramener à une échelle de 40 points maximum. Si le village dépasse 40 000 habitants, il obtient 40/40. Donc, plus le village est peuplé, plus il a de poids dans le classement.
- **Accessibilité** (20 points) : les villages facilement accessibles sont favorisés pour des raisons logistiques.
- **Proximité d'une infrastructure électrifiée** (20 points) : plus un village est proche d'un site électrifié, plus le coût d'extension est faible.
- **Impact social** (20 points) : un score supplémentaire est attribué aux villages densément peuplés afin de maximiser l'impact social de l'électrification. Ce score simule l'effet multiplicateur de l'électrification selon la taille du village. L'Hypothèse serait que plus la population est grande, plus l'impact social potentiel est important.

Chaque critère est normalisé, puis agrégé pour obtenir un score total sur 100. Ce score permet de hiérarchiser les villages par ordre de priorité en vue d'une électrification efficace et équitable.

### Formule du Score d'Électrification Prioritaire

$$\text{Score total} = \min \left( \frac{\text{Population}}{1000}, 40 \right) + \text{Score}_{\text{accès}} + \text{Score}_{\text{proximité}} + \text{Score}_{\text{impact}}$$

#### Score accès :

Bonne = 20, Moyenne = 10, Difficile = 5

#### Score proximité :

$\leq 10 \text{ km} \rightarrow 20$   
 $\leq 25 \text{ km} \rightarrow 15$   
 $\leq 50 \text{ km} \rightarrow 10$   
 $> 50 \text{ km} \rightarrow 5$

#### Score impact social :

$\geq 5000 \text{ hab.} \rightarrow 20$   
 $\geq 2000 \text{ hab.} \rightarrow 15$   
 $\geq 1000 \text{ hab.} \rightarrow 10$   
 $\geq 500 \text{ hab.} \rightarrow 5$   
 $< 500 \text{ hab.} \rightarrow 2$

nom_village	region	population	accessibilite	score_population	score_accessible	score_proximite	score_impact_sociale	score_priorite_total	priorite_classification
Kaffrine	Kaolack	1400	Moyenne	1.4	10	20	10	41.4	BASSE
Bambaré Est	Diorbel	850	Moyenne	0.9	10	20	5	35.9	BASSE
Malaka Nord	Dakar	780	Moyenne	0.8	10	20	5	35.8	BASSE
Mboeo	Thiès	680	Moyenne	0.7	10	20	5	35.7	BASSE
Diofior	Fatick	670	Moyenne	0.7	10	20	5	35.7	BASSE
Khoumbolé	Thiès	650	Moyenne	0.7	10	20	5	35.7	BASSE
Bignona	Ziguinchor	1200	Moyenne	1.2	10	10	10	31.2	BASSE
Kao	Matam	1000	Moyenne	1.0	10	15	5	31.0	BASSE
Bafelane Ville	Kaffrine	980	Moyenne	1.0	10	15	5	31.0	BASSE
Ross Bethio	Saint-Louis	950	Moyenne	1.0	10	15	5	31.0	BASSE
Birkelane	Kaolack	920	Moyenne	0.9	10	15	5	30.9	BASSE
Gossas	Fatick	850	Moyenne	0.9	10	15	5	30.9	BASSE
Diorbel Nord	Thiès	750	Difficile	0.8	5	20	5	30.8	BASSE
Malem Hodar	Kaolack	750	Difficile	0.8	5	20	5	30.8	BASSE
Sokone	Fatick	700	Difficile	1.2	5	10	10	26.2	BASSE
Dabo	Kolda	1100	Difficile	1.1	5	10	10	26.1	BASSE
Kangalied	Kaolack	1050	Moyenne	1.1	10	5	10	26.1	BASSE
Goodary	Tambacounda	990	Difficile	0.9	5	15	5	25.9	BASSE
Kébeñer	Looga	850	Moyenne	0.9	10	10	5	25.9	BASSE
Missinah	Tambacounda	780	Moyenne	0.8	10	10	5	25.8	BASSE

FIGURE 4.20 – Villages prioritaires pour électrification

## 4.9 BUDGET NÉCESSAIRE POUR ÉLECTRIFICATION COMPLÈTE

FIGURE 4.21 – Budget nécessaire pour électrification complète par région et méthode

Analyse budgétaire pour l'électrification rurale – Explication de la requête SQL

La requête SQL vise à estimer le **budget nécessaire pour électrifier tous les villages non électrifiés** du pays, en tenant compte de leur **population**, de leur **accessibilité**, et des **coûts unitaires des différentes méthodes d'électrification**. Elle comporte deux grandes parties :

Region	Villages	Non_densifying_population	Non_densifying_percent	Total_Wkly_Average	Methodology	Geographic_scope	Avg_payer_per_village	Population_com_million
Karachay	4170	10000	24.4%	69440	90000	2250	65777.78	107777.78
Zagrosian	3	2230	44.6%	267500	69600	2320	329402.30	329402.30
Saint-Louis	2150	51.0	106000	105600	3120	24147.17	24147.17	
Thule	2060	14.0	29400	29400	2000	23111.11	23111.11	
Armenia	4	540	13.6%	12960	11560	3100	19913.94	19913.94
Douzel	2150	30.6	18160	8160	4080	187500.00	187500.00	
Fratic	2150	65.0	19600	20760	5600	16561.06	16561.06	
Uganda	2150	17.6	25560	5000	5000	51466.67	51466.67	
Bambooos	3899	77.8	46680	29520	5004	13177.97	13177.97	
Selous	3	1650	33.0	191000	13560	4520	111681.42	111681.42
Kolda	4730	94.6	56750	47760	8552	96906.35	96906.35	
Agoutou	2150	65.0	23400	23400	5000	93333.33	93333.33	
Dakar	1	750	15.6	9360	NULL	NULL	NULL	NULL
Kufriine	2	1700	34.0	70400	NULL	NULL	NULL	NULL

FIGURE 4.22 – Estimation du budget par région et méthode optimale

Cette première section regroupe les villages non électrifiés par **région**, et calcule plusieurs indicateurs clés :

## villages non electrifies

Nombre total de villages non électrifiés dans chaque région.

#### **population non électrifiée**

Total des habitants concernés.

### **puissance totale kw estimee**

Estimation de la puissance nécessaire (2 kW par 100 habitants).

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

## **cout\_methode\_economique**

Coût total en utilisant uniquement la méthode la moins chère (coût unitaire minimum).

## **cout\_methode\_adaptee**

Coût total en choisissant la méthode d'électrification la plus adaptée selon l'accessibilité :

- **Facile** → Réseau national
- **Moyenne** → Solaire photovoltaïque
- **Difficile** → Générateur diesel

## **cout\_moyen\_par\_village**

Coût moyen d'électrification par village.

## **ratio\_population\_cout\_millions**

Score de priorité budgétaire :  $\frac{\text{Population}}{\text{Coût total (en millions FCFA)}}$ .

Cette partie permet de **prioriser les régions** dans une planification budgétaire fondée sur le retour sur investissement.

nom_type	source_energie	cout_installation_par_les_villages_adapte	population_adaptee	budget_millions_fcfa
Générateur diesel	Hydrocarbure	600.00	46	35620

FIGURE 4.23 – Détail par type de méthode d'électrification

Cette section fournit une synthèse **par type de technologie** au niveau national :

## **nom\_type**

Méthode d'électrification (Réseau, Solaire, Diesel).

## **source\_energie**

Source d'énergie utilisée.

## **cout\_installation\_par\_kw**

Coût unitaire d'installation par kilowatt.

## **villages\_adaptes**

Nombre de villages pour lesquels cette méthode est adaptée.

## **population\_adaptee**

Nombre total d'habitants concernés.

## **budget\_millions\_fcfa**

Budget estimé pour électrifier cette population avec cette méthode.

Cette section permet de **comparer l'efficacité et les coûts globaux** des différentes technologies d'électrification.

Cette double analyse SQL fournit une estimation réaliste des besoins financiers ; aide à choisir entre différentes stratégies d'électrification et facilite la priorisation des investissements publics ou privés en fonction de la population concernée et de l'accessibilité des zones.

## 4.10 VILLAGES ÉLECTRIFIABLES SUR UNE LIGNE

```

-- REQUETTES 10 : VILLAGES ÉLECTRIFIABLES SUR UNE LIGNE
-- =====

-- Ligne électrique Dakar-Tambacounda (axe principal)
-- Paramètres de la ligne Dakar-Tambacounda
-- Dakar: POINT(-17.4441, 14.6937)
-- Tambacounda: POINT(-13.6667, 13.7667)

WITH ligne_electrique AS (
    SELECT
        -17.4441 AS point_A_lon, 14.6937 AS point_A_lat, -- Dakar
        -13.6667 AS point_B_lon, 13.7667 AS point_B_lat -- Tambacounda
)
,villes_distances AS (
    SELECT
        v.*,
        le.point_A_lon, le.point_A_lat, le.point_B_lon, le.point_B_lat,
        -- Distance du village à la ligne électrique (formule point-à-ligne)
        ROUND(
            ABS(
                ((le.point_B_lat - le.point_A_lat) * (le.point_A_lon - v.longitude)) -
                ((le.point_A_lon - le.point_B_lon) * (le.point_A_lat - v.latitude))
            ) /
            SQRT(
                POW((le.point_B_lat - le.point_A_lat), 2) +
                POW((le.point_B_lon - le.point_A_lon), 2)
            ) * 111, 2 -- Conversion en km
        ) AS distance_ligne_km,
        -- Position sur la ligne (pour optimiser l'ordre d'électrification)
        ROUND(
            ((v.longitude - le.point_A_lon) * (le.point_B_lon - le.point_A_lon)) +
            ((v.latitude - le.point_A_lat) * (le.point_B_lat - le.point_A_lat)) /
            (POW((le.point_B_lon - le.point_A_lon), 2) + POW((le.point_B_lat - le.point_A_lat), 2)), 3
        ) AS position_ligne_ratio
    FROM villages v
    CROSS JOIN ligne_electrique le
)
SELECT
    COUNT(*) AS total_villages_electrifiables,
    COUNT(CASE WHEN statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 1 END) AS villages_non_electrifies_electrifiables,
    COUNT(CASE WHEN statut_electrification = 'Électrifié' THEN 1 END) AS villages_deja_electrifies,
    SUM(population) AS population_totale_electrifiable,
    SUM(CASE WHEN statut_electrification = 'non électrifiée' THEN population ELSE 0 END) AS population_non_electrifie_electrifiable,
    SUM(CASE WHEN statut_electrification = 'non électrifiée' THEN population ELSE 0 END) AS population_moyenne_ligne,
    ROUND(AVG(population), 0) AS population_moyenne_village
FROM villes_distances
WHERE distance_ligne_km <= 20;

-- Détail des villages électrifiables sur la ligne Dakar-Tambacounda
SELECT 'DÉTAIL: Villages électrifiables sur ligne Dakar-Tambacounda' AS detail;

WITH ligne_electrique AS (
    SELECT -17.4441 AS point_A_lon, 14.6937 AS point_A_lat, -13.6667 AS point_B_lon, 13.7667 AS point_B_lat
)
,villes_distances AS (
    SELECT
        v.*,
        le.point_A_lon, le.point_A_lat, le.point_B_lon, le.point_B_lat,
        -- Distance du village à la ligne électrique (formule point-à-ligne)
        ROUND(
            ABS((le.point_B_lat - le.point_A_lat) * (le.point_A_lon - v.longitude)) -
            ((le.point_A_lon - le.point_B_lon) * (le.point_A_lat - v.latitude)) /
            SQRT(POW((le.point_B_lat - le.point_A_lat), 2) + POW((le.point_B_lon - le.point_A_lon), 2)) * 111, 2
        ) AS distance_ligne_km,
        -- Position sur la ligne (pour optimiser l'ordre d'électrification)
        ROUND(
            ((v.longitude - le.point_A_lon) * (le.point_B_lon - le.point_A_lon)) +
            ((v.latitude - le.point_A_lat) * (le.point_B_lat - le.point_A_lat)) /
            (POW((le.point_B_lon - le.point_A_lon), 2) + POW((le.point_B_lat - le.point_A_lat), 2)), 3
        ) AS position_ligne_ratio
    FROM villages v
    CROSS JOIN ligne_electrique le
)
SELECT
    nom_village,
    region,
    population,
    statut_electrification,
    accessibilite,
    distance_ligne_km,
    position_ligne_ratio,
    CASE
        WHEN position_ligne_ratio < 0 THEN 'Avant Dakar'
        WHEN position_ligne_ratio > 1 THEN 'Après Tambacounda'
        ELSE CONCAT('Km ', ROUND(position_ligne_ratio *
            ROUND(ST_Distance_Sphere(POINT(-17.4441, 14.6937), POINT(-13.6667, 13.7667)) / 1000, 0), 0))
    END AS position_sur_ligne,
    -- Priorité électrification (score basé sur population et distance)
    ROUND(
        (population / 1000) * 0.6 + -- 60% population
        ((20 - distance_ligne_km) / 20) * 0.4 * 10, 1 -- 40% proximité ligne
    ) AS score_priorite
FROM villes_distances
WHERE distance_ligne_km <= 20
    AND statut_electrification = 'Non électrifié'
ORDER BY position_ligne_ratio ASC, score_priorite DESC
LIMIT 25;

```

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

Cette requête SQL identifie et priorise les villages électrifiables le long de la ligne électrique Dakar-Tambacounda. Elle calcule automatiquement la distance de chaque village à la ligne électrique (formule géométrique point-à-ligne) et sélectionne ceux situés dans un rayon de 20 km. Pour chaque village éligible, elle détermine sa position kilométrique précise sur l'axe Dakar-Tambacounda. Cet outil permet de planifier efficacement les extensions du réseau électrique en identifiant quels villages raccorder en priorité selon leur potentiel démographique et leur faisabilité technique, tout en optimisant l'ordre géographique des travaux le long de l'infrastructure existante.

total_villages_electrifiables	villages_non_electrifies_electrifiables	villages_deja_electrifies	population_totale_electrifiable	population_non_electrifiee_electrifiable	distance_moyenne_ligne	population_moyenne_village
18	5	13	19750	3410	5.75	1097

FIGURE 4.25 – Résumé statistique

Les statistiques globales sont dégagées notamment le nombre total de villages électrifiables, la répartition électrifiés/non-électrifiés, les populations concernées et distance moyenne à la ligne.

nom_village	region	population	statut_electrification	accessibilite	distance_ligne_km	position_ligne_ratio	position_sur_ligne	score_priorite
Malika Nord	Dakar	780	Non électrifié	Moyenne	8.51	0.011	Km 5	2.8
Khombole	Thiès	650	Non électrifié	Moyenne	1.65	0.101	Km 42	4.1
Mboro	Thiès	680	Non électrifié	Moyenne	1.85	0.111	Km 47	4
Dahra	Louga	650	Non électrifié	Difficile	18.88	0.449	Km 189	0.6
Thilogue	Matam	650	Non électrifié	Difficile	8.44	0.93	Km 391	2.7

FIGURE 4.26 – Détail des villages prioritaires (

Le classement prioritaire liste les villages non électrifiés les plus prioritaires, ordonnés par position géographique sur la ligne, avec un score de priorité combinant la taille de population (60%) et la proximité de la ligne électrique (40%).

## 4.11 CLASSEMENT DES VILLAGES PAR IMPORTANCE DÉMOGRAPHIQUE

```
-- =====
-- REQUETTE 11 : CLASSEMENT VILLAGES PAR IMPORTANCE DÉMOGRAPHIQUE
-- =====

-- Classement général avec indicateurs démographiques
SELECT
    ROW_NUMBER() OVER (ORDER BY population DESC) AS rang_national,
    nom_village,
    region,
    population,
    statut_electrification,
    accessibilite,

    -- Catégorie démographique
    CASE
        WHEN population >= 100000 THEN 'Métropole'
        WHEN population >= 50000 THEN 'Grande ville'
        WHEN population >= 20000 THEN 'Ville moyenne'
        WHEN population >= 10000 THEN 'Petite ville'
        WHEN population >= 5000 THEN 'Gros village'
        WHEN population >= 2000 THEN 'Village moyen'
        WHEN population >= 1000 THEN 'Village'
        ELSE 'Petit village'
    END AS categorie_demographique,

    -- Pourcentage de la population nationale
    ROUND(population * 100.0 / (SELECT SUM(population) FROM villages), 3) AS pct_population_nationale,

    -- Rang dans la région
    ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY region ORDER BY population DESC) AS rangRegional,
    -- Densité relative dans la région
    ROUND(population * 100.0 /
        (SELECT SUM(population) FROM villages v2 WHERE v2.region = villages.region), 2) AS pct_population_regionale,

    -- Priorité électrification basée sur démographie
    CASE
        WHEN population >= 50000 AND statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'URGENTE'
        WHEN population >= 20000 AND statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'TRÈS HAUTE'
        WHEN population >= 10000 AND statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'HAUTE'
        WHEN population >= 5000 AND statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'MOYENNE'
        WHEN population >= 2000 AND statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'NORMALE'
        WHEN statut_electrification = 'Non électrifié' THEN 'BASSE'
        ELSE 'ÉLECTRIFIÉ'
    END AS priorite_electrification
FROM villages
ORDER BY population DESC
LIMIT 30;

-- Classement par région avec statistiques démographiques
SELECT 'CLASSEMENT: Top villages par région' AS classementRegional;

SELECT
    region,
    nom_village,
    population,
    statut_electrification,
    ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY region ORDER BY population DESC) AS rangRegional,
    -- Indicateurs régionaux
    ROUND(population * 100.0 / SUM(population) OVER (PARTITION BY region), 2) AS pct_population_regionale,
    ROUND(population * 100.0 / AVG(population) OVER (PARTITION BY region), 1) AS ratio_population_moyenne_regionale,
    -- Comparaison nationale
    ROUND(population * 100.0 / (SELECT AVG(population) FROM villages), 1) AS ratio_population_moyenne_nationale
FROM villages
WHERE population >= 1000 -- Focus sur villages significatifs
ORDER BY region ASC, population DESC;

-- Analyse démographique par catégorie de taille
SELECT 'ANALYSE: Répartition démographique par catégorie' AS analyseDemographique;
SELECT
    CASE
        WHEN population >= 100000 THEN 'Métropole (100k+)'
        WHEN population >= 50000 THEN 'Grande ville (50-100k)'
        WHEN population >= 20000 THEN 'Ville moyenne (20-50k)'
        WHEN population >= 10000 THEN 'Petite ville (10-20k)'
        WHEN population >= 5000 THEN 'Gros village (5-10k)'
        WHEN population >= 2000 THEN 'Village moyen (2-5k)'
        WHEN population >= 1000 THEN 'Village (1-2k)'
        ELSE 'Petit village (<1k)'
    END AS categorie_taille,
    COUNT(*) AS nb_villages
    
```

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

Cette requête SQL permet une lecture fine de la situation démographique des villages et de leur statut d'électrification.

### Objectif général

Cette requête outille les décideurs pour :

- Cibler les zones les plus peuplées non électrifiées,
- Planifier les investissements par ordre d'urgence,
- Adapter les stratégies par région et par taille de village,
- Et prioriser les projets à fort impact social et démographique.

rang_national	nom_village	region	population_totale	electrification	inaccessibilite	catégorie_démographique	pct_population_nationale	pct_population_regionale	priorité_electrification
1	Trois Trois	Diorbel	3290	Electrifié	Facile	Village moyen	3.703	1	37,87
2	Thiès Ouest	Thiès	2780	Electrifié	Facile	Village moyen	2.440	1	25,45
3	Kolda Centre	Kolda	2720	Electrifié	Facile	Village moyen	2.403	1	23,33
4	Diamniadio	Dakar	2100	Electrifié	Facile	Village moyen	2.299	1	21,54
5	Ziguinchor Centre	Ziguinchor	2100	Electrifié	Facile	Village moyen	2.299	1	21,54
6	Tambacounda Centre	Tambacounda	1900	Electrifié	Facile	Village moyen	2.000	1	20,79
7	Refugee Est	Dakar	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	2	18,46
8	Richard Toll	Saint-Louis	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	1	23,38
9	Thiès Sud	Thiès	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	2	18,49
10	Dinguiraye Centre	Dinguiraye	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	2	23,30
11	Kolda Sud	Kolda	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	1	23,08
12	Kaochack Sud	Kaochack	1890	Electrifié	Facile	Village	1.970	1	23,08
13	Kabouga Centre	Kabouga	1890	Electrifié	Facile	Village moyen	1.970	1	47,00
14	Diourbel Centre	Diourbel	1890	Electrifié	Facile	Village moyen	1.970	1	29,09
15	Kaffrine Centre	Kaffrine	1890	Electrifié	Facile	Village	1.642	3	38,96
16	Bamby	Thiès	1890	Electrifié	Facile	Village	1.642	3	15,58
17	Kaffrine	Kolda	1400	Non electrifié	Difficile	Moyenne Village	1.532	2	17,95
18	Diourbel	Diourbel	1400	Non electrifié	Difficile	Moyenne Village	1.532	2	16,57
19	Media Yoro Foulad	Kolda	1350	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.478	2	14,32
20	Sédhiou Centre	Sédhiou	1300	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.423	1	44,07
21	Fatick Centre	Fatick	1290	Non electrifié	Difficile	Moyenne Village	1.423	1	20,80
22	Véliguara	Kolda	1250	Non electrifié	Difficile	Village	1.368	3	13,26
23	Bignona	Dakar	1200	Electrifié	Facile	Village	1.313	3	12,31
24	Saint-Louis Bouliéré	Saint-Louis	1200	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.313	2	15,38
25	Massalikoul Djina	Massalikoul Djina	1200	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.313	2	23,82
26	Nioto du Rip	Kaochack	1200	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.313	3	15,38
27	Bignona	Ziguinchor	1200	Non electrifié	Difficile	Moyenne Village	1.313	2	23,62
28	Gagnick	Dakar	1150	Non electrifié	Difficile	Moyenne Village	1.259	4	11,79
29	Sokone	Fatick	1150	Non electrifié	Difficile	Village	1.259	2	18,40
30	Diossock	Kolda	1150	Electrifié	Facile	Moyenne Village	1.259	4	17,20
31	Dabo	Kolda	1100	Non electrifié	Difficile	Village	1.204	5	11,66

FIGURE 4.28 – Classement national Top 30 villages

Les villages sont triés par taille de population, avec des indicateurs comme :

- Le rang national et régional (classement par taille dans le pays et dans leur région),
- Une **catégorie démographique** (petit village, village moyen, ville moyenne, etc.),
- Le **pourcentage de la population nationale et régionale** représenté par chaque village,
- Une **priorité d'électrification** calculée selon la taille et le statut de chaque localité.

Cela permet d'identifier rapidement les villages stratégiques à électrifier en priorité.

region	nom_village	population_totale	electrification	inaccessibilite	pct_population_nationale	pct_population_moyenne	pct_population_moyenne_nationale
Dakar	Diamniadio	2100	Electrifié	3	31,69	134,0	202,3
Dakar	Rufisque Est	1800	Electrifié	2	25,80	115,2	173,4
Dakar	Refugee Est	1890	Electrifié	2	25,80	115,2	173,4
Dakar	Sangalkam	1150	Electrifié	3	18,49	77,6	109,8
Diorbel	Diourbel	3290	Electrifié	2	50,00	150,0	300,2
Diorbel	Dissebel Centre	1800	Electrifié	2	25,13	104,4	173,4
Diorbel	Massalikoul Djina	1200	Electrifié	2	25,13	104,4	173,4
Fatick	Fatick Centre	1300	Electrifié	3	53,06	106,1	125,2
Fatick	Sokone	1150	Non electrifié	2	46,94	93,9	110,8
Kolda	Kolda Centre	2720	Electrifié	3	100,00	100,0	148,5
Kolda	Kaochack Sud	1890	Electrifié	3	33,03	137,1	173,4
Kolda	Kaffrine	1400	Non electrifié	2	25,69	102,8	134,9
Kolda	Nioto du Rip	1200	Electrifié	3	22,02	88,1	115,6
Kolda	Kabouga Centre	1890	Electrifié	3	32,27	107,1	140,1
Kolda	Kédiogou Centre	1890	Electrifié	3	32,27	107,1	140,1
Kolda	Kédiogou Centre	1890	Electrifié	3	100,00	100,0	173,4
Kolda	Kolda Centre	2280	Electrifié	3	31,21	136,0	211,9
Kolda	Massalikoul Djina	1200	Electrifié	2	10,93	57,5	130,0
Kolda	Véliguara	1250	Non electrifié	3	17,73	88,7	120,4
Kolda	Diossock	1150	Electrifié	3	16,51	81,6	110,8
Kolda	Dabo	1100	Non electrifié	3	15,60	78,0	106,0
Louga	Louga Centre	1000	Electrifié	2	57,14	113,3	151,1
Louga	Louga Centre	1200	Electrifié	2	42,86	85,7	115,6
Matam	Matam Centre	1100	Electrifié	3	100,00	100,0	106,0
Matam	Saint-Louis	1000	Electrifié	3	100,00	100,0	106,0
Saint-Louis	Saint-Louis Ouest	1000	Electrifié	3	30,89	93,9	117,4
Saint-Louis	Saint-Louis Bouliéré	1200	Electrifié	2	21,30	93,2	112,6
Saint-Louis	Dagna	1100	Electrifié	3	21,36	85,4	106,0
Saint-Louis	Ndoye	1050	Electrifié	3	20,39	81,6	101,1
Saint-Louis	Massalikoul Djina	1200	Electrifié	2	100,00	100,0	122,2
Tambacounda	Tambacounda Centre	1900	Electrifié	3	64,41	178,8	183,0
Tambacounda	Bakalat	1050	Non electrifié	2	35,59	71,2	101,1
Thiès	Thiès Ouest	2200	Electrifié	3	104,53	133,3	211,9
Thiès	Thiès Ouest	1000	Electrifié	2	27,27	69,1	124,4
Thiès	Bamby	1500	Electrifié	3	22,73	90,9	144,5
Thiès	Tivounoune Sud	1100	Electrifié	3	16,67	86,7	106,0
Ziguinchor	Ziguinchor Centre	1800	Non electrifié	2	65,64	127,3	208,2
Ziguinchor	Bignona	1200	Non electrifié	2	36,36	72,7	115,6

FIGURE 4.29 – Analyse régionale

Cette section extrait les plus gros villages par région ( 1 000 habitants) et fournit :

- Leur part dans la population régionale,

# ECOLE NATIONALE DE LA STATISTIQUE ET DE L'ANALYSE ECONOMIQUE

## Conception d'une base de données pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal

- Leur rapport à la population moyenne de leur région et du pays,
- Un outil de comparaison démographique intra- et interrégionale.

catégorie_village	nombre_villages	population_totale	population_moyenne	population_min	population_max	pop_village	pop_géographie	electrified	non_electrified	taux_electrification_pct
Village moyen (2-5k)	100	2160	21.60	1070	3120	19.48	10.27	0	0	100.0
Village (1-2k)	31	62100	1965	1250	1900	15.23	48.30	24	77	27.0
Petit village (<1k)	52	37260	717	180	980	59.09	40.78	13	39	25.0

FIGURE 4.30 – Analyse de la répartition par catégorie de taille

On agrège ici les villages selon leur classe démographique (ex : “Petite ville”, “Gros village”) pour :

- Comptabiliser le nombre total de villages par catégorie,
- Mesurer leur poids démographique (population totale, moyenne, min/max),
- Calculer le **taux d'électrification par classe de taille**.

Cette vue synthétique donne une vision macroscopique du niveau d'électrification selon la taille des agglomérations.

rang_priorité	nom_village	region	population	densité	puissance_necessaire_kw	estimation_budget	electrification_entre_fili	distance_zonal_electrifié	los_pouvoirs_gouvernement
1	Kaffrine	Kedougou	1440	Moyenne	21.0	350000	0	0	NORMAL
2	Veléparé	Kédougou	1250	Difficile	21.0	312500	80.76	0	NORMAL
3	Bignona	Ziguinchor	1200	Moyenne	21.0	300000	26.2	0	NORMAL
4	Sokone	Fatick	1150	Difficile	21.0	287500	29.22	0	NORMAL
5	Diol	Diola	100	Difficile	21.0	227500	56.1	0	NORMAL
6	Thiès	Dakar	100000	Difficile	21.0	2200000	56.41	0	NORMAL
7	Koumpent	Kedougou	1050	Moyenne	21.0	262500	74.88	0	NORMAL
8	Bagadadi	Kédié	980	Difficile	19.6	245000	50	0	NORMAL
9	Katol	Matam	980	Moyenne	19.6	242000	13.74	0	NORMAL
10	Bréka	Ville de Dakar	980	Moyenne	19.6	240000	19.66	0	NORMAL
11	Bara Bokhol	Dakar Louis	980	Moyenne	19.6	237000	21.22	0	NORMAL
12	Bréka	Kedougou	920	Moyenne	18.4	230000	19.86	0	NORMAL
13	Goudiay	Tambacounda	980	Difficile	17.8	222500	18.18	0	NORMAL
14	Podor	Saint-Louis	880	Difficile	17.6	220000	58.45	0	NORMAL
15	Kébeur	Louga	850	Moyenne	17.0	212500	34.82	0	NORMAL
16	Gossas	Dakar	850	Moyenne	17.0	210000	24.16	0	NORMAL
17	Bamby Est	Dakar	850	Moyenne	17.0	212500	9	0	NORMAL
18	Malika Nord	Dakar	780	Moyenne	15.6	195000	6.6	0	NORMAL
19	Misserih	Tambacounda	780	Moyenne	15.6	190000	43.4	0	NORMAL
20	Rastou	Matam	750	Difficile	15.0	187500	76.7	0	NORMAL

FIGURE 4.31 – Priorités absolues

Enfin, cette section identifie les 20 villages les plus peuplés non électrifiés, avec :

- Le budget estimé pour leur électrification (basé sur 250 FCFA/habitant),
- La puissance requise estimée (2 kW pour 100 habitants),
- Leur distance au village électrifié le plus proche (en km),
- Un **niveau de priorité explicite** :
  - Urgence nationale
  - Priorité régionale
  - Important
  - Normal

**CHAPITRE 5**

# Tableau de Bord Interactif avec Rshiny

Cette version élargie nous a permis de mieux refléter la diversité des situations en matière d'électrification rurale, en intégrant notamment des variables supplémentaires liées à l'accessibilité géographique, à la démographie, à la proximité des infrastructures énergétiques, ainsi qu'à des critères de priorité sociale. Dans une démarche d'innovation technique au sein de ce projet, nous avons également développé un tableau de bord interactif avec R Shiny. Cet outil permet d'explorer de manière intuitive et dynamique plusieurs indicateurs clés tels que :

- la carte des villages électrifiés et non électrifiés,
- la priorisation des zones à électrifier selon différents critères,
- les propositions de types d'électrification optimaux sur 20 ans,
- la recherche géographique par rayon autour d'un point,
- et bien d'autres fonctionnalités pertinentes pour l'aide à la décision.

Ce tableau de bord constitue une plus-value au projet initial en transformant une base de données statique en un outil visuel, interactif et opérationnel, au service des politiques d'électrification.

Voici le lien vers notre application R Shiny : [Clique ici pour accéder à l'application R Shiny](#)

Le tableau de bord interactif R Shiny a été élaboré en nous appuyant sur une base de données enrichie, contenant des informations détaillées sur plus de 200 villages. Cette extension a été réalisée dans une logique d'innovation par rapport au projet initial mené sous MySQL, dont la base de données de départ était plus restreinte.

[Cliquez ici pour accéder à toutes les bases de données sur GitHub.](#)

**CHAPITRE 6**

# Conclusion

En somme, ce rapport présente la conception détaillée et l'implémentation d'une base de données relationnelle robuste\*\* pour la gestion de l'électrification rurale au Sénégal. Face à l'enjeu majeur que représente l'accès à l'électricité pour le développement socio-économique des zones rurales, l'Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale (ASER) a initié ce projet pour centraliser et organiser des informations cruciales concernant les près de 15 000 villages du pays.

Le schéma relationnel élaboré modélise de manière complète les différentes dimensions de l'électrification, incluant des tables clés telles que 'VILLAGES' (avec identifiants uniques, données géographiques et démographiques, statut d'électrification), 'TYPE\_ELECTRIFICATION' (cataloguant les modes d'électrification et leurs coûts), des tables pour les opérations d'électrification, les tracés de lignes électriques ('LIGNE\_CONTINUE'), les consommations énergétiques, les appareils électriques utilisés, et la gestion des projets ('PROJETS\_ELECTRIFICATION'). Les relations établies entre ces entités, via des clés étrangères et des liens géographiques, assurent une cohérence des données et permettent une traçabilité complète de chaque opération, équipement et consommation à l'échelle du village, tout en intégrant le facteur spatial essentiel à l'optimisation.

Cette fondation de données fiable est conçue pour répondre à des besoins métiers essentiels. Le rapport a démontré l'efficacité de cette base à travers diverses requêtes SQL, illustrant sa capacité à :

- Identifier rapidement l'état d'électrification des villages et quantifier les besoins non couverts.
- Prioriser les interventions en fonction de critères démographiques, géographiques et d'accessibilité.
- Optimiser les choix technologiques et les itinéraires d'approvisionnement, notamment en comparant les coûts à long terme des différents modes d'électrification.
- Estimer les budgets nécessaires pour une électrification complète par région et méthode.
- Analyser la consommation énergétique moyenne et par habitant, ainsi que l'évolution annuelle des usages.
- Faire l'inventaire des équipements électriques les plus utilisés, offrant une compréhension des usages énergétiques.
- Piloter et suivre chaque projet depuis la planification jusqu'à l'exploitation.

L'alimentation de la base de données avec des données réalistes pour 100 villages représentatifs, 10 types d'électrification, plus de 60 opérations, 40 projets et de nombreuses données de consommation et d'appareils, a permis de valider son caractère opérationnel et sa richesse pour l'analyse et l'optimisation sur l'ensemble du territoire sénégalais.

En définitive, ce projet représente une étape essentielle vers une meilleure gouvernance de l'électrification rurale. Il fournit un outil décisionnel puissant, permettant à l'ASER de planifier, suivre et optimiser ses actions de manière plus efficace et équitable, contribuant ainsi de manière significative au développement durable du Sénégal.