



Étude cofinancée par
la Commission Européenne
Contrat de Subvention
n°9 ACP RPR 498

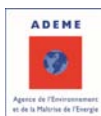


Club des Agences et Structures nationales
africaines en charge de l'Électrification Rurale
(Club-ER)



Outils et méthodologies de planification de l'électrification rurale

Décembre 2010



RÉDACTION

Samuel WATCHUENG

Adrien JACOB

Romain FRANDJI

COORDINATION THÉMATIQUE

Société d'Opération Ivoirienne d'Électricité (SOPIE)

Business Unit (BU)

01 BP 8529 Abidjan 01 Côte d'Ivoire

Tél. : +225 20 20 60 39

Fax: +225 20 32 74 77

Site Web : www.sopie.ci

Email : jlyao@sopie.ci

CONTACTS :

Jean-Luc YAO BI, Directeur Business Unit

Yves-Serge AHOUSSOU, Chef de service Études

SECRÉTARIAT DU CLUB-ER

Innovation Énergie Développement (IED)

2 Chemin de la Chauderaie

69340 Francheville, France

Tél. : +33 4 72 59 13 20

Fax : + 33 4 72 59 13 39

Site Web : www.club-er.org

Email : secretariat@club-er.org

CONTACTS :

Denis RAMBAUD-MEASSON, Directeur Général

Anjali SHANKER, Directeur Général Délégué

Samuel WATCHUENG, Directeur Stratégie et Développement

Ce document a été produit à partir de l'expérience des membres du CLUB-ER, des échanges au cours des ateliers thématiques organisés par le CLUB-ER, le Secrétariat du CLUB-ER et des contributions d'experts. Il constitue un document de travail pour alimenter les réflexions et les échanges d'expériences entre institutions africaines en charge de l'électrification rurale.

Le contenu de la présente publication relève de la seule responsabilité du CLUB ER et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant l'avis de l'Union Européenne, ni la position officielle des membres du CLUB-ER.

LISTE DES ABRÉVIATIONS

CAP REDEO	Capacity and institutional strengthening for Rural Electrification and development, Decentralised Energy Options	LEAP	Long-range Energy Alternatives Planning
CEDEAO	Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest	LIRE	Lao Institute for Renewable Energy
CEMAC	Communauté Économique et Monétaire de l'Afrique Centrale	MEPRED	Mainstreaming Energy for Poverty Reduction and Economic Development
COPPER	Comité élargi de Planification et de Programmation de l'Électrification Rurale	NEPLAN	Power System Analysis and Engineering
DME	Department of Minerals and Energy	OMD	Objectifs du Millénaire pour le Développement
DSRP	Document de Stratégie pour la Réduction de la Pauvreté	PANERP	Plan National Énergie pour la Réduction de la Pauvreté
ENABLE	A wearable system supporting services to « enable » elderly people to live well, independently and at ease	PDSE	Plan de Développement du Secteur de l'Électricité
ENERGIS	Planificación Energética Regional utilizando tecnología GIS	PERG	Programme d'Électrification Rurale Global
ERD	Électrification Rurale Décentralisée	PDSEN	Programme de Développement du Secteur de l'Énergie
ESMAP	Energy Sector Management Assistance Program	PME	Petites et Moyennes Entreprises
GEOSIM	Geographic Simulation for rural electrification	POWERWORLD simulator	The Visual Approach to Analyzing Power Systems
GIPSY	Logiciel d'aide à la conception et la planification de réseaux électriques	PV	Photovoltaïque
HOMER	Energy Modeling Software for Hybrid Renewable Energy Systems	RETScreen	Logiciel gratuit d'analyse de projets d'énergies propres
IDH	Indice du Développement Humain	SIG	Système d'Information Géographique
IMPROVES-RE	Improving Economic and Social impact of Rural Electrification	SOLARGIS	Integration of renewable energies for electricity production in rural areas
JASP	Jiaotong Automatic System Planning Package	SWER	Single Wire Earth Return
LAP	Low Voltage Electrification Analysis and Planning	UEMOA	Union Économique et Monétaire Ouest Africaine
LAPER	Logiciel d'Aide à la Planification d'Électrification Rurale	ViPOR	The Village Power Optimization model of electric Renewables
		WASP	Wien Automatic System Planning Package
		ZEM	Zone d'Électrification Multisectorielle

MEMBRES DU GROUPE THÉMATIQUE AYANT PARTICIPÉ AUX TRAVAUX

ABERME	Agence Béninoise d'Électrification Rurale et de Maîtrise de l'Énergie
ACER	Agence Centrafricaine d'Électrification Rurale
ADER	Agence de Développement de l'Électrification Rurale (Madagascar)
ADER	Agence de Développement de l'Électrification Rurale (Mauritanie)
AER	Agence d'Électrification Rurale (Cameroun)
AMADER	Agence Malienne pour le Développement de l'Énergie Domestique et l'Électrification Rurale
ANER	Agence Nationale d'Électrification Rurale (Congo)
ARSEL	Agence de Régulation du Secteur Électrique (Cameroun)
ASER	Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale
BERD	Bureau de l'Électrification Rurale Décentralisée (Guinée)
CER	Cellule d'Électrification Rurale (Niger)
DE	Direction de l'Énergie (Tchad)
DER	Direction de l'Électrification Rurale (Côte d'Ivoire)
DGE	Direction Générale de l'Énergie (République Centrafrique)
DGE	Direction Générale de l'Énergie (Togo)
DGERH	Direction Générale de l'Énergie et des Ressources Hydrauliques (Gabon)
DNE	Direction Nationale de l'Énergie (Guinée)
FDE	Fonds de Développement de l'Électrification (Burkina Faso)
FDSEL	Fonds de Développement du Secteur Électrique (Congo)
SOPIE	Société d'Opération Ivoirienne d'Électricité

TABLE DES MATIÈRES

■ SYNTHÈSE	7
1 PROBLÉMATIQUES DE LA PLANIFICATION DE L'ÉLECTRIFICATION RURALE	12
1 1 Qui planifie ?.....	13
1 2 Que planifie-t-on ?.....	21
1 3 Qù planifie-t-on ?.....	23
1 4 Quand faut-il planifier ?.....	24
1 5 Comment planifie-t-on ?.....	26
1 6 Combien cela coûte-t-il ?.....	35
1 7 Pourquoi planifie-t-on ?.....	38
2 ÉTAT DE L'ART	40
2 1 Typologie des méthodologies actuelles.....	41
2 2 Outils informatiques d'aide à la planification.....	43
3 ÉTAT DES LIEUX	48
3 1 Statistiques générales des réponses au questionnaire.....	49
3 2 Méthodologies actuellement utilisées par les membres du CLUB-ER.....	49
3 3 Outils disponibles auprès des membres du CLUB-ER.....	51
4 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	52
4 1 Un changement de paradigme depuis le début des années 2000.....	52
4 2 Recommandations pour améliorer la planification.....	53
■ RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES	54

TABLEAUX & GRAPHIQUES

- Tableau 1.** Engagements contractuels de AES-SONEL concernant l'accroissement de la desserte - p.19
- Tableau 2.** Exemples de services énergétiques pour les secteurs de la santé, de l'éducation et de l'eau potable (ENABLE, 2007) - p.27
- Graphique 1.** Subvention de l'électrification rurale : cas de la Province du Centre au Cameroun - p.14
- Graphique 2.** Liens entre énergie et développement - p.15
- Graphique 3.** Découpage par l'AMADER des Zones d'Électrification Multisectorielles au Mali (ZEM) - p.17
- Graphique 4.** Degré d'insatisfaction de la demande en zone rurale avec accès au réseau en Côte d'Ivoire (1960-2001) - p.30
- Graphique 5.** Contournement d'une Aire protégée par les lignes électriques au Burkina Faso - p.32
- Graphique 6.** Analyse des zones d'influences de pôles de développement au Burkina Faso - p.33

Synthèse

Le Club des agences et structures africaines en charge de l'électrification rurale (CLUB-ER) est un réseau qui regroupe une trentaine d'institutions publiques responsables de l'électrification rurale en Afrique. Par la mise en commun des savoir-faire et des retours d'expériences de ses membres, le CLUB-ER a pour vocation le renforcement des capacités de ces institutions africaines responsables de l'électrification rurale dans leurs pays et la recherche de solutions appropriées à cette problématique.

Ce document est une synthèse des échanges et analyses sur les outils et méthodologies de planification de l'électrification rurale conduits au sein du Groupe thématique « **Outils et technologies pour l'électrification rurale** », coordonné par la Société d'Opération Ivoirienne d'Électricité (SOPIE) sur la période 2008-2010.

www.club-er.org

1 Problématiques clés de la planification de l'électrification rurale

Afin de clarifier les enjeux et ainsi mieux comprendre les spécificités des différentes approches et outils existants, il convient préalablement de dégager les problématiques clés de la planification de l'électrification rurale. L'exercice n'a pas la prétention de l'exhaustivité. Il tente cependant une analyse systématique des principaux sujets au cœur des démarches de planification en balayant les sept questions de la méthode dite QOOQCCP (Qui fait Quoi, Où, Quand, Comment, Combien et Pourquoi) :

- **Qui planifie l'électrification rurale** (quels sont les acteurs de la planification) ? Il est convenu que l'élaboration de la politique sous-sectorielle en matière d'électrification rurale est une affaire d'État, dont la responsabilité revient souvent légalement à l'Administration en charge de l'Électricité. Cependant, avant les réformes qui ont conduit à une réorganisation du secteur électrique incluant quelques fois la privatisation des sociétés nationales d'électricité, l'étape de planification a parfois été menée par ces dernières, alors intégrées verticalement. Avec les réformes et parfois la privatisation de ces sociétés, on assiste à un retour en grâce d'une planification du_yyu_ue l'électrification rurale réellement portée par l'État, impulsée dans certains cas par des agences et structures en charge de l'électrification rurale nouvellement mises en place. Il faut cependant dire que les textes réglementaires gagneraient à être plus précis quant à la nuance à apporter aux phases pourtant distinctes (i) de stratégie sectorielle, (ii) de planification et (iii) de programmation des investissements, et au partage conséquent et sans ambiguïté des responsabilités entre les entités chargées de chacune de ces missions.

Les politiques de décentralisation donnent de plus en plus une place de choix aux collectivités locales en matière de planification, de même que la tendance au multisectoriel induit progressivement un décloisonnement de la planification de l'électrification, désormais menée en coordination avec d'autres secteurs clés du développement rural.

- **Que planifie-t-on** (quels sont les objectifs de la planification) ? À partir d'objectifs d'accès à l'électricité définis par la stratégie d'électrification rurale, la planification consiste à établir un schéma cohérent qui optimise une fonction objective, le plus souvent un critère économique plus ou moins sophistiqué de choix d'investissement (Coût actualisé du kWh, Coûts-Bénéfices, Taux de Rentabilité Interne, Valeur Actualisée Nette, etc.), sous un ensemble de contraintes qui peuvent être à la fois politiques, techniques, financières, stratégiques, etc. Avec la tendance impulsée par les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), on adapte dorénavant cette approche en tenant compte également de la contribution de l'électrification à l'accès aux services énergétiques en zone rurale.
- **Où planifie-t-on** (sur quels espaces) ? Quelle que soit la définition adoptée au plan national, dans les pays où coexistent à la fois une société nationale d'électricité et des structures en charge de l'électrification rurale, la zone rurale au sens de l'électrification renvoie souvent à l'ensemble des territoires non encore électrifiés, y compris lorsqu'il s'agit d'embryons urbains ou d'ensembles d'ores et déjà urbanisés : il s'agit de la situation la plus courante dans les pays membres du CLUB-ER.
- **Quand planifie-t-on** (à quels moments et à quel horizon) ? La planification intervient en début de processus d'électrification rurale, dès lors que la stratégie et donc les objectifs et les responsabilités institutionnelles sont fixés. Elle est consubstantielle de la notion de temps (moyen et long termes) et précède la programmation des investissements (court terme). L'horizon temporel de la planification de l'électrification rurale ne doit pas être trop lointain (par exemple, de 10 à 20 ans), pour limiter les incertitudes sur les paramètres/hypothèses. Dans tous les cas, il est suggéré une programmation quinquennale au maximum, et une mise à jour régulière du plan.

Le choix de l'horizon n'est pas sans impact sur les décisions d'investissement : un horizon court pourra plaider en faveur d'une option moins onéreuse en investissement, en raison d'un retour sur investissement plus rapide. Un

horizon lointain pourra justifier la mise en place de solutions d'attente souvent désignées « pré-électrification » pour des localités programmées tardivement.

- **Comment planifie-t-on** (quelles sont les approches de planification) ? Il est proposé de distinguer principalement deux approches de planification de l'électrification rurale à un horizon donné, étant donnés des objectifs (généralement liés à l'accès à l'énergie sur un territoire donné) et des contraintes qui peuvent être à la fois politiques, techniques, financières, stratégiques : l'approche dite technico-économique qui cherche uniquement à optimiser un critère économique (fonction objective) permettant le choix des investissements en maximisant le placement de l'énergie produite par différentes technologies comparées entre-elles, et l'approche dite multisectorielle, qui opère une optimisation économique identique à la précédente, avec cependant l'introduction d'une dimension qualitative à l'énergie placée (les kWh placés ne se valent pas, au sens du développement humain).

Ces différentes approches requièrent l'élaboration de modèles plus ou moins sophistiqués permettant de simplifier des systèmes électriques complexes, et facilitant la simulation de différents scénarios. Des outils informatiques (systèmes experts ou outils d'aide à la décision) permettent alors la réalisation aisée de simulations numériques, basées sur des calculs puissants.

- **Combien cela coûte-t-il** (quel est le coût de la planification) ? La planification de l'électrification rurale a malheureusement un coût qui peut se révéler prohibitif si les nécessaires mises à jours récurrentes et la possibilité d'opérer aisément différentes simulations ne sont pas convenablement anticipées. Ces coûts comprennent essentiellement des charges de collecte des données socioéconomiques, techniques et économiques, mais aussi des coûts d'expertise, internes ou externes, liés au traitement et à l'analyse de ces données. Les processus de mise en commun des données multisectorielles permettent de diminuer très significativement les coûts liés à la collecte et la mise à jour des données.

La mise à jour des résultats de la planification – par ailleurs très sensibles à la modification de paramètres et hypothèses de calculs - et de la programmation des investissements exige un renouvellement régulier et une appropriation interne des démarches de planification.

La maîtrise d'un outil de planification de l'électrification rurale peut constituer une alternative durable au recours récurrent et coûteux à une expertise externe. Cependant l'outil doit pouvoir s'adapter à la vision et aux objectifs souverains de planification de l'électrification rurale, et présenter un bon rapport qualité-prix dans la durée.

- **Pourquoi planifie-t-on** (qu'est-ce qui justifie le fait de planifier) ? La planification de l'électrification rurale vise à répondre aux objectifs généraux définis par la stratégie sectorielle, par exemple la maximisation de l'accès à l'électricité sur un territoire donné et à un horizon donné, pour un niveau de subvention donné : une démarche souveraine pour laquelle, il est de plus en plus convenu d'intégrer une dimension d'aménagement du territoire et de renforcement de l'impact économique et social de l'électrification rurale.

Cet exercice permet de valider la faisabilité des objectifs fixés, et ouvre la voie à la phase plus opérationnelle de programmation des investissements. C'est un instrument de transparence et de visibilité dans le secteur notamment pour les opérateurs privés.

Les résultats de la planification peuvent également être utilisés pour argumenter en faveur de mesures correctrices visant à accélérer le développement de l'électrification rurale, étant donné le cadre réglementaire existant (politiques en faveur des énergies renouvelables, normes techniques, fiscalité, politique tarifaire, conditions d'accès des tiers au réseau, etc.).

2 Méthodologies et outils de planification : état de l'art

Un état de l'art des méthodes et outils de planification est réalisé. Il s'agit d'une analyse typologique des méthodologies actuellement utilisées dans le domaine de la planification de l'électrification rurale, ainsi que d'un recensement d'outils disponibles, le tout sous le prisme des questions clés soulevées dans la première partie :

- Dans une optique de simplification, il est proposé de distinguer les méthodologies dites « **guidées par la demande** » de celles dites « **guidées par l'offre** ». Un descriptif et des exemples d'application sont donnés pour chacune des approches ;
- Trois catégories d'outils sont également identifiées : les outils de (i) dimensionnement des options de production, (ii) de calcul de réseaux, et (iii) de planification territoriale. Si les deux premières catégories d'outils, plus abondantes, sont davantage dédiées aux études de conception et de faisabilité, les outils de planification intégrés restent peu nombreux, sans doute du fait du caractère non systématique des méthodologies utilisées, et d'une faible demande en plans d'électrification rurale faciles à mettre à jour.

3 Expériences et pratiques au sein du CLUB-ER : état des lieux

L'état des lieux des pratiques actuelles au sein du CLUB-ER est établi à partir des résultats d'une enquête réalisée en 2008 auprès des membres du Groupe thématique « Outils et méthodologies de l'électrification rurale ». Ce sont les écarts observés entre l'état de l'art et les pratiques observées au sein du CLUB-ER et débattus dans le cadre de l'atelier d'échanges d'expériences et de pratiques qui s'est tenu à Abidjan les 26 et 27 novembre 2008, qui ont conduit à l'organisation d'un atelier de formation sur la planification de l'électrification rurale au profit des membres du CLUB-ER, à Grand Bassam (Côte d'Ivoire) du 27 au 29 juillet 2010.

4 Conclusions et recommandations

■ Le poids de l'histoire

On constate que tout le long de sa longue maturation, le chemin du développement de l'électrification rurale a été semé d'oppositions contre-productives, souvent dichotomiques et parfois dogmatiques : Décentralisé vs centralisé, Réseaux vs hors réseaux, Énergies renouvelables vs énergies fossiles, Riches vs pauvres, Urbains vs ruraux, Usages domestiques vs Usages productifs, Amont vs Aval, etc.

Ces oppositions conceptuelles, qui ont très largement influencé les modèles de planification de ces dernières années, n'ont eu finalement pour effet que de freiner la croissance effective de l'accès aux services énergétiques en zone rurale.

Or s'il est une réalité qui semble désormais s'établir, c'est que sur un territoire donné et à un horizon donné :

1. Il y a de la place pour toutes les options technologiques, raccordées ou non au réseau interconnecté, à base d'énergies renouvelables ou d'énergie fossiles, etc. La réalité d'une offre équilibrée et optimisée sur un territoire donné se situe dans le concept de « bouquet énergétique ». Le déterminant de la composition de ce bouquet est tout d'abord la disponibilité de la ressource, les conditions économiques de la production, du transport et la distribution de l'énergie qui en résulte, étant données la qualité de service recherchée, la capacité à payer des usagers et les éventuelles subventions publiques ;
2. Les usages domestiques, communautaires et productifs, sont tous aussi importants les uns que les autres en matière de développement humain, respectivement à travers l'amélioration du bien-être social, l'amélioration de

l'éducation et de la santé, et l'accès aux revenus en milieu rural, comme l'indiquent les composantes de l'Indice de Développement Humain (IDH) ;

3. Bien que les nouvelles notions de services énergétiques invitent à considérer davantage la fourniture du service final et la satisfaction des besoins humains, plutôt que la source d'énergie ou les technologies de production, de transport et de distribution utilisées, il est inopportun d'opposer artificiellement l'Amont (renvoyant au système de production, de transport et de distribution) à l'Aval (service final de l'énergie), car autant l'amont peut exister sans un aval pertinent, autant il n'y aura pas d'aval soutenable sans le développement d'un amont économiquement viable. D'autre part, toutes les sources de production ne se valent pas en terme de qualité de service rendu ;
4. Les transferts financiers entre catégories d'abonnés sont intrinsèques à l'équilibre économique des systèmes électriques. Cet équilibre n'est en effet obtenu que par la combinaison opérée entre les capacités à payer des clients les plus « riches » et des clients plus « pauvres »^[1], des gros et des petits consommateurs, etc. Ces transferts peuvent d'ailleurs théoriquement être opérés à différents niveaux, y compris entre systèmes électriques gérés par différents opérateurs, entre systèmes urbains et systèmes ruraux, etc. dépendant des dispositions prises par la régulation en matière de politique tarifaire à l'échelle nationale : la tarification unique ne doit pas être considérée comme un dogme.

■ Recommandations pour améliorer la planification de l'électrification rurale

Ainsi, dans l'optique d'optimiser l'accès pour tous à l'électricité, le CLUB-ER préconise d'adopter des méthodologies et outils de planification de l'électrification rurale permettant la définition d'un bouquet énergétique optimal à l'échelle d'un territoire donné et à un horizon donné, sur la base de trois principes qui s'imposent désormais avec force :

- **La prise en compte de la finalité qu'est l'impact économique et social de l'électricité à l'échelle territoriale**, et qui renvoie au-delà de l'électricité à des problématiques d'aménagement du territoire ;
- **La neutralité technologique et la vérité des coûts dans l'optimisation des options d'approvisionnement en électricité**, à moins qu'une priorisation technologique ne soit explicitement indiquée dans la politique sectorielle nationale : par exemple pour des questions de valorisation des ressources locales, de développement d'une filière technologique, ou encore pour promouvoir les options proposant une meilleure qualité de service ;
- **La nécessité d'un accès minimal à des services énergétiques pour le développement de certains espaces du territoire, y compris moyennant des subventions relativement plus importantes.**

De plus, en raison des spécificités de l'électrification rurale rappelées tout le long du questionnement systématique qui a guidé l'analyse, la souveraineté des États doit également être enregistrée comme principe transversal. En effet, la vérité des coûts argumente en faveur d'un impératif structurel de subventions différenciées pour atteindre un équilibre entre les coûts de production, d'opération et de maintenance, les capacités à payer des usagers, et un taux de rentabilité acceptable pour les opérateurs privés. Cet impératif de subvention implique par conséquent un rôle central de la puissance publique.

L'État planificateur devrait ainsi pouvoir « garder la main » sur les démarches et les outils de planification, en connaissance de cause. Dans cette optique, il s'avère nécessaire de renforcer les capacités des différentes structures publiques (agences et structures nationales en charge de l'électrification rurale), y compris décentralisées (collectivités territoriales), désormais impliquées dans les processus de planification de l'électrification rurale, avec dans la mesure du possible la maîtrise d'outils respectant les principes ci-dessus, et autorisant des mises à jours aisées.

Pour plus d'efficacité, l'État devra au préalable clarifier en son sein les responsabilités (i) d'élaboration de la stratégie sectorielle, (ii) de planification de l'électrification rurale et (iii) de programmation des investissements.

[1] Souvent très en deçà des dépenses énergétiques constatées par les enquêtes en situation de non électrification.

Problématiques de la planification de l'électrification rurale

1

Les points soulevés ci-après doivent servir à alimenter la réflexion et les échanges sur les méthodes et outils de planification de l'électrification rurale. Pour tenter de cerner la problématique dans son intégralité, il est proposé d'adopter une démarche basée sur un questionnement systématique, en sept étapes (méthode dite QQQCCP) :

- Qui planifie (quels sont les acteurs) ?
- Que planifie-t-on (quels sont les objectifs) ?
- Où planifie-t-on (sur quel espace) ?
- Quand (à quels moments et à quel horizon) ?
- Comment planifier (en suivant quelle méthode) ?
- Combien ça coûte (pour quel coût) ?
- Pourquoi planifie-t-on (pour quelle raison) ?

Ces différentes questions sont traitées dans les chapitres qui vont suivre, et font l'objet d'une synthèse à la fin de chacun d'entre eux.

1 1 Qui planifie ?

1 1 1 Entre légalité et légitimité

La planification de l'électrification rurale, comprise comme un élément de la politique du secteur de l'électricité, est un exercice souverain par essence, dont la responsabilité incombe à l'État.

A titres d'exemples :

- La loi n°98-29 qui régit le secteur de l'électricité au Sénégal indique ainsi à son article 3 que «...Le Ministre chargé de l'Énergie conçoit puis propose au Président de la République la politique générale ainsi que les normes applicables du secteur de l'électricité. »
- Au Burkina Faso, la loi 016-2005 indique à son article 7 que « le Ministère chargé de l'Énergie est responsable de politique énergétique, de la planification stratégique de l'électrification, de la réglementation et du contrôle des infrastructures électriques... ».
- En son article 40 (alinéa 1), la loi n°98-22 qui régit le secteur de l'électricité au Cameroun indique que « L'Administration chargée de l'électricité veille à la conception, à la mise en œuvre et au suivi de la politique gouvernementale dans le secteur de l'électricité, en tenant compte de l'évolution technologique dans le secteur, des besoins de développement et des priorités définies par le Gouvernement dans ce domaine ». L'alinéa 2 précise que « L'Administration chargée de l'électricité assure, en outre la planification de l'électricité rurale »

La mission d'élaboration de la stratégie/politique sectorielle en matière d'électrification incombe donc légalement à l'État, et dans certains contextes comme au Cameroun, l'étape suivante de la planification reste entre les mains du Ministère en charge de l'Énergie.

Cependant, historiquement, dans des contextes où les sociétés nationales d'électricité se confondaient quasiment à l'État, cette mission à forte charge de souveraineté a été dans les faits assurée par ces sociétés publiques intégrées verticalement, et en cela plus légitimes et mieux outillées, l'administration en charge de l'Électricité n'exerçant finalement qu'une mission de contrôle. C'est d'ailleurs encore le cas dans les contextes où une libéralisation du secteur électricité n'a pas été menée et où la société nationale d'électricité demeure une société d'État.

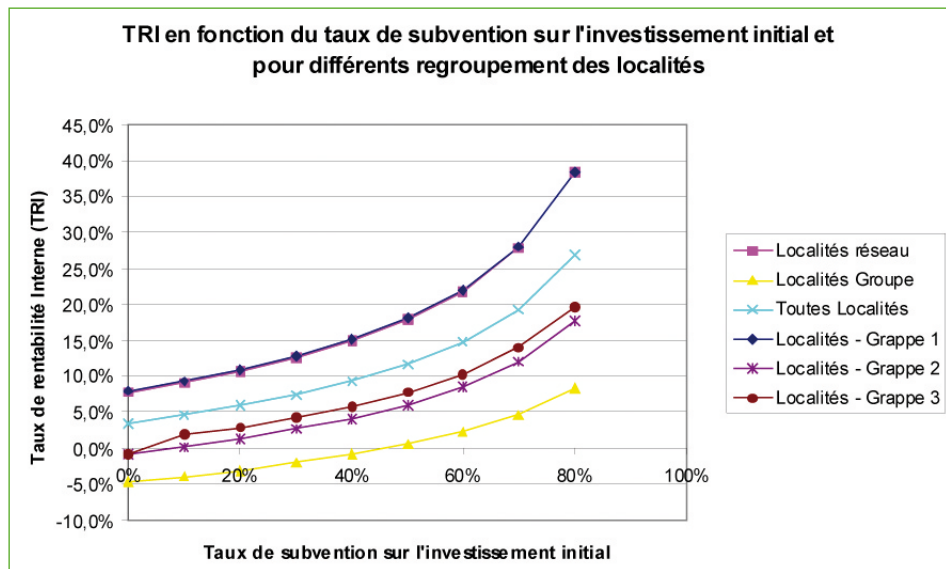
1 1 2 Le retour en grâce d'une planification portée par l'État

Depuis les réformes – particulièrement depuis la fin de la décennie 90 - qui ont conduit à l'émergence de nouvelles structures dans le secteur électrique (régulateurs, agences d'électrification, fonds d'électrification, etc.), et surtout à une séparation plus nette entre l'État et les sociétés nationales d'électricité dont certaines ont été privatisées, on assiste à un retour en grâce de la planification réellement portée par l'État.

Il s'agit le plus souvent d'imprimer la vision du Gouvernement en termes d'accès équilibré aux services énergétiques à l'échelle du territoire national, et de répartir géographiquement, et ce le plus équitablement possible, les ressources publiques dans un secteur où la nécessité d'une subvention est de moins en moins taboue.

Cette situation renforce aujourd'hui la légitimité de l'État planificateur.

Graphique 1. Subvention de l'électrification rurale : cas de la Province du Centre au Cameroun^[2]



Le graphique ci-dessus présente à titre d'exemple, l'évolution du Taux de Rentabilité Interne (TRI) de projets d'électrification rurale identifiés dans la Province du Centre au Cameroun en 2002, pour différents niveaux de regroupements de localités (par grappes ou type de technologies), différentes solutions techniques et différents niveaux de subvention.

Il apparaît clairement qu'en l'absence de subvention, les projets d'électrification rurale décentralisée ne sont généralement pas viables, en particulier dès que l'on se retrouve en hors réseau interconnecté.

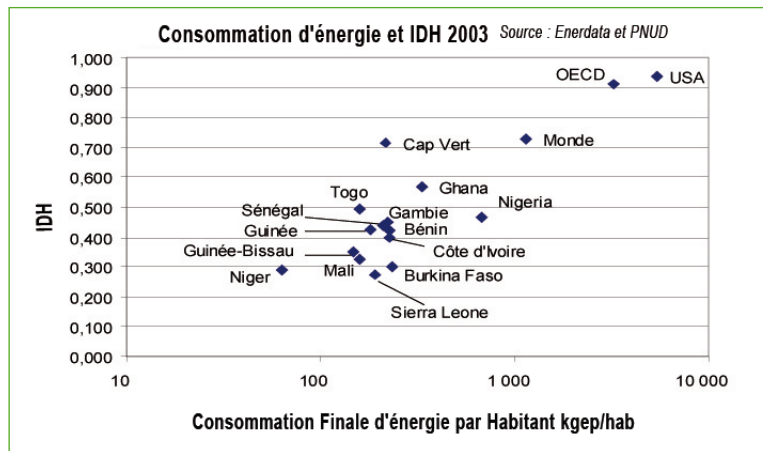
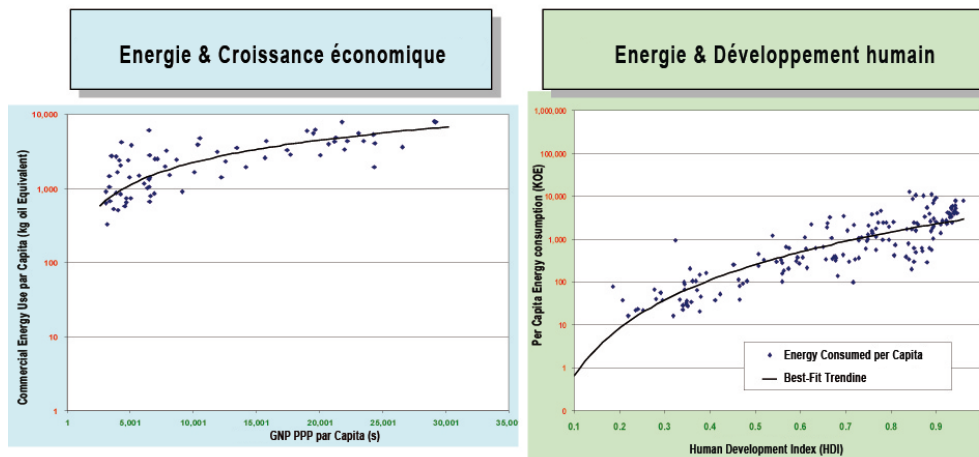
L'État reprend alors à son compte la mission souveraine de la planification de l'électrification, et particulièrement de la planification de l'électrification rurale, plus que jamais déterminante pour le développement à court, moyen et long terme, de l'accès à l'énergie sur le territoire national.

Comme en témoignent les graphiques ci-après, les liens entre l'accès à l'énergie et le développement sont désormais suffisamment documentés et largement acceptés pour justifier une implication forte des États dès les phases de planification^[3].

[2] Electrification Rurale Décentralisée dans la Province du Centre, Étude AER/AFD, 2002.

[3] Note de concept du projet IMPROVES-RE (Improving Economic and Social impact of rural electrification), IED/Commission Européenne (COOPENER), 2005-2007.

Graphique 2. Liens entre énergie et développement



Aussi, l'on note que particulièrement depuis 1998, plusieurs pays membres du CLUB-ER ont initié différentes études de planification et de programmation des investissements en matière d'électrification rurale, à différentes échelles (nationale, régionale, etc.)^[4], et ce généralement avec l'aide de la coopération internationale.

Ces documents de planification devraient ensuite constituer la base des orientations technico-économiques et des choix d'investissements dans le sous-secteur de l'électrification rurale.

[4] C'est le cas notamment de la Côte d'Ivoire (Plan Directeur d'Électrification Rurale, 1999), du Cameroun (Plan Directeur de l'Électrification Rurale, 1999), du Niger (Stratégie d'Électrification Rurale, 2004), du Burkina Faso (Plan National d'Électrification, 2002), etc.

1 1 3 Un manque de précision dans la définition des concepts, et des conséquences sur le partage des responsabilités entre des structures d'État

Les trois extraits de cadres réglementaires cités ci-dessus (2.1.1) permettent également d'illustrer le manque de précision que l'on peut rencontrer dans plusieurs contextes, où les limites entre les trois phases pourtant distinctes de (i) stratégie sectorielle (ii) planification et (iii) programmation ne sont pas toujours clairement identifiées, créant souvent des conflits d'intérêts entre des entités publiques qui prennent unilatéralement l'initiative de s'en arroger la responsabilité :

- **La stratégie** renvoie à la politique nationale ou territoriale en la matière, plus générale et permanente, permettant de fixer les objectifs et de coordonner les acteurs et les actions pour atteindre ces objectifs, en tenant compte des forces et des faiblesses, mais aussi des menaces et des opportunités ;
- **La planification**, consubstantielle de la notion de temps, consiste par contre en l'organisation dans le temps (moyen et long terme) de la réalisation des objectifs ainsi fixés. Il est malheureusement assez fréquent que différents acteurs (Ministère, agences, fonds, société nationale, etc.) se partagent les responsabilités de planification dans les faits, sans aucune coordination ;
- Plus opérationnelle, **la programmation des investissements** consiste enfin au choix des investissements prioritaires et à leur ordonnancement dans un court terme.

Dans certains contextes comme au Burkina Faso, on parle de planification stratégique, renvoyant à l'élaboration par le Ministère en charge de l'Énergie d'une stratégie particulièrement concrète et précise, intégrant d'ores et déjà une dimension de planification.

1 1 4 Les autres acteurs et leurs rapports à la planification

À côté de l'Administration en charge de l'Électricité, gravitent d'autres acteurs intervenant dans le secteur électrique (structures sous-tutelle ou opérateurs privés), dont les rapports avec la planification sont multiples :

- Les Agences et Structures en charge de l'Électrification Rurale
- Les Régulateurs
- Les Opérateurs
- Le cas particulier de la Société nationale d'électricité

A Les Agences et Structures en charge de l'Électrification Rurale

Leurs missions étant la promotion et le développement de l'électrification rurale à l'échelle du territoire national lorsqu'elles existent, la planification est souvent un élément fondamental de leurs actions. Elle permet en effet de définir les priorités, les options technologiques et les conditions économiques des investissements. C'est particulièrement le cas dans les contextes où une approche systématique a été adoptée (définition par anticipation, d'options stratégiques territorialisées à l'échelle nationale)^[5] par opposition aux contextes où priment encore des approches projets/programmes (interventions au gré des opportunités de financement par exemple)^[6].

[5] Côte d'Ivoire, Sénégal, Mali, Burkina Faso, etc.

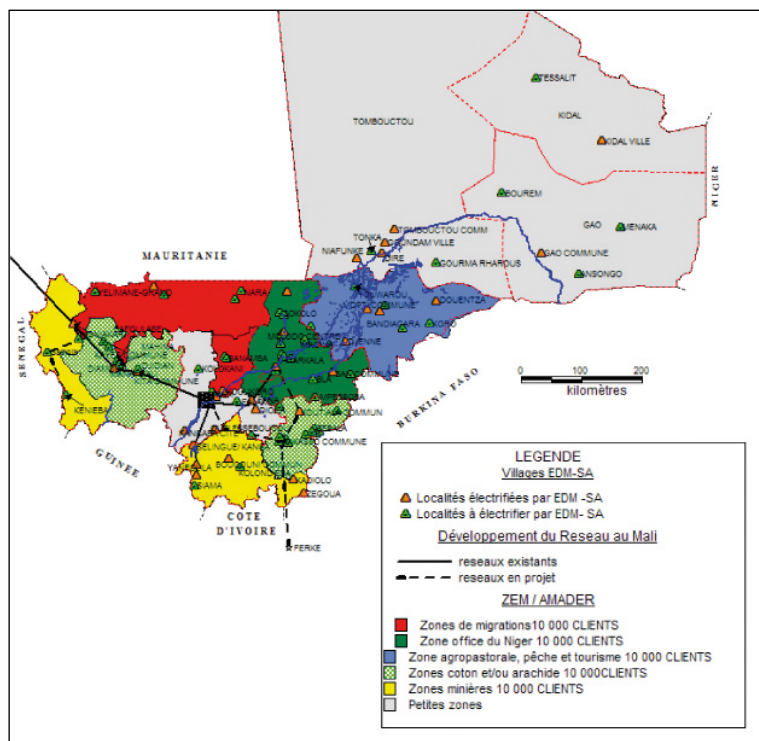
[6] Cameroun, Niger, RCA, Congo, Tchad, etc.

[7] L'initiative de relance de la planification, certes pilotée par le Ministère de l'Énergie et de l'Eau, vient d'être impulsée par la mise en place d'un Fonds d'Énergie Rurale au sein de l'Agence d'Électrification Rurale.

L'atteinte des objectifs qui leur sont ainsi assignés dépend fortement des hypothèses adoptées au moment de la planification : hypothèses sur la demande et son évolution, sur les solutions technologiques et les contraintes techniques afférentes, sur les coûts et capacités à payer, etc.

La planification demeure légalement la responsabilité des Ministères en charge de l'Électricité, bien qu'elle ait été historiquement portée par les sociétés nationales d'électricité. Toutefois, on constate aujourd'hui que dans certains contextes réformés ce sont les agences et structures en charge de l'ER, étant fortement dépendantes de la planification, qui prennent l'initiative de planifier/programmer, bien qu'elles soient souvent faiblement outillées pour cela (cf. chapitre 4.4). Ce phénomène a été particulièrement observé au Sénégal et au Mali, et plus récemment au Cameroun^[7].

Graphique 3. Découpage par l'AMADER des Zones d'Électrification Multisectorielles au Mali (ZEM)^[8]



Dans le cas particulier des Fonds d'Électrification, les résultats de la planification permettent d'orienter leurs choix stratégiques d'investissement et d'affectation de la subvention publique. L'intérêt principal de la planification pour le Fonds repose ainsi sur une utilisation rationnelle des ressources disponibles pour les projets a priori les plus efficaces, selon des critères fixés à l'avance. Par l'identification de projets, la planification peut également servir dans la recherche d'investisseurs potentiels, à travers des analyses économiques et financières préliminaires démontrant la fai-

[8] Source : AMADER-Mali

sabilité des projets identifiés, les fonds publics disponibles servant alors d'effet de levier pour obtenir des moyens plus conséquents.

B Les Régulateurs

L'analyse des rapports du régulateur à la planification de l'électrification rurale permet d'établir une relation duale, en amont et en aval du processus :

- D'une part, le régulateur impose en amont des conditions dont dépendront les options prises en matière de planification : conditions d'entrée de nouveaux opérateurs dans le secteur, conditions d'accès des tiers au réseau interconnecté et plus globalement de gestion des relations aux frontières entre deux opérateurs, normes et standards applicables, définition d'un TRI acceptable pour les opérateurs, etc.
- D'autre part, le régulateur s'alimente des résultats de la planification dans l'exercice quotidien de ses missions, dans la mesure où ceux-ci détermineront les conditions à la fois techniques et économiques d'un développement rationnel de l'offre d'énergie électrique : justification de l'attribution des titres, promotion de la concurrence et de la participation du secteur privé, encadrement de l'accès des tiers au réseau par l'élaboration de contrats type d'achat d'énergie renouvelables, définition d'une politique tarifaire, etc.

Cette dualité révèle par conséquent une relation ambiguë et parfois contradictoire entre le régulateur et la planification de l'électrification rurale, d'autant plus lorsque la mission de régulation est exercée par une entité différente de la structure en charge de la promotion de l'électrification rurale^[9] : tantôt contraignante, tantôt utilitariste.

C Les Opérateurs

Il s'agit des personnes physiques et morales ayant le droit d'opérer une activité dans le secteur électrique. Ce droit est obtenu par délégation du service public de l'Électricité, en vertu de contrats signés avec l'État. Bien que n'ayant aucun rôle dans le processus de planification, ces entités sont intéressées par les résultats de la planification, sachant que ceux-ci déterminent à un horizon donné, les zones d'électrification prioritaires pour l'État, les schémas de développement conséquents, ainsi que les options technologiques privilégiées. La planification leur sert par conséquent d'outil de positionnement stratégique sur le marché de l'électrification rurale et donc de pré-identification d'opportunités d'affaires.

Il convient cependant de préciser que bien que n'intervenant pas directement dans le processus de planification, le profil des futurs opérateurs aura un impact déterminant sur l'approche de planification adoptée. En effet un schéma laissant a priori une place aux initiatives locales (collectivités locales, ONG, PME) – et donc aux projets de tailles modestes - ne sera pas le même qu'un autre ciblant prioritairement des entreprises disposant d'une assise financière et d'une capacité de réalisation autrement plus importante. Dans la pratique, on observe de plus en plus une orientation vers la combinaison de plusieurs cibles publiques et privées (Sénégal, Mali, Burkina Faso, etc.), pour l'opération des systèmes.

[9] L'AMADER du Mali qui concentre les trois fonctions (promotion de l'ER, régulation et fonds) est de ce point de vue exceptionnelle au sein du CLUB-ER.

D Le cas particulier de la Société nationale d'électricité

Dans les contextes non réformés et où la société nationale d'électricité n'a pas été privatisée, c'est souvent elle qui dans les faits conduit la planification de l'électrification, comme indiqué ci-dessus au paragraphe 2.1.1. La planification de l'électrification rurale de son point de vue consiste alors en une extension de ses procédures internes de développement des infrastructures (production, transport, distribution), avec ou sans adaptations aux spécificités du monde rural (étude poussée de la demande, spécifications techniques allégées, etc.), et une tendance souvent centralisatrice dans la conception du système électrique global^[10].

Dans les contextes où une réforme a imprimé une certaine forme de libéralisation du secteur électrique, et d'autant plus lorsque la société d'électricité a par la suite été privatisée, celle-ci se cantonne alors au respect de ses obligations contractuelles, traduites dans un programme d'investissement convenu périodiquement avec l'État. Elle continue tout de même d'avoir un rôle déterminant dans la planification de l'électrification rurale, en facilitant (ou non) :

- La délimitation précise des territoires ne relevant pas de son plan de développement à l'horizon étudié (« univers du possible » pour l'électrification rurale décentralisée) et,
- Le développement d'opportunités d'interconnexion (achat ou vente de surplus d'énergie) sur le réseau de transport/distribution existant, le cas échéant.

Tableau 1. Engagements contractuels de AES-SONEL concernant l'accroissement de la desserte^[11]

	2006-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030
	PII	PIII	PIV	Après contrat	Après contrat
ADAMOUA	14893	20682	24943	15586	15586
NORD	20523	25733	32923	20548	20548
EXTRÊME-NORD	21054	28170	32061	20999	20999
GRAND NORD	56470	74585	89927	57133	57133

Le tableau ci-dessus présente les engagements contractuels de la société AES-Sonel reprenneur de la société nationale d'électricité Sonel, privatisée au Cameroun en juillet 2001 et titulaire d'un contrat de concession jusqu'en 2021. Les engagements sont exprimés en nouveaux branchements par période quinquennale, de 2006 à 2026. Cependant, il n'est pas spécifié s'il s'agit de densification dans des localités déjà électrifiées ou de branchements à réaliser dans le cadre de nouvelles électrifications.

1 1 5 La planification dans un contexte de décentralisation

Avec les politiques de décentralisation en cours et plus ou moins avancées dans les pays membres du CLUB-ER, les collectivités locales (commune, région, etc.), reçoivent une compétence générale en matière de planification du développement local et sont associées à la définition des schémas d'aménagement du territoire.

De façon générale, la réalisation d'un équipement sur le territoire d'une collectivité territoriale ne peut être entreprise par l'État ou par une autre collectivité territoriale sans consultation préalable de la collectivité concernée.

[10] Le cas de l'ONE (Office National de l'Électricité) et du PERG au Maroc est plutôt atypique : bien que le raccordement au réseau représentait à fin 2006 près de 90% des modes de raccordements (27373 villages), l'ONE a également adopté des modes décentralisés : 2540 villages dotés de kits photovoltaïques, 2 en systèmes hybrides éolien-diesel, 12 en groupes électrogènes, et 2 mini-centrales hydroélectriques programmées pour l'électrification de 2 villages.

[11] Plan de Développement du Secteur de l'Électricité au Cameroun (PDSE), Ministère de l'Énergie et de l'Eau (2006).

Ainsi, les collectivités locales sont de plus en plus responsabilisées ou au moins associées aux processus de planification. Dans certains contextes, elles reçoivent clairement une compétence en matière d'électrification (éclairage public et parfois électrification rurale).

Cependant, se pose souvent la question de l'échelle pertinente pour une planification locale de l'électrification rurale, étant donné la spécificité des systèmes électriques, optimisés selon une logique de « réseaux » avec possibilité de transport parfois sur de longues distances, et caractérisés par une forte dépendance entre les artères secondaires et les armatures structurantes.

Un schéma d'électrification locale optimal doit donc souvent être construit au regard du système d'ensemble et de ses perspectives de développement, la définition d'une échelle pertinente invitant alors à dépasser les frontières administratives : un découpage territorial propice à des rapprochements de type intercommunaux, régionaux, transfrontaliers, etc., la contrainte majeure en zone rurale étant souvent la disponibilité d'une source d'énergie locale à moindre coût.

1 1 6 La tendance au multisectoriel et à la concertation multi-acteurs

Depuis le Sommet de Johannesburg 2002, et la définition des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), l'approche multisectorielle s'impose progressivement comme un principe directeur des politiques d'accès aux services énergétiques en zones rurales et périurbaines.

Dans son Livre Blanc (2005), la CEDEAO (Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest) indique que «... les programmes énergétiques doivent, à l'avenir plus que par le passé, reposer sur l'identification des besoins et services pour le développement territorial, et sur la coordination avec les autres investissements sectoriels pour garantir un impact économique et social conséquent, mais aussi un marché... »^[12].

Ce principe a également été repris par la CEMAC (Communauté Économique et Monétaire de l'Afrique Centrale) dans son Plan d'Action (2006) pour l'accès aux services énergétiques et zones rurales et périurbaines^[13].

En conséquence, bien que justifiée par le caractère transversal de l'énergie, on constate une tendance structurelle portée de façon inattendue par le secteur électrique, vers une plus grande coordination entre acteurs publics (éducation, santé, agriculture, etc.), dans le but de renforcer l'impact de l'électrification rurale sur le développement rural (cf. approche multisectorielle au paragraphe 2.5.1B).

C'est ainsi que, dans la mouvance du Livre Blanc de la CEDEAO, plusieurs Groupes multisectoriels ont été mis en place par les Ministères en charge de l'Énergie dans les pays de la CEDEAO depuis 2005.

Plus récemment, dans le cadre du Programme de Développement du Secteur de l'Énergie (PDSSEN) qui bénéficie depuis juin 2008 d'un crédit de la Banque Mondiale, le Cameroun a décidé de mettre en place par décret ministériel, un Comité élargi de Planification et de Programmation de l'Électrification Rurale (COPPER), présidé par le Ministère de l'Énergie et de l'Eau^[14].

[12] Livre Blanc pour l'accès à l'énergie dans les zones rurales et périurbaines, CEDEAO/UEMOA, 2005

[13] Plan d'Action pour l'accès à l'énergie dans les zones rurales et périurbaines, CEMAC, 2006

[14] Le 24 juin 2008, la Banque Mondiale a accordé un crédit de 65 millions de US\$ pour l'accroissement de l'accès à l'énergie moderne dans des localités rurales cibles et l'amélioration de la planification et de la gestion des ressources énergétiques par toutes les institutions du secteur. Le Fonds d'Énergie Rurale (FER) qui sera mis en place sera initialement doté d'un montant de 40 millions de US\$.

QUI PLANIFIE ?

L'élaboration de la politique sous-sectorielle en matière d'électrification rurale est donc une affaire d'État, dont la responsabilité revient souvent légalement à l'Administration en charge de l'Électricité. Cependant, avant les réformes qui ont conduit à une réorganisation du secteur électrique incluant parfois la privatisation des sociétés nationales d'électricité, l'étape de planification a souvent été menée par ces dernières, alors intégrées verticalement. Avec les réformes et parfois la privatisation de ces sociétés, on assiste à un retour en grâce d'une planification de l'électrification rurale réellement portée par l'État, impulsée dans certains cas par des agences et structures en charge de l'électrification rurale nouvellement mises en place. Il faut cependant dire que les textes réglementaires gagneraient à être plus précis quant à la nuance à apporter aux phases pourtant distinctes (i) de stratégie sectorielle, (ii) de planification et (iii) de programmation des investissements, et au partage conséquent et sans ambiguïté des responsabilités entre les entités chargées de chacune de ces missions.

Les politiques de décentralisation donnent de plus en plus une place de choix aux collectivités locales en matière de planification, de même que la tendance au multisectoriel induit progressivement un décloisonnement de la planification de l'électrification, désormais menée en coordination avec d'autres secteurs clés du développement rural.

1 2 Que planifie-t-on ?

1 2 1 La fonction objective

A Les objectifs à atteindre

Planifier l'électrification rurale c'est optimiser l'accès à l'électricité sur un territoire rural donné, à un horizon donné. Sur le territoire considéré, il s'agit de proposer un schéma de développement du service électrique permettant à terme (l'horizon de la planification) d'atteindre l'objectif fixé par une stratégie d'électrification rurale élaborée au préalable.

Traditionnellement, cet objectif peut se traduire par un taux d'électrification à atteindre à l'horizon considéré avec ou sans contrainte de budget d'investissement. La notion de taux d'électrification peut dans certains contextes intégrer différentes nuances. On parle alors plus spécifiquement (selon une terminologie non encore homologuée et parfois différente d'un pays à l'autre) :

- **De taux de couverture** (nombre de localités électrifiées/nombre total de localités) : le taux de couverture indique ainsi le taux d'électrification traditionnel ;
- **De taux d'accès** (nombre de ménages dans des localités électrifiées /nombre total de ménages) : le taux d'accès indique ainsi la proportion de ménages ayant potentiellement accès à l'électricité ;
- **De taux de pénétration** (nombre de ménages effectivement raccordés / nombre total de ménages) : le taux de pénétration indique par conséquent la proportion de ménages ayant effectivement accès à l'électricité.

[15] Amélioration de l'impact économique et social potentiel de l'électrification rurale en Afrique de l'Ouest et Centrale : dimension spatiale et dynamique des territoires dans la planification de l'électrification rurale, S. Watchueng (Dir.), 2008

Dans certains contextes, une priorité pourra être accordée à l'électrification des chefs-lieux d'unités administratives et/ou des localités au-delà d'un seuil de population donné (critères dits démo-administratifs)^[15].

Plus récemment, comme indiqué ci-dessus (cf. chapitre 2.1.6), des notions d'impacts économique et social de l'électrification rurale ont été injectées dans les objectifs traditionnels, complexifiant davantage la démarche d'optimisation de la planification, avec notamment l'introduction d'une notion de taux d'accès aux services énergétiques.

Cette notion de service énergétique, encore désignée énergie utile, est utilisée pour décrire les usages finaux que l'apport d'énergie permet de satisfaire. Ces services représentent le dernier maillon de la « chaîne énergétique ». Cette notion considère la fourniture du service final et la satisfaction des besoins humains, plutôt que la source d'énergie ou les technologies de production, de transport et de distribution utilisées^[16].

Ainsi, selon cette nouvelle approche multisectorielle de l'électrification rurale, tous les kWh ne se valent plus, car ils dépendent de leur utilisation finale (cf. chapitre 2.5.1B consacré à l'approche multisectorielle).

De la même façon, toutes les technologies ne se valent pas en terme de qualité de service rendu (fiabilité du service, nombre d'heures par jour, coût pour l'utilisateur, possibilité d'usages productifs etc.). C'est pourquoi les stratégies d'électrification rurale définissent parfois des objectifs de taux d'électrification différenciés pour différentes technologies : réseau, mini-réseaux, systèmes de pré-électrification, etc.

B La fonction objective proprement dite

Dans tous les cas, pour atteindre l'objectif fixé et à moindre coût, on cherchera souvent à optimiser un critère économique, la fonction objective, permettant de sélectionner les meilleures options économiques pour l'approvisionnement d'une ou plusieurs localités et de classer ensuite les projets ainsi identifiés. La valeur de la fonction objective dépend ainsi de plusieurs paramètres de coûts, à la fois techniques et économiques : coûts d'exploitation de la ressource, de transport et de distribution de l'énergie, taux d'actualisation économique, capacité à payer des usagers, conditions d'extension/renouvellement ou simplement d'évolution du service électrique dans le temps, etc.

Les critères économiques les plus courants et servant donc de fonction objective dans les modèles de planification de l'électrification rurale, sont les suivants : le Coût actualisé du kWh, le ratio Coûts-Bénéfices, le Taux de Rentabilité Interne (TRI), la Valeur Actualisée Nette (VAN), etc.

1 2 2 Les contraintes

Tout en essayant d'atteindre l'objectif ci-dessus, l'optimisation de la fonction objective (critère économique à minimiser/maximiser) s'effectue sous de nombreuses contraintes, qui peuvent être à la fois politiques, techniques, financières, stratégiques, etc. :

- **Contraintes politiques :** dans le cadre de sa politique d'aménagement du territoire, l'État ou la Collectivité locale peut souhaiter développer une zone en priorité, ou rechercher un développement équilibré du territoire national en optant de manière volontariste pour la réduction des inégalités spatiales en termes économique et social ;
- **Contraintes techniques :** disponibilité d'une ressource notamment renouvelable (offre) à proximité des points de charge (demande), conditions technologiques d'exploitation de la ressource, de transport et de distribution de

[16] Livre Blanc pour l'accès à l'énergie dans les zones rurales et périurbaines, CEDEAO/UEMOA, 2005.

l'énergie produite. Les normes et standards applicables dans le pays peuvent de ce point de vue constituer une entrave ou un accélérateur du développement de l'accès à l'électricité ;

- **Contraintes financières** : dans un contexte de disponibilité limitée des ressources financières et face à une activité structurellement déficitaire comme l'électrification rurale, chaque investissement réalisé se fait d'une certaine façon du point de vue de la puissance publique au détriment d'autres projets envisageables dans un futur proche. D'où la nécessité d'une répartition géographiquement équitable et socialement acceptable des ressources publiques. Dans certains cas, on introduira des contraintes limitatives comme un budget d'investissement maximal sur une période donnée, un budget d'investissement maximal par localité ou par abonné, un niveau de subvention maximale par localité ou par abonné, etc.^[17].
- **Autres contraintes stratégiques** : il s'agit de saisir des opportunités pouvant accélérer l'atteinte des objectifs fixés. Par exemple, dans une perspective d'optimisation des coûts ou d'amélioration de l'impact économique et social de l'électrification rurale, certains projets en cours dans le secteur électrique ou dans d'autres secteurs du développement rural peuvent influencer la planification (cf. planification multisectorielle, 2.1.6 et 2.5.1B)^[18].

QUE PLANIFIE-T-ON ?

À partir d'objectifs d'accès à l'électricité définis par la stratégie d'électrification rurale, la planification consiste à établir un schéma cohérent qui optimise une fonction objective, le plus souvent un critère économique plus ou moins sophistiqué de choix d'investissement (Coût actualisé du kWh, Coûts-Bénéfices, Taux de Rentabilité Interne, Valeur Actualisée Nette, etc.), sous un ensemble de contraintes qui peuvent être à la fois politiques, techniques, financières, stratégiques, etc.

Avec la tendance impulsée par les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD), on tempère dorénavant cette approche en tenant compte également de la contribution de l'électrification à l'accès aux services énergétiques en zone rurale.

1 3 Où planifie-t-on ?

1 3 1 Le milieu rural : une définition floue

Même si le concept a tendance à évoluer, la campagne ou le « milieu rural » désignent historiquement l'ensemble des espaces cultivés, par opposition aux espaces urbanisés (villes, agglomération, zones industrielles...).

En matière d'électrification, la notion de zone rurale peut pourtant révéler différentes significations. Dans certains cas, il s'agira simplement d'un territoire identifié par un statut administratif (commune rurale, village, hameau, etc.), tandis que dans d'autres cas, un accent sera mis sur un seuil démographique en dessous duquel une localité est considérée comme rurale. Dans tous les cas, dans chaque pays, les structures en charge des statistiques et du recensement général des populations proposent souvent une définition nationale du monde rural, qui se veut univoque.

[17] Dans le cas du projet MEPRED au Burkina Faso (2007-2008), une limite d'investissement maximum de 200.000 FCFA par abonné a été retenue : le nombre d'abonnés étant celui atteint cinq ans après l'électrification.

1 3 2 Des spécificités transversales, au sens de l'électrification

Bien que cette définition de la zone rurale soit nécessairement floue, on peut néanmoins dégager de façon générale les spécificités suivantes :

- Une configuration spatiale hétérogène, laissant apparaître des zones de relative forte concentration de population, embryons urbains disposant d'activités économiques (marchés, etc.) ou administratives (services de l'État, collectivité décentralisée, etc.), par opposition aux hinterlands essentiellement agricoles.
- Une faible densité de population, aussi bien entre les villages qu'à l'intérieur des villages eux-mêmes ;
- Des difficultés d'accès aux localités, du fait d'une infrastructure de transport limitée qui peuvent poser des problèmes logistiques pour l'implémentation de projets conséquents, ainsi qu'éventuellement des obstacles naturels (forêts, aires protégées, montagnes, lacs, cours d'eaux, etc.) qui compliquent le tracé des lignes électriques ;
- Une population en moyenne peu solvable (revenus faibles et irréguliers), mais dont la facture énergétique est souvent conséquente, en proportion des revenus ;
- Des besoins en énergie relativement faibles, sauf dans le cas de demandes spécifiques notamment productives (agro-industries, scierie, irrigation, moulins, décortiqueuses, presses à huile, etc.) ou communautaires (pompage de l'eau potable).

OÙ PLANIFIE-T-ON ?

Quelle que soit la définition adoptée au plan national, dans les pays où coexistent à la fois une société nationale d'électricité et des structures en charge de l'électrification rurale, la zone rurale au sens de l'électrification renvoie souvent à l'ensemble des territoires non encore électrifiés, y compris lorsqu'il s'agit d'embryons urbains ou d'ensembles d'ores et déjà urbanisés : il s'agit de la situation la plus courante dans les pays membres du CLUB-ER.

1 4 4 Quand faut-il planifier ?

1 4 1 A quel moment ?

Dans le cheminement critique du processus d'électrification rurale qui conduit à la réalisation concrète des investissements, on distingue trois phases successives rappelées ci-dessus au chapitre 2.1.3 : (i) la stratégie, (ii) la planification et (iii) la programmation.

La planification (moyen et long termes) intervient immédiatement après l'élaboration de la stratégie sectorielle (générale et permanente) et précède la programmation des investissements (court terme). Autrement dit, il est absurde de démarrer les réalisations sur le terrain sans avoir mené un exercice préalable de planification, le risque étant une utilisation non optimale des ressources.

1 4 2 A quel horizon temporel ?

Les infrastructures de production, de transport et de distribution de l'électricité ayant une durée de vie plus ou moins importante (de 5 ans pour certains groupes électrogènes à 30 ans – notamment pour les réseaux de distribution), les

[18] Planification de l'électrification coordonnée avec l'implémentation de programmes régionaux de développement rural intégré et ne disposant pas d'une composante énergie explicite : cas des projets IMPROVES-RE (2005-2007), et PDF-Cameroon (2007-2008). Autre référence, ESMAP (2008).

études de planification ont des horizons temporels allant de quelques années à quelques décennies (20 ans, voire 30 ans).

De façon générale, plus l'horizon temporel est éloigné, plus les incertitudes sur les paramètres/hypothèses de planification deviennent trop fortes et risquent de transformer l'exercice de planification en une vaste spéculation. Ces incertitudes touchent notamment :

- A la demande et à son évolution sur le territoire et la période étudiés, d'autant plus lorsque cette demande intègre des hypothèses multisectorielles et d'aménagement du territoire ;
- Aux options d'électrification et aux contraintes de leurs développements (coût, disponibilité, coût du combustible) ;
- Aux budgets d'investissements disponibles (locaux, nationaux, internationaux) ;
- Etc.

L'horizon temporel peut également être dépendant d'autres horizons fixés par la politique nationale ou internationale (par exemple 2015 pour les Objectifs du Millénaire pour le Développement)^[19].

Le choix de l'horizon n'est pas sans impact sur les décisions d'investissement : un horizon court pourra plaider en faveur d'une option moins onéreuse en investissement, en raison d'un retour sur investissement plus rapide. Un horizon lointain pourra justifier la mise en place de solutions d'attente souvent désignées « pré-électrification » pour des localités programmées tardivement.

1 4 3 Fréquence de mise à jour

Dans tous les cas, il est impératif de mettre à jour fréquemment le plan d'électrification, c'est-à-dire avant l'horizon temporel étudié. On considère par exemple que les actions concrètes à engager suite à une planification sur 20 ans ne peuvent s'étendre sur plus de 5 ans sans une mise à jour de la planification.

Il est ainsi conseillé d'extraire des résultats de la planification, une programmation au maximum quinquennale des investissements, régulièrement mise à jour en tenant compte de l'évolution du paysage électrique et des principaux paramètres/hypothèses de coûts notamment : coût des combustibles, taux d'amortissement, budget disponible...

QUAND PLANIFIE-T-ON ?

La planification intervient en début de processus d'électrification rurale, dès lors que la stratégie et donc les objectifs et les responsabilités institutionnelles sont fixés. Elle est consubstantielle de la notion de temps (moyen et long termes) et précède la programmation des investissements (court terme).

L'horizon temporel de la planification de l'électrification rurale ne doit pas être trop lointain (par exemple, de 10 à 20 ans), pour limiter les incertitudes sur les paramètres/hypothèses. Dans tous les cas, il est suggéré une programmation quinquennale au maximum, et une mise à jour régulière du plan.

Le choix de l'horizon n'est pas sans impact sur les décisions d'investissement : un horizon court pourra plaider en faveur d'une option moins onéreuse en investissement, en raison d'un retour sur investissement plus rapide. Un horizon lointain pourra justifier la mise en place de solutions d'attente souvent désignées « pré-électrification » pour des localités programmées tardivement.

[19] Des plans comme ceux élaborés dans le cadre du projet MEPRED-Burkina Faso (2008, op. citée), ou du PANERP (Plan National Énergie pour la Réduction de la Pauvreté au Cameroun, 2006) se sont calés sur l'horizon 2015, de façon intermédiaire pour le premier ou terminale pour le second. Dans le cas du Burkina Faso, la planification de l'électrification rurale a été établie à l'horizon terminale de 2025, à l'instar des autres planifications sectorielles et du DSRP.

1 5 Comment planifie-t-on ?

1 5 1 Les approches de planification

Aujourd'hui, on peut distinguer deux grandes familles d'approches de planification :

- L'approche technico-économique
- L'approche multisectorielle

A Approche technico-économique

On cherche à optimiser un critère économique (minimiser le coût actualisé du kWh, maximiser le TRI, etc.), en plaçant le maximum de kWh produits sur la période donnée, de manière à réaliser des économies d'échelle. On identifie ainsi pour chaque localité ou groupe de localités, l'option d'approvisionnement la plus économique. De plus, les projets peuvent être classés entre eux.

C'est l'approche traditionnelle et la plus répandue, bien qu'elle soit souvent nuancée de considérations non technico-économiques (cf. paragraphe 4.3). Comme indiqué ci-dessus (cf. paragraphe 2.2.1), différents critères économiques plus ou moins fins peuvent être utilisés comme fonction objective : Coût actualisé du kWh, Analyse Coûts-Bénéfices, Taux de Rentabilité Interne (TRI), Valeur Actualisée Nette (VAN)...

Des contraintes, politiques, techniques, financières, etc., sont souvent fixées pour encadrer l'optimisation : investissement maximal par abonné ou par localité, capacité installée maximale pour un projet, etc.

Cette approche tend à favoriser les foyers de population qui se trouvent à proximité du réseau, ou d'autres sources d'énergie notamment renouvelables. Elle consiste à maximiser les quantités de kWh vendues pour un investissement donné, afin de réaliser une économie d'échelle, toutefois sans considération de leur destination (la notion d'impact économique et social est ignorée), dès lors qu'une demande quelconque en énergie est exprimée sur le territoire objet de l'étude.

Il s'agit donc d'une approche qui peut être considérée comme étant davantage « guidée par l'offre d'énergie ».

B Approche multisectorielle

Le processus d'optimisation technico-économique est identique à celui décrit ci-dessus. Cependant, contrairement à l'approche précédente, tous les kWh placés ne se valent pas, puisque l'on cherche à maximiser l'impact de l'électrification sur le développement social et économique. D'où une attention particulière à la notion de services énergétiques et donc aux usages de l'électricité (cf. 2.2.1). Aussi, alors que dans une approche technico-économique classique seules les quantités de kWh placées justifient les économies d'échelle et donc la minimisation de la fonction objective, on peut dire que l'approche multisectorielle introduit une dimension qualitative aux kWh placés.

L'approche multisectorielle est née en partie de la prise de conscience internationale liée aux Objectifs du Millénaire pour Développement (OMD) et du faible impact historique de l'électrification sur le développement rural, y compris lorsqu'il s'agissait d'Électrification Rurale Décentralisée (ERD)^[20]. Ces nouvelles orientations imposent maintenant aux

[20] Citons notamment le rapport « Impact of solar photovoltaic systems on rural development: FAO study for rural electrification in the 21st century », B.V. Campen, D. Guidi, G. Best, Environment and Natural Resources Service (SDRN), November 1999, www.fao.org

projets d'électrification rurale de mieux tenir compte de cet impact sur le développement social et économique et même de pouvoir le justifier, si possible de façon quantifiée.

La problématique de l'électrification rurale est alors recentrée sur celle des « services énergétiques » (de base) et des usages productifs (activités génératrices de revenus^[21]).

Tableau 2. Exemples de services énergétiques pour les secteurs de la santé, de l'éducation et de l'eau potable (ENABLE, 2007)

Secteur	Services énergétiques	Pour
Santé	Éclairage	Livraisons et visites de nuit
Santé	Réfrigération	Stockage des médicaments et vaccins
Santé	Chauffage	Stérilisation des équipements, cuisson
Santé	Communication radio	Consultations et gestion de la logistique
Éducation	Éclairage	Classes du soir, études avant examens
Éducation	Informatique	Éducation aux nouvelles technologies
Éducation	Audiovisuel	Support de cours
Éducation	Photocopie	Support de cours
Eau	Pompage	Irrigation et eau potable
Eau	Stérilisation	Purification de l'eau potable

Le but n'est donc plus de « placer » indifféremment les kWh, mais de cibler les usages les plus bénéfiques selon cette nouvelle perspective, ce qui nécessite une concertation entre les différents secteurs du développement rural dès l'étape de planification.

Cet impact économique et social peut être estimé de différentes façons :

- Évaluation multicritères pondérée : chaque aspect de l'impact de l'électrification (amélioration de l'accès en eau potable, de l'éducation, de la création de valeur etc.) est évalué et agrégé avec une certaine pondération pour obtenir un « score » unique. Cette évaluation peut être effectuée pour chaque projet identifié, par entité administrative (cf. exemple de la Thaïlande au niveau provincial) ou pour l'ensemble de la planification.
- Pondération des kWh : une variante de l'évaluation multicritères pondérée est le calcul des kWh placés avec coefficient multiplicatif selon les services alimentés et/ou selon la qualité de l'approvisionnement électrique (service partiel ou continu). Un kWh vendu à un usager domestique peut ainsi valoir 1 tandis qu'un kWh vendu à une école peut valoir 25. C'est une façon d'adapter la logique électrique à l'approche multisectorielle.
- Évaluation multicritère restrictive : les différents critères envisagés peuvent être considérés comme restrictifs, un projet est alors rejeté s'il dépasse certains seuils (ex. aucune école électrifiée, moins de X ha irrigués etc.). Les différents critères représentent donc des « filtres » qui ne laissent plus que les projets satisfaisant à toutes les exigences.

[21] Cf. (ESMAP, 2008)

Quelle que soit la méthode choisie, le dialogue et la concertation entre acteurs du monde rural (et notamment les départements ministériels) sont essentiels pour parvenir à réunir les nombreuses données nécessaires et pour atteindre un consensus sur le choix et la pondération des critères.

La démarche peut ensuite être étendue après la planification avec une procédure de suivi et d'évaluation de l'impact. Cette approche tend à favoriser les foyers de services qui ne sont pas nécessairement des foyers de population et ne se trouvent pas nécessairement à proximité du réseau (même si ces différents facteurs sont souvent corrélés).

Il s'agit donc d'une approche plutôt volontariste, et davantage « guidée par la demande ».

1 5 2 Modélisation et simulation

La planification de l'électrification rurale sur un territoire suppose l'élaboration de modèles permettant à la fois de représenter le système électrique actuel et de prédire son évolution à un horizon donné. Sont présentés ci-après les principaux enjeux de cette modélisation :

- a) La prévision de la demande ;
- b) L'optimisation technico-économique des options d'approvisionnement en électricité ;
- c) La dimension spatiale ;
- d) Les limites de l'optimisation et le recours à la simulation.

A Prévision de la demande

Deux familles de modèles existent pour caractériser la demande en électricité et anticiper son évolution :

- Les modèles « top-down », inspirés des approches utilisées pour la planification dans le secteur électrique conventionnel, et se fondant sur des méthodes économétriques sophistiquées et des tendances de demande agrégées. On peut notamment citer les modèles de prévision de la demande utilisant les techniques statistiques de la régression linéaire et basées sur des hypothèses d'évolution du nombre de ménages et du PIB du secteur tertiaire ;
- Les modèles « bottom-up », qui se fondent sur des enquêtes socio-économiques de terrain et qui reconstituent plus finement la demande au niveau local à partir des profils de demande des différents types d'utilisateurs finaux.
- Bien que la collecte de données soit plus coûteuse dans le deuxième cas, il est souvent recommandé de suivre cette méthode afin que l'analyse reste pertinente vis-à-vis des spécificités des zones rurales, notamment sur les questions d'étude fine des demandes souvent peu élevées ainsi que des capacités à payer, et de segmentation du marché.

B Optimisation technico-économique des options d'approvisionnement en électricité

Trois groupes de technologies sont envisageables, dépendant de chaque contexte :

1. L'extension du réseau ;
2. Les mini-réseaux (inter) villageois ;
3. Les systèmes indépendants.

Pour chaque localité, l'optimisation technico-économique consiste à comparer ces options sous le prisme de la fonction objective (minimisation du coût actualisé du kWh, maximisation du taux de rentabilité interne, etc.) en tenant compte des différentes contraintes politiques, techniques, financières, etc. évoquées ci-dessus au chapitre 2.2.2.

Sans rentrer ici dans les détails mathématiques des algorithmes d'optimisation qui peuvent parfois s'avérer très complexes, il convient de souligner que ceux-ci reposent sur différentes hypothèses simplificatrices^[22].

Certains modèles peuvent introduire volontairement un biais dans la démarche d'optimisation, en donnant la possibilité de hiérarchiser les options d'approvisionnement envisageables. C'est notamment le cas lorsque le planificateur souhaite avantager une option recourant à une énergie renouvelable.

Au lieu de privilégier certaines options d'approvisionnement, d'autres approches de planification prennent le parti d'exclure volontairement certaines technologies, tandis que d'autres se proposent de les mettre rigoureusement en compétition afin de dégager en toute neutralité les solutions les plus intéressantes d'un point de vue économique.

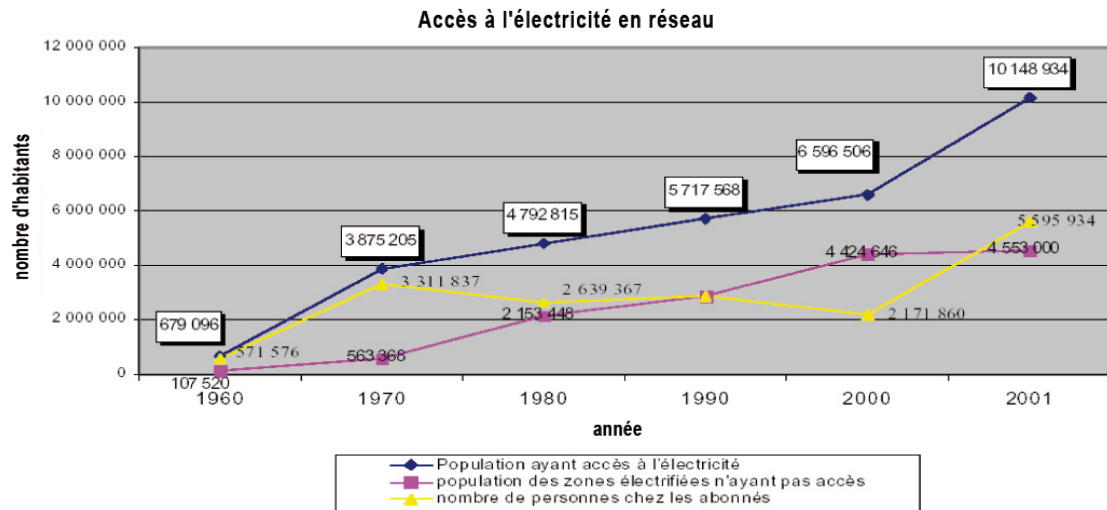
1. L'extension du réseau

Si l'électrification rurale s'est traditionnellement effectuée par extension du réseau national (éventuellement avec des spécifications allégées), le concept d'électrification hors réseau s'est établi comme alternative particulièrement durant la dernière décennie, face à la difficulté à considérer le raccordement au réseau interconnecté comme la seule option possible, et étant donné le degré d'insatisfaction de la demande rurale en électricité. Le Graphique 4 ci-après donne une illustration de cette situation en Côte d'Ivoire, sur la période 1960-2001.

La pertinence d'une solution de raccordement au réseau dépend en effet directement de l'éloignement de celui-ci et donc de façon générale de la couverture de l'infrastructure électrique existante.

Les méthodes de planification basées sur des algorithmes sont ici particulièrement utiles pour délimiter géographiquement et de façon rationnelle les zones où l'extension du réseau n'est pas économiquement envisageable à l'horizon étudié, et nécessitent une bonne collaboration de la société nationale d'électricité ou du concessionnaire, lorsqu'elle a été privatisée (cf. 2.1.4D).

[22] Pour approcher la stabilité de réseau, les chutes de tension, tracé des lignes MT (cf. 2.5.2C), le dimensionnement et emplacement des sous-stations (il existe peu de méthodes systématiques qui puissent être traduites en algorithmes à l'heure actuelle), le câblage MT/BT et le dimensionnement des transformateurs (recours à des ratios tels que le nombre de client par km de ligne, le nombre de transformateurs par puissance d'appel total pour la localité...), le potentiel en énergies renouvelables (étude cartographique sommaire pour la petite hydroélectricité, estimation des puissances et des productibles), etc.

Graphique 4. Degré d'insatisfaction de la demande en zone rurale avec accès au réseau en Côte d'Ivoire (1960-2001)


Source : Atelier ESMAP sur l'énergie rurale en Côte d'Ivoire, 30-31 janvier 2002

Quoi qu'il en soit, des aspects techniques, économiques et réglementaires sont à considérer pour déterminer si le raccordement au réseau est une option pertinente d'approvisionnement en électricité en zones rurales :

- **Considérations techniques :** le manque de disponibilité de l'énergie sur le réseau et les chutes de tension (éloignement des zones étudiées par rapport aux sous-stations) rendent parfois la solution de raccordement au réseau techniquement peu viable.
- **Considérations économiques :** la possibilité ou non de recourir à des normes et standards techniques allégés (SWER, poteaux bois, adaptation des sections de câbles, systèmes de comptage collectifs, compteurs de faibles ampérages, etc.) pour l'extension du réseau en zone rurale peut favoriser le développement de l'électrification rurale par raccordement, en réduisant considérablement les coûts d'investissement, ou le contraindre fortement.
- **Considérations réglementaires :** si la compagnie d'électricité opérant le réseau électrique existant a le monopole de la distribution d'électricité, il faut s'assurer de sa volonté s'investir dans l'électrification rurale (notamment en extension réseau à bas coût), et de son intérêt à réaliser des projets sociaux et structurellement peu ou pas rentables. Dans le cas contraire, il faut étudier scrupuleusement le cadre contractuel de l'achat et de la revente par des opérateurs privés sur le réseau, ainsi que les éventuelles aides aux investisseurs dans ce secteur.

2. Les mini-réseaux (inter) villageois

Il s'agit de réseaux électriques construits à partir d'un système alimentant une ou plusieurs localités (systèmes dits en grappes), indépendamment de(s) source(s) alimentant le réseau interconnecté national, avec ou sans raccordement à celui-ci pour une injection des surplus ou un achat ponctuel d'énergie, dans le cas particulier d'énergies renouvelables (hydroélectricité, biomasse, etc.).

Avec l'augmentation et les fortes incertitudes liées au coût des combustibles fossiles, les solutions renouvelables deviennent de plus en plus compétitives.

Néanmoins elles restent globalement plus lourdes que les solutions fossiles (groupes électrogènes) en terme d'investissement de première installation, et peuvent donc être défavorisées dans des analyses économiques à court terme et ne tenant pas compte des externalités^[23].

D'autre part, leurs variations de production quotidiennes et saisonnières peuvent poser des problèmes en fonctionnement isolé. Une vision à long terme et des objectifs plus larges de développement local sont toutefois susceptibles d'apprécier les énergies renouvelables pour leur utilisation des ressources locales naturelles et humaines, ainsi que leur faible impact sur l'environnement. Enfin, des solutions hybrides permettent de combiner les avantages et de réduire les inconvénients des différentes sources d'énergie (flexibilité et disponibilité des groupes diesel, et coûts d'opération réduits d'une petite centrale hydroélectrique ou d'une éolienne).

3. Les systèmes indépendants

Par opposition à l'extension du réseau et aux mini-réseaux (inter) villageois, les petits systèmes indépendants alimentent un consommateur ou un groupe restreint de consommateurs dans une localité donnée. Il s'agit de :

- Panneaux photovoltaïques avec batterie pour usages communautaires (écoles, centres de santé) ou domestiques ;
- Systèmes de recharge de batterie diesel ou PV ;
- Plateformes multifonctionnelles ;
- Turbines pico hydroélectriques ;
- Etc....

Après une tentative de diffusion massive des systèmes individuels comme alternative aux systèmes en réseaux, particulièrement dans la décennie qui a suivi l'apogée du concept d'Électrification Rurale Décentralisée^[24], et les différentes limites observées par rapport à ce concept à la fois en terme d'accès effectif au service, de viabilité économique et financière des projets et d'impact mitigé sur le développement économique local^[25], la place accordée à ce type d'options est désormais plus réaliste, plus ciblée et plus modeste en ambition.

En effet, la mise en place de ce type de système intervient de plus en plus comme alternative non plus systématique, mais localisée, à l'absence d'une énergie en réseaux, et vient souvent boucler les objectifs de desserte/access à l'énergie à l'échelle du territoire étudié, en ciblant les zones les plus reculées pour un accès à des Services Énergétiques de Base.

Dimension spatiale des modèles de planification : l'enjeu de la collecte et du traitement des données géographiques

La dimension spatiale de la planification de l'électrification rurale peut être considérée selon trois angles :

- **Technico-économique** : de façon strictement basique, l'offre (réseau interconnecté national, ressources renouvelables – hydroélectricité, biomasse, potentiels éolien ou solaire, etc.), de même que la demande (localités, foyers

[23] Externalités sociales et environnementales (qualité de service, coût d'une demande non satisfaite -Outage costs-, impact sur le développement et l'environnement...) prises en compte sous forme de coûts ou de bénéfices, ce qui suppose toutefois une méthodologie claire et largement acceptée.

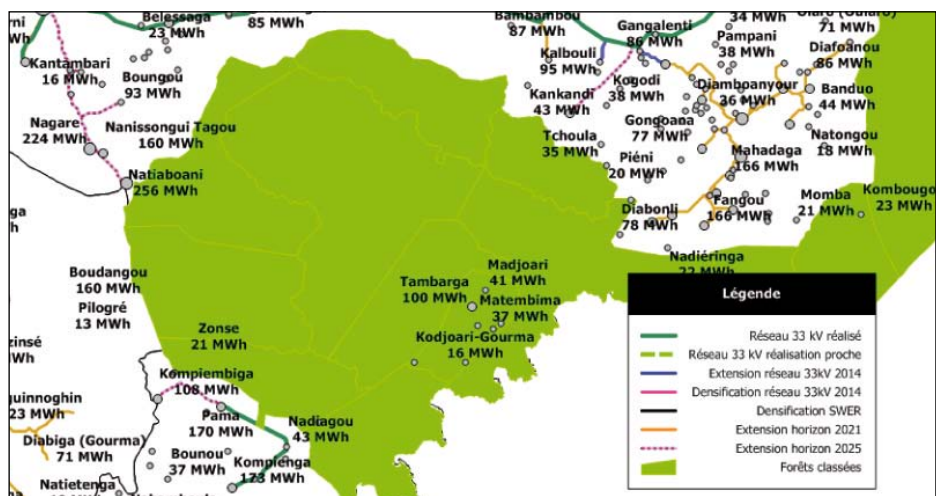
[24] Une des principales motivations du Séminaire de Marrakech consacré à l'ERD en 1995 était la nécessité d'une vaste réflexion internationale sur les modalités d'un « Changement d'échelle » dans l'électrification décentralisée, afin de contribuer au développement durable des régions rurales de la planète, tenues à l'écart des réseaux énergétiques traditionnels et où vivent plus de deux milliards d'habitants », Actes du Séminaire de Marrakech 13-17 novembre 1995, Volume I.

[25] FAO, 1999, option citée.

de population, demandes spécifiques notamment agro-industrielles, etc.) sont par nature localisés sur un territoire donné, et l'articulation entre l'offre et la demande est tout d'abord une équation géographique. La localisation des ressources, les distances au réseau ou entre localités, la dispersion de l'habitat au sein d'une localité, etc., sont autant de paramètres géographiques déterminants pour l'optimisation technico-économique.

- **Géophysique** : le tracé des lignes MT peut tenir compte ou non des contraintes naturelles (forêts, aires protégées, lacs, montagnes, etc.) et opportunités topologiques (routes, chemins de fer, etc.), afin d'aboutir à des solutions proches de la réalité. En effet, plutôt que de le simplifier avec une estimation à vol d'oiseau (y compris moyennant un éventuel coefficient correctif), le tracé des lignes MT entre villages ou entre le réseau national et les villages peut faire l'objet d'une optimisation, automatique^[26] ou semi-automatique^[27]. Le Graphique 5 présente une illustration du contournement d'une Aire protégée par des lignes électriques au Burkina Faso, grâce à des modèles recourant à la théorie des graphes^[28].
- **Socio-économique** : dans une perspective d'aménagement du territoire, on peut s'intéresser aux échanges économiques et aux mouvements de population entre localités (dynamique pôle-hinterland), afin de cibler en priorité les centres de développement par exemple. Une grande diversité de modèles peut être utilisée pour cela^[29]. La densité de population infra et inter villages est également un indicateur qui peut être exploité pour l'identification de solutions ad hoc. Le Graphique 6 présente une illustration de l'analyse des zones d'influence de pôles de développement au Burkina Faso.

Graphique 5. Contournement d'une Aire protégée par les lignes électriques au Burkina Faso^[30]



[26] Algorithmes vectoriels ou rasterisés (cf. méthode GEOSIM®).

[27] Cf. méthode utilisée en Afrique du Sud (Luchmaya, 2001).

[28] Par exemple, les Least Cost Path Models (LCP)

[29] En particulier les modèles dits d'interaction spatiale tels que la Loi de Hotelling, la Loi de Reilly, les Méthodes des secteurs proximaux et la Théorie des places centrales de Christaller, le Modèle de Huff, le Modèle Interactif de Concurrence (MCI), Les Polygones de Voronoï, etc.

[30] Étude MEPRED 2007-2008, op. citée.

Il convient d'ailleurs de noter que lorsque la quantité et la qualité des données socio-économiques ne sont pas suffisantes pour alimenter les algorithmes d'optimisation, une donnée minimaliste peut être la population, car celle-ci est en général plus facile à collecter et se retrouve de façon transversale dans les différentes approches.

Dans tous les cas, il est généralement recommandé d'effectuer des analyses de sensibilité grâce à la simulation, afin de mesurer l'influence sur le résultat que peuvent avoir les incertitudes sur les paramètres clefs du modèle. Lorsque l'incertitude est structurelle (par exemple dans le cas de la production des énergies renouvelables intermittentes), certains modèles proposent même de la traiter de façon probabiliste dans les calculs.

1 5 3 De la méthode à l'outil informatique

Lorsque l'on a clarifié les différents points mentionnés ci-dessus, il reste à estimer la pertinence de disposer d'un outil dédié à la planification, puis à spécifier ses caractéristiques pour le rendre conforme à la méthode choisie.

A Nécessité d'un outil informatique

Un outil informatique est tout d'abord indispensable pour effectuer rapidement un grand nombre de calculs. En particulier les modèles désagrégés (« bottom-up ») ayant une composante spatiale et intégrant des méthodes d'optimisation avancées sont susceptibles d'avoir recours à des algorithmes nécessitant une puissance de calcul telle qu'une mise en œuvre non informatique n'est pas envisageable.

La rapidité d'exécution offerte par un outil permet en outre de tester différents scénarios (simulation dite numérique) et permet d'effectuer des études de sensibilité des résultats aux différents paramètres clefs du modèle.

Avec le développement des Systèmes d'Information Géographique (SIG) offrant des possibilités de programmation informatique, il est de plus en plus aisé d'intégrer une dimension spatiale dans les modèles d'analyses technico-économiques et donc de gérer les enjeux géophysiques et socioéconomiques évoqués ci-dessus au chapitre 2.5.2C directement au sein des algorithmes de planification.

En outre, on a vu qu'il était recommandé de mettre à jour régulièrement le plan d'électrification pour tenir compte de l'évolution du contexte et de l'avancée des projets, justifiant la capitalisation de la compétence de « planification par outils automatisés et interactifs ».

B Système expert ou Aide à la décision ?

Du fait de la complexité de l'exercice de planification, il faut se poser la question de la souplesse d'utilisation de l'outil et notamment de la possibilité ou non qu'a le planificateur d'intervenir à différents stades. On rencontre ainsi deux approches :

- **Le système expert** : l'outil se substitue quasiment au planificateur et fonctionne comme une « boîte noire » intelligente où l'on rentre des données et des paramètres. Il fournit en sortie des résultats définitifs (sauf, bien sûr, à relancer les calculs avec des paramètres différents).
- **L'outil d'aide à la décision** : à différents stades de la planification, l'outil dispose d'algorithmes automatiques ou semi-automatiques (avec intervention manuelle de l'utilisateur à un ou plusieurs endroits de la boucle) qui fournissent un éventail de résultats parmi lesquels le planificateur doit choisir sur la base d'indicateurs clefs.

L'avantage de la seconde approche est naturellement sa flexibilité et sa transparence et l'opportunité laissée au planificateur d'intervenir quasiment à tout moment dans le processus de planification. Toutefois, une sollicitation trop importante du planificateur peut rendre l'utilisation de l'outil fastidieuse ou trop complexe.

De son côté, le système expert est souvent plus rapide à aboutir à des résultats, mais si le modèle n'est pas clairement assimilé par l'utilisateur, il peut s'avérer très difficile à paramétrer, et ses résultats peuvent ne pas être faciles à interpréter. D'autre part, le système expert peut ne pas répondre aux exigences spécifiques de l'utilisateur car comme on l'a vu dans les points précédents, il existe une grande variété d'approches et il peut être difficile (et peu souhaitable) de toutes les anticiper lors de la conception de l'outil.

C Outils indépendants ou ensemble cohérent ?

Traditionnellement, la planification étant le résultat d'un processus décliné en sous-activités (prévision de la demande, options d'approvisionnement, stratégies de maîtrise de la demande, transmission et distribution...), différents outils sont utilisés pour différentes tâches, et ceux-ci ne communiquent pas nécessairement entre eux. Il est alors de la responsabilité du planificateur d'assurer la mise en cohérence et l'articulation entre ces différents modules.

Dans les applications les plus récentes, on retrouve généralement un Système d'Information Géographique (SIG) pour la modélisation spatiale et la gestion des données, ainsi que la restitution des résultats sous forme cartographique. Et selon la précision de l'étude, on pourra également utiliser des logiciels indépendants d'optimisation, de dimensionnement et d'analyse économique des systèmes électriques (énergies renouvelables, systèmes hybrides, réseaux de distribution). Toutefois, ces différents logiciels ne sont en général pas conçus pour être mis en relations les uns avec les autres, et leur approche ne correspond pas nécessairement aux options de planification choisies.

C'est pourquoi une suite logicielle intégratrice peut présenter des avantages, bien qu'elle soit en théorie moins flexible sur chaque tâche. Notamment si les moyens humains accordés à la planification sont réduits : il est plus rentable de former une équipe restreinte de personnes à un outil intégré plutôt qu'à un grand nombre d'outils spécialisés.

COMMENT PLANIFIE-T-ON ?

Il est proposé de distinguer principalement deux approches de planification de l'électrification rurale à un horizon donné, étant donnés des objectifs (généralement liés à l'accès à l'énergie sur un territoire donné) et des contraintes qui peuvent être à la fois politiques, techniques, financières, stratégiques : l'approche dite technico-économique qui cherche uniquement à optimiser un critère économique (fonction objective) permettant le choix des investissements en maximisant le placement de l'énergie produite par différentes technologies comparées entre elles, et l'approche dite multisectorielle, qui opère une optimisation économique identique à la précédente, avec cependant l'introduction d'une dimension qualitative à l'énergie placée (les kWh placés ne se valent pas, au sens du développement humain).

Ces différentes approches requièrent l'élaboration de modèles plus ou moins sophistiqués permettant de simplifier des systèmes électriques complexes, et facilitant la simulation de différents scénarios. Des outils informatiques (systèmes experts ou outils d'aide à la décision) permettent alors la réalisation aisée de simulations numériques, basées sur des calculs puissants.

1 6 Combien cela coûte-t-il ?

La planification de l'électrification rurale a un coût non négligeable, qui de surcroît s'inscrit dans la durée, dans la mesure où il s'agit, comme indiqué à plusieurs reprises, d'un processus dynamique, à renouveler dans le temps. Cependant, les coûts initiaux qui peuvent être conséquents doivent être distingués des coûts récurrents, qui, s'ils sont bien encadrés, peuvent s'avérer plus raisonnables.

1 6 1 Coûts initiaux

Ils peuvent être partagés en deux composantes :

- Les coûts liés aux enquêtes de terrain
- Les coûts du process de planification proprement dit.

Chacun de ces coûts est décrit ci-après.

A Les coûts des enquêtes de terrain

Il s'agit des coûts liés à la mise en place initiale d'un schéma de planification et de programmation des investissements en matière d'électrification rurale. Ces coûts intègrent comme principal poste de dépense la collecte et le traitement des données.

Il s'agit à la fois :

- **De données socio-économiques** : études et prévision des différentes formes de demande en électricité sur le territoire étudié et analyse des capacités à payer, analyse des dynamiques territoriales dans une perspective d'aménagement du territoire à l'horizon étudié, estimation de paramètres démographiques (population et taux de croissance annuel, taille des ménages, etc.), etc.
- **De données techniques** : recensement analytique des sources d'énergies potentielles notamment renouvelables (hydroélectricité, biomasse, etc.), localités électrifiées, caractéristiques techniques des infrastructures électriques actuelles et projetées (lignes, sous-stations, etc.), et analyse technique des options d'approvisionnement disponibles ;
- **De données économiques** : principalement l'estimation des paramètres caractéristiques et des coûts des principaux éléments entrant dans les investissements de production, de transport et de distribution de l'énergie électrique, taux d'actualisation pratiqués et convenus, etc.

La collecte de ces différentes données nécessite des enquêtes menées par des profils d'experts couvrant divers champs disciplinaires (socio-économistes, énergéticiens, économistes, experts SIG, etc.), également chargés du traitement et de l'analyse des données (conception des modèles de planification, réalisation des simulations, analyse des résultats et programmation des investissements).

Les enquêtes seront plus ou moins lourdes, dépendant de la taille du territoire, des conditions d'accès (état des routes, moyens de communication, etc.) dans la zone d'étude, du nombre et de la taille des localités, de l'état d'avancement du recensement analytique des sources potentielles d'énergie électrique, de la disponibilité des données de coûts d'investissement et d'exploitation et d'extension/renouvellement (matériels et équipements, opération et maintenance, etc.), de la disponibilité de données cartographiques, etc.

Avec l'introduction de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) permettant de gérer aisément la composante spatiale, déterminante à plus d'un titre pour les exercices de planification, ces données doivent de surcroît être géo-référencées, ce qui rajoute une difficulté supplémentaire et génère des coûts additionnels.

Les coûts de collecte de données peuvent être significativement baissés dans les cas où il existe un vrai processus d'échange de données multisectorielles. C'est notamment le cas au Rwanda avec un organisme chargé de collecter les données SIG de tous les ministères (CGIS-NUR, <http://www.cgisnur.org/>)^[32], et qui a été amorcé au Cameroun dans le cadre du GTMN (www.mng-cameroon.org/sig)^[33].

B Les coûts de process

Il s'agit des coûts nécessaires à la définition et l'implémentation d'une méthode de planification alimentée par les données ci-dessus collectées et traitées. Il s'agit donc essentiellement de coûts d'expertise.

Dans la mesure où l'exercice de planification/programmation des investissements est un exercice souverain et qui exige un renouvellement permanent, il conviendrait que ce process soit maîtrisé en interne.

Il se peut cependant qu'il soit nécessaire de recourir aux services d'un Ingénieur conseil comme assistant technique pour amorcer le processus, avec comme condition un impératif de formation des compétences internes et de transfert de savoir-faire. Dans ce cas, les coûts de l'assistance technique peuvent être déterminés par le marché, et résulter par exemple d'une consultation par Appel d'Offres.

Au-delà des coûts d'expertise, internalisés ou externalisés, la démarche de planification peut nécessiter l'acquisition de logiciels (de bureautique et de calculs) et d'équipements informatiques (ordinateurs, imprimantes, GPS, tables à numériser, etc.) pour faciliter les aspects de traitement, d'analyse des données et de restitution des résultats.

1 6 2 Les coûts de mise à jour

Comme indiqué plus haut, il est impératif de renouveler régulièrement l'exercice de planification /programmation des investissements, pour tenir compte des incertitudes qui pèsent sur les hypothèses et autres paramètres de coûts notamment.

Ces coûts récurrents sont liés à la nécessité de ce renouvellement, qui au-delà de la collecte des données, peut s'avérer difficile en l'absence d'une maîtrise en interne de la démarche de planification, avec parfois la nécessité de recourir une fois encore aux services d'un prestataire externe.

Plusieurs pays se retrouvent ainsi ramenés à la situation de départ, quelques années seulement après un lourd investissement pour l'élaboration d'un plan de développement de l'électrification rurale, pour une modification légère des paramètres de planification ou un détail logistique mineur, qui se révéleront néanmoins fatals : changement du découpage administratif, décision d'aménagement territorial différent, augmentation des cours du carburant, modification des plans de développement de la société nationale d'électricité, modification de la politique tarifaire ou de la politique de subvention, pertes des fichiers sources ou crash d'un ordinateur, changement d'équipe, etc.

Parfois les schémas développés n'ont alors que peu ou pas servi, et le Planificateur institutionnel est incapable de les mettre à jour.

1 6 3 Les avantages comparatifs de la maîtrise en interne d'outils de planification

Comme indiqué ci-dessus (cf. paragraphe 2.5.3), la maîtrise en interne de l'utilisation d'un outil informatique pour la planification de l'électrification rurale (système expert ou d'aide à la décision) offre plusieurs avantages, notamment :

- La possibilité pour le planificateur d'effectuer aisément un grand nombre de calculs, parfois complexes et fastidieux ;
- La possibilité en particulier de tester rapidement différents scénarios (simulation dite numérique) et d'effectuer des études de sensibilité par une modification simplifiée de certains paramètres ;

[32] Le « Geographic Information Systems and Remote Sensing Regional Outreach Center » (CGIS) a été créé en 1999 dans le cadre d'une convention entre la « National University of Rwanda (NUR) » et le « Dian Fossey Gorilla Fund International (DFGI) ».

[33] Groupe de Travail Multisectoriel National, initié en 2005 et présidé par la Direction de l'Électricité du Ministère de l'Énergie et de l'Eau.

- La possibilité de travailler aisément à différentes échelles territoriales, lorsque l'outil intègre une dimension géographique (Système d'Information Géographique), comme c'est de plus en plus le cas.
- La possibilité de restituer les résultats de la planification et notamment d'extraire aisément des programmes d'investissement.
- Etc.

Les coûts d'investissement initiaux concernent alors seulement l'acquisition de l'outil et la formation à son utilisation, ainsi que la collecte des données nécessaires en entrée. Les coûts récurrents comprennent le renouvellement des licences, et le service après-vente (maintenance, upgrading, etc.). Il convient cependant de sélectionner un outil assis sur des concepts en accord avec sa propre vision du développement de l'électrification rurale (cf. chapitre 2.5) ou suffisamment souple pour les intégrer, répondant le plus possible aux objectifs de planification fixés par son Gouvernement (cf. chapitre 2.2), présentant le meilleur rapport qualité-prix, et disposant d'un service après-vente durable.

COMBIEN COÛTE LA PLANIFICATION ?

La planification de l'électrification rurale a malheureusement un coût qui peut se révéler prohibitif si les nécessaires mises à jours récurrentes et la possibilité d'opérer aisément différentes simulations ne sont pas convenablement anticipées. Ces coûts comprennent essentiellement des charges de collecte des données socioéconomiques, techniques et économiques, mais aussi des coûts d'expertise, internes ou externes, liés au traitement et à l'analyse de ces données. Les processus de mise en commun des données multisectorielles permettent de diminuer très significativement les coûts liés à la collecte et la mise à jour des données.

La mise à jour des résultats de la planification – par ailleurs très sensibles à la modification de paramètres et hypothèses de calculs – et de la programmation des investissements exige un renouvellement régulier et une appropriation interne des démarches de planification.

La maîtrise d'un outil de planification de l'électrification rurale peut constituer une alternative durable au recours récurrent et coûteux à une expertise externe. Cependant l'outil doit pouvoir s'adapter à la vision et aux objectifs souverains de planification de l'électrification rurale, et présenter un bon rapport qualité-prix dans la durée.

1 7 Pourquoi planifie-t-on ?

De façon générale, la planification consiste à anticiper dans un domaine précis, les différentes actions liées à un projet, étant donnés des objectifs précis à atteindre, des contraintes à surmonter, des moyens (humains, matériels et financiers) précis et sur une durée précise.

La raison d'être d'un exercice de planification de l'électrification rurale, se situe tout d'abord dans sa capacité à valider la faisabilité de la stratégie d'électrification rurale (étape précédant la planification), tout en y apportant une réponse concrète, avant d'aborder la phase plus opérationnelle de programmation des investissements. Il s'agit d'optimiser les ressources notamment financières, permettant d'atteindre les objectifs d'accès à l'électricité sur un territoire rural donné, et à un horizon donné, tel que fixé dans les documents de stratégie.

Dans cette optique, la nécessité de planifier s'impose de par le caractère structurellement déficitaire de l'électrification rurale, nécessitant par conséquent la mise en place de subventions publiques dans des contextes où les ressources sont souvent limitées.

De plus, l'ouverture au secteur privé milite également pour la planification de l'électrification rurale, comme outil de transparence et de visibilité, quant aux risques et opportunités d'investissements pour les opérateurs potentiels.

Enfin, les résultats de la planification peuvent également être utilisés pour argumenter en faveur de mesures correctrices visant à accélérer le développement de l'électrification rurale, étant donné le cadre réglementaire existant (promotion des énergies renouvelables, normes techniques, fiscalité spécifique, politique tarifaire, conditions d'accès des tiers au réseau, etc.).

POURQUOI PLANIFIER ?

La planification de l'électrification rurale vise à répondre aux objectifs généraux définis par la stratégie sectorielle, par exemple la maximisation de l'accès à l'électricité sur un territoire donné et à un horizon donné, pour un niveau de subvention donné : une démarche souveraine pour laquelle, il est de plus en plus convenu d'intégrer une dimension d'aménagement du territoire et de renforcement de l'impact économique et social de l'électrification rurale.

Cet exercice permet de valider la faisabilité des objectifs, et ouvre la voie à la phase plus opérationnelle de programmation des investissements. C'est un instrument de transparence et de visibilité dans le secteur notamment pour les opérateurs privés.

Les résultats de la planification peuvent également être utilisés pour argumenter en faveur de mesures correctrices visant à accélérer le développement de l'électrification rurale, étant donné le cadre réglementaire existant (politique en faveur des énergies renouvelables, normes techniques, fiscalité, politique tarifaire, conditions d'accès des tiers au réseau, etc.).

2

État de l'art

Le classement des méthodes actuelles de planification en catégories homogènes est un exercice nécessairement simplificateur. Il est en effet fréquent de retrouver des approches à la frontière des différentes catégories proposées ci-après, d'autant plus que les réponses apportées aux différentes problématiques mentionnées dans le chapitre précédent peuvent être variées. Quoi qu'il en soit, la distinction « guidée par la demande » et « guidée par l'offre » nous semble pertinente, et constituera donc le principal facteur discriminant dans cette analyse.

2 1 Typologie des méthodologies actuelles

2 1 1 Approches guidées par l'offre

A Description de la méthode

Un exemple typique de méthodologie de planification guidée par l'offre est la planification de l'extension du réseau menée par les compagnies d'électricité. Il s'agit d'études détaillées visant à chiffrer et à dimensionner de façon optimale le réseau de transport et de distribution ainsi que le parc de production, dans la perspective d'investissements proches dans le temps. Bien que l'on fasse une distinction conceptuelle entre systèmes électriques conventionnels et électrification rurale, dans les faits, la planification de l'extension du réseau touche à terme les zones rurales et mérite donc d'être mentionnée dans cet état de l'art. Cette planification est souvent segmentée en plusieurs exercices interdépendants, correspondant aux différentes composantes de l'infrastructure électrique :

- **La planification des ressources (production) :** celle-ci cherche à identifier les options à moindre coût permettant de satisfaire l'évolution de la demande dans le temps. Elle repose sur des outils d'optimisation complexes tels que le Wien Automatic System Planning Package (WASP) ou le Jiaotong Automatic System Planning Package (JASP). Si traditionnellement la planification des ressources s'intéressait exclusivement aux options liées à la production centralisée d'électricité, ces outils sont maintenant conçus pour étudier également les sources décentralisées ainsi que les alternatives affectant la demande (efficacité énergétique, réduction de la consommation) et prennent en compte les coûts d'une demande non satisfaite pour l'économie nationale (outage costs) : il s'agit de la planification intégrée des ressources. Toutefois, ces modèles restent du type « guidés par l'offre » dans le sens où la demande n'est prise en compte qu'en tant que série temporelle (modélisation « top-down ») et est donc implicitement contrainte par l'offre (l'infrastructure électrique existante), la demande rurale n'étant pas considérée comme une donnée ou un objectif spécifique. D'autre part, la plupart de ces modèles n'envisagent que des unités de production centralisées dont la taille n'est pas en rapport avec la demande en milieu rural.

La planification des ressources peut également être effectuée en dehors du cadre de la compagnie d'électricité nationale, pour définir des éléments de politique de l'électrification rurale tels que le potentiel de sources d'énergies alternatives ou l'influence de nouvelles réglementations. Ces études se situent naturellement beaucoup plus en amont (l'objectif n'étant pas d'identifier des projets d'investissement), et sont menées exclusivement par les décideurs. Les méthodes utilisées peuvent être les mêmes que celles des compagnies d'électricité (planification intégrée des ressources), ou elles peuvent se fonder sur des études de cas isolés (fictifs ou non) pour ensuite extrapoler leurs résultats à l'échelle du pays. Cette dernière méthode est plus adaptée à une approche décentralisée et hors réseau de l'électrification rurale.

- **La planification du transport :** peu pertinente pour l'électrification rurale dans la plupart des cas du fait des faibles puissances qu'elle engage.
- **La planification de la distribution :** s'intéresse à l'optimisation des lignes de distribution et aux emplacements des sous-stations, à l'aide d'outils de modélisation détaillés ayant pour la plupart une composante spatiale (calculs de transit, chutes de tension, contraintes de terrain...). Cet exercice est en réalité plus proche de l'étude de conception que de la planification à long terme, mais il peut être précédé d'une identification et d'une hiérarchisation des localités candidates selon des critères socio-économiques ou politiques, qui tempèrent le caractère « guidé par l'offre » de l'approche. C'est notamment le cas pour la Thaïlande (P. Yalamas, 2003) qui a mis l'accent sur l'extension du réseau et l'augmentation rapide du taux de couverture en mettant en place différents programmes, suivant des logiques de hiérarchisation des localités distinctes :

- Ratio population sur distance au réseau
- Statut administratif (centres administratifs et localités adjacentes prioritaires)
- Part de l'investissement prise en charge par la localité
- Démarche multisectorielle :
 - Le nombre de villages à électrifier dans chaque province est fonction de 30 indicateurs socio-économiques agrégés au niveau provincial
 - Idem au niveau départemental avec d'autres indicateurs
 - Enfin les localités sont classées selon 7 critères de poids égal : distance au réseau, distance à la route, population, nombre de clients attendus, kW équivalent en usages productifs, nombre d'activités commerciales, nombre d'infrastructures

B Exemples d'application

- Évaluation de l'impact d'une taxe carbone sur l'évolution du parc de production et sur les réductions d'émission au Vietnam (Limmechokchai et al, 2003). La méthode WASP a été utilisée.
- Master Plan de l'électrification rurale du Cambodge à partir d'énergies renouvelables (JICA, 2006). Il s'agit d'une évaluation à grande échelle du potentiel des énergies renouvelables, se fondant en partie sur un SIG, des enquêtes de terrain et des études de préfaisabilité plus détaillées (projets hydro et biomasse).
- Évaluation du potentiel de la gazéification de la biomasse pour l'électrification rurale au Laos (LIRE, 2008). L'étude a ici consisté à envisager différents cas fictifs d'électrification par gazogène de biomasse (balles de riz), afin de déterminer les modalités de mise en place les plus efficaces et la pertinence de cette solution de production de façon générale pour les zones rurales du pays.
- Détermination du potentiel de la production à partir de biomasse en Afrique du Sud, à l'aide d'outils SIG (DME, 2004). Afin d'évaluer de façon précise le potentiel des résidus de l'exploitation du bois et de la canne à sucre sur tout le territoire, un outil de dimensionnement de projet (Homer) a été couplé à un SIG.

2 1 2 Approches guidées par la demande

A Description de la méthode

Un premier exemple d'approche guidée par la demande est l'élaboration de « packages » technologiques permettant de cibler une demande particulière (santé, éducation, usages productifs, sécurité, confort...). Cette approche consiste à déterminer la pertinence technique et économique d'une solution à petite échelle, pour ensuite promouvoir sa réplification à grande échelle (à l'image des études de potentiel mentionnées dans le paragraphe précédent, sauf que dans le cas présent on s'intéresse avant tout à la demande et non à l'offre). L'étude s'appuie donc fréquemment sur des projets pilotes et des études de cas. Le projet ENABLE a ainsi effectué une planification de l'électrification des services de santé, d'éducation et d'alimentation en eau potable à partir de petits systèmes renouvelables (EIE-ADEME, 2007).

Un autre exemple plus répandu et qui couvre une partie importante des méthodes de planification est l'identification de projets sur un territoire donné, dans une perspective d'aménagement du territoire (planification territoriale intégrée). L'objectif est ici de déterminer de façon pragmatique et opportuniste les meilleures options d'électrification avec un minimum de parti pris technologique (énergies renouvelables/fossiles, réseau/hors réseau) et idéologiques (centralisé/décentralisé), en se focalisant sur les usages les plus pertinents du service électrique en milieu rural. Cette

approche est donc fortement multisectorielle puisqu'elle sollicite les différents acteurs du développement rural ainsi que la (les) compagnie(s) d'électricité. La démarche générale consiste souvent à procéder en 3 étapes successives :

1. Identifier les localités susceptibles d'être raccordées au réseau dans un avenir proche en concertation ou non avec les opérateurs du réseau ;
2. Identifier les projets décentralisés à partir des ressources énergétiques (diesel, petites centrales hydroélectriques, biomasse, éolien etc.) et financières disponibles. Ces projets sont sélectionnés et hiérarchisés selon des critères d'impact potentiel sur le développement social et économique.
3. Proposer des solutions d'ERD (PV, plateformes multifonctionnelles^[34]) pour assurer l'accès aux services énergétiques de base dans les localités restantes.

Le résultat est alors un bouquet de solutions adaptées aux contextes locaux, qui peuvent ensuite déboucher sur des études plus détaillées (pré faisabilité, faisabilité).

B Exemples d'application

- Planification en Afrique du Sud : l'approche considère l'extension de réseau (SWER) comme moyen principal d'électrification avec des projets décentralisés en complément. Un modèle coût-bénéfice innovant a été développé, qui adapte la notion classique de bénéfice d'un projet (nombre de kWh vendus) à l'approche « guidée par la demande » : les kWh sont pondérés selon les usages desservis, par ex. 1kWh domestique vaut 1 point tandis qu'1 kWh pour une clinique en vaudra 25 (Banks et al, 2000). L'impact économique de l'électrification est également mesuré dans un second temps au niveau macro (régional et national) ;
- Master Plan de l'électrification rurale en Éthiopie, projet « Mainstreaming Energy for Poverty Reduction and economic Development (MEPRED) » au Burkina Faso, projet « Capacity and institutional strengthening for Rural Electrification and development, Decentralised Energy Options (CAP REDEO) » au Laos et Cambodge, projet « Improving Economic and Social impact of Rural Electrification » (IMPROVES-RE) au Burkina Faso, Cameroun, Mali et Niger : élaboration d'une méthodologie de planification visant à maximiser l'impact potentiel de l'électrification rurale sur le développement social et économique. L'aspect novateur de l'approche se situe dans son modèle d'analyse des dynamiques spatiales Pôles de Développement/Hinterlands, qui hiérarchise les localités à électrifier selon le potentiel de rayonnement économique et social de leurs infrastructures.
- Programme d'Électrification Rurale Global (PERG) au Maroc : les solutions réseaux, mini-réseaux et ERD ont été étudiées sur tout le territoire de façon à électrifier à moindre coût^[35] la totalité du territoire en peu de temps (sans viser particulièrement les usages productifs ou sociaux dans un premier temps^[36]). Les résultats de l'analyse à moindre coût ont été corrigés afin de conserver un équilibre entre les régions du pays en terme de couverture du réseau (S. Boutayeb, 2002).

2 2 Outils informatiques d'aide à la planification

Quelques exemples d'outils (dont les spécifications sont disponibles), sont fournis ci-dessous et regroupés en 3 catégories :

[34] Bien que la plateforme fournisse essentiellement de l'énergie mécanique et non électrique, celle-ci trouve sa place dans une démarche « guidée par la demande » puisqu'elle s'intéresse avant tout aux services énergétiques.

[35] Le modèle s'appuie notamment sur la dispersion intra-village (distance moyenne entre les foyers) et la dispersion inter-village pour calculer les coûts d'investissement par abonné

[36] Il faut noter cependant que l'Office National de l'Électricité (ONE) est en ce moment en cours d'élaboration d'une stratégie de valorisation de l'électrification, afin d'encourager les usages à fort potentiel pour le développement

- Dimensionnement des options de production
- Calcul de réseaux
- Planification territoriale

Les deux premières catégories d'outils sont plutôt destinées à des études de faisabilité, mais peuvent être éventuellement utilisées comme éléments d'une méthodologie de planification plus globale (certains de ces outils sont d'ailleurs capables de communiquer entre eux, tels que ViPOR et HOMER).

2 2 1 Dimensionnement des options de production

Les outils de dimensionnement de systèmes énergies renouvelables ou hybrides sont nombreux. Parmi les plus diffusés, on trouve :

- HOMER (www.homerenergy.com or analysis.nrel.gov/homer/), développé par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) aux Etats-Unis
- RETScreen (www.retscreen.net), développé par la Division Énergie Électrique et Renouvelable des Ressources naturelles du Canada (NRCan)

A HOMER

Homer est un outil d'évaluation des systèmes électriques isolés ou interconnectés, disponible gratuitement sur le site internet indiqué ci-dessus. Il permet d'évaluer la faisabilité technique et économique d'options technologiques renouvelables ou non (PV, turbines éoliennes, petites centrales hydroélectriques, groupes électrogènes, biogaz, piles à combustible etc.). Le stockage d'énergie est également pris en compte.

Le Department of Minerals and Energy d'Afrique du Sud a cherché à coupler HOMER avec un SIG afin d'automatiser l'évaluation du potentiel de la biomasse sur un territoire, à partir des données de potentiel disponibles sous format SIG (DME, 2004).

B RETSCREEN

RETScreen est un outil similaire, également disponible gratuitement. De nombreuses solutions technologiques peuvent être étudiées aussi bien pour la production d'électricité que de chaleur. Le logiciel dispose de bases de données détaillées permettant de récupérer des valeurs de coûts et de performances par défaut, ainsi que des données météorologiques en plusieurs points du monde (pour les énergies qui en dépendent). Les analyses financières peuvent intégrer le Mécanisme de Développement Propre (MDP).

2 2 2 Calcul de réseaux

De même, de nombreux logiciels existent pour effectuer les calculs de dimensionnement et d'optimisation des réseaux électriques basse et moyenne tension.

Deux exemples de logiciels dédiés à l'électrification rurale (conception de plans locaux basse et moyenne tension avec options de production décentralisées) :

- LAP (www.systemseurope.be/products/lap.fr), développé par Systems-Europe/EDF.
- ViPOR (analysis.nrel.gov/vipor/), développé par le NREL.

A Low voltage electrification Analysis and Planning (LAP)

LAP est un logiciel d'assistance pour les projets de distribution Basse Tension. Après calcul des aspects électriques du réseau (courant, tension, pertes, etc.), LAP détermine la liste des investissements nécessaires. Considérant d'une part les coûts de ces investissements et de l'exploitation du réseau, et d'autre part les revenus qui résulteront de la vente des services, LAP présente un bilan économique optimisé. Les résultats obtenus pour plusieurs réseaux de distribution peuvent être consolidés pour présenter un bilan économique global au niveau d'une région. Le logiciel dispose de fonctionnalités SIG et est capable de prendre en compte différentes sources d'énergie : diesel, éoliennes, microcentrales hydroélectriques, systèmes solaires et interconnexion réseau.

B The Village Power Optimization model for electric Renewables (VIPOR)

ViPOR est un modèle d'optimisation de systèmes électriques villageois. À partir de la carte d'un village et d'informations sur la taille des charges et le coût des équipements, ViPOR détermine les foyers qui doivent être alimentés par des systèmes isolés (ex. PV) et ceux qui doivent être inclus dans un réseau de distribution centralisé. Le réseau de distribution est conçu de façon optimale en tenant compte des contraintes du terrain.

C Logiciels plus généralistes

Quelques exemples de logiciels plus généralistes (utilisés sur les grands systèmes électriques) :

- NEPLAN, (www.neplan.ch), Power System Analysis and Engineering, développé par BCP (Busarello+Cott+Partner Inc.) ;
- GIPSY, logiciel d'aide à la conception et la planification de réseaux électriques. À partir de 1996, développé par la société belge Algorithme (<http://www.algo.be/dev-logiciels.htm#exp>) et utilisé par Tractebel Engineering (TEE, <http://www.tractebel-engineering.com/>) depuis 1996 ;
- POWERWORLD simulator (www.powerworld.com), développé par Powerworld corp.

2 2 3 Planification territoriale

Si les outils dédiés aux études de conception et de faisabilité abondent, les outils de planification intégrés restent peu nombreux, sans doute du fait du caractère non systématique des méthodologies utilisées, et d'une faible demande en plans d'électrification rurale faciles à mettre à jour.

Quelques exemples d'outils permettant d'effectuer une planification à long terme sur un territoire donné :

- «Electrification Planning Decision Tool », développé par Rural Areas Power Solutions (RAPS)
- LAPER, Logiciel d'Aide à la Planification d'Électrification Rurale développé par EDF R&D et Systems Europe (www.systemseurope.be/products/laper.fr.php), ;
- SOLARGIS, Integration of renewable energies for electricity production in rural areas (www-cenerg.cma.fr/~st/solargis/), développé par le Centre d'Énergétique (CENERG) – ARMINES (France) ;
- ENERGIS, Planificação Energética Regional utilizando tecnologia GIS, développé par l'INESC (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, <http://www2.inescporto.pt/>);
- LEAP (www.energycommunity.org/default.asp?action=47), développé par le Stockholm Environment Institute de Boston ;
- GEOSIM (www.geosim.fr), développé par Innovation Énergie Développement (IED).

A Electrification Planning Decision Tool

L'outil a été conçu de façon spécifique pour les besoins de la planification de l'électrification rurale en Afrique du Sud, et ne semble pas disponible publiquement. Le modèle est toutefois présenté brièvement dans le paragraphe 3.1.2 et de façon détaillée dans (Banks et al, 2000). Des algorithmes de calcul exploitent une base de données SIG pour dégager les options les plus pertinentes pour chaque localité (extension du réseau, mini-réseaux, systèmes PV), avec une hiérarchisation des projets selon leur ratio impact socio-économique (quantifié en terme de kWh placés, pondérés différemment selon les usages) sur coût. Puis un autre outil est utilisé pour effectuer l'analyse macroéconomique de l'impact sur l'économie régionale et nationale.

Une adaptation ultérieure de l'outil a mis en place un algorithme de tracé des lignes moyenne tension qui tient compte des contraintes de terrain.

B Logiciel d'aide à la planification de l'électrification rurale (LAPER)

LAPER calcule le schéma directeur le plus économique pour l'électrification d'une zone encore non électrifiée. Tout d'abord, LAPER détermine quels sont les villages qui ont intérêt économiquement à se connecter au réseau et ceux dont l'électrification par un mode décentralisé est préférable. Après ce calcul de la solution « cible », LAPER détermine le plan directeur en fonction des budgets annuels donnés et de différents critères non techniques (politiques, environnementaux, ...) qui permettent d'influer sur l'ordre d'électrification des villages.

Le logiciel est fondé sur un SIG (ArcView de ESRI).

C Integration of renewable energies for electricity production in rural areas (SOLARGIS)

Ce logiciel fondé sur un SIG (ArcView de ESRI) a pour but d'identifier les options d'électrification rurale à moindre coût à différents emplacements du territoire, parmi le solaire, l'éolien, le diesel, les hybrides diesel/éolien et le réseau.

D Planificacon Energética Regional utilizando tecnologia GIS (ENERGIS)

ENERGIS est développé par l'INESC (Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores) de Porto-Portugal, et de conception/fonctionnement similaire au logiciel SOLARGIS.

E Long-range Energy Alternatives Planning (LEAP)

Le système LEAP vise à définir des scénarios énergétiques et environnementaux à long terme pour un territoire donné, à partir d'une comptabilité exhaustive de l'utilisation, de la conversion et de la production de l'énergie. Le planificateur peut ainsi tester de nombreux scénarios technologiques, économiques, démographiques, tarifaires etc., afin de voir leur influence sur l'équilibre offre/demande, sur les ressources environnementales et sur les émissions de gaz à effet de serre.

Contrairement aux autres logiciels présentés dans ce paragraphe, LEAP n'utilise pas de fonctions spatiales (SIG) et n'a pas pour objectif d'identifier des projets d'électrification.

F GEOgraphic SIMulation for rural electrification (GEOSIM®)

La plateforme GEOSIM est un outil intégré fondé sur un SIG (Manifold), et dont la principale innovation consiste en l'optimisation de l'accès aux services énergétiques sur un territoire donné et à un horizon donné, dans une optique

d'amélioration de l'impact économique et social de l'électrification rurale. Ainsi, se basant sur une logique d'aménagement du territoire, GEOSIM permet initialement de sélectionner et de hiérarchiser les localités en fonction de leur dynamisme propre et de leur rayonnement sur les localités avoisinantes (introduction des notions de Pôles de Développement et d'hinterland).

Ensuite, à l'issue d'une prévision de la demande à l'horizon de la planification, les différentes options d'approvisionnement électrique (y compris le raccordement au réseau et des solutions décentralisées telles que l'hydroélectricité, la biomasse et les groupes électrogènes) sont obtenues dans le cadre d'une optimisation technico-économique.

Le logiciel GEOSIM prévoit de plus la possibilité pour le planificateur d'introduire différentes solutions transitoires pour un accès généralisé aux services énergétiques de base, dans les localités isolées des pôles de développement et non bénéficiaires de systèmes électriques conventionnels à l'horizon de la planification : ce qui permet in fine une couverture systématique du territoire en énergie moderne.

G Autres outils

D'autres outils ont également été identifiés, sans toutefois une information détaillée :

- GIS'ELEC, élaboré au cours de la thèse de C. Lamâche (EDF) : outil de planification basé sur un SIG ;
- NORIA, développé par la Fondation Énergies pour le Monde : d'après une brochure du projet RESIREA, « NORIA permet d'appréhender à long terme la faisabilité d'un programme d'ERD concernant 10 à 100 villages pour :
 - Développer le secteur des énergies renouvelables dans les pays en développement et en faciliter la mise en œuvre par des opérateurs privés et des investisseurs ;
 - Identifier les zones les plus favorables selon des critères techniques, économiques, financiers, politiques, institutionnels, géographiques ou sociaux ;
 - Cibler, au sein de ces zones, les villages répondant aux critères requis pour la mise en place de programmes à la fois pérennes et autonomes financièrement et techniquement ;
 - Déterminer les options techniques, financières et organisationnelles adaptées à chaque village ; soumettre à des bailleurs de fonds et des opérateurs le financement, la mise en œuvre et l'exploitation des installations ».

État des lieux

3

Quelles sont les approches méthodologiques et outils de planification de l'électrification rurale utilisés par les membres du CLUB-ER ?

Le chapitre est une synthèse des résultats d'une enquête menée au sein du CLUB-ER en 2008

3 1 Statistiques générales des réponses au questionnaire

13 Pays et 16 institutions ont été interrogées à l'aide d'un questionnaire. Le taux de réponse est relativement bon puisqu'il est de 77% pour les pays et 69% pour les institutions. Ont répondu les agences suivantes :

- Agence de Développement de l'Électrification Rurale (ADER, Mauritanie)
- Cellule d'Électrification Rurale (CER, Niger)
- Direction Générale de l'Énergie (DGE, Togo)
- Fonds de Développement de l'Électrification (FDE, Burkina Faso)
- Agence Béninoise d'Électrification Rurale et de Maîtrise de l'Énergie (ABERME, Bénin)
- Société d'Opération Ivoirienne d'Électricité (SOPIE, Côte d'Ivoire)
- Fonds de Développement du Secteur de l'Électricité & Agence Nationale de l'Électrification Rurale (FDSEL & ANER, Congo-Brazzaville)
- Commission Nationale de l'Énergie (CNE, République Démocratique du Congo-RDC)
- Direction Générale de l'Énergie (DGE, RCA)
- Agence de Régulation du Secteur de l'Électricité (ARSEL, Cameroun)
- Parmi ces entités, on compte :
- 3 Structures directement rattachées au Ministère en charge de l'Énergie
- 3 Agences d'électrification rurale
- 2 Fonds d'électrification rurale
- 1 Maître d'œuvre des investissements publics dans le secteur électrique (SOPIE)
- 1 Régulateur
- 1 Commission

3 2 Méthodologies actuellement utilisées par les membres du CLUB-ER

3 2 1 Des approches « guidées par l'offre », avec toutefois des ingrédients en terme d'aménagement du territoire

Si la plupart des méthodologies actuellement utilisées pour planifier l'électrification rurale sont essentiellement de type « guidée par l'offre » avec une approche technico-économique, il faut toutefois noter que très souvent, des critères non technico-économiques sont utilisés dans la sélection des localités à électrifier (essentiellement le poids démographique, le statut administratif et la distance au réseau).

Ainsi, à l'exception de la CNE (Congo-Kinshasa) qui semble ne considérer que des facteurs technico-économiques (capacité à payer, contrainte budgétaire par localité et dispersion de l'habitat) dans ses plans quinquennaux^[37], plusieurs pays proposent de cibler en priorité les localités selon des critères administratifs et démographiques :

- CER (Niger): tous les chefs-lieux d'unités administratives et les localités de plus de 3000 habitants;

[37] Ces plans ne sont pas explicitement des plans d'électrification rurale (dans les faits, une très faible partie des localités concernées sont situées en zones rurales), ce qui peut expliquer l'approche essentiellement technico-économique.

- DGE (Togo): localités isolées de plus de 5000 habitants, sinon proximité du réseau et des routes ;
- ABERME (Bénin) : si la liste des localités prioritaires est définie par le Ministère en charge de l'Énergie, la réalisation effective dépend de la solvabilité de la demande (un cofinancement par la collectivité et une participation directe d'au moins 25% des foyers par le câblage interne de leur maison et le prépaiement des frais de raccordement) ;
- ADER (Mauritanie) : la planification tient compte en outre de la stabilité de la région et de la solvabilité de la demande ;
- FDE (Burkina Faso) : la planification vise également un équilibre géopolitique et suit une approche pragmatique en tenant compte des critères propres des bailleurs potentiels.

Ces différentes approches définissent souvent des statuts administratifs (Chefs-Lieux, Communes Rurales) et des seuils de population comme critères d'identification des localités prioritaires. La distance au réseau est utilisée comme outil de sélection supplémentaire et/ou comme élément de choix pour la solution d'électrification proposée (raccordement au réseau ou système décentralisé).

3 2 2 Une tendance vers des approches franchement « guidées par la demande »

Trois pays, caractérisés soit par une entrée récente dans la mouvance de la réforme du secteur électrique (Congo-Brazzaville, RCA), soit par une reconsidération des hypothèses qui ont guidé ses premiers choix stratégiques (Cameroun)^[38], souhaitent s'investir dans l'élaboration d'une méthodologie de planification, avec une tendance pour une approche multisectorielle « guidée par la demande ».

De même, des pays ayant déjà entamé des démarches de planification souhaitent renforcer la dimension « demande » de leurs approches.

Il s'agit notamment du Niger (CER) qui cherche à mieux intégrer en amont l'impact socio-économique de l'électrification rurale dans sa démarche de planification, notamment en tenant compte des infrastructures sociales et économiques dans les localités.

De même, le Burkina Faso (FDE) a récemment finalisé une planification régionale de l'électrification rurale dans le cadre du projet MEPRED, très fortement orientée vers la demande en service énergétique. La formation des acteurs locaux et centraux était une composante principale du projet en vue d'une appropriation nationale.

3 2 3 Une faible implication dans la conception des ouvrages

Deux structures seulement parmi celles qui ont répondu ont des activités de planification résolument tournées vers la conception des ouvrages :

- ADER (Mauritanie) : l'agence réalise des études de dimensionnement et rédige les Dossiers d'Appel d'Offres (DAO) des projets d'électrification rurale ;
- SOPIE (Côte d'Ivoire) : la SOPIE planifie l'extension du service électrique en Côte d'Ivoire avec une approche électrique (conception de réseaux de distribution, calculs de réseaux).

Les responsabilités de programmation des investissements et de maîtrise d'œuvre ou de maîtrise d'ouvrage de ces deux agences ont certainement eu une influence sur l'approche de planification choisie.

[38] Un Comité de Programmation et de Planification piloté par le Ministère de l'Énergie et de l'Eau, accompagnera désormais les activités du Fonds d'Énergie Rurale (FER) qui sera nouvellement créé.

3 3 Outils disponibles auprès des membres du CLUB-ER

Dans le cadre de leurs études de conception et de faisabilité des ouvrages, la SOPIE (Côte d'Ivoire) et l'ADER (Mauritanie) ont recours à des outils d'analyse économique et financière, de calcul de réseaux et de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO).

Les tâches de prévision de la demande et d'analyse économique et financière sont traditionnellement réalisées sous tableur (Microsoft Excel). Certains modèles dédiés de tableurs sont parfois utilisés (l'ADER utilise MATILDE pour ses analyses économiques et financières).

La SOPIE effectue ses calculs de réseaux à l'aide de NEPLAN, et le DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) est réalisé dans les deux cas sous Autocad.

Hormis ces divers outils qui remplissent des tâches spécifiques (plutôt en marge de l'exercice de planification), aucun outil de planification intégré n'est mentionné, à l'exception de GEOSIM® qui est installé et en phase d'appropriation au Burkina Faso, au Cameroun, au Congo, en République Centrafricaine et au Tchad, dans le cadre des projets MEPRED et Facilité Énergie-CEMAC.

L'outil SIG n'est disponible que dans quelques pays seulement, et un besoin de formation dans ce domaine est fréquemment exprimé.

[43] L'achat d'énergie MT sur le réseau de EDM-SA au Mali ou sur le réseau de la Société Nationale Burkinabé d'Électricité (SONABEL) au Burkina Faso et sa distribution par un opérateur indépendant est aujourd'hui considérée comme de l'ERD.

Conclusions et Recommandations

4

4 1 Un changement de paradigme depuis le début des années 2000

Les approches méthodologiques actuelles et les tendances générales de la planification de l'électrification rurale peuvent être expliquées à travers un rapide historique de l'électrification rurale.

Traditionnellement, cette activité était menée dans les faits par des compagnies nationales d'électricité intégrées verticalement, c'est-à-dire assurant tous les services liés à ce secteur. C'est donc tout naturellement que les premiers modèles de planification de l'électrification rurale n'ont été rien d'autre que le prolongement des modèles utilisés dans la planification des systèmes électriques conventionnels, avec ou sans adaptations, notamment sur les technologies, les normes et les standards.

A la veille des réformes qui allaient ébranler le paysage institutionnel du secteur électrique en Afrique subsaharienne dès la fin des années 1990, ces méthodes de planification et de développement du service électrique ont été jugées particulièrement inefficaces et pas à la hauteur des enjeux du développement durable des régions rurales de la planète, ainsi tenues à l'écart des réseaux énergétiques traditionnels. C'est ainsi qu'en 1995, le Sommet de Marrakech sur le thème « développement durable du monde rural : l'Électrification Décentralisée » a non seulement consacré ce concept « d'Électrification Rurale Décentralisée » (ERD), mais surtout ambitionné d'impulser un changement d'échelle en matière d'électrification décentralisée.

La décennie qui a suivi le Sommet de Marrakech a démontré que si le concept d'ERD a eu le mérite de promouvoir davantage les solutions d'électrification hors réseaux, notamment celles développées à partir d'énergies renouvelables (solaire, hydroélectricité, biomasse, éolien, etc.), il a eu le tort de cristalliser l'opposition entre deux composantes, pourtant complémentaires, du développement de l'électrification rurale. D'ailleurs, les limites à la fois technologiques, économiques et financières des modèles sous-tendant ce changement d'échelle à partir de l'ERD ont pu être mises en évidence dans le cadre de l'évaluation des programmes qui ont suivi cet élan quasi-idéologique. Le concept a d'ailleurs évolué depuis, le « D » renvoyant davantage à une dimension organisationnelle (schémas de gestion des systèmes) qu'à une scission technologique (tout sauf le réseau interconnecté)^[43].

Au-delà de ces clivages réseau/hors réseau ou centralisé/décentralisé qui ne paraissent plus pertinents, on observe aujourd'hui un changement de paradigme d'une autre nature, particulièrement depuis le sommet mondial sur le Développement Durable de 2002 à Johannesburg, et la définition des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) : le passage d'une approche « guidée par l'offre » à une approche « guidée par la demande ».

Cette transition est la conséquence de la libéralisation du secteur électrique, avec quelques fois la privatisation des sociétés nationales d'électrification, qui tend à multiplier les acteurs et donc à décentraliser la gestion du service électrique, qui se retrouve ainsi plus proche de la demande. D'autant plus que contrairement aux sociétés nationales d'électricité initialement intégrées verticalement et disposant de capacités financières importantes, les nouveaux acteurs (agences et structures en charge de l'électrification rurale) sont plus dépendants des ressources publiques voire de la Coopération internationale, et ont davantage de comptes à rendre quant à l'impact de l'électrification rurale sur le développement.

4 2 Recommandations pour améliorer la planification

La recherche des meilleures solutions d'accès à l'énergie sur un territoire rural devrait s'apparenter à une forme d'analyse combinatoire, chaque territoire offrant une mosaïque différente de solutions technologiques, de part ses spécificités naturelles, ses contraintes socio-économiques, son environnement politique, etc.

C'est ainsi qu'en rappelant la raison d'être d'un exercice de planification de l'électrification rurale, à savoir l'optimisation de l'accès à l'électricité sur un territoire donné à un horizon donné, quelques principes désormais acquis s'imposent avec force :

- La prise en compte de la finalité qu'est l'impact économique et social de l'électricité à l'échelle territoriale, et qui renvoie au-delà de l'électricité à des problématiques d'aménagement du territoire ;
- La neutralité technologique et la vérité des coûts dans l'optimisation des options d'approvisionnement en électricité, à moins qu'une priorisation technologique ne soit explicitement indiquée dans la politique sectorielle nationale : par exemple pour des questions de valorisation des ressources locales, de développement d'une filière technologique, ou encore pour promouvoir les options proposant une meilleure qualité de service ;
- La nécessité d'un accès minimal à des services énergétiques pour le développement de certains espaces du territoire, y compris moyennant des subventions relativement plus importantes.

De plus, en raison des spécificités de l'électrification rurale rappelées tout le long du questionnement systématique qui a guidé l'analyse, la souveraineté des États doit également être enregistrée comme principe transversal. En effet, la vérité des coûts argumente en faveur d'un impératif structurel de subventions différenciées pour atteindre un équilibre entre les coûts de production, d'opération et de maintenance, les capacités à payer des usagers, et un taux de rentabilité acceptable pour les opérateurs privés. Cet impératif de subvention implique par conséquent un rôle central de la puissance publique.

L'État planificateur devrait ainsi pouvoir « garder la main » sur les démarches et les outils de planification, en connaissance de cause. Dans cette optique, il s'avère nécessaire de renforcer les capacités des différentes structures publiques (agences et structures nationales en charge de l'électrification rurale), y compris décentralisées (collectivités territoriales), désormais impliquées dans les processus de planification de l'électrification rurale, avec dans la mesure du possible la maîtrise d'outils respectant les principes ci-dessus, et autorisant des mises à jours aisées.

Pour plus d'efficacité, l'État devra au préalable clarifier en son sein les responsabilités (i) d'élaboration de la stratégie sectorielle, (ii) de planification de l'électrification rurale et (iii) de programmation des investissements.

RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- CEDEAO/UEMOA, Livre Blanc de la Communauté Économique des États de l'Afrique de l'Ouest, 2005
- S. Watchueng (Dir.), Amélioration de l'impact économique et social potentiel de l'électrification rurale en Afrique de l'Ouest et Centrale : dimension spatiale et dynamique des territoires dans la planification de l'électrification rurale, (IED). 2008
- P. Yalamas, Rural Electrification Planning Models, (IED). 2003.
- « Review of existing software programs and areas of application for Cambodia, Laos and Vietnam », REDEO project activity 2 (AIT-IED). 2005.
- « Examples of GIS tools for the planning of decentralised RE », Universidade do Porto. 2004.
- « Rural Energy Systems in the Asia-Pacific », K V Ramani, M N Islam, A K N Reddy (GTZ). 1993.
- « The Master Plan Study on Rural Electrification by Renewable Energy in the Kingdom of Cambodia » (NIPPON KOEI-JICA). 2006.
- « Biomass gasification in Lao PDR : A feasibility study on biomass gasification at potential sites in Bokeo and Xiengkouang province », M. Smitts (LIRE). 2008
- « Electrification Planning Decision Support Tool », Banks et al. (Domestic Use of Energy Conference, Cape Town). 2000.
- « Guide Énergétique et Packages Standards de l'Énergie pour les secteurs de l'eau, l'éducation et la santé au Sénégal », projet ENABLE (EIE-ADEME). 2007.
- « Outils de Planification du Développement Rural Décentralisé Combinant les Techniques de Diagnostic Conjoint ou Participatif et les Systèmes d'Information Géographique en Ouganda », F. R. Turyatunga (WRI). 2004.
- « Le programme d'électrification rurale global au Maroc : le PERG et sa contribution au développement du monde rural », S. Boutayeb (ESGT). 2002.
- « Using terrain information in an electrification planning tool », A. Luchmaya et al (IEEE). 2001.
- « Maximizing the Productive Uses of Electricity to Increase the Impact of Rural Electrification Programs », C. De Gouvello et al (ESMAP). 2008.
- « Integrated Resource Planning with Carbon Tax: Effects on Power Generation Expansion Planning in Vietnam », B. Limmeechokchai et al (Sirindhorn IIT). 2003.
- « Assessment of Commercially Exploitable Biomass Resources: Bagasse, Wood & Sawmill Waste and Pulp, in South Africa », Department of Minerals and Energy (Gouvernement d'Afrique du Sud). 2004.
- B.V. Campen, D. Guidi, G. Best, Impact of solar photovoltaic systems on rural development: FAO study for rural electrification in the 21st century, Environment and Natural Resources Service (SDRN), November 1999
- M. Arnaud, Prise en compte de la dimension spatiale des économies locales, PDM/Club du Sahel, Juin 2001

- A-E. Baert, Réseaux cellulaires de Voronoï, 2003
- M. Calciu, F. Salerno, R. Vanheems, les polygones gravitaires – une nouvelle méthode d'analyse spatiale du marché. Application à un réseau bancaire
- F. Tonnellier, Quelques méthodes de délimitations des bassins de santé : bassins de population, espaces de soins, zones d'attraction, 2002
- J.P. Grimmeau, B. Wayens, la modélisation gravitaire appliquée au géomarketing, 2003
- A. Sanghwi, D. Barnes, Electrification des zones rurales : enseignements tirés de l'expérience », Findings, Banque Mondiale, IBRD, février 2001,
- J.L. Baker, Évaluation de l'impact des projets de développement sur la pauvreté », manuel à l'attention des praticiens, Banque Mondiale, mai 2000,
- R. Massé, Impact of Rural Electrification on Poverty and Gender evaluation in Sri Lanka, EnPoGen, Banque Mondiale, IBRD, The World Bank, 2003,
- Banque Mondiale, Poverty Reduction Group (PRMPR) and Social Development Department (SDV), Guide pour l'Analyse des Impacts sur la Pauvreté et le Social,
- GEF-FAO workshop on productive uses of renewable energy: experience, strategies, and project development, FAO, june 2002,
- Programme des Nations Unies pour le Développement, « Rapport Mondial sur le Développement Humain », Economica, 2003,
- R. Tomkins, le développement de l'électrification rurale : un tour d'horizon de programmes novateurs,
- Survey design, methodology, and survey instruments for rural electrification impact evaluation study in Vietnam, Tata Energy Research Institute (TERI), 2001
- B. Conté, Mesures du développement, Université de Bordeaux, 2000
- P. Starkey, S. Ellis, J. Hine, A. Ternell, améliorer la mobilité rurale: solutions pour développer les transports motorisés et non motorisés en milieu rural, Banque Mondiale, février 2003.
- Soler, R.; Thomas, F.; Dhaiby, N.-E.; Bakri, M., Optimizing the place of PV systems in rural electrification planning in Morocco Photovoltaic Energy Conversion, 2003.
- Dwolatzky Barry et al., 2001. Geomedia tools for detailed planning of distribution networks for mass electrification. GeoSpatial World Conference, South Africa. (Paper + Presentation)
- Successful electrification programmes in South and Southeast Asia. Third draft. Sub-Regional « Energy Access » Study of South and Southeast Asia. Global Network on Energy for Sustainable Development. Bangkok, Thailand. Energy Field of Study, Asian Institute of Technology, 2003.

