

# Amélioration de l'impact économique et social potentiel de l'électrification rurale en Afrique de l'Ouest et Centrale :

## *Dimension spatiale et dynamiques des territoires dans la planification de l'électrification rurale*

Samuel Watchueng (\*)

Innovation Energie Développement, I.E.D., 69340 Francheville, France.

Tel: +33 4 72 59 13 20, Fax: +33 4 72 59 13 39, [s.watchueng@ied-sa.fr](mailto:s.watchueng@ied-sa.fr)

### **Résumé :**

En matière d'électrification rurale, il est désormais acquis que les projets doivent s'opérer en coordination avec des investissements productifs (irrigation, transformation de produits agricoles, activités économiques diverses) et sociaux (santé, éducation, eau potable, etc.), effectifs ou à réaliser, au-delà des seules demandes domestiques en énergie. Il en va de la rentabilité des projets d'électrification rurale par ailleurs structurellement déficitaires – et donc de l'optimisation des subventions publiques, mais aussi et surtout de l'amélioration de l'impact économique et social de l'électrification rurale sur le développement. La double question de la sélection et de la hiérarchisation des localités à électrifier, jusqu'ici traitée à la légère dans les modèles conventionnels de planification qui reposent pourtant sur des approches itératives et heuristiques, devient de ce fait une problématique essentielle.

Le présent article propose une démarche de sélection des localités basée sur l'introduction d'un paramètre clé, l'Indicateur de Potentiel de Développement (IPD) inspiré de l'Indice de Développement Humain (IDH), et l'identification conséquente de localités considérées comme étant des "Pôles de développement" à l'échelle d'un territoire donné. Ces pôles sont ensuite hiérarchisés suivant une logique qui repose sur une modélisation gravitaire, dans le but de maximiser le nombre de bénéficiaires directs et indirects d'activités et services à fort potentiels économiques et sociaux, alimentés par une source d'énergie moderne : centres de santé, écoles, activités productives, marchés, etc. La réflexion se situant à l'étape de la planification des projets, il ne s'agit ici que d'une démarche prospective, visant à renforcer l'impact *potentiel* de l'électrification rurale sur le développement économique et social, dès cette phase d'identification des investissements prioritaires. Les résultats permettent de remettre en question plusieurs pratiques et intuitions erronées qui ont souvent, à tort, gouverné la sélection et la hiérarchisation des localités à électrifier.

L'article s'appuie essentiellement sur un travail de capitalisation de projets réalisés par le bureau d'études français Innovation Energie Développement (IED, [www.ied-sa.fr](http://www.ied-sa.fr)) en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud, et plus spécifiquement sur les résultats du projet IMPROVES-RE (Improving Economic and Social Impact of Rural Electrification, [www.improves-re.com](http://www.improves-re.com)), mis en œuvre sous la coordination de IED au Burkina Faso, au Cameroun, au Mali et au Niger entre avril 2005 et mars 2007.

**Mots clés :** électrification rurale, services énergétiques modernes, planification de l'électrification rurale, analyse spatiale, décentralisation, Système d'Information Géographique (SIG), impact économique et social, aménagement du territoire.

(\*) Directeur de la Stratégie et du Développement, IED – Président de Communes et Développement en Afrique (CODEA, [www.codea-france.org](http://www.codea-france.org))

## 1. DES TAUX D'ELECTRIFICATION RURALE TRES FAIBLES ET AUX IMPACTS MITIGES

D'après les statistiques de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) en 2006, près de 37,8% de la population africaine a accès à l'électricité [23]. En Afrique subsaharienne, ce taux d'accès est d'à peine 26% à l'échelle des pays, et de seulement 8% en zone rurale, avec un écart-type très important à l'échelle du continent. A l'échelle des pays de la CEDEAO [1], le taux moyen d'accès à l'électricité était de 20% en 2005, certains pays comme le Burkina Faso, la Gambie, la Guinée, la Guinée-Bissau et la Sierra Leone présentant des taux d'accès de l'ordre de 5%, et d'autres pays affichant un taux d'électrification rurale proche de 1%.

Au plan mondial, ce taux d'accès à l'électricité en zone rurale est en moyenne de 98,1% dans les pays de l'OCDE, atteint 56,4% dans les pays en développement, et se situe en moyenne largement au-dessus de 60% dans les pays latino-américains, asiatiques et du Moyen-Orient.

Au-delà de cette extrême faiblesse des taux d'accès à l'électricité en Afrique subsaharienne, particulièrement marqué en zone rurale, force est de constater que le bilan de l'impact économique et social de l'électrification reste très mitigé sur les trente dernières années. En effet, l'électricité sert généralement à la satisfaction de besoins domestiques (éclairage, audiovisuel, froid, ...) avec de faibles taux de pénétration (nombre de ménages effectivement raccordés au système électrique), tandis que la part d'énergie électrique consacrée aux activités économiques et sociales (production, transformation, formation, ...) reste très marginale.

Deux exemples sont donnés à titre d'illustration [21] :

- Dans la province du Centre (hors Yaoundé) au Cameroun, plus de 80% des localités électrifiées (sur un échantillon de plus de 300 localités) ont des taux de pénétration inférieur à 30%, pour certaines plus de 30 années après leur électrification. Autrement dit, plusieurs localités pourtant électrifiées, présentent en réalité des taux effectifs d'accès au service électrique très faibles, les populations ayant encore fortement recours à la biomasse traditionnelle comme source d'énergie ;
- Dans le département d'Aboisso en Côte d'Ivoire, les statistiques démontrent que l'électricité arrive en moyenne plus de 15 années après la première adduction en eau potable et l'ouverture de la première école primaire, d'après une analyse historique réalisée sur la période 1970-1990. Autrement dit, plusieurs infrastructures à fort potentiel économique et social fonctionnent longtemps sans électricité ;

Il est pourtant désormais acquis que les investissements énergétiques doivent s'opérer en coordination avec des investissements productifs et sociaux, effectifs ou à réaliser, au-delà des seules

demandes domestiques. Il en va de la rentabilité de ces investissements énergétiques, qui y trouveront de surcroît un marché, mais aussi et surtout de l'amélioration de l'impact de cette infrastructure sur le développement [1].

## 2. LA PROBLEMATIQUE : OU ELECTRIIFIER EN PRIORITE ET DANS QUEL ORDRE, POUR UN MEILLEUR IMPACT ECONOMIQUE ET SOCIAL POTENTIEL ?

A l'échelle d'un territoire, le choix et la hiérarchisation des lieux qui bénéficieront en priorité de l'électricité constitue désormais une problématique cruciale, en amont des programmes d'électrification, déterminante pour maximiser les effets d'entraînement économiques et sociaux recherchés.

Au-delà d'un accès des foyers à l'électricité, la préoccupation est en réalité désormais celle de l'amélioration de l'accès aux services énergétiques modernes pour la santé, l'éducation et la production économique. Tel devrait être dorénavant l'objectif des projets d'électrification en zone rurale.

De ce point de vue, l'impact de l'électricité ne se mesurera plus de manière intrinsèque à la localité électrifiée, mais devra également intégrer les bénéfices indirects générés pour l'ensemble des localités de la périphérie, en raison des services énergétiques modernes rendus désormais accessibles.

La question à laquelle il conviendra désormais d'accorder la plus grande attention peut alors être formulée comme suit : **"à l'échelle d'un territoire donné, et à un horizon de planification donné, quelles sont les localités qu'il conviendrait d'électrifier en priorité et dans quel ordre ?"**

Pour fonctionner, les modèles traditionnels de planification de l'électrification rurale, qui s'appuient sur une analyse coûts-bénéfices, nécessitent à la fois la sélection des N localités à électrifier impérativement à l'horizon de la planification, ainsi que leur classement selon un ordre de priorité.

Ce classement initial déterminera fortement les solutions optimales d'électrification à l'échelle du territoire étudié (raccordement au réseau interconnecté, centrale hydroélectrique, centrale diesel, biomasse, etc.), en systèmes isolés ou en clusters, du fait qu'elles s'appuient sur des modèles itératifs et heuristiques. La planification de l'électrification procède en effet approches successives, en éliminant progressivement les alternatives et en ne conservant qu'une gamme restreinte de solutions tendant vers celle qui est optimale.

Ainsi, pour alimenter ces modèles conventionnels de planification, il apparaît désormais crucial de mener correctement l'analyse initiale des dynamiques territoriales, avec en filigrane l'accès aux revenus, à l'éducation et à la santé. Il en va de la qualité des résultats de la planification et de l'impact économique et social futur de l'électrification.

### 3. LA PRATIQUE ACTUELLE

Dans la pratique actuelle, cette problématique est souvent traitée avec légèreté par les électriciens planificateurs, et souvent laissée entre les mains des seuls décideurs politiques.

Généralement, deux cas de figure, non nécessairement disjoints, sont observés, et proposent une réponse peu fiable à la première partie de la question (la sélection des localités). Il s'agit de :

- L'approche dite "démocratie-administrative" ;
- De la logique des "privilèges".

Dans les deux cas, les modèles conventionnels de planification ne gèrent pas rationnellement la deuxième partie de la question (la hiérarchisation), et procèdent souvent par randomisation.

#### 3.1.1 *L'approche démocratie-administrative*

Il s'agit d'une sélection de localités à électrifier, motivée uniquement par la volonté d'accélérer l'électrification de certaines localités considérées par les décideurs comme structurantes pour le territoire. Généralement, les critères de discrimination utilisés sont le statut administratif et la taille de population de la localité. La consigne est alors souvent présentée comme suit : "électrifier en priorité les unités administratives et les localités de plus de X habitants".

Cette approche démocratie-administrative, très souvent pratiquée, repose malheureusement souvent sur des hypothèses fausses, quant à la réalité des dynamiques territoriales effectives, et ce tout particulièrement dès qu'il est question des dynamiques économiques locales.

#### 3.1.2 *La logique des privilèges*

Il s'agit d'une sélection de localités à électrifier basée uniquement sur une logique de privilèges. La rationalité du choix est alors guidée uniquement par le seul fait du décideur politique. Cette pratique est très souvent observée en même temps que l'approche précédente.

### 4. LE MODELE GEOSIM® : PRISE EN COMPTE DE LA DIMENSION SPATIALE ET DE LA DYNAMIQUE DES TERRITOIRES

#### 4.1 *Une démarche d'aide à la décision publique*

Il s'agit de proposer une démarche, qui sans exclure la dimension "politique" et "souveraine" de cette problématique, permette de mettre à la disposition des décideurs des outils de prise de décision qui induiraient un impact économique et social potentiellement plus important à l'électrification rurale.

L'arbitrage des décideurs politiques est cependant à respecter, d'autant plus qu'il est par ailleurs démontré que les projets d'électrification rurale dans les

contextes dont il est question ici sont structurellement déficitaires. Ces projets requièrent par conséquent des subventions publiques, au moins en phase d'investissement.

Dans des contextes également marqués par la privatisation des sociétés nationales d'électricité, désormais plus tenues par des objectifs de rentabilité et moins sujettes aux intrusions politiques, accompagner une telle décision revient ainsi à optimiser les ressources de la puissance publique, en maximisant l'impact des subventions publiques sur le développement économique et social du territoire.

#### 4.2 *De la notion générique d'impact économique et social d'un projet de développement*

Il convient avant toute chose, de cerner convenablement la notion d'impact économique et social d'un projet. Dans la littérature, l'impact d'un projet désigne la nouvelle situation, analysée dans sa globalité, et issue de l'ensemble des effets de ce projet sur les plans économique et social [2]. On comprend alors la difficulté à mesurer l'impact, qui résulterait de la combinaison de nombreux facteurs indépendants du projet avec ses résultats et ses effets :

- **Les résultats** sont les changements qualitatifs et quantitatifs produits directement par l'électrification. Ils sont en relation directe avec les objectifs, et sont par conséquent clairement établis dans les documents de projet ;
- **Les effets** représentent les incidences de l'électrification sur le milieu physique et humain environnant. Les effets conjuguent les résultats avec d'autres dynamiques interdépendantes provenant du milieu où se déroule l'action. Avec un peu d'expérience, ils peuvent être esquissés dans depuis les cadres logiques du projet. Cependant, de nombreux autres facteurs ou événements peuvent être en corrélation avec les résultats, sans pour autant être engendrés uniquement par le projet (effets dits "contre-factuels"). D'où la complexité de la sélection des effets réellement imputables à l'électrification, tâche pour laquelle différentes méthodes d'analyse sont proposées dans la littérature<sup>1</sup> [10] ;

De par cette approche de la notion d'impact, les changements analysés pour mesurer l'impact d'un projet d'électrification rurale devront :

1. Regrouper l'ensemble des résultats et des effets du projet, y compris ceux non prévus,

<sup>1</sup> Les méthodes quantitatives (expérimentales ou quasi-expérimentales) tentent d'apporter une réponse à cette complexité, en proposant une approche statistique à l'évaluation d'impact. Il s'agit de comparer des *groupes témoins* (ceux qui ne participent pas à un programme ou n'en reçoivent pas les bénéfices) avec des *groupes cibles* (bénéficiaires du programme). L'exercice consiste alors à choisir aléatoirement les groupes témoins dans la même population que les groupes cibles, la seule différence étant la participation au programme.

2. Etre significatifs, c'est-à-dire considérés comme importants et manifestes. Notions subjectives, l'analyse de l'impact dépendra par conséquent de ce qui sera considéré comme important par le planificateur et les décideurs,
3. Etre durables, c'est-à-dire qu'il doivent être considérés comme pouvant potentiellement demeurer après le projet,
4. Etre positifs ou négatifs, car il s'agit également d'analyser les changements ayant été à l'origine de contraintes supplémentaires pour la population cible, dépendant du système de référence choisi : économique, social, environnemental, etc.,
5. Etre prévus ou imprévus, c'est-à-dire résultant d'interférences dynamiques avec la population ou avec d'autres actions en cours dans la zone d'action,
6. Intervenir dans la vie et l'environnement des personnes ou des groupes, c'est-à-dire participer à l'amélioration ou la dégradation des conditions de vie au quotidien, au-delà des résultats techniques du projet,
7. Avoir un lien de causalité direct ou indirect avec le projet, qui peut être établi et "objectivement vérifiable".

#### **4.3 Le choix des localités prioritaires : anticiper l'impact économique et social souhaité dès la phase de planification**

##### **4.3.1 L'analyse du changement souhaité**

Dans la perspective d'une anticipation de l'impact économique et social dès les phases de planification, l'analyse du changement souhaité est une étape importante. En amont de la planification, il s'agit :

1. De mener un inventaire des changements souhaités, à la fois du point de vue des résultats attendus et des effets envisagés, imputables à l'électrification, et produisant des changements significatifs et durables,
2. D'établir par conséquent une grille de lecture acceptable par les différentes parties pour tous les effets retenus. Cette grille rassemblera différents champs thématiques, choisis pour leur pertinence dans le domaine étudié.

##### **4.3.2 L'anticipation des changements socioéconomiques imputables à l'électrification rurale**

#### **Le prisme de l'IDH et les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD)**

Sachant qu'il s'agit d'anticiper l'impact de l'électrification rurale le développement économique et social, la démarche proposée suggère d'inscrire l'analyse des changements imputables à l'électrification rurale dans le cadre des dynamiques **développement humain** et de lutte contre la

pauvreté. Il est ainsi proposé d'analyser les dimensions "économique" et "sociale" de cet impact sous le prisme de l'Indice du Développement Humain (IDH), instrument utilisé comme système de référence par le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) pour classer les pays du monde au regard de leur développement qualitatif.

L'IDH est un indice composite dont la valeur s'échelonne entre 0 et 1. Il combine l'espérance de vie, le niveau de connaissances mesuré par le taux d'alphabétisation des adultes et le Taux brut de scolarisation (à tous les niveaux, primaire, secondaire et supérieur), ainsi que le PIB réel par habitant ajusté en parité de pouvoir d'achat [14].

A moyen terme (horizon 2015), les Objectifs mesurables du Millénaire pour le Développement (OMD) servent désormais de cadre de référence pour la définition des plans d'électrification rurale.

#### **Identification des champs de l'impact positif de l'électrification rurale**

L'analyse des changements imputables à l'électrification rurale en vue de leur anticipation exige comme indiqué de déterminer au préalable les champs de l'impact de l'électrification sur la pauvreté et le développement local.

A partir d'expériences recensées dans ce domaine [3] [9] [11] [13] [21], les résultats directs et effets positifs, significatifs et durables, attendus de l'électrification rurale peuvent être résumés comme suit :

##### Résultats directs attendus

- La production d'une énergie de substitution à moindre coût (par rapport au pétrole lampant pour l'éclairage, aux batteries et piles, aux petits groupes diesels, aux pompes diesel pour l'irrigation et les adductions en eau potable),
- L'amélioration de la qualité de la vie en milieu rural (meilleur éclairage, introduction d'équipements électriques domestiques, etc.),
- La fourniture d'électricité pour des activités productives et à caractère économique (irrigation, eau potable, commerces, artisanat, transformation agricole, etc.),
- La fourniture d'électricité pour des activités à caractère social et d'intérêt collectif (santé, éducation, eau potable, activités associatives, etc.).

##### Effets significatifs et durables attendus

- Réduction de la pollution domestique due en particulier à l'utilisation du pétrole lampant pour l'éclairage,
- Réduction du temps de travail pour les activités domestiques, en particulier pour les femmes,
- Amélioration du cadre bâti (constructions en dur),
- Amélioration de la qualité des soins de santé,

- Amélioration de l'accès à l'eau potable,
- Alphabétisation des adultes,
- Amélioration des résultats scolaires,
- Accès aux médias, et en particulier à la télévision,
- Dynamisation et renforcement des économies locales : amélioration de la productivité agricole, développement de marchés locaux, développement d'activités commerciales, artisanales et agro-industrielles,
- Création d'emplois directs et indirects,
- Amélioration des revenus monétaires et de l'épargne des ménages,
- Réduction de l'exode rural.

#### 4.3.3 De la notion de pôle de développement

##### **Dimension territoriale de l'impact**

Le recensement des changements potentiels, positifs et imputables à l'électrification rurale, permet de constater qu'une concurrence de fait va s'opérer entre les localités, pour le choix de celles qui seront électrifiées en priorité.

En effet, les améliorations globales de l'IDH, recherchées à l'échelle d'un territoire donné, passent par :

- (1) La localisation et l'analyse qualitative du service rendu par les infrastructures de santé et d'éducation, généralement inégalement réparties sur ce territoire ;
- (2) L'analyse des dynamiques économiques locales (marchés, opportunités d'emplois, etc.), qu'il conviendrait de cerner le plus finement possible.
- (3) Plus généralement, l'analyse géographique de l'accès direct (dans la localité) ou indirect (dans sa périphérie) aux infrastructures de santé et d'éducation et aux opportunités économiques à l'échelle du territoire étudié.

Plusieurs changements escomptés auront un impact qui ira au-delà de la seule localité à électrifier, et pourront potentiellement rayonner jusque dans les profondeurs de sa périphérie.

Si l'on souhaite maximiser les effets positifs de l'électrification, il s'agit alors d'être pertinent dans la sélection et le classement des localités candidates à l'électrification rurale, **en donnant la priorité aux localités qui rayonneront sur un plus grand nombre de population.**

D'où l'introduction de deux notions importantes, et qui serviront de fondement à toute la démarche.

Il s'agit :

- De la notion d'**Indicateur du Potentiel de Développement (IPD)** : construit sous le prisme de l'IDH, cet indicateur mesure la capacité d'une localité à enrayer la pauvreté sur le territoire

constitué par elle-même et par les localités dites de sa "périphérie" ou hinterland. Conformément aux composantes de l'IDH, cette capacité de lutte contre la pauvreté est déterminée selon les trois critères de l'accès à l'éducation, de l'accès aux soins de santé et de la productivité économique locale. L'IPD est l'instrument de mesure de l'**attractivité** d'une localité, c'est-à-dire sa capacité à attirer les habitants d'autres localités en son sein.

- De la notion de **Pôle de développement** : à l'échelle d'un territoire donné, il s'agit d'une localité disposant d'un IPD relativement élevé. Un pôle de développement, est un "embryon urbain" c'est-à-dire un espace où l'habitat et les activités se concentrent pour atteindre une certaine densité. Un pôle est un lieu offrant des opportunités d'emplois secondaires ou tertiaires, par opposition aux emplois primaires (agricoles) qui tendent à se diffuser dans la profondeur des territoires (hinterland). Pour un territoire et une localité donnés, le fait d'être considéré comme pôle de développement dépend à la fois de la valeur intrinsèque de son IPD compte-tenu des sous-indicateurs retenus pour la mesure des trois critères ci-dessus, et du nombre maximal (N) de pôles à l'échelle du territoire considéré : les localités disposant des (N) meilleurs IPD sont les Pôles de développement de ce territoire. La notion de Pôle de développement devient ainsi une notion relative, propre au territoire concerné [19]. Cette relativité apparaîtra déterminante pour saisir les enjeux locaux de définition des priorités, parfois différentes des priorités nationales et pourtant pertinentes dans un contexte décentralisé.

L'objectif d'amélioration de l'impact économique et social de l'électrification rurale recommande donc la réalisation d'une étude socioéconomique à l'échelle du territoire considéré, comme point de départ de la planification électrique [20]. Cette étude a pour objectif d'analyser finement les infrastructures de santé et d'éducation (localisation, fréquentation et origine des bénéficiaires des services, fréquences, etc.), et les dynamiques économiques locales entre des pôles de développement et leurs hinterlands. Elle permet de renseigner l'Indicateur de Potentiel de Développement (IPD), particulièrement dans sa composante « économie locale ».

L'analyse associera fortement les acteurs locaux (collectivités locales, autorités administratives déconcentrées, acteurs économiques, ONG, etc.) et reposera sur les hypothèses suivantes :

- Les déplacements de personnes et de marchandises, en particulier des produits agropastoraux et des produits manufacturés, sont la caractéristique principale d'une relation économique pôle-hinterland.
- L'étude de ces flux, y compris ceux concernant la santé et l'éducation, permet de reconstruire

les dynamiques centre-périphéries à l'échelle d'un territoire donné,

- Les centres ou pôles de développement concentrent une part croissante de l'activité économique à l'échelle locale,
- La taille de la population et la croissance démographique constituent des critères relatifs de développement économique à l'échelle d'un territoire,
- La présence d'un marché est une caractéristique essentielle d'un dynamisme économique local,
- L'accessibilité d'une localité influence positivement son développement économique et sa capacité d'attraction.

### Structure et calcul de l'IPD

La définition des critères et sous-critères de l'IPD, ainsi que l'adoption d'un système de pondération devront idéalement s'opérer dans le cadre de groupes de travail multisectoriels qui s'imposent de plus en plus dans les pays [1].

La formule de calcul de l'Indicateur de Potentiel de Développement (IPD) devra cependant respecter la structure de base de l'IDH, qui accorde un poids égal aux trois composantes "santé", "éducation" et "économie locale". L'IPD se calcule selon la formule suivante :

$$IPD = 1/3 (IPD_{\text{santé}}) + 1/3 (IPD_{\text{éducation}}) + 1/3 (IPD_{\text{économie locale}})$$

Chaque composante de l'IPD (santé, éducation, économie locale) est déterminée à partir de critères choisis par les pays, en tenant compte de la disponibilité des données nécessaires<sup>2</sup> et des orientations du pays en terme d'aménagement du territoire (typiquement, la volonté politique de renforcer le développement des unités administratives). Pour chaque composante, l'IPD se calcule ainsi selon la formule :

$$IPD_{\text{composante}} = \sum_{\text{critères}} (\text{poids} * \text{valeur})$$

Le poids indique le poids relatif du critère considéré. Pour chaque composante, la somme des poids relatifs de chaque critère est égale à 1.

La valeur est celle du sous-critère permettant de mesurer le critère. Elle est comprise entre 0 et 1. La mesure d'un critère peut nécessiter plusieurs sous-indicateurs.

In fine, l'IPD est déterminé par la formule suivante :

$$IPD = 1/3 \sum_{\text{composantes}} \left[ \sum_{\text{critères}} (\text{poids} \times \text{valeur}) \right]$$

<sup>2</sup> Cette disponibilité de la donnée doit être effective à l'échelle de chaque localité pour permettre le calcul, et pas seulement de façon macro à l'échelle d'une zone.

### 4.4 Classement des localités prioritaires : modélisation gravitaire

Les approches dites "gravitaires" et les modèles d'interaction spatiale<sup>3</sup> comparent plusieurs localisations potentielles en se fondant sur différents critères objectifs (éloignement, accessibilité, surface) ou subjectifs (enquête d'opinion) et s'appuient principalement sur l'analogie avec la gravitation universelle de Newton. Il s'agit à la fois de déterminer les zones d'influence et d'estimer les probabilités de déplacement à l'intérieur de ce territoire.

#### 4.4.1 Délimitation des zones d'influences des pôles : Loi de Reilly et polygones de Voronoi

Selon la Loi de Reilly<sup>4</sup>, considérant un ensemble de localités notées 1..i..n situées en différents points d'un espace donné, et dotées d'une masse  $\lambda_i$  qui définit leur attractivité absolue, l'attraction exercée par une localité i sur une localité k de niveau inférieur ( $\lambda_i < \lambda_k$ ) est définie par la relation :

$$A_{ik} = \lambda_i \cdot (1/d_{ik}^2)$$

ce modèle est très utilisé en géomarketing et dans les modèles d'analyse des dynamiques urbaines.

Ainsi, du fait des activités et services qu'il concentre, un pôle de développement a une capacité d'attraction sur les autres localités, tant en termes d'opportunités d'emplois (marchés, artisanat, ateliers divers, agro-industrie, etc.) que de services (écoles, centres de santé, administrations, etc.). Dans l'approche IMPROVES-RE, l'attractivité  $\lambda_i$  du pôle i n'est autre que son Indicateur de Potentiel de Développement.

$$A_{ik} = IPD_i \cdot (1/d_{ik}^2)$$

L'influence d'un pôle est ainsi défini comme étant inversement proportionnelle au carré de la distance à ce pôle<sup>5</sup>, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce pôle, cette influence finit par

<sup>3</sup> Loi de Hotelling, loi de Reilly, méthode des secteurs proximaux et théorie des places centrales de Christaller, modèle de Huff, Modèle Interactif de Concurrence (MCI), etc.

<sup>4</sup> Reilly, 1929, 1931

<sup>5</sup> Les résultats des enquêtes réalisées sur le terrain [20] ont montré que, dans une modélisation stricte, la diminution de l'influence selon le carré de la distance peut s'avérer exagérée pour des services rares (marchés de bétail au Mali, certains produits agricoles, produits manufacturés, centres de santé au Cameroun, etc.) ou des biens coûteux (où l'on est prêt à franchir des distances importantes pour se procurer ces services rares, où le coût du déplacement est marginal par rapport à la valeur du bien recherché) ou inversement s'avérer trop faible pour des services plutôt banals (écoles primaires au Cameroun) ou des biens à faible coût (où l'on n'est pas prêt à franchir des distances importantes pour se procurer ces services ubiquistes, où le coût du déplacement est trop élevé par rapport à la valeur du bien recherché). On obtient donc des résultats théoriques beaucoup plus proches des aires d'attraction réelles si l'on introduit un paramètre variable (a) au lieu du carré de la distance, appelé "frein de la distance", qui permet de faire varier le rôle de la distance en fonction du phénomène considéré. Dans la pratique, il peut également être introduit une notion de distance-temps et de distances-coûts qui permettent de considérer une contre-valeur monétaire du temps nécessaire en tenant compte de la perception individuelle de la valeur du temps.

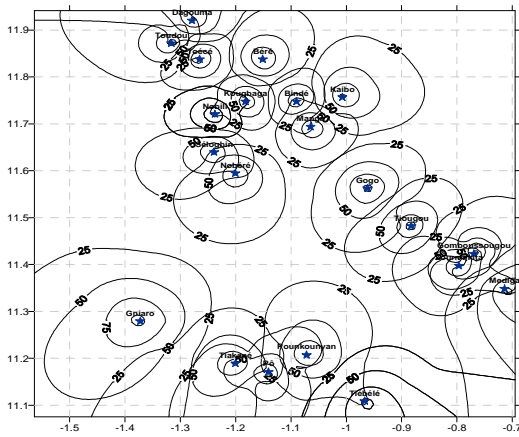


où k est le nombre de pôles recensés sur le territoire considéré.

Il s'agit du rapport entre l'attraction du pôle i sur la localité j (modèle de Reilly), et la somme des attractions des différents pôles sur j, encore désigné **potentiel la localité j** et noté  $U_j$ .

$$(U_j = \sum_k IPD_k / d_{kj}^2)$$

Le graphique ci-dessous traduit la réalité du **continuum de situations** que l'on a pu observer sur le terrain [20]. Les étoiles représentent les pôles de développement, et les courbes autour des pôles délimitent les zones d'égaux probabilité d'attraction,



la probabilité correspondante étant indiquée en pourcentage par le chiffre sur la courbe.

#### 4.4.3 L'identification des localités isolées

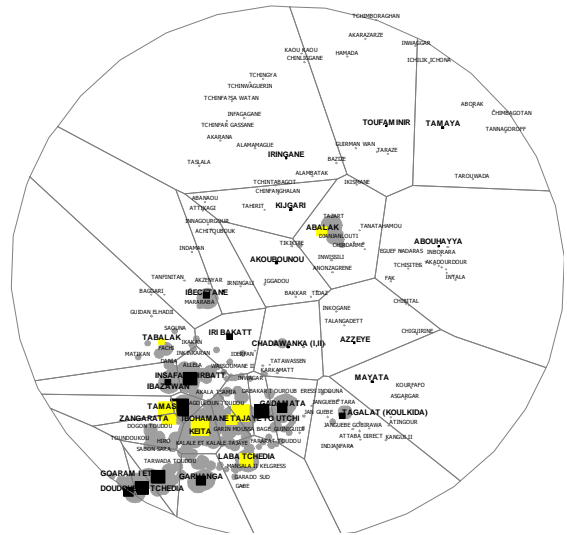
Le potentiel  $U_j$  exprime la qualité au point j de l'accessibilité aux infrastructures et services, ainsi qu'aux opportunités économiques (marchés, emplois, etc.), et peut être calculé en tout point, avec une valeur théorique infinie au niveau des pôles. Ce potentiel servira de justification aux projets de pré-électrification en certains points ou certaines zones du territoire, dotés d'un très faible potentiel et ne bénéficiant par ailleurs pas directement d'un service électrique à l'horizon de la planification.

$$U_j = \sum_k IPD_k / d_{kj}^2$$

où k est le nombre de pôles recensés sur le territoire considéré.

La pré-électrification désigne ici l'accès à l'énergie grâce à des sources alternatives telles le solaire photovoltaïque, la biomasse ou le thermique diesel, en service nécessairement discontinu, pour satisfaire des besoins énergétiques précis : éclairage, audiovisuel, froid médical, force motrice pour moulins, décortiqueuses, alternateurs, chargeurs de batterie, pompage, irrigation, postes de soudure, machines de menuiserie, etc.

Le potentiel  $U_j$  est représenté sur le graphique ci-après par des tâches grises plus ou moins épaisses. Les localités situées au nord-est de cette carte sont dotées d'un relatif faible potentiel.



Grâce à l'introduction de ce potentiel  $U_j$  qui traduit l'accès relatif des habitants d'une localité j aux différents pôles de développement du territoire étudié, les planificateurs ont une réponse stratégique à la question sous-jacente à la problématique globale qui est ici traitée, à savoir celle du lieu adéquat pour les projets dits de pré-électrification : une difficulté souvent traitée de façon hasardeuse au détriment de l'optimisation des coûts et de la qualité de service pour le plus grand nombre.

#### 4.4.4 Conclusion : la population de couverture d'un pôle de développement local

Dans la perspective de cerner l'impact potentiel de l'électrification d'un pôle de développement sur l'ensemble de son hinterland, les modèles gravitaires permettent à la fois (1) de déterminer les zones d'influence d'un pôle de développement, (2) d'estimer les probabilités d'attraction à l'intérieur du territoire délimité par cet hinterland, dans le but d'accéder à un service social ou administratif de base (école, centre de santé, administration locale, etc.), à un marché ou à un emploi.

La priorité d'électrification doit par conséquent être donnée non seulement aux pôles de développement local, mais davantage à ceux d'entre eux qui concentrent les plus grandes "parts de marché", à savoir le nombre d'habitants de la périphérie bénéficiant des services et des opportunités économiques offerts par le pôle.

Au-delà d'une comptabilisation des seuls bénéficiaires internes à la localité électrifiée, l'analyse de l'impact économique et social potentiel du projet d'électrification intègrera par conséquent les bénéficiaires indirects à l'égard des localités de l'hinterland, défini comme étant un continuum spatial dont l'étendue et la puissance du rayonnement peuvent être approchées par les différents modèles gravitaires étudiés.

En reprenant les modèles de Reilly et de Huff, la taille de la population qui bénéficiera potentiellement d'une électrification menée à l'échelle d'un pôle i, dite population de couverture du pôle i, est désignée  $POP_{cov_i}$  et déterminée par la formule suivante :



$$POP_{couv_i} = \sum_j P_{ij} \times POP_j = \sum_j \frac{IPD_i}{d_{ij}^2 \sum_k \frac{IPD_k}{d_{kj}^2}} POP_j$$

où j représente une localité de l'hinterland de i, POP<sub>j</sub> la population de cette localité, P<sub>ij</sub> la probabilité de Huff, λ<sub>i</sub> l'attractivité du pôle i, k le nombre de pôles recensés sur l'ensemble du territoire considéré.

**En conclusion, ce modèle de classement suppose donc :**

- La délimitation géographique du territoire d'étude ;
- La détermination de l'attractivité λ<sub>i</sub> des pôles i, équivalente au calcul de leurs IPDi ;
- L'analyse des hinterlands des différents pôles de développement et la détermination conséquente de la taille de la population potentiellement bénéficiaires d'une électrification du pôle, dite **population de couverture du pôle** ;
- La classification des pôles, selon la taille de la population de couverture.

D'après ce modèle, les projets d'électrification rurale présentant potentiellement les meilleurs impacts économiques et sociaux sont ceux qui seront réalisés dans les N pôles de développement dont les tailles de populations potentiellement couvertes sont les plus importantes. Il s'agit au maximum de N projets d'électrification, dans la mesure où certains pôles peuvent se retrouver au sein d'un même cluster.

Les résultats obtenus par l'application de ce modèle permettent de faire les constats suivants :

- En plus des unités administratives recensées plusieurs autres localités sont également retenues ;
- Parmi ces localités, certaines se retrouvent mieux classées que certaines unités administratives ;
- Certains pôles de faible taille démographique ont cependant un meilleur classement relatif uniquement du fait de leur position géographique.

#### 4.5 *Loin des mythes et de la pratique usuelle*

Pour une hiérarchisation optimisée des localités à électrifier dans la perspective de maximiser l'impact futur de l'électrification rurale, l'approche qui est proposée remet en question plusieurs pratiques usuelles observées en matière de planification de l'électrification rurale :

#### 1. **La taille d'une localité n'est pas l'unique déterminant pour la sélection et la hiérarchisation:**

- Si les localités de tailles importantes sont généralement bien classées, certaines localités de petites tailles peuvent se retrouver en tête du

classement, en raison de leur position géographique stratégique (ex: au carrefour de plusieurs localités non électrifiées, ou à la périphérie d'une localité de taille importante)

- Entre deux localités de tailles relativement importantes, la mieux classée n'est pas nécessairement la plus grosse en terme de population.

#### 2. **Le statut administratif d'une localité n'est pas suffisant pour justifier son classement :**

Bien que faisant partie des pôles de développement, les unités administratives (chefs-lieux de province, de département, etc.) ne sont pas toujours les mieux classées [22].

#### 3. **Les caractéristiques intrinsèques d'une localité, qui conduisent à lui attribuer un certain IPD, ne suffisent pas non plus à justifier son classement :**

- A niveaux d'infrastructures équivalents, deux localités ont des classement différents.
- L'IPD seul ne suffit pas à justifier le classement des pôles de développement, bien qu'il constitue le principal critère de sélection des pôles. L'hinterland d'un pôle, déterminé à la fois par son attractivité (son IPD), son attraction sur les autres localités et sa position géographique vis-à-vis d'autres pôles et vis-à-vis des localités du territoire étudié, est le principal déterminant du classement. **Dans cette perspective, l'observation directe de la localité, l'intuition ou le bon sens ne suffisent plus.**

#### 4.6 *Des conséquences sur un développement "rationnel" du système électrique*

Au-delà des difficultés exposées ci-dessus en terme de biais cognitifs sur des modèles de planification à la fois itératifs et heuristiques, il est également important de noter que des mauvais choix de départ auront aussi une conséquence négative sur le développement global du système électrique.

En effet, les coûts nécessaires pour passer de l'étape n à l'étape n+1 peuvent s'avérer prohibitifs, si le choix de l'étape n n'est pas économiquement viable pour le système dans son ensemble.

On peut aisément l'imaginer dans le cas d'une extension de réseau, lorsque les villages choisis pour être électrifiés en priorité se retrouvent très excentrés.

#### 5. **LE MODULE GEOSIM SPATIAL ANALYST®**

GEOSIM Spatial Analyst® est un module de la suite logicielle GEOSIM®, outil d'aide à la planification de l'électrification rurale développé par le bureau d'études français IED ([www.ied-sa.fr](http://www.ied-sa.fr)).

GEOSIM® est constituée de quatre composantes interdépendantes dont GEOSIM Spatial Analyst®,

GEOSIM Demand Analyst®, GEOSIM Supply Options® et GEOSIM Pre-elec®<sup>7</sup>.

Le module GEOSIM Spatial Analyst®, conçu pour aider le planificateur dans la phase d'analyse des dynamiques territoriales qui précède l'optimisation technico-économique des solutions d'électrification.

Le module GEOSIM Spatial Analyst® aide ainsi à sélectionner et à hiérarchiser les localités à électrifier, pour atteindre rapidement des objectifs d'accès aux services énergétiques préalablement fixés, ou pour renforcer l'impact économique et social de l'électrification rurale, dans le cadre d'une enveloppe budgétaire donnée.

## **6. POUR UN DEVELOPPEMENT DE CENTRES SECONDAIRES, ET MEME DE VILLES NOUVELLES**

Le modèle proposé dans cet article repose sur l'hypothèse d'une mobilité plus ou moins aisée en zone rurale. La réalité dans les contextes étudiés est souvent celle de difficultés importantes en matière d'infrastructures de transport (pistes, routes aménagées, etc.) et de services de transport en zone rurale (car, bus, motos, taxis brousse, etc.). Comme indiqué au chapitre 4.4.1, le "frein de la distance", c'est-à-dire la puissance appliquée à la distance entre un pôle et une localité pour affaiblir l'attraction de ce pôle sur cette localité peut s'en retrouver plus élevé que la seule puissance 2.

Cette notion de distance entre localités nécessite par conséquent une attention au moins aussi importante que celle nécessaire à la détermination de l'IPD, tant ces deux éléments influenceront le résultat final.

Pour refléter au mieux la réalité du terrain, des évolutions ont été apportées à GEOSIM® souhaitent aller plus loin que la seule distance euclidienne "à vol d'oiseau" entre deux localités. Il s'agit de tenir compte des contraintes naturelles (forêts, lacs, montagnes, etc.), mais aussi de la réalité des infrastructures de transport effectifs ou projetés à l'horizon de la planification (pistes, routes, rail, etc.), pour approcher au mieux la distance entre deux localités.

Désormais, une fonction "distance effective" devrait ainsi remplacer la distance euclidienne entre deux localités, jusqu'ici utilisée dans le modèle de planification.

Au delà de l'amélioration de cette fonction distance, la mobilité rurale, qui traduit les déplacements effectifs entre localités, est une notion connexe très importante. Plutôt que d'être seulement constatée, cette mobilité rurale devrait être renforcée au sein des ensembles territoriaux décrits par les pôles et leurs hinterlands, concomitamment aux projets d'électrification. Il s'agit là d'une nécessité pour

assurer un impact économique et social effectif de l'électrification rurale.

A travers cette notion de mobilité rurale, il s'agit de rendre effectif l'accès du plus grand nombre aux services ruraux et aux marchés locaux bénéficiant de services énergétiques modernes, par un développement d'infrastructures et services de transport en zone rurale, en priorité entre les pôles retenus et les localités de leurs hinterlands.

Bien qu'introduit dans un contexte d'optimisation de l'accès aux services énergétiques modernes en zone rurale, le modèle d'aménagement proposé apporte également une réponse aux conclusions de plusieurs travaux menés dans le cadre de la thématique des transports en zone rurale. Ces travaux révèlent en effet que si la mobilité est un facteur important de réduction de la pauvreté du fait qu'elle induit l'accès aux services (éducation, santé, finances, marchés) et aux opportunités économiques et sociales, le manque de concentration de la demande empêche aujourd'hui la mise en place de services de transports à meilleur marché et plus efficace [18].

Autrement dit, en allant dans le sens d'une plus grande concentration des infrastructures de qualité à l'échelle de différents pôles qui réalisent désormais un maillage territorial complet, le modèle d'aménagement proposé devrait largement contribuer à l'émergence de sous-ensembles territoriaux locaux, des centres secondaires ou villes nouvelles secondaires, disposant désormais de la masse critique nécessaire pour un effet d'entraînement économique.

L'adoption d'une telle approche contribuerait par conséquent à la limitation du saupoudrage des projets d'électrification, qui conduit à s'intéresser, sans discrimination positive et en l'absence de moyens conséquents, à toutes les localités.

L'approche proposée contribue ainsi à l'allègement de la pression exercée aujourd'hui sur les pôles urbains existants, grâce au renforcement de l'émergence d'embryons urbains intermédiaires. Elle participe ainsi d'une certaine manière à l'urbanisation des territoires et à l'atténuation de la tendance à la mégapolisation observée dans quelques pays d'Afrique subsaharienne. Une tendance à la mégapolisation qui contraste pourtant avec une sous-urbanisation moyenne du continent africain : on compte seulement près de 35% de citadins en moyenne en Afrique subsaharienne, contre plus de 72% dans les pays de l'OCDE [23].

Le rapport 2007 du Fonds des Nations Unies pour la Population (FNUAP) parle pour la première fois de l'urbanisation comme facteur de réduction de la pauvreté, brisant ainsi un fait longtemps resté tabou [24].

<sup>7</sup> Pour plus d'informations, consulter le site internet [www.geosim.fr](http://www.geosim.fr) ou [www.ied-sa.fr](http://www.ied-sa.fr)

## 7. CONCLUSION : UNE DEMARCHE, QUI SANS LA REMPLACER, SOUHAITE ACCOMPAGNER LA DECISION POLITIQUE

Il est évident que cette approche de **sélection** et de **hiérarchisation** des localités sur un territoire donné ne cherche pas à se substituer à la décision souveraine des autorités, compte-tenu de la forte charge politique de l'électrification rurale dans les contextes étudiés ; d'autant plus que l'électrification rurale exige structurellement des subventions publiques, au moins dans la phase d'investissement.

Cependant, l'approche donne désormais une place significative à l'analyse spatiale dans une optique systématique d'optimisation de l'accès aux services énergétiques modernes, tout en laissant une part à la décision politique, y compris celle de l'échelon local, communal ou intercommunal, conformément à la décentralisation administrative en cours dans la plupart des pays concernés.

Le décideur politique peut en effet intervenir dans le processus de sélection des pôles de développement, dans la définition des critères et du système de pondérations qui guident le montage de l'Indicateur de Potentiel de Développement (IPD), ou de façon pro-active par la création ex-nihilo de nouveaux pôles de développement, en prévoyant les investissements conséquents sur les plans économiques, sanitaires et éducatifs à l'horizon de la planification.

Le décideur politique peut également intervenir dans le processus de hiérarchisation, en prévoyant les conditions nécessaires pour le renforcement de la mobilité rurale et l'accès aux pôles de développement (routes, moyens de transports, etc.) à l'horizon de la planification.

Le décideur politique peut enfin intervenir en dernier ressort et de manière souveraine sur les résultats de la hiérarchisation en modifiant la position d'une localité donnée à l'issue du classement automatique. Cependant, le modèle proposé permet dans ce cas, de mesurer les effets de ce choix en terme de réduction potentielle des opportunités d'accès aux services énergétiques modernes à budget d'investissement constant et donc enveloppe de subvention constante.

## Lexique : synthèse des principaux concepts

### [Attractivité], Indicateur du Potentiel de Développement (IPD) :

Indice composite calculé par le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et dont la valeur s'échelonne entre 0 et 1, l'IDH combine l'espérance de vie, le niveau de connaissances mesuré par le taux d'alphabétisation des adultes et le taux brut de scolarisation (à tous les niveaux, primaire, secondaire et supérieur), ainsi que le PIB réel par habitant ajusté en parité de pouvoir d'achat (PPA). Il constitue un indice de référence permettant de classer les pays du monde au regard de leur développement qualitatif.

Construit sous le prisme de l'IDH, l'IPD, dont la valeur est également comprise entre 0 et 1, mesure la capacité d'une localité à enrayer la pauvreté sur son territoire. A l'échelle de la localité, l'IPD mesure à la fois le potentiel d'accès aux services de santé (centres de santé, maternité, hôpitaux, etc.) [composante 1], à l'éducation (centres d'alphabétisation, écoles, collèges, etc.) [composante 2], et aux opportunités économiques (emplois, marchés, artisanat, ateliers divers, agro-industrie, etc.) [composante 3]. Conformément à l'IDH, les trois composantes éducation, santé, économie locale sont de poids strictement équivalents. Ces trois composantes reposent cependant sur la définition, par les parties-prenantes, des critères, sous-critères, indicateurs et systèmes de pondération, propres à chaque territoire.

$$IPD = 1/3 \sum_{composantes} [ \sum_{critères} (poids \times valeur) ]$$

L'IPD représente aussi l'**attractivité** de la localité, c'est-à-dire sa capacité à attirer les habitants d'autres localités en son sein. Il permet ainsi de **sélectionner** les pôles, sur la base de cette caractéristique intrinsèque. Un pôle sera d'autant plus important qu'il aura un IPD élevé. Il s'agit évidemment d'un critère relatif, dépendant de l'étendue du territoire étudié, et donc de la "concurrence relative" des autres pôles à l'échelle de ce territoire.

### [Polarité], Pôle de développement :

A l'échelle d'un territoire donné, il s'agit d'une localité disposant d'un IPD relativement élevé. Un pôle de développement, encore appelé **Centre** de développement, est un "embryon urbain" c'est-à-dire un espace où l'habitat et les activités se concentrent pour atteindre une certaine densité. Un pôle est un lieu offrant des opportunités d'emplois secondaires ou tertiaires, par opposition aux emplois primaires (agricoles) qui tendent à se diffuser dans la profondeur des territoires (hinterland). Pour un territoire et une localité donnés, le fait d'être considéré comme pôle de développement dépend à la fois de la valeur intrinsèque de son IPD compte-tenu des sous-indicateurs retenus pour la mesure des trois critères ci-dessus, et du nombre maximal (n) de pôles à l'échelle du territoire considéré : les localités disposant des (n) meilleurs IPD sont les Pôles de développement de ce territoire. La notion de Pôle de développement devient ainsi une notion relative, propre au territoire concerné. Cette relativité apparaîtra déterminante pour saisir les enjeux locaux de définition des priorités, parfois différentes des priorités nationales et pourtant pertinentes dans un contexte décentralisé.

### [Attraction], Loi de Reilly :

Selon la Loi de Reilly, considérant un ensemble de localités notées 1...n situées en différents points d'un espace donné, et dotées d'une masse  $\lambda_i$  qui définit leur attractivité absolue, l'**attraction** exercée par un pôle i sur une localité k de niveau inférieur ( $\lambda_i < \lambda_k$ ) est définie par la relation :

$$A_{ik} = \lambda_i \cdot (1/d_{ik}^a)$$

Cette attraction est inversement proportionnelle à une puissance "a" de la distance à la localité ("a" est pris égal à 2 dans la formule de Newton et de Reilly, et représente le "frein de la distance"). L'attraction du pôle i diminue au fur et à mesure que l'on s'en éloigne, et finit par s'annuler, au profit de l'influence d'un autre pôle. L'attractivité  $\lambda_i$  du pôle i n'est autre que son IPD<sub>i</sub>

### [Zone d'influence], frontière d'attraction :

Pour une localité k située entre deux pôles i et j, la frontière entre les aires d'attractions de i et j, c'est-à-dire le lieu où l'influence de i est équivalente à celle de j, est telle que les deux attractions sont égales, soit :  $A_{ik} = A_{jk}$

$\lambda_i \frac{1}{d_{ik}^2} = \lambda_j \frac{1}{d_{jk}^2}$  Pour un frein de la distance égal à 2, le lieu géographique des points k pour lesquels les pôles i et j ont la même influence est un (arc de) cercle dont le centre est situé sur la droite passant par les deux pôles, au-delà du plus petit des deux en terme d'attractivité, et dont le rayon est déterminé à partir des attractivités des pôles et de la distance qui les sépare.

Pour  $\lambda_i \geq \lambda_j$ , les coordonnées  $x_{ij}$  et  $y_{ij}$  du centre de ce cercle sont données par les formules suivantes :

$$x_{ij} = \frac{\lambda_i x_i - x_j}{(\frac{\lambda_i}{\lambda_j} - 1)} \quad y_{ij} = \frac{\lambda_i y_i - y_j}{(\frac{\lambda_i}{\lambda_j} - 1)}$$

Le rayon  $R_{ij}$  du cercle est donné par la formule :

Dans le cas où les deux pôles sont équivalents en terme d'attractivité,

$$R_{ij} = \frac{d_{ij} \sqrt{\frac{\lambda_i}{\lambda_j}}}{(\frac{\lambda_i}{\lambda_j} - 1)}$$

le rayon du cercle et la distance du centre deviennent infinis : la limite est alors une droite située à mi-distance des deux pôles et perpendiculaire à la droite qui les relie, définissant des polygones (dits de Voronoi), sur l'ensemble de l'espace considéré.

### [Potentiel U<sub>j</sub>], Accessibilité potentielle aux services :

Le potentiel  $U_j$  d'accessibilité pour une localité j est déterminé par la somme des attractions des différents pôles sur cette localité j.

$$U_j = \sum_k \lambda_k / d_{kj}^2$$

où k est le nombre de pôles recensés sur le territoire considéré.

Ce potentiel exprime la qualité au point j de l'accessibilité aux infrastructures et services, ainsi qu'aux opportunités économiques (marchés, emplois, etc.), et peut être calculé en tout point, avec une valeur théorique infinie au niveau des pôles. Il sert de justification aux projets de pré-électrification en certains points ou certaines zones du territoire, dotés d'un très faible potentiel et ne bénéficiant par ailleurs pas directement d'un service électrique à l'horizon de la planification.

### [Probabilité d'attraction], Modèle de Huff

Dans la pratique, la notion de zone d'influence est une notion relative au territoire étudié. Il existe en effet une probabilité non nulle que les habitants d'une localité, bien que située à proximité d'un pôle k, soient attirés par des services de meilleure qualité disponibles dans un pôle k' plus éloigné.

Le modèle de Huff permet de traduire le continuum de situations qui existent sur le territoire, face à la concurrence qui peut s'exercer entre plusieurs pôles locaux. Construit à partir du modèle de Reilly, ce modèle permet ainsi de refléter la **relativité des zones d'influences**, et d'estimer la probabilité  $P_{ij}$  qu'une localité j soit attirée par un pôle i.

$$P_{ij} = \frac{\lambda_i}{U_j}$$

### [Hinterland], d'un pôle i :

L'hinterland d'un pôle i est le sous-ensemble territorial constitué par le continuum spatial dont l'étendue et la puissance du rayonnement sont proportionnels à l'attractivité du pôle i (son IPD) et inversement proportionnels à son éloignement. Il s'agit de l'ensemble des localités qui bénéficieraient potentiellement des retombées d'un service électrique s'il était établi au pôle i.

### [Population de couverture], d'un pôle i :

La population de couverture du pôle i est constituée de la population en son centre (bénéficiaires potentiels directs du service électrique) et de la population de son hinterland (bénéficiaires potentiels indirects des activités et services accessibles depuis la périphérie : centres de santé, écoles, emplois, marchés, etc.). Cette population de couverture est déterminée par la formule suivante :

$$POP_{cov_i} = \sum_j P_{ij} \times POP_j = \sum_j \frac{\lambda_i}{d_{ij}^2 \sum_k \frac{\lambda_k}{d_{kj}^2}} POP_j$$

où j représente une localité de l'hinterland de i,  $POP_j$  la population de cette localité,  $P_{ij}$  la probabilité de Huff,  $\lambda_i$  l'attractivité (IPD) du pôle i, k le nombre de pôles recensés sur l'ensemble du territoire considéré.

La population de couverture permet de **hiérarchiser** les pôles sur la base à la fois de leur qualité intrinsèque et de leur influence relative à l'échelle du territoire. Un pôle est d'autant plus important que sa population de couverture est élevée. Il s'agit évidemment d'un critère relatif, qui permet de maximiser l'impact de l'électrification du pôle en touchant le plus grand nombre. Il dépend de la "concurrence relative" des autres pôles à l'échelle du territoire étudié.

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- [1] CEDEAO/UEMOA, Livre Blanc de la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest, 2005
- [2] F3E, l'évaluation d'impact, Guide méthodologique, Prise en compte de l'impact et construction d'indicateurs d'impact", F3E, CIEDEL, juin 1999,
- [3] B.V. Campen, D. Guidi, G. Best, Impact of solar photovoltaic systems on rural development: FAO study for rural electrification in the 21<sup>st</sup> century, Environment and Natural Resources Service (SDRN), November 1999
- [4] M. Arnaud, Prise en compte de la dimension spatiale des économies locales, PDM/Club du Sahel, Juin 2001
- [5] A-E. Baert, Réseaux cellulaires de Voronoï, 2003
- [6] M. Calciu, F. Salerno, R. Vanheems, les polygones gravitaires – une nouvelle méthode d'analyse spatiale du marché. Application à un réseau bancaire
- [7] F. Tonnellier, Quelques méthodes de délimitations des bassins de santé : bassins de population, espaces de soins, zones d'attraction, 2002
- [8] J.P. Grimmeau, B. Wayens, la modélisation gravitaire appliquée au géomarketing, 2003
- [9] A. Sanghwi, D. Barnes, Electrification des zones rurales : enseignements tirés de l'expérience", Findings, Banque Mondiale, IBRD, février 2001,
- [10] J.L. Baker, Evaluation de l'impact des projets de développement sur la pauvreté", manuel à l'attention des praticiens, Banque Mondiale, mai 2000,
- [11] R. Massé, Impact of Rural Electrification on Poverty and Gender evaluation in Sri Lanka, EnPoGen, Banque Mondiale, IBRD, The World Bank, 2003,
- [12] Banque Mondiale, Poverty Reduction Group (PRMPR) and Social Development Department (SDV), Guide pour l'Analyse des Impacts sur la Pauvreté et le Social,
- [13] GEF-FAO workshop on productive uses of renewable energy: experience, strategies, and project development, FAO, june 2002,
- [14] Programme des Nations Unies pour le Développement, "Rapport Mondial sur le Développement Humain", Economica, 2003,
- [15] R. Tomkins, le développement de l'électrification rurale : un tour d'horizon de programmes novateurs,
- [16] Survey design, methodology, and survey instruments for rural electrification impact evaluation study in Vietnam, Tata Energy Research Institute (TERI), 2001
- [17] B. Conté, Mesures du développement, Université de Bordeaux, 2000
- [18] 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.
- [19] R. Brunet (dir.), les mots de la géographie, La documentation française, Paris, 1993
- [20] IED, études socioéconomiques IMPROVES-RE au Burkina Faso, au Cameroun, au Mali et au Niger, 2006
- [21] IED, analyse diachronique de l'impact de l'électrification rurale au Cameroun et en Côte d'Ivoire, 2004
- [22] IED/ETC/RISOE, Plans locaux d'électrification rurale : approche multisectorielle et impact sur la pauvreté, IMPROVES-RE, Programme COOPENER de la Commission Européenne, 2006
- [23] AIE, World Energy Outlook 2006, Annex B : Electricity access
- [24] UNFPA, Etat de la population mondiale 2007: libérer le potentiel de la croissance urbaine