



Chaire ParisTech Modélisation prospective
au service du développement durable



Modélisation du système électrique de l'île de la Réunion avec TIMES

Mathilde Drouineau

Mines Paristech, Centre de Mathématiques Appliquées

Colloque "L'Énergie par ses externalités"
Ajaccio, 5 mai 2010

Contexte de l'étude

Les facteurs influençant les systèmes électriques sur le long-terme:

- la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre
- la raréfaction des ressources fossiles
- la recherche de l'autonomie énergétique
- l'essor de la production électrique d'origine renouvelable
- l'intégration de sources de production décentralisée sur les réseaux

☞ **Le secteur électrique est en mutation.**

☞ **Il est nécessaire de tenir compte de ces facteurs dans les exercices prospectifs.**

Problématique

- Enjeu méthodologique :

Améliorer le réalisme de l'exercice prospectif et notamment pouvoir intégrer les modes de transport et de distribution de l'énergie électrique, éléments d'arbitrage décisifs sur lesquels peuvent s'opérer des transferts de pollution.

Cas d'application :

L'île de de la Réunion est prise comme terrain d'expérimentation.

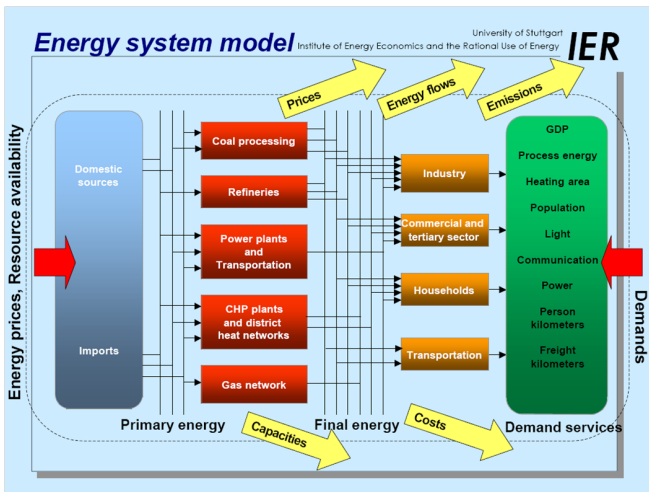
Principes de l'approche MARKAL/TIMES

- ① Evaluer des scénarios énergétiques en tenant compte de :
 - L'évolution de la demande
 - L'évolution des coûts d'approvisionnement en ressources primaires
 - La durée de vie des investissements
 - Du progrès technique, des nouvelles technologies
- ② Décrire un système énergétique par l'ensemble de ses technologies
- ③ Minimiser le coût du système énergétique sous contraintes

Sorties du modèle :

- Panier de technologies
- Timing d'investissement
- Coût global du système
- Emissions

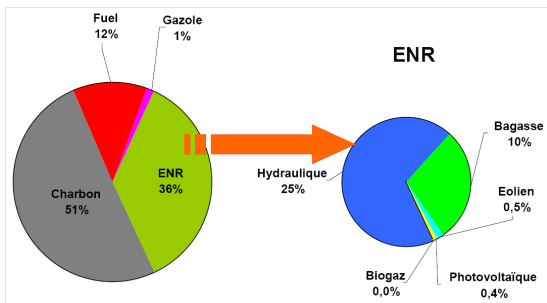
Système Energétique de Référence



Étapes de transformation des ressources primaires aux services finaux.

Panorama du système énergétique de la Réunion

- Système global : importation de **86%** de ressources fossiles
- Système électrique :
 - 2546 GWh en 2008
 - 36% d'énergies renouvelables



Un objectif ambitieux

Objectif porté par la Région Réunion

Atteindre l'autosuffisance énergétique (électricité et transports) via 100% d'énergies renouvelables en 2030.

Pour cela, l'île de la Réunion jouit de potentiels élevés de ressources renouvelables :

- hydraulique, bagasse, énergie solaire (thermique et photovoltaïque), énergie éolienne, géothermie, énergie des mers, biogaz

☞ **Cette étude se focalise sur le secteur électrique.**

La demande électrique augmente

Scénario tendanciel de croissance (EdF) :

	Unit	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Consommation d'électricité	GWh	2 546	2 710	3 110	3 500	3 805	4100
Taux de croissance	%	3.4	3.2	2.6	2.4	1.5	1.5
Pointe électrique	MW	408	445	520	595	670	720

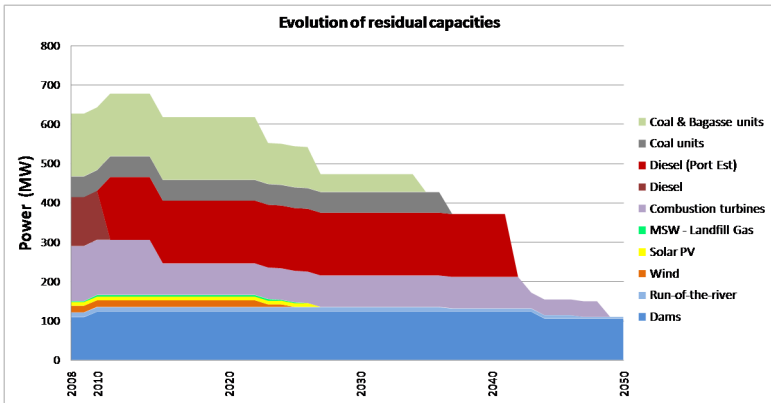
Le taux de croissance diminue :

- Ralentissement démographique
- Rattrapage du taux d'équipement métropolitain
- Diminution plus forte en tenant compte des actions de MDE

Capacités installées

- **Moyens thermiques (76%) :**
 - 476 MW
 - Importations : Charbon et Produits pétroliers (fioul domestique et fioul lourd)
 - Production locale : Bagasse de la canne à sucre
- **Parc Hydraulique (20%) :**
 - 121 MW
 - Barrages (109.4 MW) et hydraulique au fil de l'eau (11.6 MW)
- **Autres (4%) :**
 - Eolien (16.8 MW), PV (10 MW) et déchetterie (2 MW)

Evolution des capacités



- Avec 14 MW de puissance hydraulique supplémentaire à Rivière de l'Est (2010) ; et
- 160 MW : nouveaux moteurs diesel de Port Est (2011).

Potentiel Bagasse

- Production annuelle moyenne : 260 GWh, grâce à :
 - la centralisation de la filière sucre à la Réunion (de 40 à 2 usines), et à
 - la synergie entre les usines et les centrales thermiques (bagasse et charbon) ;
- Bagasse pendant la période sucrière de juillet à décembre.

Potentiel

- 1 **Amélioration des rendements** de la canne à sucre (rendement à l'hectare et quantité de fibres) : + 130 GWh.
- 2 Développement d'une filière **canne-fibre** et abandon de la production de sucre : + 700 GWh.

Potentiels hydraulique et de géothermie

Hydraulique

- Estimation totale : 147 MW, répartis suivant 121 MW de nouveaux ouvrages et 26 MW de STEP
- Pour les 5 ans à venir, 56 MW sont déclarés exploitables
- Evolution possible de cette limite en concertation avec les acteurs locaux

Géothermie

- Pour le moment, pas de projets à cause de contraintes environnementales
- Gisement potentiel pour une unité de 30 MW

Potentiel énergies intermittentes

Règle des 30%¹ : seuil au delà duquel le gestionnaire est autorisé à déconnecter les producteurs d'énergie non garantie pour la stabilité.

- Photovoltaïque : 160 MW, limite atteinte avec les demandes de raccordement actuelles.
- Eolien : potentiel estimé entre 50 et 100 MW
- Energies des mers
 - Energie Thermique des Mers : prototype de 1 MW
 - Pelamis : prototype et éventuellement projet de 30 MW en 2014

☞ Capacités de stockage

- Batterie NaS de 5 MW
- Appel d'offres de 10 MW pour des projets d'énergies intermittentes avec stockage – i.e. **énergie garantie**

¹décret du 23 avril 2008

Conclusions intermédiaires

- Le développement des énergies renouvelables est indispensable pour satisfaire l'objectif d'autonomie énergétique et la croissance de la demande.
- Le développement des filières renouvelables dépend :
 - des potentiels énoncés précédemment
 - de la **capacité du système électrique à acheminer l'électricité** d'origine renouvelable
 - des politiques d'accompagnement de ces technologies
- On doit s'intéresser au caractère plausible des mix de production d'électricité :
 - 1 a priori, pour guider les décisions d'investissement du modèle
 - 2 a posteriori, pour valider les résultats prospectifs

Ile de la Réunion : fragilité du réseau



Caractéristiques du système électrique :

- Peu maillé
- Pas d'interconnexion
- Part croissante de production intermittente
- Peu de foisonnement : fragilité face aux aléas climatiques

Figure: Iles et énergie : un paysage de contrastes.

Qu'est-ce que la défaillance d'un système électrique ?

- A la suite d'un incident sur le système :
 - Perte brutale d'une centrale de production
 - Problème technique sur une ligne
 - Variation brutale de la consommation
- La fourniture d'électricité est menacée :
 - Signal en dehors des limites contractuelles (fréquence, tension)
 - Délestages de centres de consommation (4h/an/consommateur)
 - Black outs

Propriétés des systèmes électriques nécessaires à la stabilité

- réserve magnétique : inertie du couplage électromagnétique
- réserve cinétique : inertie des moyens de production
- réserve tournante

Conclusion

- Développement annoncé important des énergies renouvelables sur le système électrique de la Réunion.
- Cas d'étude intéressant pour améliorer les outils prospectifs :
 - Petit système électrique
 - Les contraintes réseau sont exacerbées
- Deux pans d'amélioration :
 - Réalisme technique des systèmes électriques avec beaucoup d'énergies renouvelables
 - Réalisme économique : modélisation et analyse des systèmes d'incitation de ces filières