



# Fiabilité des systèmes électriques et modélisation prospective

Mathilde Drouineau<sup>1</sup>   Nadia Maïzi<sup>1</sup>   Edi Assoumou<sup>1</sup>  
Vincent Mazauric<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Mines Paristech, Center for Applied Mathematics (France)

<sup>2</sup>Schneider Electric, Corporate Research Division (France)

Séminaire "Energie et Développement Durable", Université de la Réunion  
(30/11/2009)

# Contexte de l'étude

- Le secteur électrique est en mutation, avec :
  - 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.
- Par conséquent, les caractéristiques de la production d'électricité évoluent :
  - le mix de production devient plus diversifié et complexe ;
  - la décentralisation des réseaux ;
  - les caractéristiques économiques : merit order (les petites unités sont économiquement justifiables) ;
  - les caractéristiques techniques : qualité du signal, fiabilité du système ;
  - le niveau des pertes électriques.

# Contexte de l'étude

- Le secteur électrique est en mutation, avec :
  - 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.
- Par conséquent, les caractéristiques de la production d'électricité évoluent :
  - le mix de production devient plus diversifié et complexe ;
  - la décentralisation des réseaux ;
  - les caractéristiques économiques : merit order (les petites unités sont économiquement justifiables) ;
  - les caractéristiques techniques : qualité du signal, fiabilité du système ;
  - le niveau des pertes électriques.

## Enjeux de l'étude :

- 1 Intégrer ces spécificités dans les critères de choix du modèle de prospective MARKAL/TIMES :
  - contraintes dynamiques et spatiales liées au pilotage d'un système électrique ;
  - développement d'une méthode basée sur les caractéristiques techniques de l'électricité ;
  - la création d'indicateurs de fiabilité.
- 2 Etudier un système électrique insulaire où ces contraintes sont exacerbées :
  - pas d'interconnexion ;
  - part croissante de la production électrique d'origine renouvelable ;
  - modèle petit donc plus facile à mettre en œuvre ;
  - extension à un modèle énergétique complet pour étudier les substitutions technologiques (incluant le transport).

# Diversité des moyens de production d'électricité

On distingue les moyens de production :

- basée sur les énergies fossiles ou renouvelables ;
- centralisée ou décentralisée ;
- garantie ou intermittente.

L'offre de production est tirée par la demande, et optimisée économiquement en fonction :

- des coûts de combustible ;
- des coûts d'investissements ;
- des coûts d'opération et maintenance.

# Défaillance d'un système électrique

## Equilibre offre/demande

L'équilibre entre l'offre et la demande est une caractéristique essentielle de la fourniture d'un système électrique.

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 (foudre) ;
  - variation brutale de la consommation.
- la fourniture d'électricité est menacée :
  - qualité du signal en dehors de ses limites contractuelles (fréquence, tension) ;
  - délestages de centres de consommation ;
  - black outs.

## Objectifs méthodologiques :

- 1 Evaluer la fiabilité d'un système en fonction des moyens de production d'électricité.
- 2 Modifier l'offre de production par un jeu de contraintes adapté.
- 3 Améliorer l'outil prospectif du côté des technologies d'offre de production d'électricité, vis-à-vis de contraintes techniques.

# Illustration

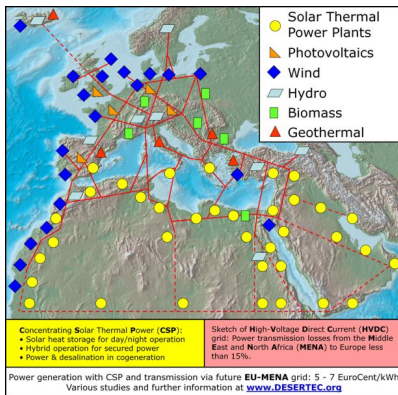


Fig.: All-Renewable Electricity Generation in 2050. Source : DESERTEC.

# Vers l'Autonomie Énergétique des Territoires Insulaires et Isolés

Objectifs du projet :

- intégrer les spécificités à la fois économiques, techniques et sociologiques des territoires isolés/insulaires dans les réflexions sur le Facteur 4 et sur l'autonomie énergétique ;
- proposer des politiques et mesures adaptées à ces contextes tenant compte de leurs spécificités.

# Méthodologie pluridisciplinaire

- Etude des drivers économiques réalisée par le **CIREN/CNRS** :
  - Impacts des mesures et orientations politiques, des subventions sur l'emploi, le pouvoir d'achat, les filières...
- Raffinement de la demande en énergie par une étude anthropo-sociologique, par le **CERTOP** :
  - Enquêtes par entretiens auprès des populations et des institutionnels, caractérisation des équipements et des usages, prise en compte de la dimension interculturelle...
- Modélisation du système énergétique par le **CMA** :
  - Etude quantitative des scénarios établis précédents, analyse de sensibilité...

# Spécificités de ces territoires

- Conditions économiques :
  - Pouvoir d'achat, taux de chômage ;
  - Démographie ;
  - Secteurs à valeur ajoutée...
- Aspects sociologiques :
  - Niveau de vie, pouvoir d'achat ;
  - Pratique culturelle ;
  - Précarité énergétique...
- Offre technologique :
  - Territoire isolé ;
  - Potentiels et gisements spécifiques ;
  - Forte dépendance aux importations...

# Ile de la Réunion : fragilité du réseau

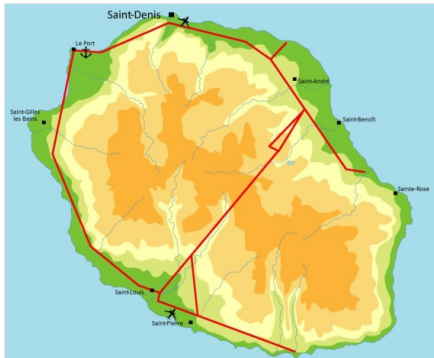


Fig.: Système électrique de la Réunion.

Réseau plus sensible aux événements inattendus :

- part croissante de la production électrique d'origine intermittente ;
- fragilité face aux aléas climatiques : peu de foisonnement, variation brutale de la production d'électricité ;
- réseau électrique peu maillé.

# Système de production électrique réunionnais

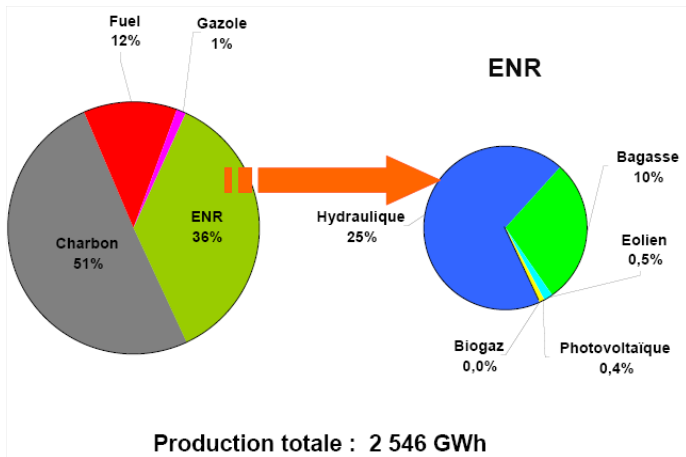


Fig.: Bilan énergétique 2008. Source : EDF

## Filières de production :

- Photovoltaïque : secteur fortement subventionné ;
- Biomasse : contexte politique fort ;
- Hydraulique ;
- Eolien ;
- Géothermie ;
- Energie des mers ;
- Charbon ;
- Fioul léger ;
- Fioul lourd ;
- Maîtrise de la demande.

# Résultats escomptés

- 1 Développer un outil prospectif adapté au secteur de production de la Réunion :
  - spécificités techniques de l'île
  - offre technico-économique des moyens de production
- 2 Alimenter cet outil par des scénarios tenant compte des spécificités économiques et sociologiques.

# Conclusion

- Du point de vue technique, étude de la fiabilité des systèmes électriques :
  - Projet innovant et complexe ;
  - Problématique essentielle pour valider l'offre technologique issue de l'outil prospectif ;
  - Résultats quantitatifs venant modifier les critères de choix de l'outil prospectif.
- Etude de la Réunion avec le projet VAETII :
  - Projet pluridisciplinaire permettant le dialogue entre trois disciplines impliquées dans les stratégies énergétiques ;
  - Proposition de scénarios énergétiques plausibles.