

Les EnR (III) : Les énergies de la terre

Géothermie

Rudologie

Biomasse

Géothermie

Généralités

Guadeloupe

Possibilités réunionnaises

Définitions

- **Géothermie**
- Trois types :
 - Peu profonde
 - Profonde
 - Très profonde

Centrale géothermique de Nesjavellir (Islande, 120 MWe)

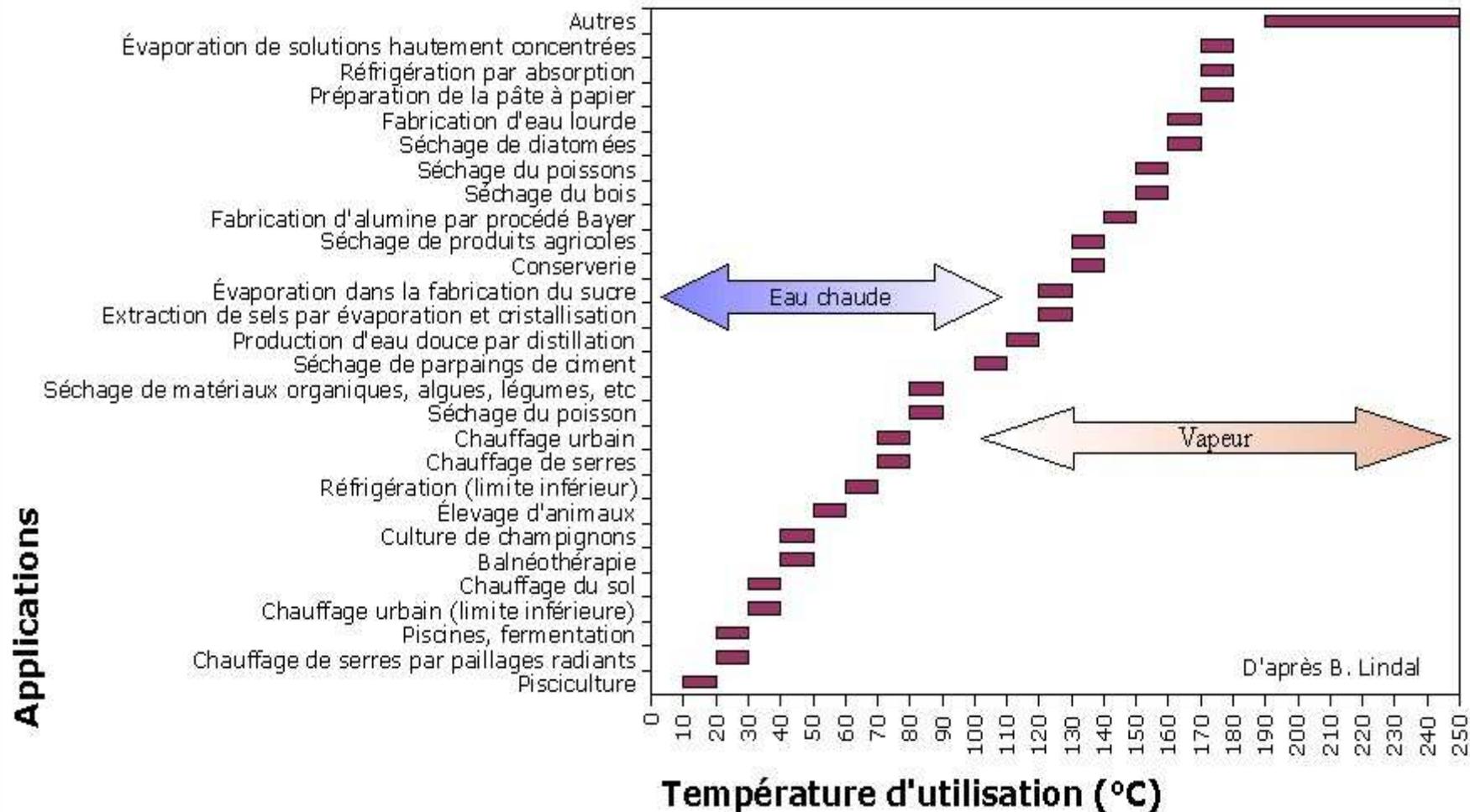


Centrale géothermique de Palinpinon (Philippines)



Applications de la géothermie

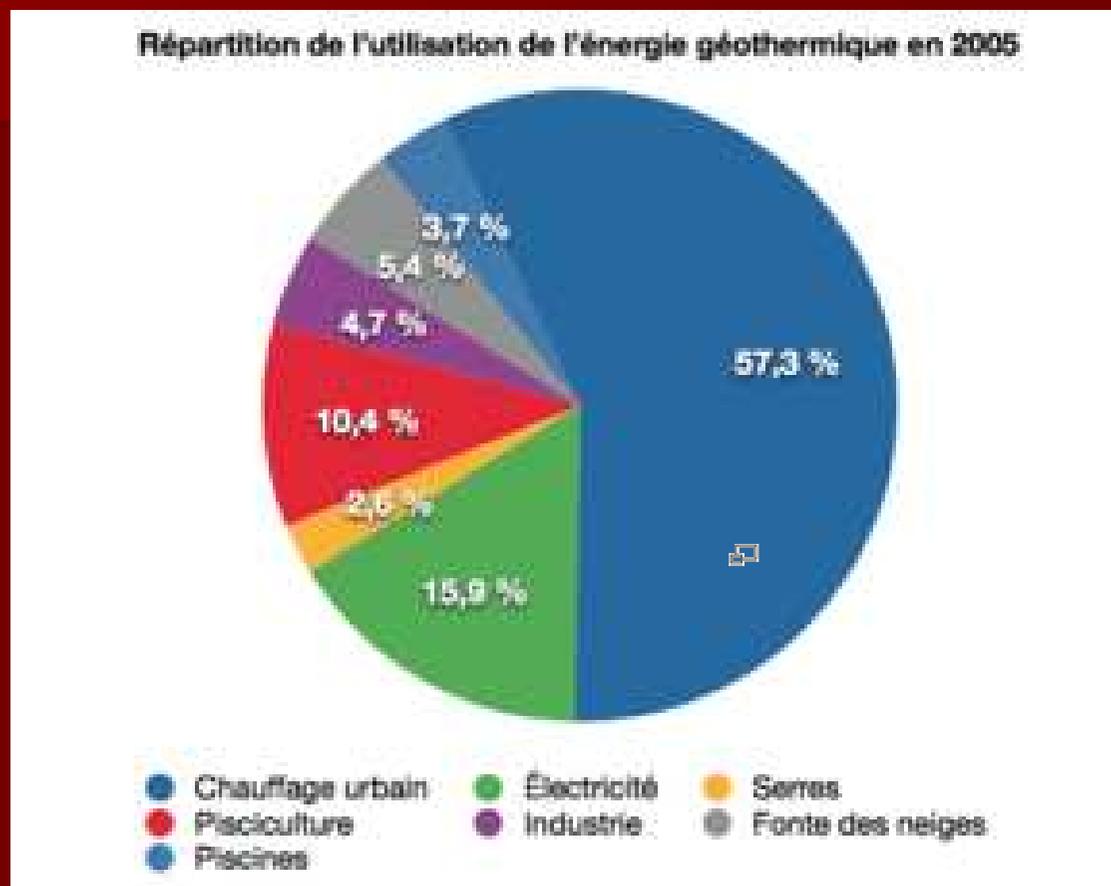
Géothermie - Applications industrielles



Capacité géothermique installée dans le Monde en août 2003

Région du Monde	MWe
Asie	3220
Amérique du Nord	2971
Union Européenne	883
Océanie	441
Amérique centrale et du sud	416
Autres pays d'Europe	297
Afrique	128
Total mondial	8536

Les pays exploitants : Islande



66 % de l'énergie primaire (15 % hydroélectricité, 19 % fossile), 89 % du chauffage

Les producteurs

- Etats-Unis : The Geysers, 2000 MWe en Californie, à 145 km au Nord de San Francisco ; 21 centrales, 350 puits. Au sud de la Californie, 15 centrales pour 570 MWe.
- 28 % de l'électricité générée aux Philippines est d'origine géothermique.
- Le troisième producteur mondial est l'Indonésie.
- En 2017, 576 MWe au Kenya, dans la Rift Valley, soit 25 % de l'électricité du pays (168 MWe actuellement)



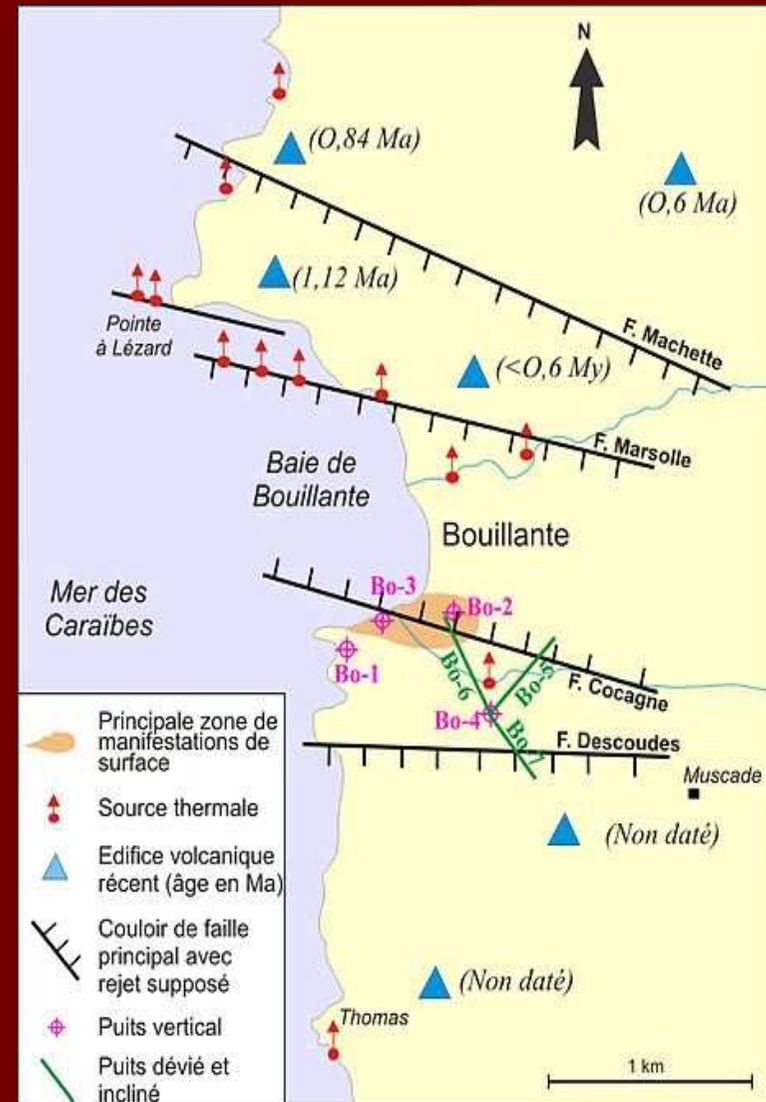
Politiques publiques

- Islande et Philippines
- France, où la priorité a été donnée au nucléaire
 - *Géochaleur*
 - Ainsi que l'IMRG
 - Obligation d'économie d'énergie pourrait redonner un intérêt à la Géothermie, considérée rentable par la Commission Énergie.
 - Pour augmenter leur part d'énergie renouvelable dans leur bouquet énergétique, de grandes collectivités se ré-intéressent à la géothermie, dont l'Île-de-France.

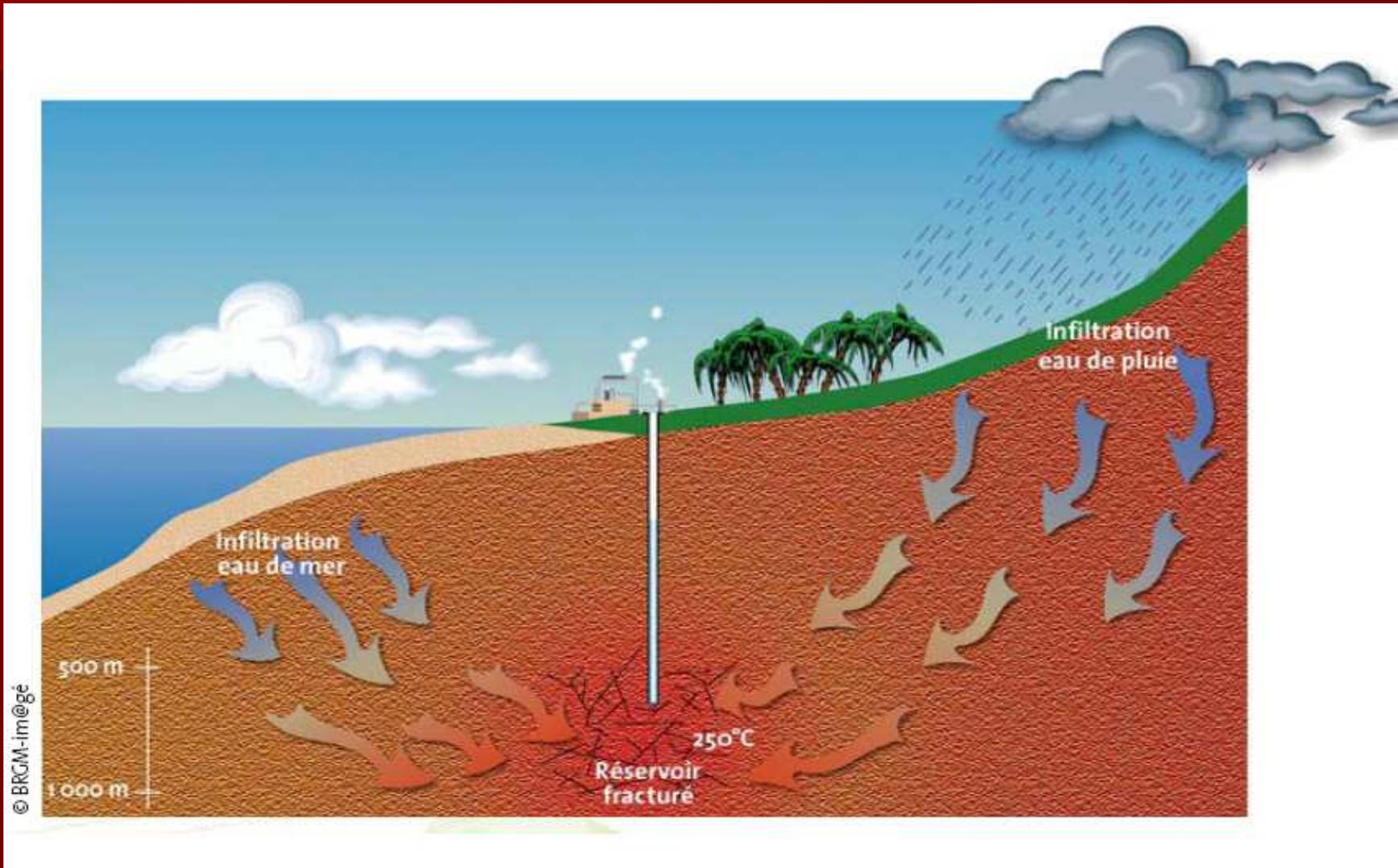
Centrale géothermique de Bouillante (Guadeloupe)

- Début en 1960 sous l'égide du BRGM.
- Unité de production de 5 MW décidée en 1984 : Bouillante 1.
- Mise en service en 1986 par EDF, arrêt en 1993
- Reprise par le groupe BRGM en 1995.
- En 2000, forages exploratoires.
- Mise en service début 2005

Zone géographique de Bouillante



Champ géothermique de Bouillante



Etapes du processus

Du fluide géothermal à la production d'électricité

Les étapes du processus



1 L'origine des fluides
L'eau de mer et l'eau de pluie s'infiltrent dans le sous-sol par des fissures et des failles affectant les roches autour de Bouillante.

2 Le réservoir géothermal
En profondeur, ces fluides circulent dans les fractures, se mélangent et se réchauffent au contact des roches chaudes (250 à 260 °C de température).

3 La plate-forme de forage
Cette eau chaude est prélevée grâce à des forages et se vaporise partiellement lors de sa remontée vers la surface.

4 Le séparateur
Le mélange eau et vapeur est transporté dans une conduite jusqu'au ballon séparateur où les deux phases se séparent par gravité. Puis deux conduites transportent séparément l'eau et la vapeur jusqu'à la centrale.

5 Le groupe turbo-alternateur
La vapeur est dirigée vers la turbine qui entraîne l'alternateur qui produit de l'électricité.

6 Le condenseur barométrique
Après passage dans la turbine, la vapeur est envoyée dans le condenseur barométrique où elle est refroidie et condensée par mélange avec l'eau de mer. Elle est ensuite acheminée jusqu'à la mer avec l'eau issue du ballon séparateur.

7 La station de pompage
Elle fournit à la centrale l'eau de mer de refroidissement nécessaire au condenseur.

8 Le réseau électrique
L'électricité produite par la centrale est délivrée sur le réseau électrique EDF.

Contribution de Bouillante 1 et 2 à l'électricité guadeloupéenne

- $4 + 11 = 15$ MWe
- 2007 : 95 GWh = 8 % de l'électricité
- 2008 : 89.3 GWh = 7 %
- 6 000 heures par an.
- 20 000 foyers desservis

2 clips sur l'énergie de la terre

Le premier général

Le deuxième sur Bouillante

Projet Bouillante 3

- Permettrait l'exploitation des potentialités offertes par l'extension du réservoir en bordure nord de la Baie de Bouillante, estimées à plusieurs dizaines de MWe.
- Une prochaine phase de forages d'exploration est en préparation et devrait confirmer ce potentiel.

Géothermie à La Réunion

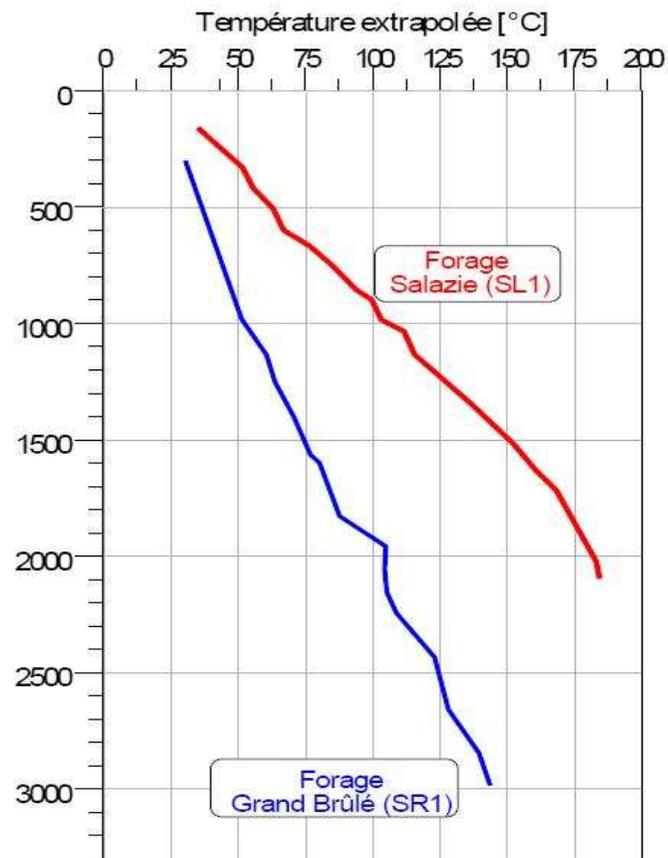
- Lancé en 1978 par le Bureau de Recherches Géologiques et Minières

Méthodes d'exploration de surface

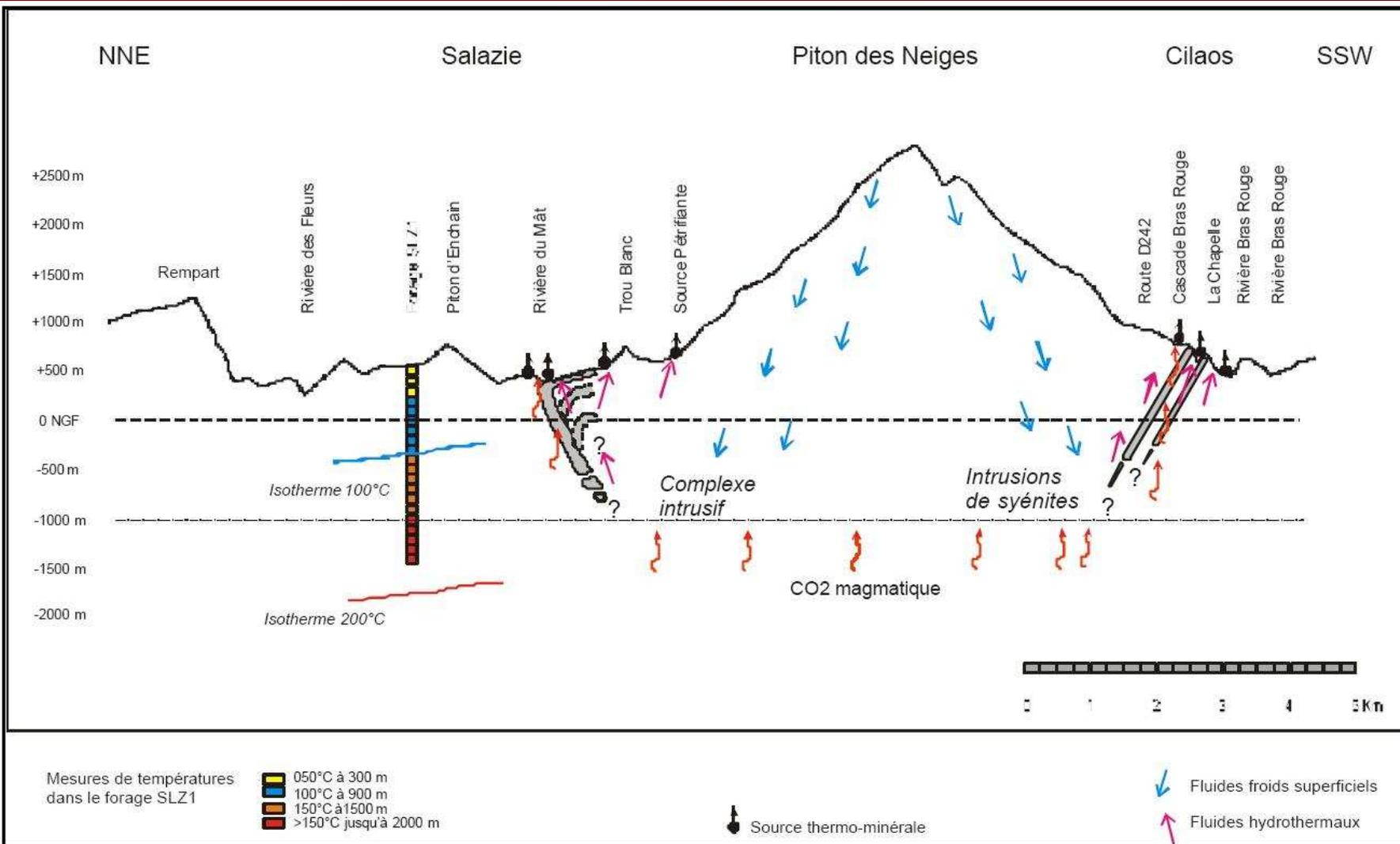
- la Gravimétrie
- la Magnétotellurie (MT)
- la Polarisation Spontanée (PS)
- l'Analyse chimique des eaux et des gaz

Exemples de profil de température par gravimétrie

LA REUNION : Temperature profiles in geothermal wells SLZ1 (Salazie) and SR1 (Grand Brûlé)

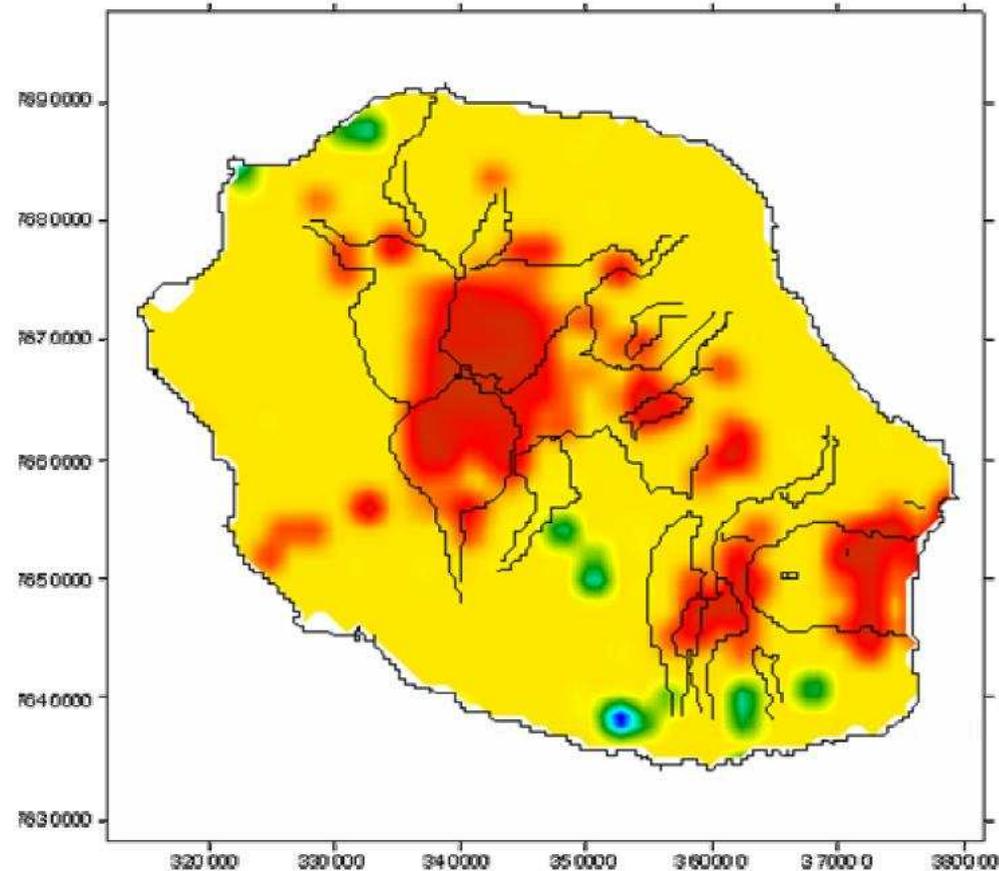


Géothermie du Piton des Neiges



Chaleur 974

(non ce n'est pas un pseudo de Radio la di la fé)



Après traitement et recoupement des relevés sur le terrain, on obtient ce type de représentation graphique. Les zones en rouge symbolisent les sous-sols composés de roches lourdes, ce qui indique la présence de lave refroidie ou « corps intrusifs », et donc d'une source de chaleur.

Plaine des Sables : site du forage d'exploration



Projet de la Plaine des Sables

- Budget
- Ressource
- 50 % de chances de réussite.
- Le 26 mars 2010, abandon définitif
- Alternative de Salazie

Projet de Salazie

- Forage
- Technique : Hot Dry Rock
- Soultz-sous-forêts
- Les mesures PS annulées
- Site du Piton des Neiges/Salazie pas définitivement abandonné.

La rudologie

Ou gestion des déchets

Définition

- La **gestion des déchets** ou **rudologie**
- On ne s'intéressera aujourd'hui qu'à la valorisation énergétique

Gestion des déchets

- Règle des 3 R
- Un quatrième R? Re-penser
- Valorisation énergétique des déchets

Enfouissement

- Composition d'une décharge
- Surveillance 30 ans
- Devenir du méthane (ou biogaz)

Décharge près de Perth



Incinération

- Controverses
- Résultats
- L'incinération est une technique obsolète

Incinérateur à Saint-Ouen



Recyclage

- Pas de valorisation énergétique sauf si organique -> biogaz
- Deux conséquences écologiques majeures
- Impacts industriels
- Impacts environnementaux

Pneus transformés en fauteuils en Thaïlande



Compostage et fermentation

- Deux principes
- TMB

Réservoir d'ensilage de maïs (en vert le réservoir de biogaz)



Risques et limites du TMB

- Outil de stabilisation des ordures ménagères
- Leurre comme moyen efficace de produire du compost
- Pourtant en plein développement en France
- La nouvelle solution « écologique » pour traiter les déchets?
- 7 % des « composts » répondent à la norme
- Si norme NFU 44051 renforcée, TMB impossible
- Déchets secs incinérés => surcoûts pour la collectivité
- 1 t de déchets/TMB = 80 à 135 euros (hors Taxe Générale sur les Activités Polluantes)
- **Pas de garantie sur les métaux lourds**
- **Pas un outil pertinent pour développer la valorisation**

Compost de déchets d'étable



Pyrolyse et gazéification

- Pyrolyse
- Gazéification

Centrale de Güssing (Burgenland, frontière austro-hongroise)

Convertit les copeaux de
bois en syngaz pour les
besoins de
l'agglomération



Biomasse

Et ses capacités énergétiques

Définitions

- Ensemble des matières ...
- Sources de biomasse
- Biocarburants
- EnR tant que pas de surexploitation de la ressource

Répartition

- La biomasse = première EnR en France
- USA, Allemagne, Brésil

Unité de valorisation énergétique de la biomasse en Allemagne



Valorisation de la biomasse

- Sous forme de chaleur : les bioénergies
- Par conversion biologique : biogaz
- Sous forme de carburant : les biocarburants

Conversion thermochimique : Bois énergie

- Pour le chauffage (53% : Afrique 90%, Asie 77%, AmSud 53%, Europe 21%, AmNord 8%) ou l'électricité
- Menaces:
 - Coûts et impacts du transport
 - Déforestation et surexploitation
 - Pollution atmosphérique
- Une alternative: la torréfaction de la biomasse (Biocoal, Biochar): double la puissance de combustion de 10 à 20 GJ/m³
- Réduction des risques:
 - Reboisements
 - Herbes à éléphant (10 kWh/m²/an).



Briquettes de paille

Conversion biologique : Biogaz (méthanisation)

- Phénomène naturel : marais.
- Mélange
- CH₄
- Avantages

Utilisations et efficacité du biogaz

■ Utilisations

- Combustion pour électricité et cogénération avec chaleur
- Chauffage et CO₂ pour serres
- Carburants pour véhicules GNV
- Méthanation pour former de l'H₂ renouvelable

■ Efficacité (Allemagne)

- Cogénération + efficace ⇔ 5000 l fuel/ha/an
- Cogénération = rendement 70%
- Injection dans le réseau = rendement 90%
- **Fontainebleau, Mali, Inde...**

Digesteurs ovoïdes à Dinslaken (Allemagne, Nord de la Ruhr)



Biogasmax : l'énergie des déchets pour un transport urbain environnemental

- Projet européen sur 4 ans à fonction d'éclaireur
- Lille, Stockholm, Göteborg, Berne, Rome, Torun et Zielona Gora (Pologne)
- Université de Stuttgart
- Mise en commun des expériences
- www.biogasmax.eu

Le Biogaz à La Réunion

- Méconnu, collaboration avec l'agriculture
- CET de Sainte-Suzanne et de Rivière Saint-Etienne : petites installations
- En 2008, seulement 2 MW de puissance avec la centrale de Pierrefond = 0,72 GWh électriques
- Crête d'Or : projet de méthanisation pour mettre en valeur leurs déchets et résidus de production
- Rendement thermique > rendement électrique
- Valorisation dans la cogénération (chaleur 2/3 et électricité 1/3) le plus probable

Usine du Gol : cogénération bagasse/charbon



Biocarburants

- 1 définition
- 2 filières
- 3 générations

Filières de première génération

- Filière huile
- Filière alcool
- Filière gaz
- Autres filières

Canne à sucre : pour produire des agrocarburants



Filières de seconde génération

- Filière ligno-cellulosique biocombustible
- Utilisation des termites
- Fermentation des sucres
- Ulve
- Jatropha Curcas
- ...
- Ce sont les biocarburants de l'aviation : émet 75% de CO₂ de moins que le kérosène

Utilisation des bactéries des termites pour la production d'éthanol



Filières de troisième génération

- Algocarburants
- Couplage avec source de CO₂
- Très bons rendements, mais...

Quelques chiffres

- Diester en 2005 : 4 Mt (Allemagne 45%)
- Bioéthanol 2005 : 36 Mt (37% Amsud, 36% AmNord)
- Consommation pétrole 2005 pour transports (60% de la consommation totale) : 2000 Mt
- 2008, France : biocarburants = 5,71% de l'ensemble des carburants
- 2008, Europe : agrocarburants consommés = 10 Mtep

Intérêt géostratégique

- Source de carburant
- Débouché agricole

Bilan environnemental

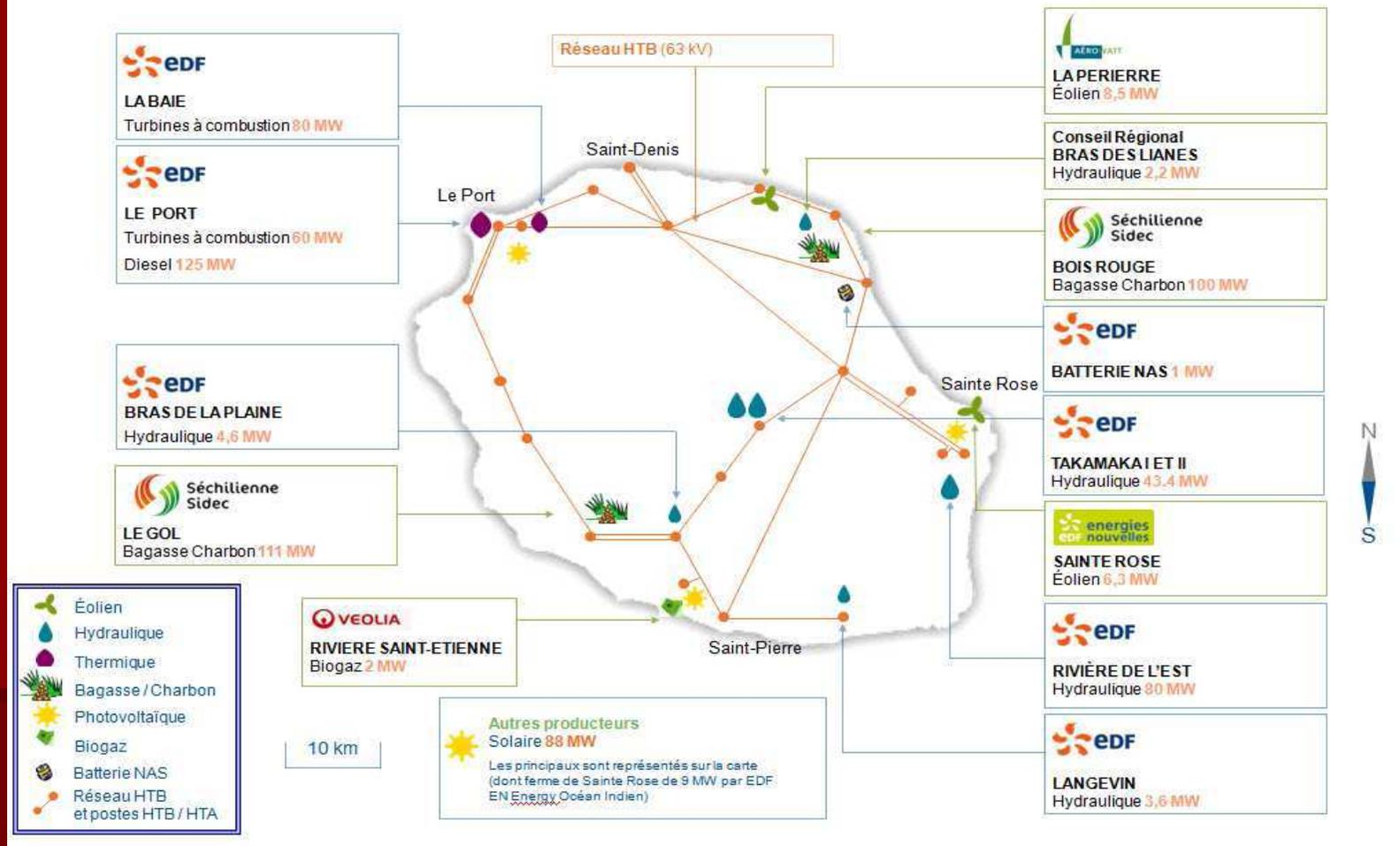
■ Trois aspects

- Économies de carburants fossiles et réduction des GES
- Impacts sur la biodiversité
- Pollution des biocarburants variable selon les types de carburants

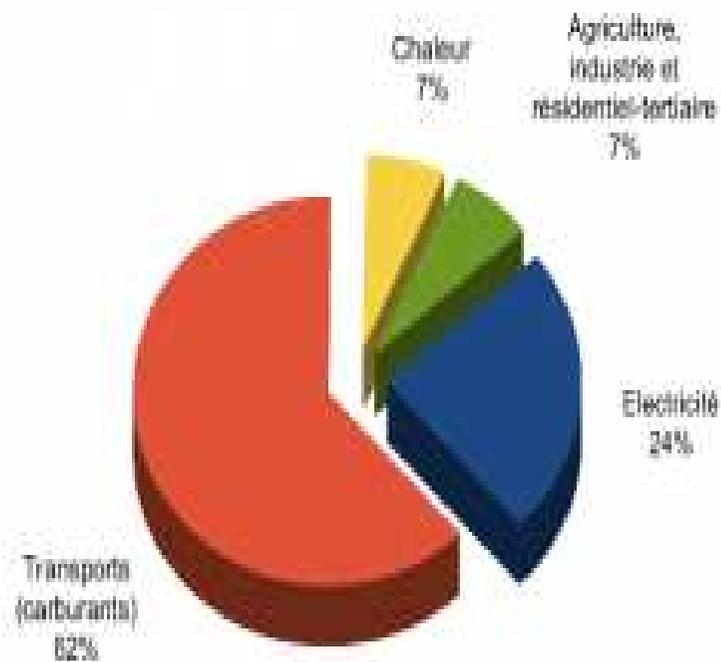
Alors que faire de
toutes ces formes
d'énergie à La
Réunion?

Systeme électrique réunionnais

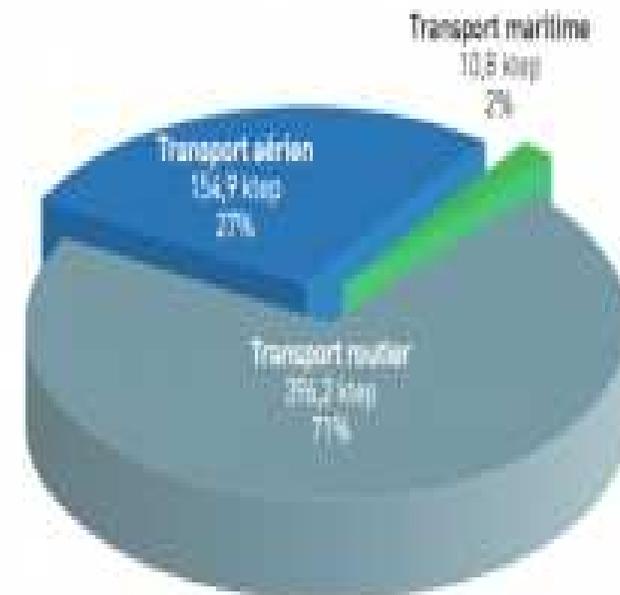
Schéma du système électrique réunionnais



Répartition des consommations d'énergie finale en 2008



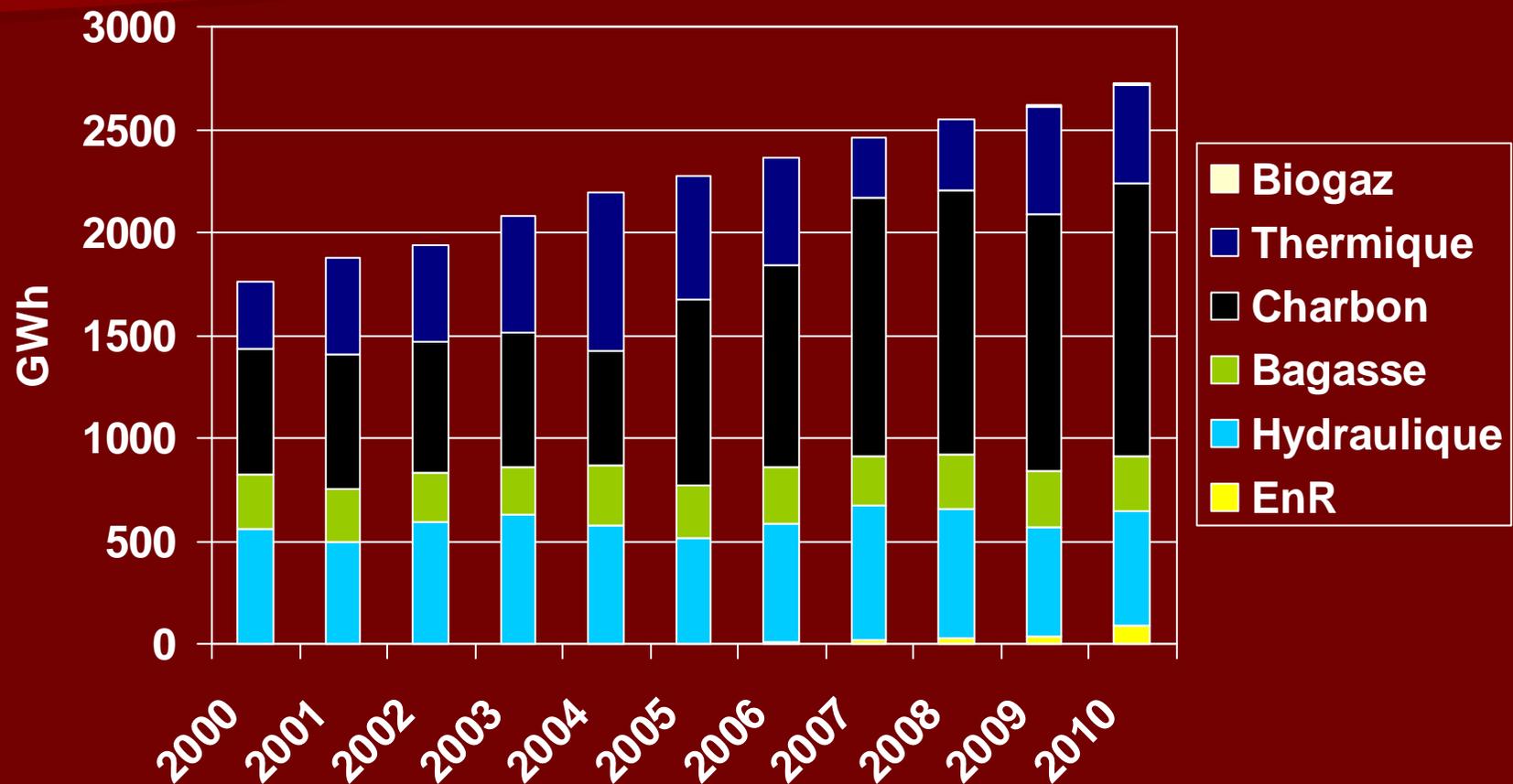
Répartition de la consommation totale d'énergie finale à la Réunion en 2008



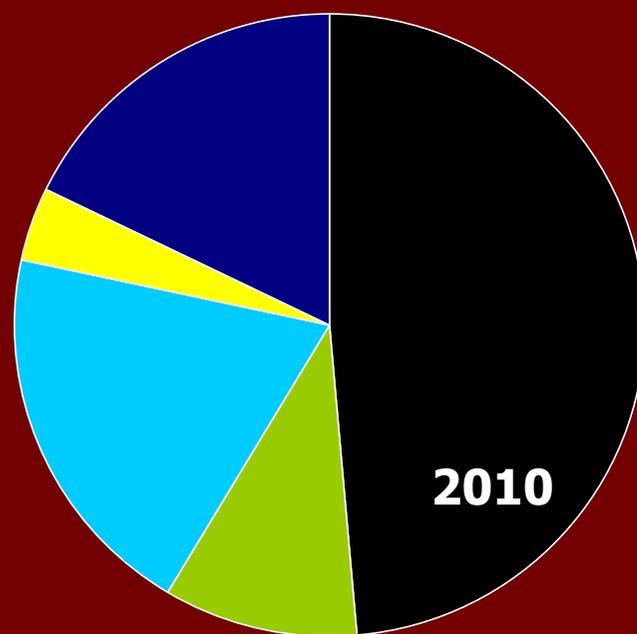
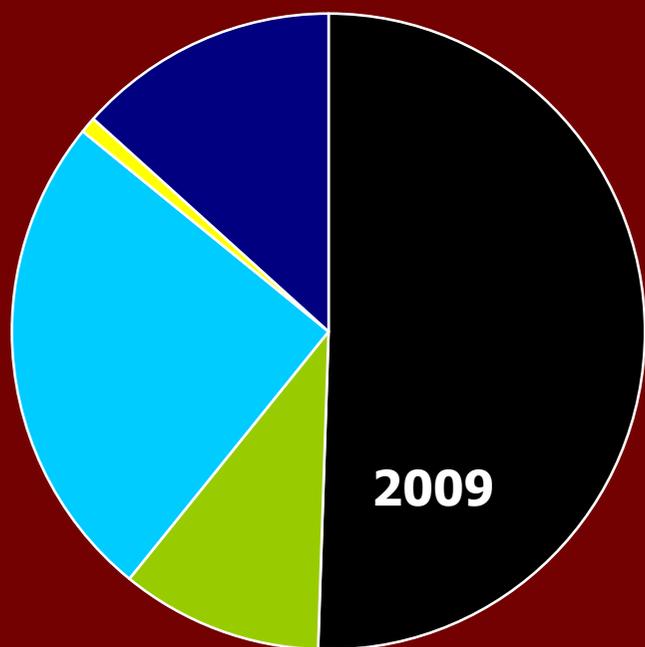
Source : DIH - Aurur - DER

Consommation énergétique des transports

Consommation électrique à La Réunion

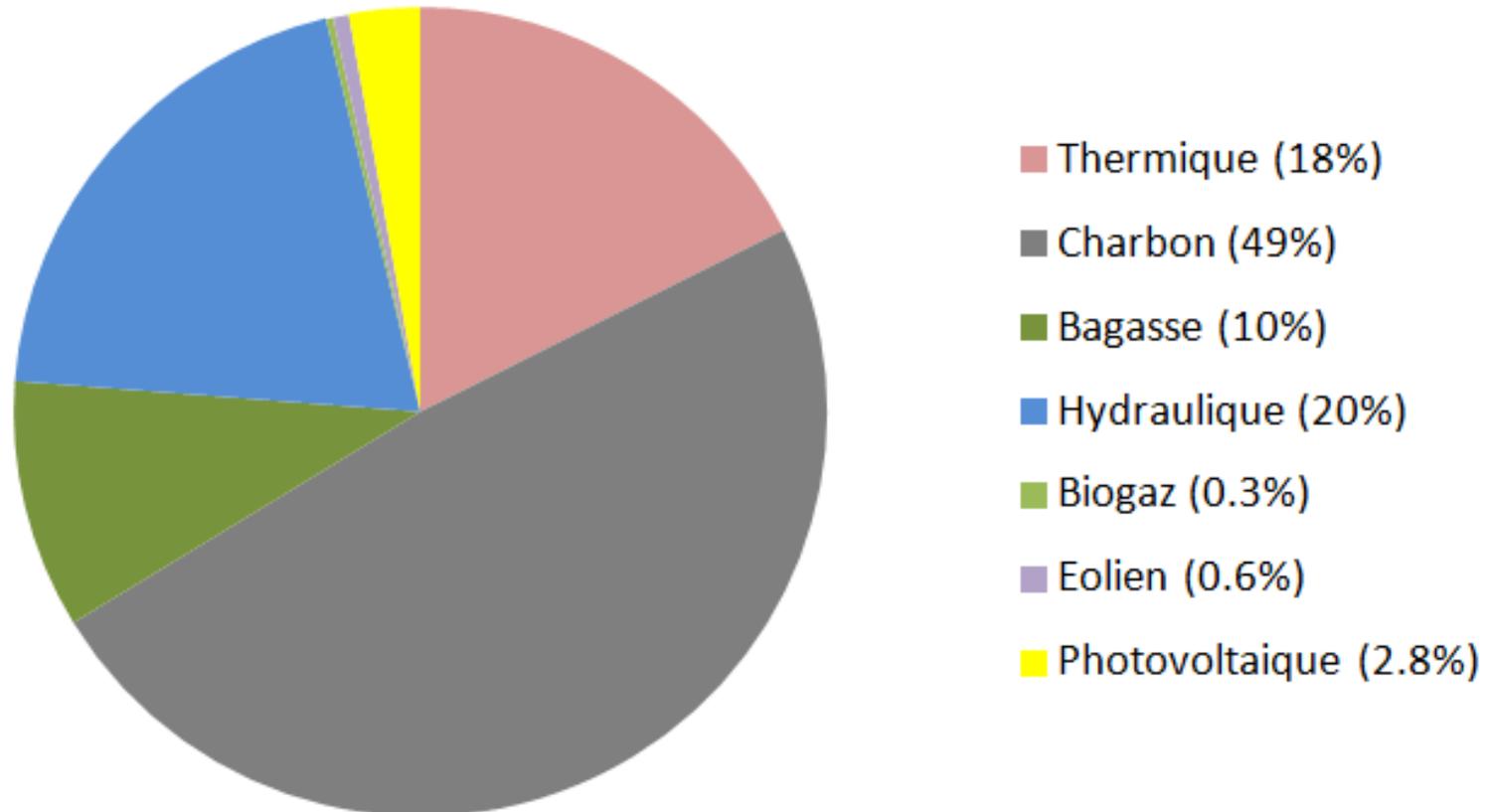


Sources d'énergie électrique à La Réunion



Mix énergétique réunionnais 2010

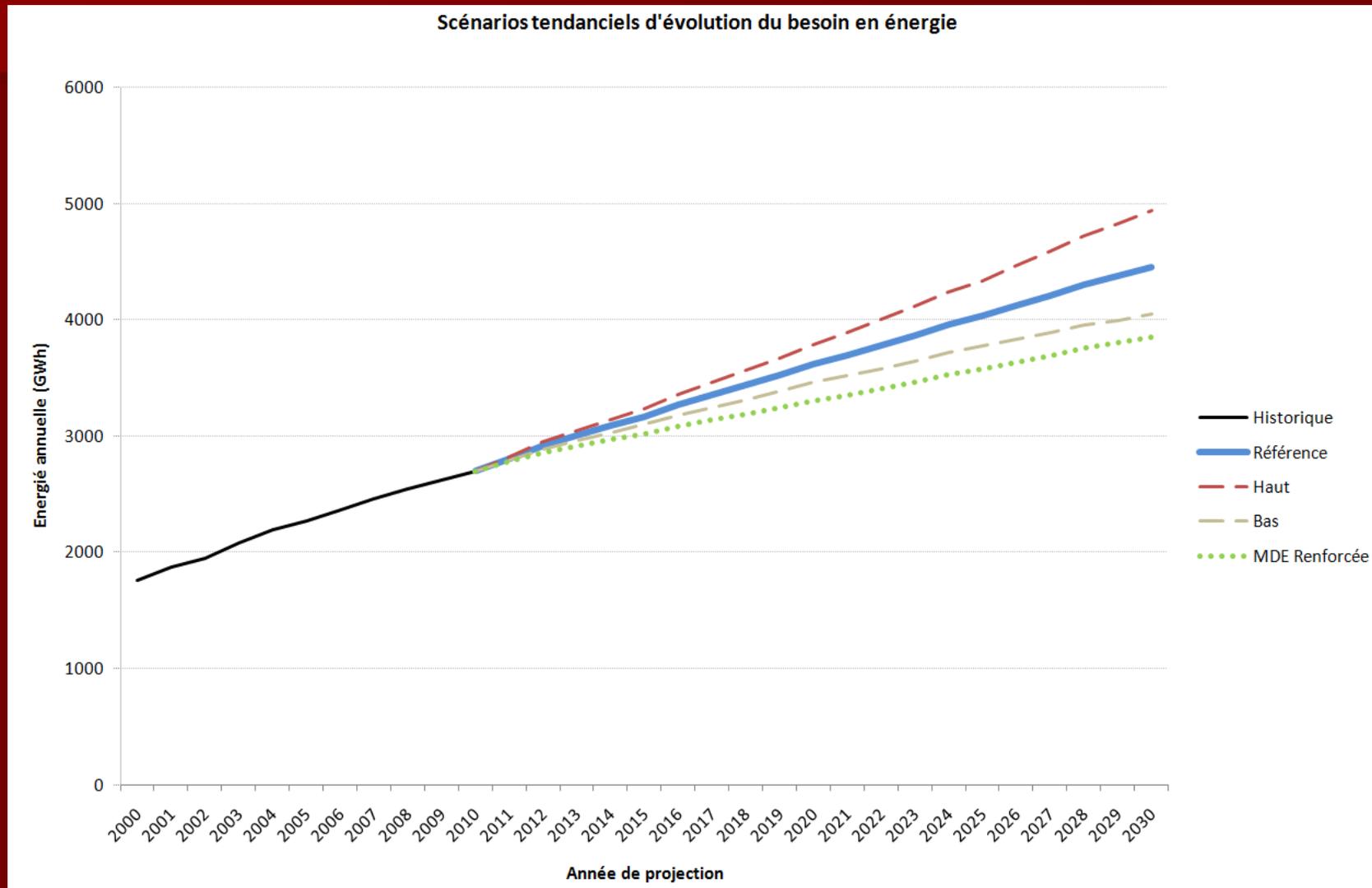
Mix énergétique Réunion 2010



Puissance électrique en 2010 (EDF)

- Éolien (La Périerre, Ste-Rose) : $8.5 + 6.3 = 14.8$ MW
- PV (diffus) : 88 MW (130 MW en service fin 2011)
- Hydraulique (5 sites) : 135 MW = 553 GWh
- Bagasse/Charbon (Le Gol) : 111.5 MW
- Bagasse/Charbon (Bois Rouge) : 100 MW
- Biogaz (Rivière St-Etienne) : 2 MW
- Diesel (Le Port) : 125 MW. Nouvelle centrale de 210 MW mise en service en 2012 (Le Port Est).
- TAC (Le Port, La Baie) : 140 MW. Les 3 turbines du Port (60 MW) non dénitrifiées ne peuvent dépasser 500 h de fonctionnement annuel.
- Pour un total de 716.3 MW installés, dont 476,5 en énergie thermique, et une consommation de 2699 GWh

Différents scénarii selon EDF



Scenario Grenelle (EDF)

- Efficacité énergétique
 - Pour passer en-dessous des 2% de croissance de consommation annuelle
- EnR garanties
 - Hydraulique
 - Biomasse
 - Géothermie
- Complété par éolien et PV
- Ultérieurement
 - ETM
 - Énergie houlomotrice

Bouquet énergétique réunionnais

Type EnR	carburant	chaleur	électricité
Photovoltaïque	NON	NON	OUI
Éolien	NON	NON	OUI
Hydro-éolien	NON	NON	OUI
Solaire thermique	NON	OUI	OUI
Géothermie	NON	OUI	OUI
Énergies marines	NON	OUI	OUI
Biogaz	OUI	OUI	OUI
Biomasse	OUI	OUI	OUI

Place à la discussion!

- Doit-on suivre les recommandations EDF?
- Comment se débarrasser de l'énergie fossile?
- Où placer les différents centrales?
- À quel terme opérationnelles?
- Que faire en attendant (fuel, gaz, charbon)?
- Maîtrise de l'énergie (MDE)