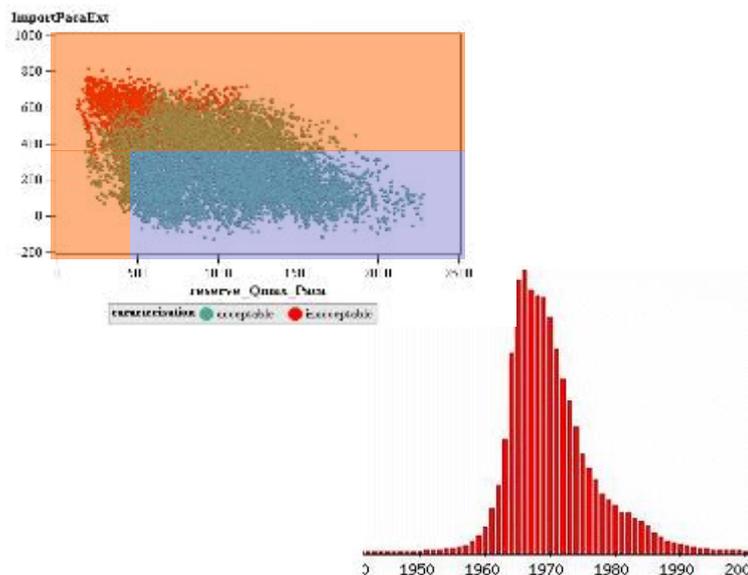


Rencontre et échanges RTE – Centrale LILLE
22 Novembre 2016 / 15h45 – 17h30

Statistiques – Datamining – Bigdata
Un aperçu des enjeux, des métiers,
des projets à RTE



Version du : 15/11/2016

Samir ISSAD – RTE – R&D-I samir.issad@rte-france.com
Florent CATTANEO – RTE – SEDRE - florent.cattaneo@rte-france.com
Olivier BRAULT – RTE – SEDRE - olivier-o.brault@rte-france.com

SOMMAIRE

- 1) INTRODUCTION **[10 min]**
 - *Film de 4min*
 - *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
 - *Les métiers de RTE – aperçu R&D et SEDRE*
 - *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

- 2) Enjeux Industriels pour RTE **[10min]**
 - *L'évolution du mix énergétique de production*
 - *L'évolution des modes de consommation*
 - *Ouverture des marchés, interconnexions*
 - *Nouvelles technologies*

- 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data **[10min]**
 - *Le monde de la prévision*
 - *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
 - *Le monde de la gestion des actifs*
 - *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

- 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir **[10 min]**
 - *Le renouvelable: IPES*
 - *La gestion des actifs – Smartlab*

- 5) Idées de sujets à mener sous forme de projets ou stage **[20 min]**

➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

En quelques chiffres :

- Du 400 000 au 63 000 volts
- 100 000 km de lignes dont ¼ en 400 kV
- 2600 postes de transformation
- 46 interconnexions avec 6 pays frontaliers
- Les infrastructures durent au moins 50 ans : en 2020 la majeure partie du réseau sera le même qu'aujourd'hui

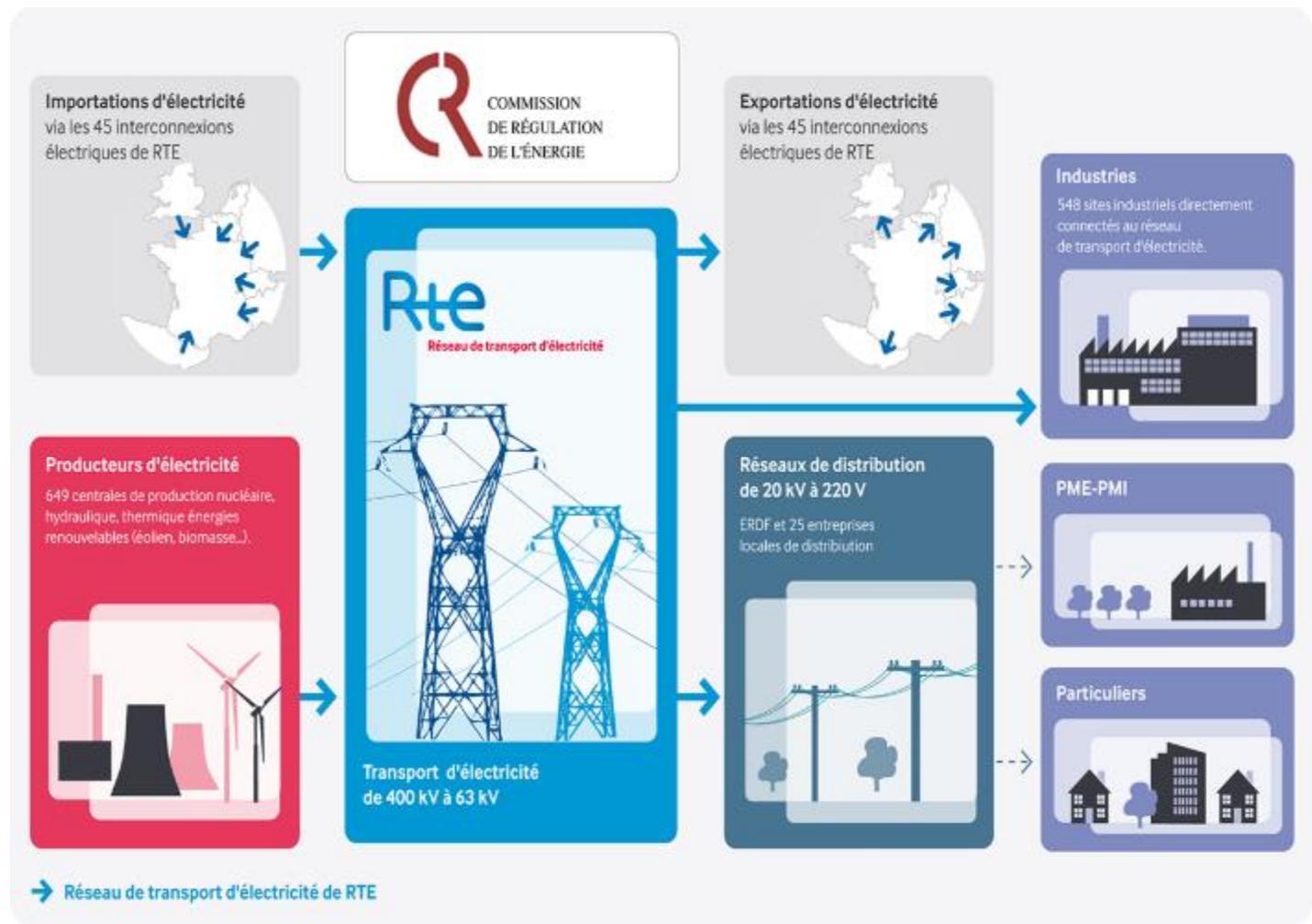
Son organisation:

- Environ 8500 employés
- 1 centre de conduite national (CNES)
- 1 centre d'expertise/d'ingénierie national (CNER)
- 7 régions « électriques » sur tout le territoire Français avec des missions délégués de conduite, d'exploitation, de maintenance, de développement du réseau et de relation clientèles.



➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*



➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

Métiers associés aux missions de RTE :

Gérer les infrastructures du réseau

- *Entretien, renforcer et développer le réseau*, en fonction de la demande et au coût le plus juste pour la collectivité

Gérer les flux d'électricité sur le réseau

- *Veiller à tout instant l'équilibre des flux d'électricité sur le réseau*, ainsi que la sécurité, la sûreté et l'efficacité de ce réseau, en tenant compte des contraintes techniques.
- *Veiller au respect de l'utilisation des interconnexions* avec les autres pays Européens

Contribuer au bon fonctionnement du marché

- *Garantir* à tous les utilisateurs du réseau électrique *un accès transparent et non discriminatoire*
- *Favoriser la fluidité des échanges et développer les capacités d'interconnexions* en collaboration avec les autres Gestionnaires de Réseaux Européens

Contribuer au développement durable

- *Informier et sensibiliser l'ensemble des acteurs*, y compris les consommateurs, pour encourager les comportements responsables
- *Insérer la production d'électricité sur le réseau à partir d'énergie renouvelable* et limiter, quand cela est possible, le recours aux productions fortement émettrices de GES

➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

Une R&D Innovation au service des missions de RTE
Optimiser/adapter l'existant et préparer l'avenir

Direction R&D-I

~ **135 personnes + Etudiants Thésards & master, apprentis**

2 grands aspects : Expertise Système & Expertise Materials/Infrastructure

Appui, expertise et développement d'outils et de méthodes pour les métiers de l'entreprise

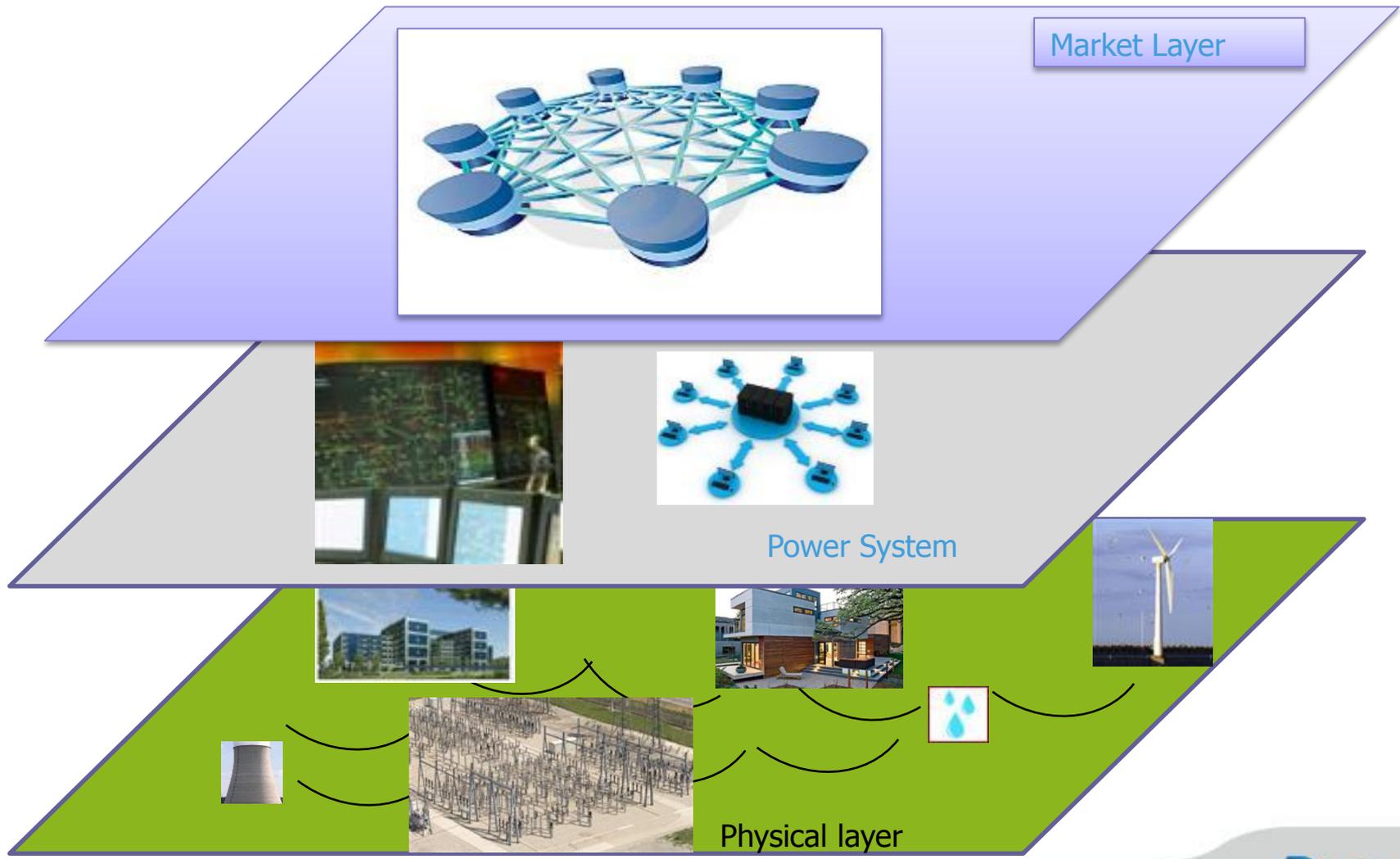
Service des Etudes de Développement du Réseau Electrique

~ **45 personnes. Basé à Lille mais service national.**

Une mission: Concevoir le réseau électrique de demain et éclairer nos décideurs

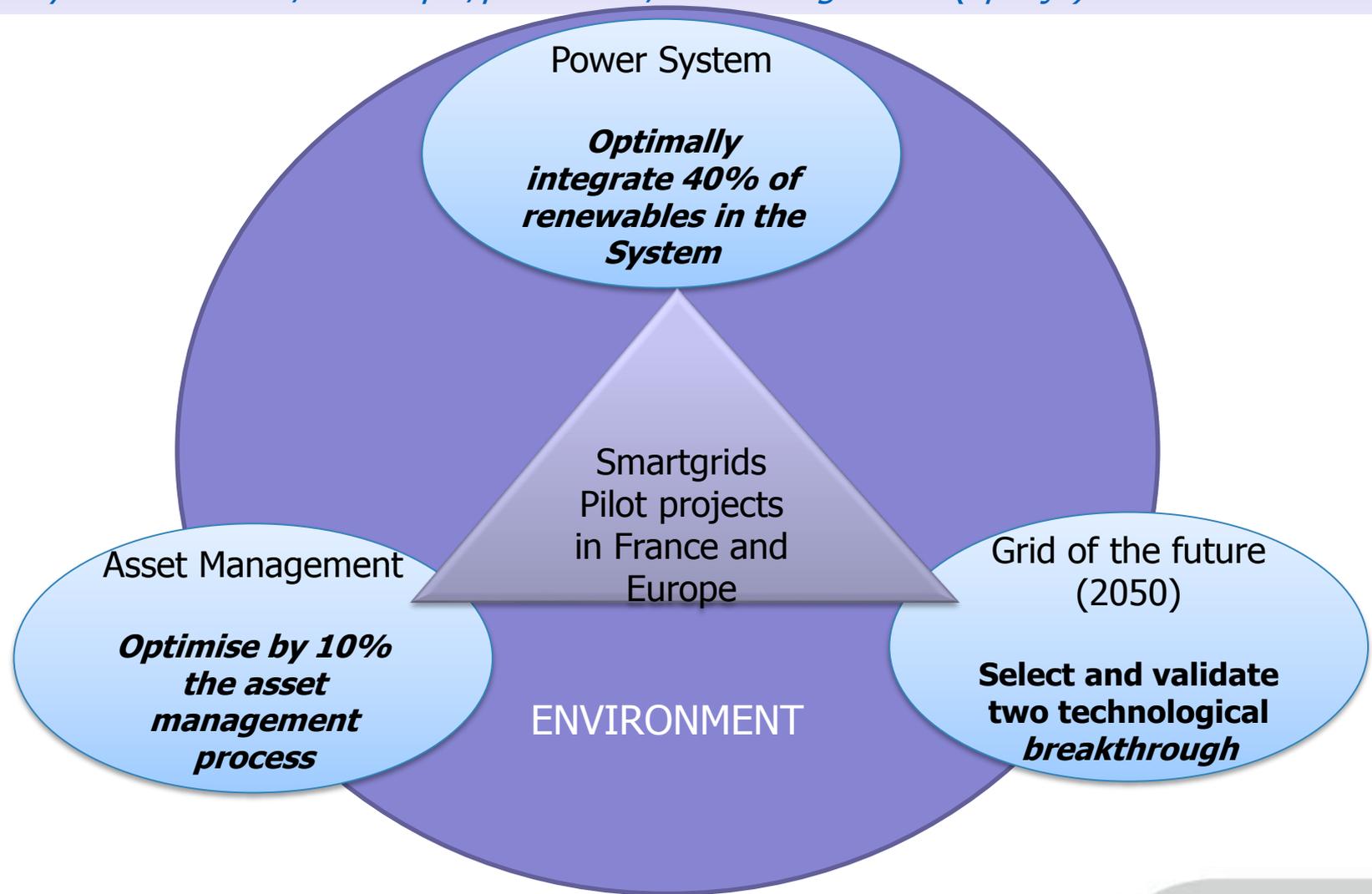
➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*



➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*



➤ 1) INTRODUCTION

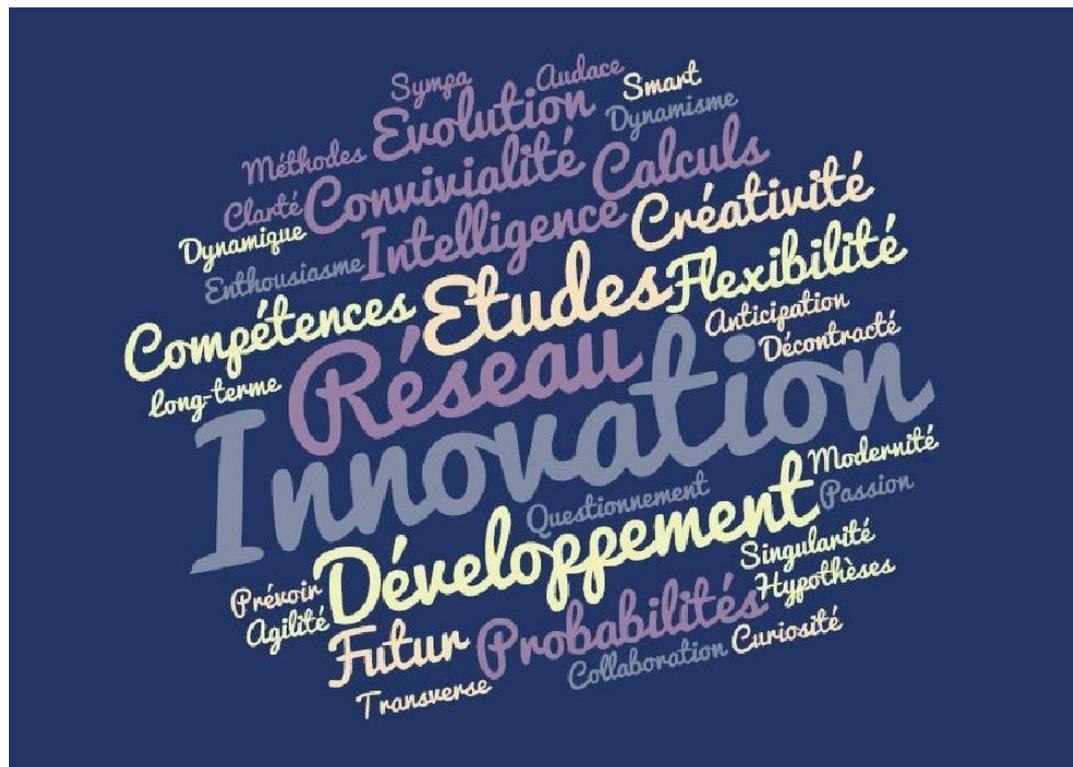
- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*



➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

SEDRE – Vu du reste de RTE



➤ 1) INTRODUCTION

- *Présentation générale RTE: Mission, organisation*
- *Les métiers du RTE – Aperçu R&D et SEDRE*
- *Analyse de données/statistique/probabilité/datamining à RTE (aperçu)*

RTE gère, produit et historise des flux importants de données:

- Exploitation: consommation, production, échanges, topologies, etc.
- Maintenance
- Patrimoniales
- Météo/Climat : température, humidité, nébulosité, vent, ensoleillement, foudre
- Environnementales
- Clients
- Marché
- Etc...

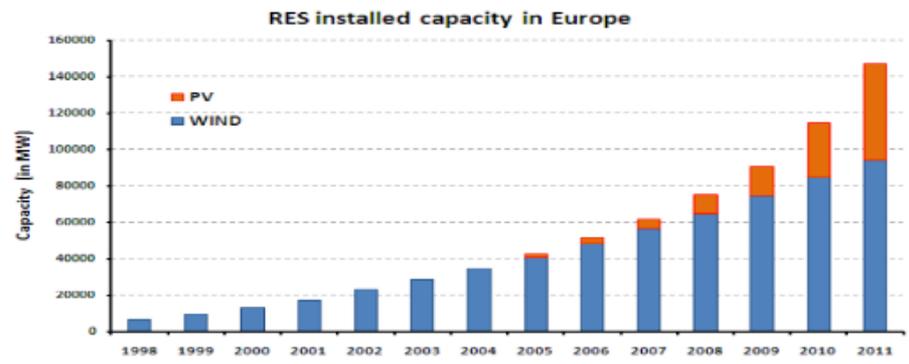
Les moyens IT de traitement et de fouille de données deviennent largement accessibles, les techniques d'analyses de données élaborées sont accessible via des outils opensources ou commerciaux.

Les opportunités de mieux exploiter la valeur de ses données constitue un champs d'investigation pour RTE.

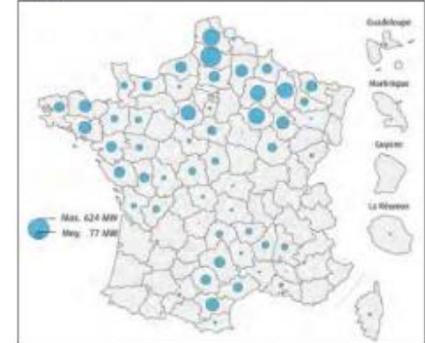
➤ 2) Enjeux Industriels pour RTE

- *L'évolution du mix énergétique de production*
- *L'évolution des modes de consommation*
- *Ouverture des marchés, interconnexions*
- *Nouvelles technologies*

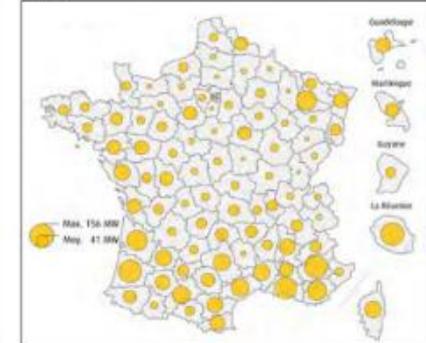
Transition énergétique



Puissance éolienne totale raccordée par département au 31 mars 2013
En MW



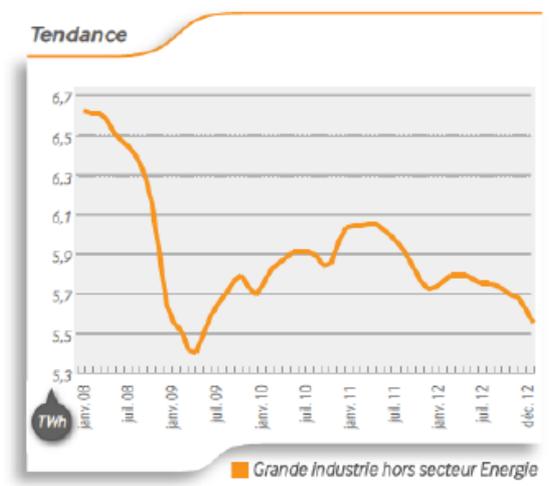
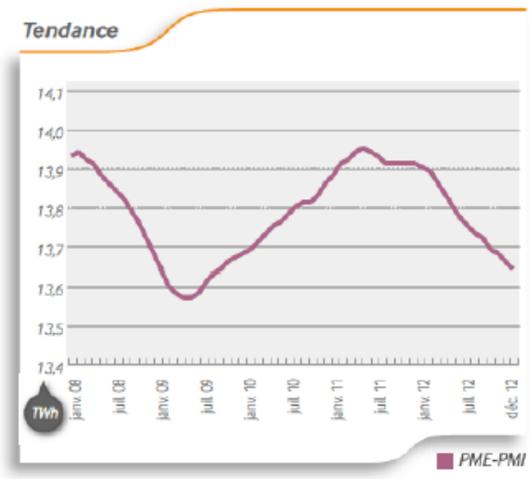
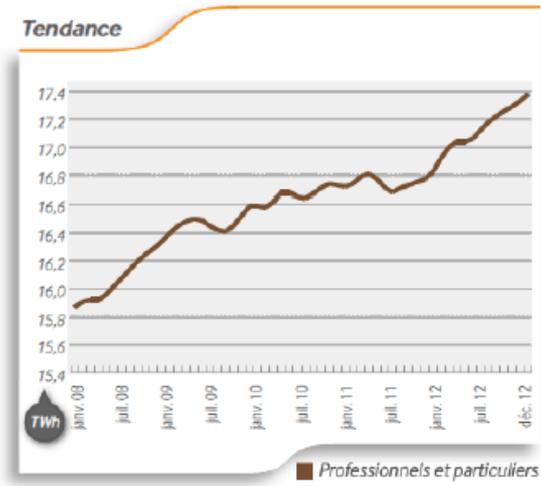
Puissance photovoltaïque totale raccordée par département au 31 mars 2013
En MW



Source : SOeS d'après ERDF, RTE, SEI et les principales ELD

➤ 2) Enjeux Industriels pour RTE

- *L'évolution du mix énergétique de production*
- *L'évolution des modes de consommation*
- *Ouverture des marchés, interconnexions*
- *Nouvelles technologies*



➤ 2) Enjeux Industriels pour RTE

- *L'évolution du mix énergétique de production*
- *L'évolution des modes de consommation*
- *Ouverture des marchés, interconnexions*
- *Nouvelles technologies*

L'Europe de l'électricité : une réalité et des échanges en développement

32 pays interconnectés

4 zones synchrones

Des interconnexions
et des échanges
en fort développement

RTE : 46 LIGNES
TRANSFRONTALIÈRES



Vision à 10 ans
ENTSO-E

BALANCE PAR PAYS

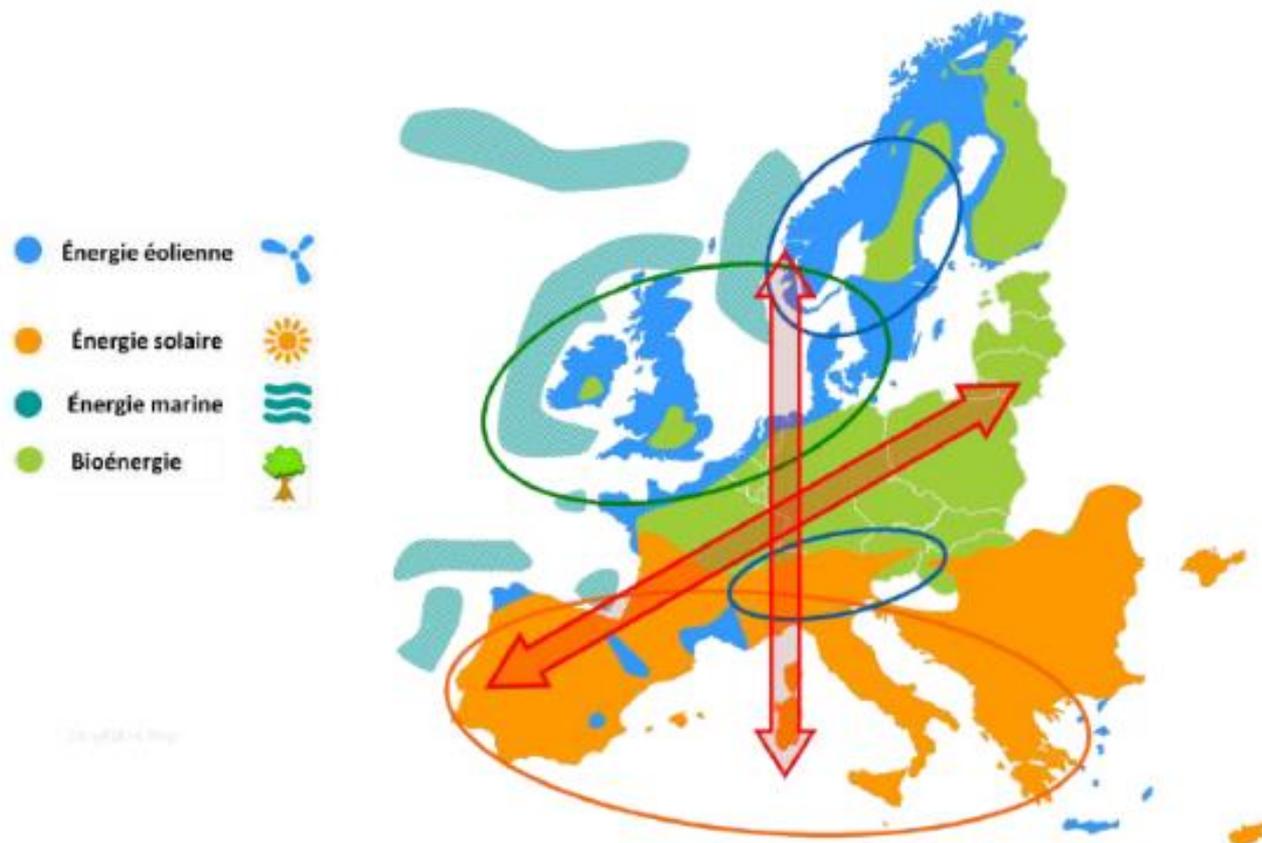
- Négative
- À l'équilibre
- Positive

ÉCHANGES

- ➔ < 1 Twh
- ➔ < 5 Twh
- ➔ < 10 Twh
- ➔ > 10 Twh

➤ 2) Enjeux Industriels pour RTE

- *L'évolution du mix énergétique de production*
- *L'évolution des modes de consommation*
- *Ouverture des marchés, interconnexions*
- *Nouvelles technologies*



Développement des énergies renouvelables en Europe (source DG Energie)

➤ 2) Enjeux Industriels pour RTE

- *L'évolution du mix énergétique de production*
- *L'évolution des modes de consommation*
- *Ouverture des marchés, interconnexions*
- *Nouvelles technologies*

- Le stockage

- Les « SMARTGRIDS »

- Lignes à courant continu

- Développement offshore

- Nouveaux capteurs (PMU, monitoring, etc.)

- Electronique de puissances – informatique – télécom => numérisation du réseau

- Compteurs Intelligents – contrôle active de la charge

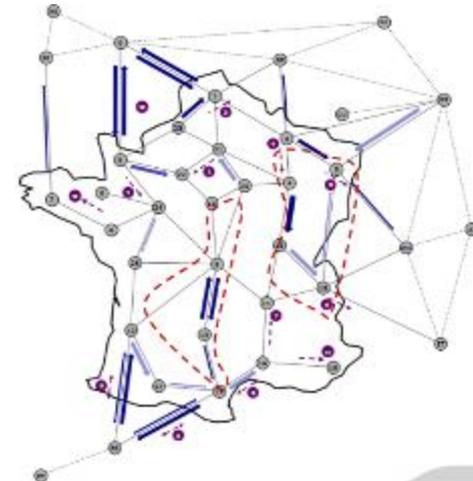
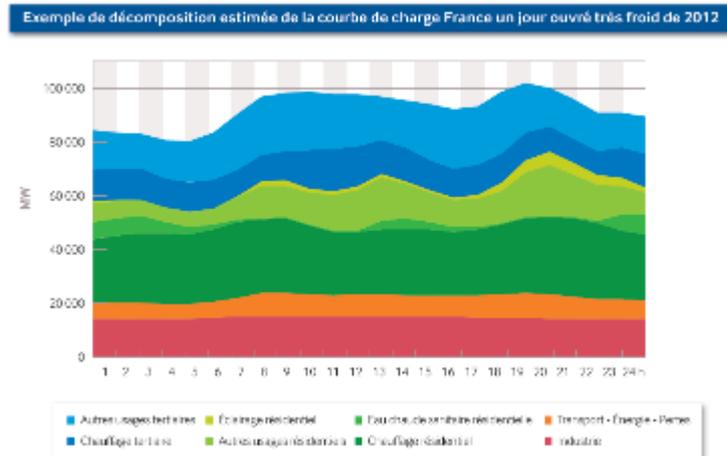
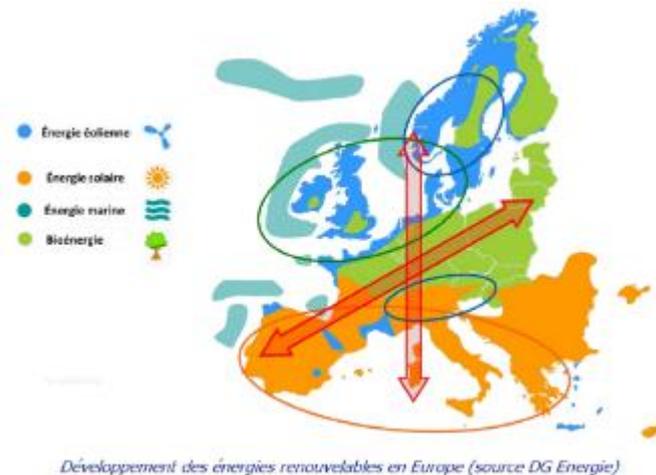
- Technologies respectueuses de l'environnement, maîtrise de son empreinte carbone.

➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

Prévision long terme

Des études prévisionnelles (horizon 10 à 20 ans) prenant en compte le réseau et l'évolution potentielle du (des) mix(s) énergétique(s)



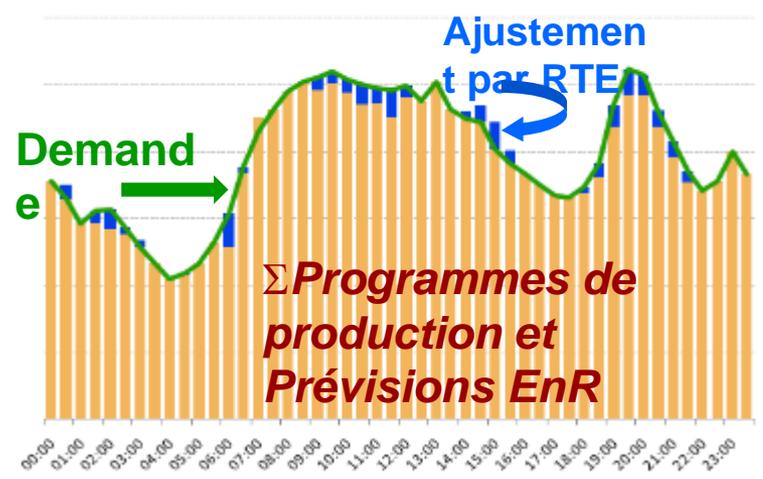
Des flux Nord-Sud d'électricité, plus amples et plus volatils suivant le développement des productions éoliennes et photovoltaïques (France et pays voisins).

3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

Prévision Court-terme

Journalière



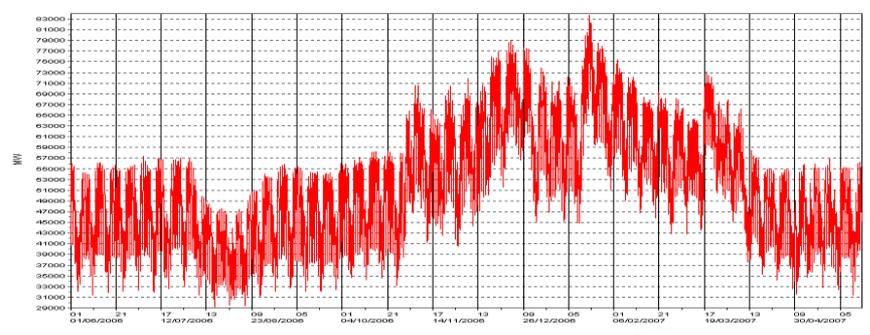
Une actions principalement sur la production

- Au travers du Mécanisme d'ajustement
 - Mais également, sur la consommation
- ... Avec des sources EnR très variables
- Et pas forcément synchrones avec la demande

Hebdomadaire



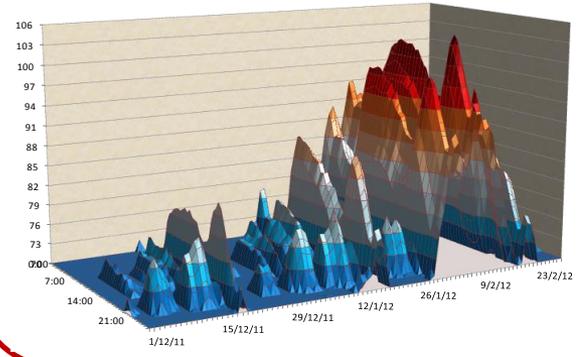
Annuelle



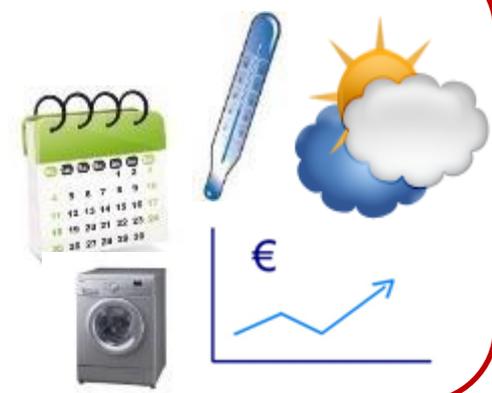
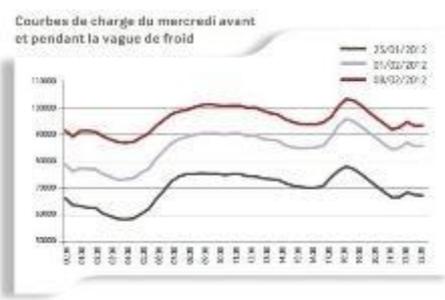
3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

1. Connaître la courbe de charge et identifier ses facteurs explicatifs



- 103-106
- 100-103
- 97-100
- 94-97
- 91-94
- 88-91
- 85-88
- 82-85
- 79-82
- 76-79
- 73-76
- 70-73



2. Modéliser le lien entre variables explicatives et consommation et prévoir la consommation à l'aide des variables connues ou prévues

$$P_t = f(t, T_{t-1}, \dots, T_{t-24}, N_t, Tar_t) + \eta_t$$

$$X_t = \varphi_1 X_{t-1} + \dots + \varphi_p X_{t-p} + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

Modèles statistiques (séries temporelles)

+ prévisions météo ...



3. Fournir une prévision (outil d'aide à la décision) à partir des logiciels (PRELUDE, PREMIS)... et d'une expertise humaine (répartiteurs)



➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

Consommation (heure, jour, année) = **Partie « régulière »** + Fct(variables explicatives) + erreur

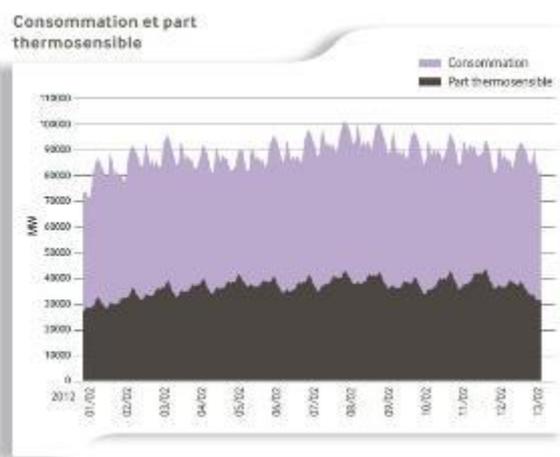
Modélisation fonction de l'échelle spatiale (nationale, régionale, locale...)

Profils journalier et annuel (Fourier) + sauts pour changements d'heure été/hiver

Tarifs (EJP) et prix

Météo : « Gradients » de température (*lissée + seuil*) et de nébulosité

Provenant du modèle et des données



$$\begin{aligned}
 P_{h,j,n} = & \underbrace{\left[\sum_{k=1}^{k=7} \Pi_{h,k,n} \cdot I_k(j,n) \right]}_{\text{puissance hors aléa climatique modélisée}} f_h(j) + \Psi_1 \underbrace{\sum_{k'=1}^{k'=5} P_{h,k',n}^{eff} \cdot I_{k'}(j,n)}_{\text{effacement de puissance lié au tarif EJP}} \\
 & + \underbrace{\Psi_2 G_{h,n}^{hiver} \left[(1 - \lambda_h) \cdot \mathcal{E}_{cret} \left(TL_{h,j,n}^{hiver}, T_h^{seuil,1} \right) + \Psi_3 \lambda_h \cdot \mathcal{E}_{cret} \left(TL_{h,j,n}^{hiver}, T_h^{seuil,2} \right) \right]}_{\text{puissance de chauffage modélisée}} \quad \text{puissance de chauffage d'appoint modélisée} \\
 & + \underbrace{\Psi_4 G_{h,n}^{été} \mathcal{E}'_{cret} \left(TL_{h,j,n}^{été}, T_h^{s,été} \right)}_{\text{puissance de climatisation modélisée}} \\
 & + \underbrace{\epsilon_{h,j,n}}_{\text{résidu}}
 \end{aligned}$$

Modèle « METEHORE »

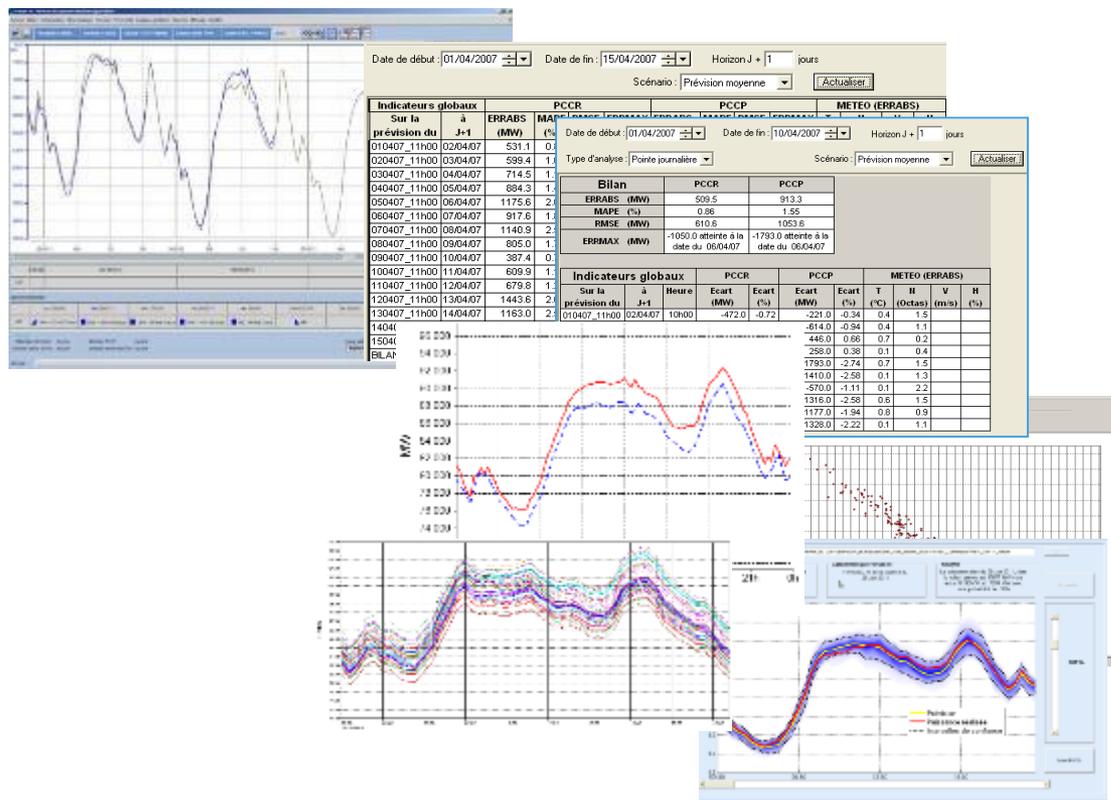
En version simplifiée :

P = Puissance « Hors Chauffage » + effacements + Puissance « Chauffage » + Puissance « Climatisation »

➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

Les répartiteurs du CNES (Centre National d'Exploitation du Système) sont chargés de fournir la prévision nationale finale, en prenant en compte les dernières informations reçues et les modifications inopinées de la demande en vue de l'exploitation sûre du système. L'exercice est également mené dans chaque région pour la prévision locale.



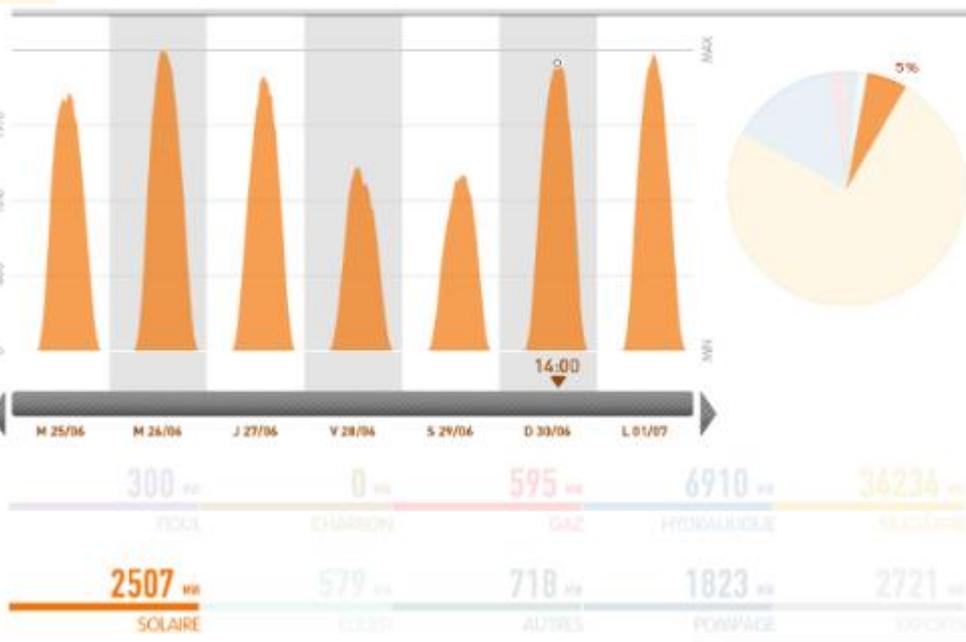
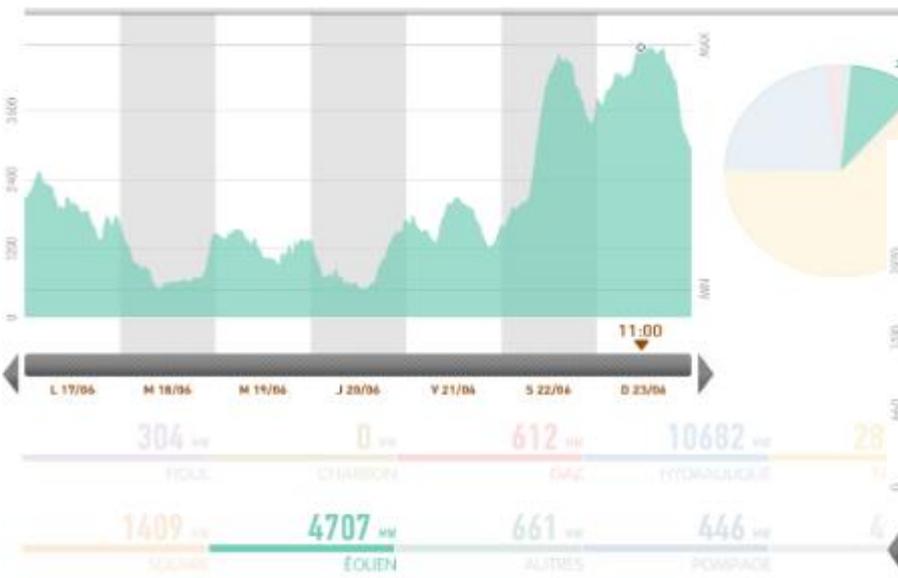
<http://www.rte-france.com/fr/developpement-durable/eco2mix/consommation-d-electricite>

➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*



Consommation, production, échanges commerciaux et contenu CO2 de l'électricité française.



<http://www.rte-france.com/fr/developpement-durable/eco2mix>

➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

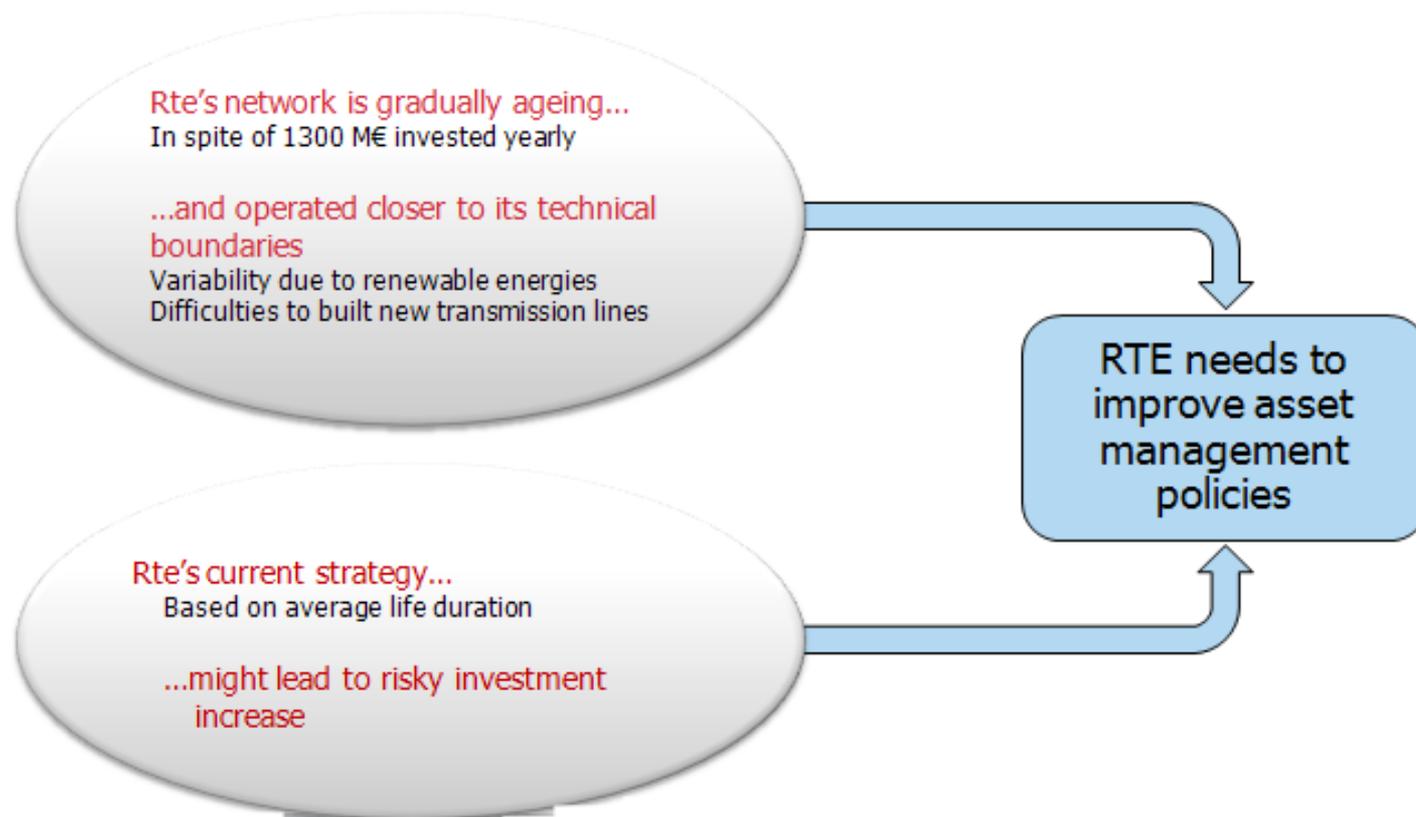


RTE infrastructure
 270 000 towers
 105 000 km of lines
 2 600 substations
 40 000 disconnectors
 12 000 breakers



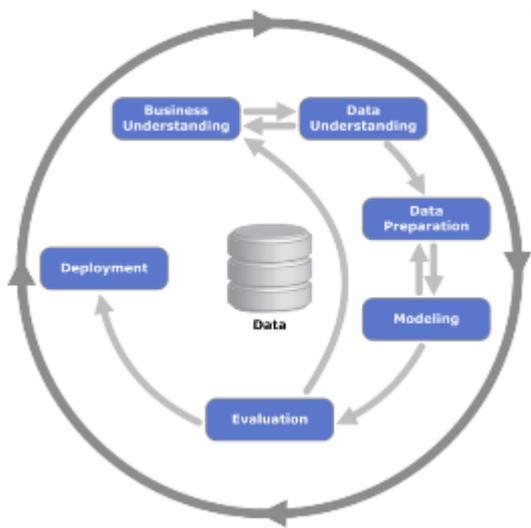
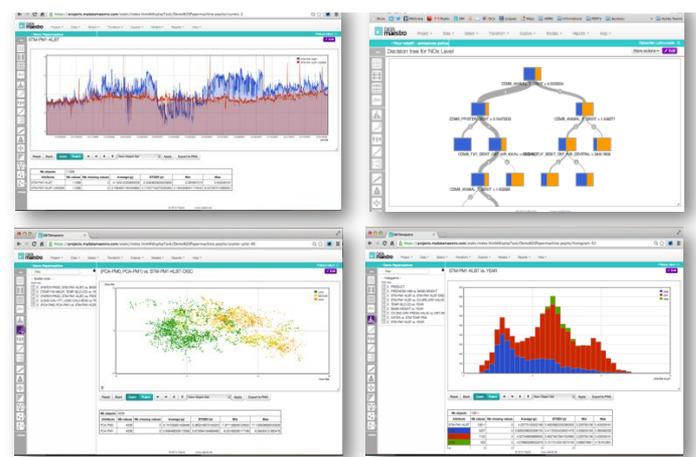
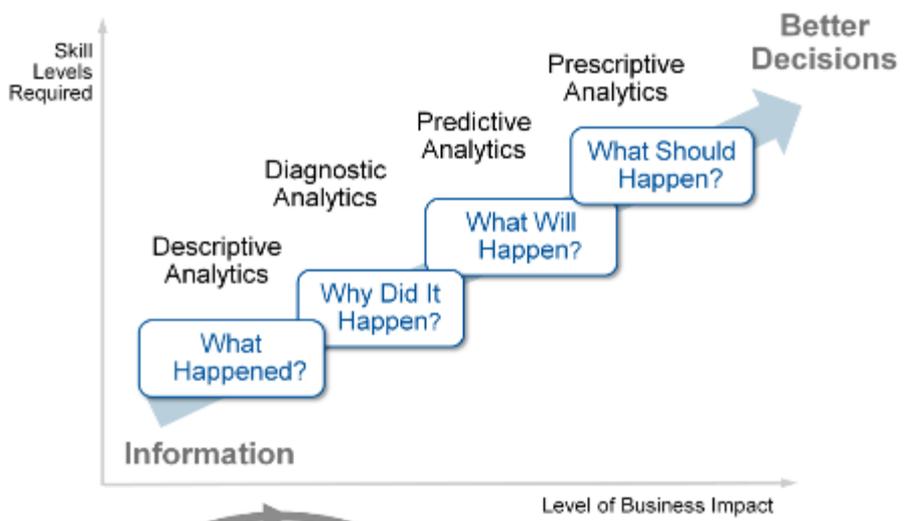
➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*

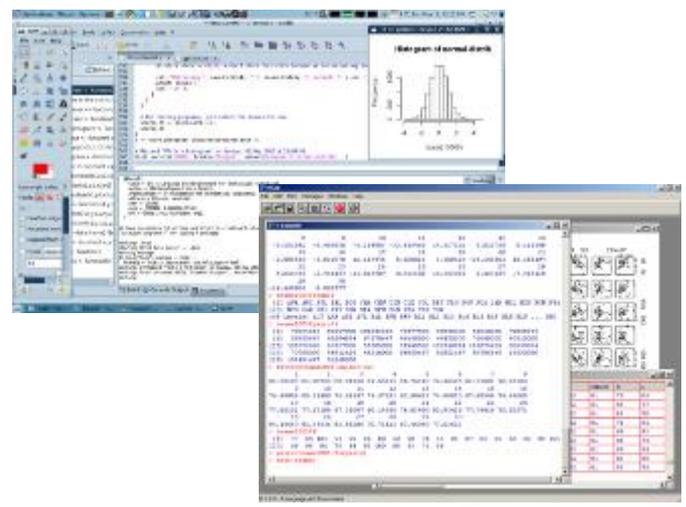


➤ 3) Statistique, probabilités, Datamining et Big Data

- *Le monde de la prévision*
- *Le monde de l'exploitation et de la conduite*
- *Le monde de la gestion des actifs*
- *Le potentiel du datamining et de l'analyse de données*



Data mining is the activity to enable all steps of this analytics continuum



- 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir
 - *Le renouvelable: IPES*
 - *La gestion des actifs – Smartlab*

Productions EnR - IPES – système de supervision à RTE

The screenshot displays the IPES supervision system interface, which is divided into several key sections:

- Map (Left):** A geographical map of France showing the distribution of renewable energy production sites. Various regions are highlighted with colored boxes indicating their capacity and percentage of total production. For example, the top-left region shows 1128 MW (11%) and 10649 MW.
- Summary Panel (Top Right):** A detailed data panel for 'CUMUL, France'. It provides static and dynamic data:

Données statiques	
Nom:	CUMUL, France
Puissance installée:	10848,5 MW
Puissance télémesurable:	6028,8 MW
Données dynamiques	
Puissance Temps Réel:	1127,9 MW
Puissance temps réel prévu:	1196,3 MW
Taux d'observabilité:	48,0 %
Taux de défaillance TM:	14,8 %
- Production Curves (Bottom Right):** A line graph titled 'Courbes de productions' showing power output in MW over a 24-hour period. It compares 'P Prévuo' (predicted), 'P TR' (actual), and 'Prog dispo' (available) against 'Dispo TR' (actual available). A yellow box labeled 'Détail d'un élément' points to a specific data point on the graph.
- Alarm Zone (Bottom):** A section labeled 'Zone « Alarmes »' containing a 'Liste des alarmes' and a row of status indicators for different units (SN 1 to SN 6).

➤ 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir

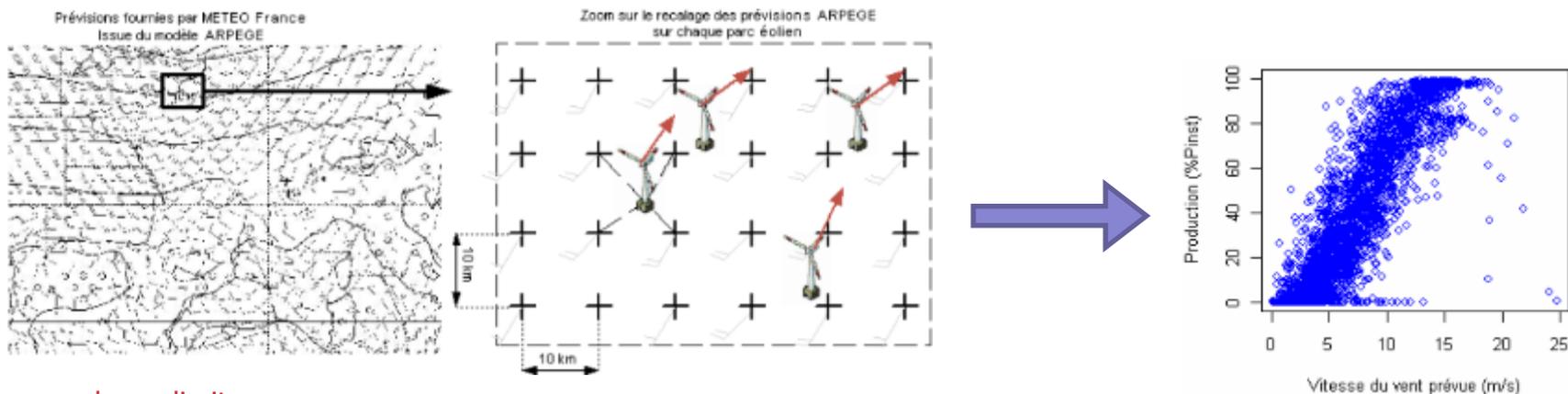
- *Le renouvelable: IPES*
- *La gestion des actifs – Smartlab*

Production Eolienne

Une production « presque » classique ...

Production éolienne :

- Installations : caractéristiques en général connues
- Prévisions de vent à 100m (grille ARPEGE) fournies par Météo France, 4x/jour



Encore quelques limites:

- Dues à l'effet d'échelle (couverture nationale)
- Manque de mesures (météo comme état des parcs)

Avec des informations supplémentaires :

- Travail sur un historique de mesures, prise en compte des décrochages, du foisonnement régional...
- Mesures de vent par site de production (au lieu de prévisions par point de grille Météo France)
- Informations de disponibilité des parcs (au lieu de la seule information de puissance installée)
- *Combinaison de méthodes statistiques , mélange de prédicteurs...*

➤ 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir

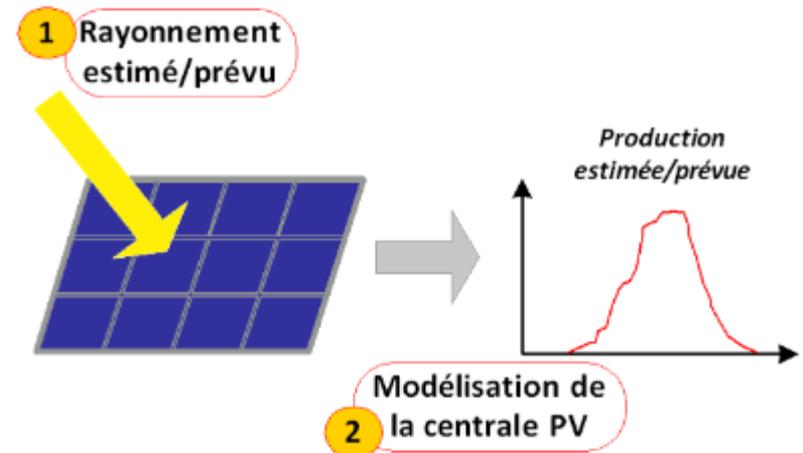
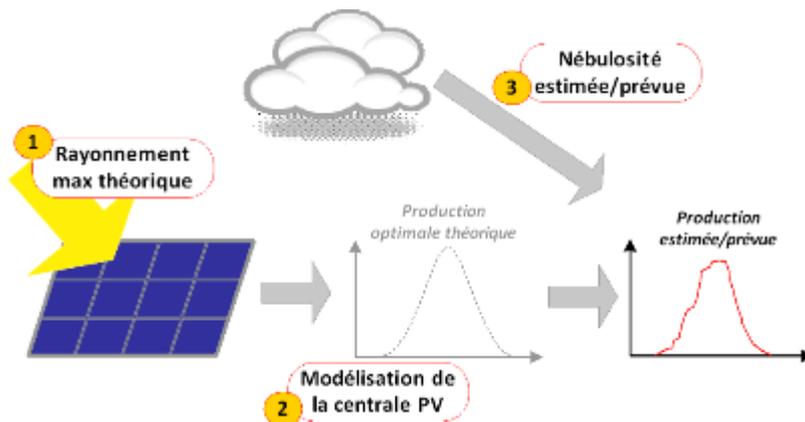
- *Le renouvelable: IPES*
- *La gestion des actifs – Smartlab*

Production PV

Comment modéliser cette production ?

Approche « classique » : à partir de l'énergie « primaire » ...

- Rayonnement solaire ou Irradiance (en W/m^2)...
 - Données pas disponibles (prévisions comme mesures)
- *Donc impossible !*



... ou explication de la baisse de production maximale par la couverture nuageuse :

- En se basant sur les données météo utilisées aujourd'hui à RTE ...
- Mesures de production pour plus d'un million d'installations PV,
- Prévisions pour plus de 32 stations météo avec **température** et **nébulosité**
- Données utilisées quotidiennement en opérationnel pour la prévision de consommation d'électricité.

➤ 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir

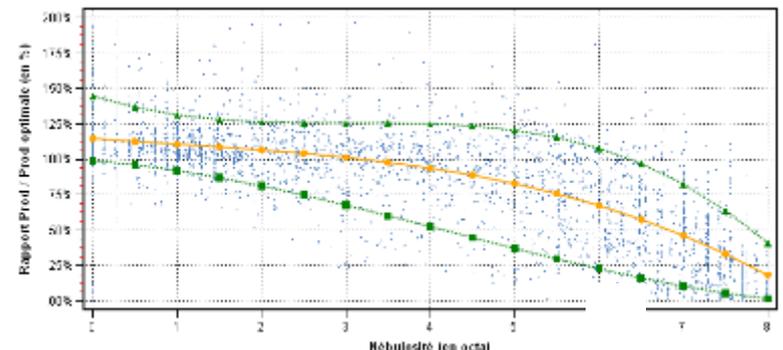
- *Le renouvelable: IPES*
- *La gestion des actifs – Smartlab*

Production PV

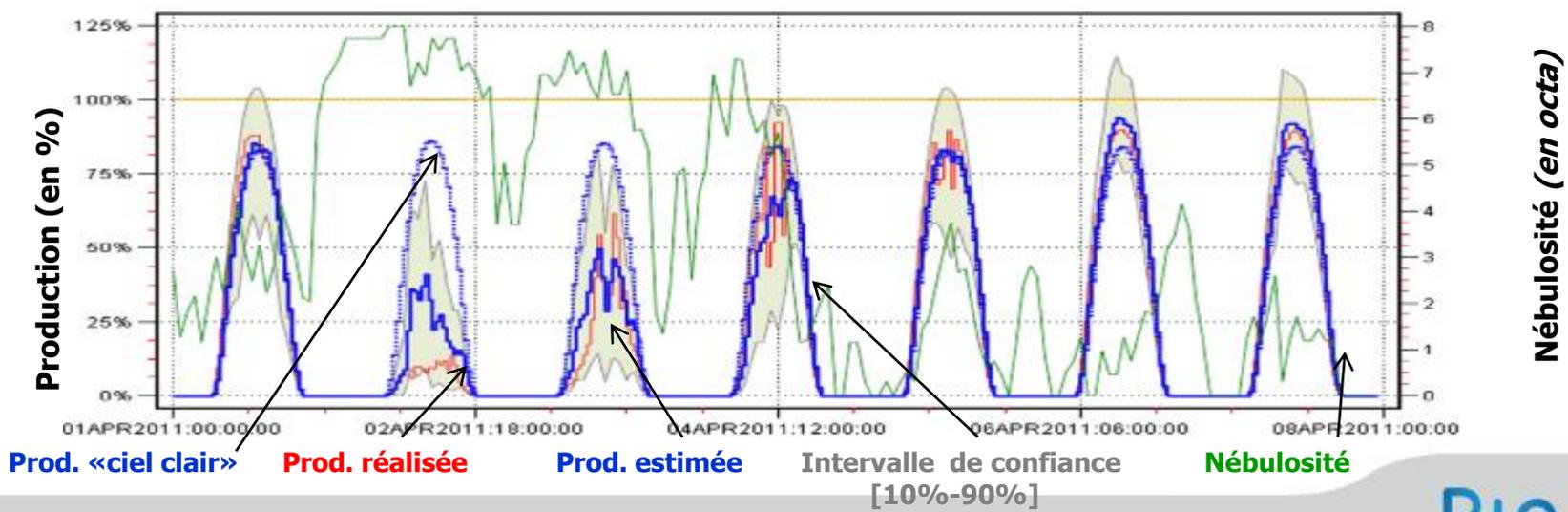
Comment modéliser cette production ?

Une modélisation de la « dégradation » de la production

- Calcul d'une « nébulosité » pour chaque parc modélisé,
- Calcul de la production « ciel clair »
- Modélisation de l'effet de la couverture nuageuse sur la production « ciel clair »
- Définition d'un modèle.



Exemple d'estimation de production avec les mesures météo pour une installation



- 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir
 - *Le renouvelable: IPES*
 - *La gestion des actifs – Smartlab*

Production PV

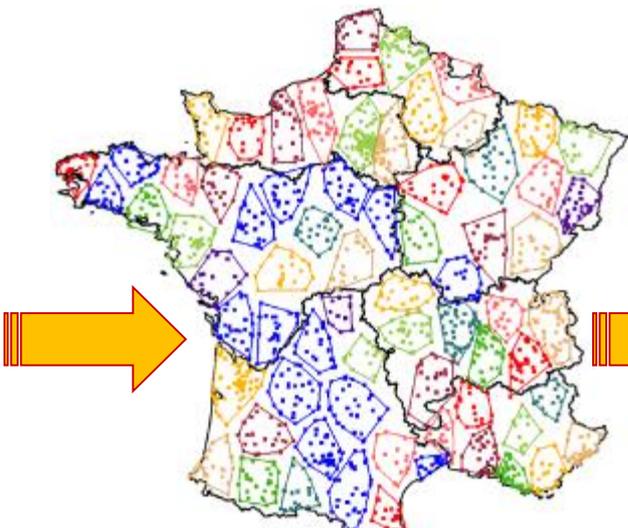
Comment modéliser cette production ?

Beaucoup de productions diffuses !

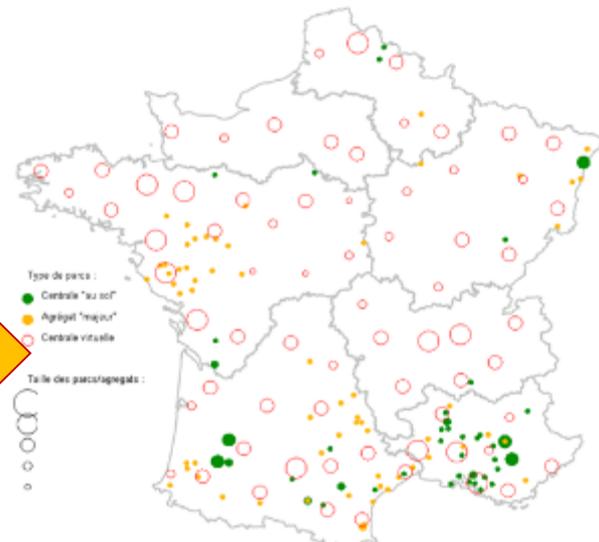
Or, obligé de prendre en compte toute la capacité installée (pour l'EOD) mais ne représenter précisément que ce qui impacte la sûreté (pour l'exploitation du réseau)



1 - Description des installations PV et des postes électriques



2 – Regroupement des productions diffuses et des petites installations en centrales virtuelles



3 – Représentation de la production PV en France

- 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir
 - *Le renouvelable: IPES*
 - *La gestion des actifs – Smartlab*

**On field
Real data analysis
Monitoring**



Data analysis

**Laboratory
Experimentations**

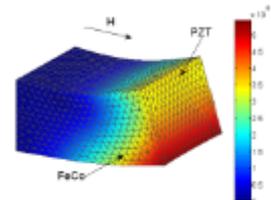


**Numerical models
Simulations**

Data analysis

Laws on component reliability and life expectation

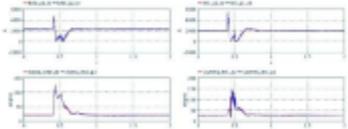
$$\int_{R_0} T(x) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} f(x, \theta) dx = M \left(T(\xi) \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \ln l(\xi, \theta) \right)$$



**Infrastructure
description**



**Power system
simulation**



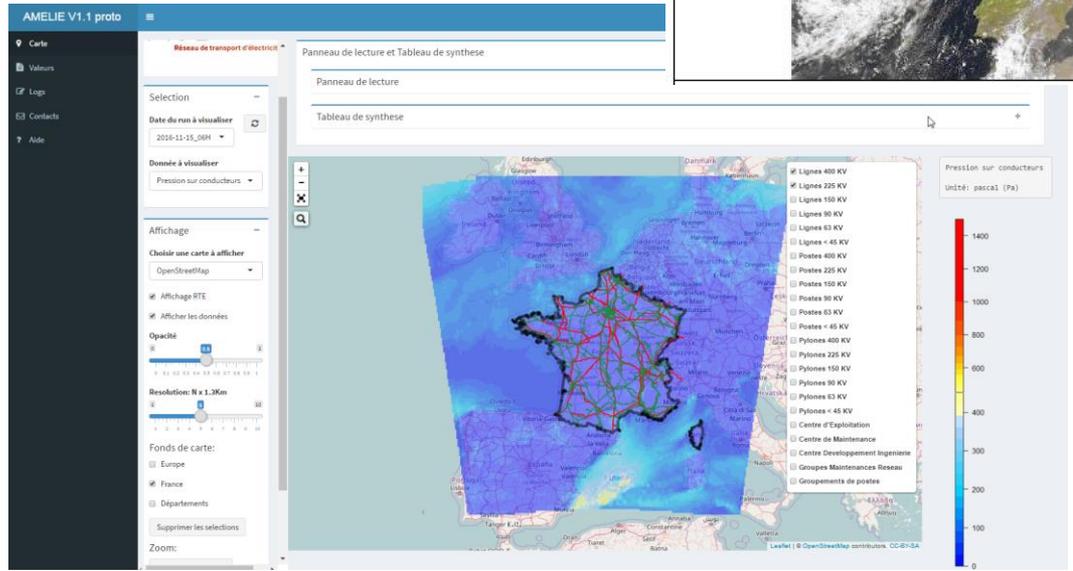
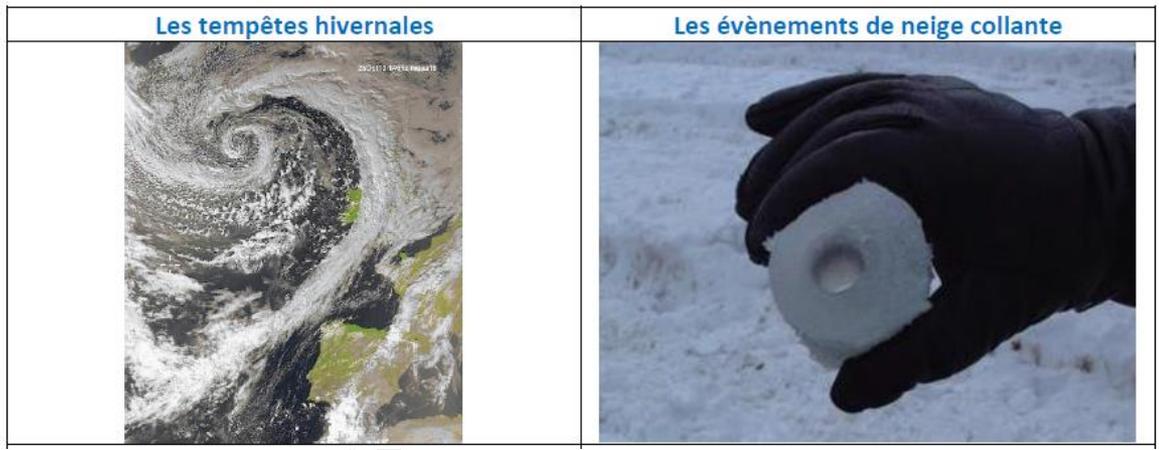
**Asset management
Optimization**

➤ 4) Exemples illustratifs de projets récemment réalisés, en cours et à venir

- *Le renouvelable: IPES*
- *La gestion des actifs – Smartlab*

AMELIE : Alerte **ME**téorologique **LI**gnes **E**lectriques (version 1.0) AMELIE prend en compte deux phénomènes météorologiques pouvant affecter les lignes aériennes

Exemple de réalisation :



2 propositions : projets IMPACT & Stage :

IMPACT :

- « RTE - Analyse d'historiques de courts-circuits et de perturbations clients »
- « RTE - Maintenance et perturbation client »

Stage de fin d'étude :

- « Outils d'analyse et de visualisation rapide de données de simulation du réseau électrique massives »

Cf. détails sur le site de l'option DAD

Merci pour
votre attention