

Soirée débat
Le 15 Novembre 2012

**PHOTOVOLTAIQUE :
DES PREVISIONS METEO AUX
PREVISIONS DE PRODUCTION**

Le développement et l'intégration harmonieuse aux réseaux de transport et de distribution des énergies renouvelables en général et du photovoltaïque en particulier, passe par la mise en place d'une chaîne complète allant des prévisions météorologiques aux prévisions de production de ces sources.

En effet, leur caractère intermittent associé à des capacités installées de plus en plus importantes, nécessitent la mise au point de méthodes fiables et pertinentes de prévision temporelle et d'agrégation géographique, compatibles avec les différents horizons de conduite du système électrique. Il en va de sa sécurité d'exploitation et de son optimisation économique, mission primordiale de tout gestionnaire de réseau.

Nous avons choisi aujourd'hui d'illustrer cette chaîne pour l'énergie photovoltaïque en invitant deux conférenciers.

La première présentation décrira les méthodes permettant d'estimer à la bonne maille, des paramètres peu prévisibles tels que la nébulosité ou le rayonnement.

Le second exposé décrira l'utilisation faite par les GRT de ces prévisions météorologiques pour en déduire des prévisions de production. Les pistes de recherche pour le futur seront également abordées.

A très bientôt pour cette nouvelle soirée que nous espérons très enrichissante.

IEEE P&E S

Jeudi 15 Novembre 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

17h30

Accueil

Sébastien HENRY

**Président du Bureau IEEE - PES
France**

**Directeur Département Expertise
Système – R&D RTE**

17h40

Sophie MOREL

**Directrice du Services Clients et
Etudes
METNEXT**

18h35

Emmanuel NEAU

**Ingénieur expert
RTE**

19h30

Pot de l'amitié

Organisation et Inscriptions

Organisation :

Section France IEEE PES
(Power & Energy Society)
SEE

Inscriptions :

Gratuit
Confirmer votre participation à :
nathalie.lucazeau@rte-france.com

Soirée débat
Le 15 Novembre 2012

**OUTILS DE PREVISION
METEOROLOGIQUE POUR LE
SOLAIRE**

Dans le contexte de mutation du secteur de l'énergie, et en particulier le développement des énergies intermittentes solaire et éolienne, METNEXT a développé des produits de prévision s'adressant aux différents acteurs du renouvelable, des financiers, aux exploitants, en passant par les constructeurs, sans oublier les gestionnaires de réseau. Pour ces derniers, METNEXT propose ses services afin de les aider à mieux piloter un équilibre Offre Demande qu'il est de plus en plus difficile à maîtriser.

Les énergies intermittentes étant principalement pilotées par les paramètres météorologiques, un des points essentiels de la prévision de production est la prévision météorologique. C'est le 1^{er} point qui sera abordé dans cette présentation. Une des problématiques pour le photovoltaïque en particulier est de pouvoir estimer à des échelles très locales des paramètres aussi peu prévisibles que la nébulosité, ou le rayonnement. METNEXT, en collaboration avec Météo France, développe des solutions d'adaptations statistiques des prévisions, pour passer « de la grande échelle météorologique » à la petite échelle locale du parc solaire.

Par ailleurs, et comme mentionné précédemment, les paramètres pilotant la production solaire faisant partie des paramètres ayant une faible prévisibilité en météorologie, le livrable exploitable pour les acteurs de ce secteur sera discuté, la problématique étant de fournir une information suffisamment informative mais prenant en compte le manque de prévisibilité des paramètres liés à la nébulosité. La question de l'échéance, de la cible géographique, mais aussi de la donnée fournie (puissance ½ horaire, quantité d'énergie produite, intervalle de confiance...) seront abordées.

IEEE P&E S

Jeudi 15 Novembre 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

Sophie MOREL

Diplômée de l'Ecole Nationale de Météorologie, et docteur en hydrologie et météorologie, Sophie MOREL a commencé par travailler pendant 3 ans au Centre National de Recherches Météorologiques sur les aspects de modélisation physique des processus d'échanges hydrologiques et énergétiques entre la surface et l'atmosphère.

Elle a ensuite travaillé à la Direction de la Production de Météo France à Toulouse pendant 2 ans, pour mettre en place dans le système opérationnel de Météo France un suivi quotidien de l'eau dans les sols pour les besoins de détection de sécheresse (Direction de l'Eau) et de vigilance des crues (SCHAPI).

Toujours à Météo France, elle a ensuite été chargée de créer le Bureau d'Etudes de la Direction Interrégionale Ile de France-Centre, à Paris, bureau qui s'est spécialisé dans la météorologie urbaine et le changement climatique. Elle a occupé ce poste pendant 2 ans avant de rejoindre METNEXT en 2007 à sa création. METNEXT, société d'une quinzaine de personnes, est une filiale de la Caisse des Dépôts (CDC CLIMAT) et de Météo France. Après 2 années en tant que consultant en charge du portefeuille ENERGIE de METNEXT, travaillant en particulier sur le développement de produits à destination des acteurs éolien et PV, elle occupe aujourd'hui le poste de Directrice du Service Clients et des Etudes.



Photovoltaïque: Des prévisions météo aux prévisions de production



a joint venture :



Carte d'identité

- Création en 2007
- Effectif : 15
- Actionnaires :



Notre métier

- Proposer des services de prévision météo et courbes de charges au secteur Energie,
- Déployer des solutions de modélisation & prévision des risques & opportunités météo,
- Fournir des indicateurs d'impact météo,
- Accompagner les entreprises dans les diagnostics de météo-sensibilité.

Notre offre dans l'énergie

- Services de prévision de charge,
- Analyses d'historiques,
- Quantification de l'impact météo,
- Services de prévision de productible EnR (éolien + PV + autres),

Nos solutions Energie

- Logiciel DECIDE
- Service de trading
- Prévision EnR

Participations



Partenariats & Alliances

- Politique active & diversifiée



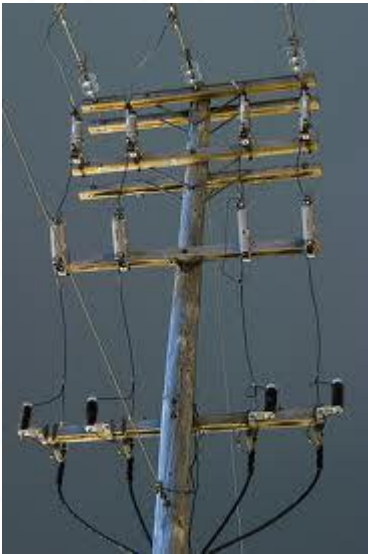


Les différentes problématiques de la prévision photovoltaïque

La prévision météorologique pour le PV: connaître son fonctionnement, et ses limites

Quels outils pour la prévision de productible PV aujourd'hui et demain...?

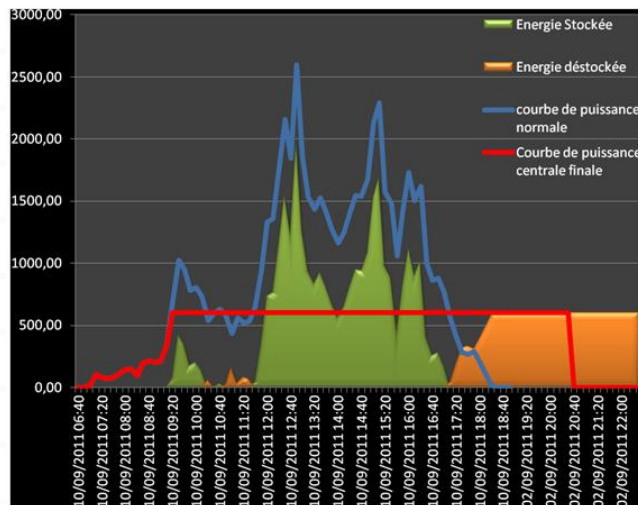
- Assurer l'équilibre offre-demande de son réseau



- Une énergie intermittente représente un aléa supplémentaire dans le système électrique
- Le gestionnaire doit pouvoir à tout moment répondre à la demande avec la même sécurité
- Il doit chercher aussi à réduire les coûts des réserves nécessaires pour pallier l'intermittence des productions EnR

- Le gestionnaire a un besoin impératif d'anticiper la production EnR sur son territoire

- Assurer la rentabilité financière de son installation
- Respecter les prévisions fournies au GRD/GRT pour éviter les pénalités financières (DOM-TOM)



Recours à des systèmes de stockage

- Préparer la sortie du tarif de rachat
Vente sur le marché SPOT
- Optimiser les plages de maintenance de son parc

● Horizons de prévisions

● Très court terme (pour l'exploitant qui optimise ses moyens de stockage):

- Pas de temps de quelques minutes
- Actualisation horaire

● intra-day (exploitant, gestionnaire de réseau)

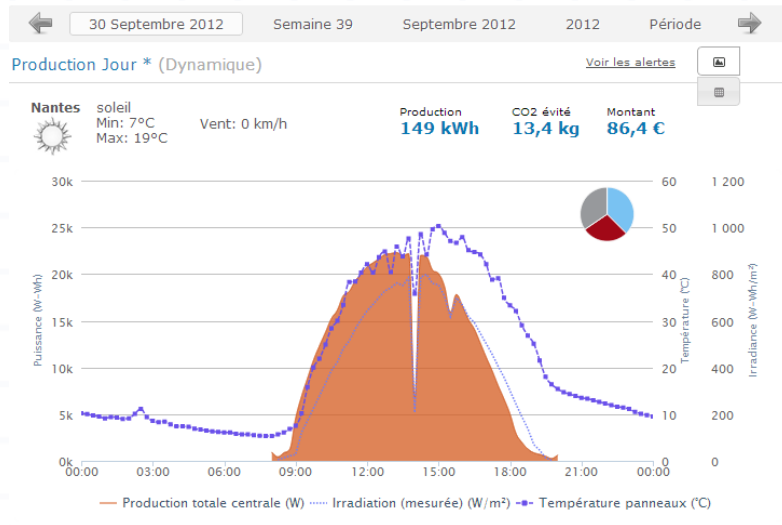
● day-ahead (exploitant, gestionnaire de réseau)

● Echelle géographique souhaitée

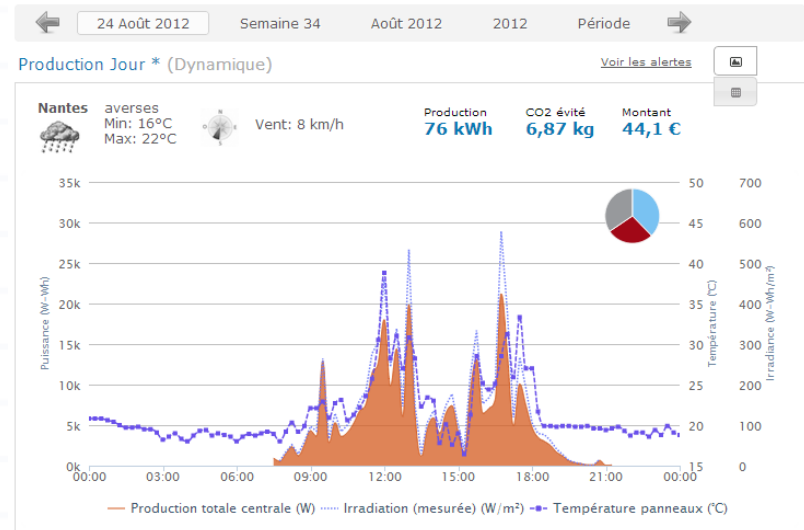
● Sur l'ensemble d'un territoire pour un gestionnaire de réseau, mais avec une vision a minima régionale, voire au niveau local

● Un besoin très local pour le producteur

- Les puissances produites sont très variables et très dépendantes de la météo



89,8 MWh - 8,09 T de CO2 - 52 104 €

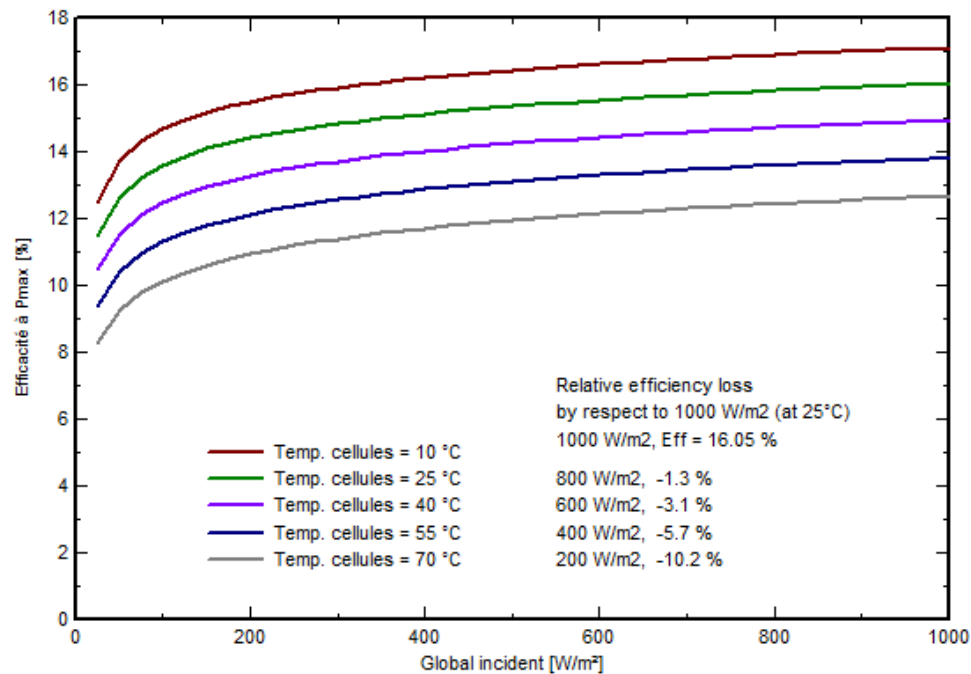


89,8 MWh - 8,09 T de CO2 - 52 104 €



- Les rendements de machines dépendent aussi de la météo...

Module PV: Suntech, STP 260S-20/Wd

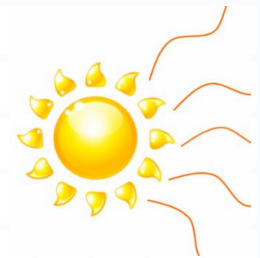
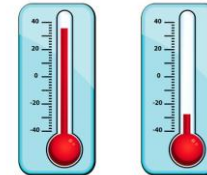


(source GBSOLAR)



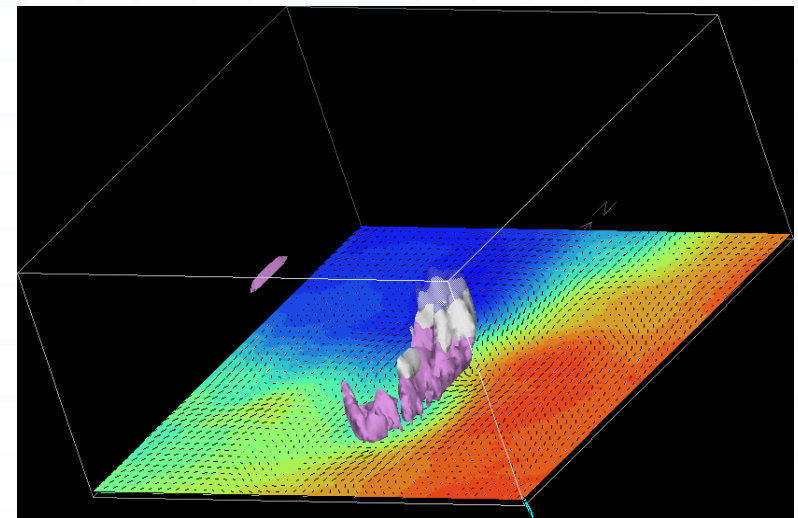
- 3 paramètres météorologiques sont majeurs pour la production d'électricité photovoltaïque:

- La nébulosité (=les nuages)
- Le rayonnement (global? Direct? Diffus)
- La température

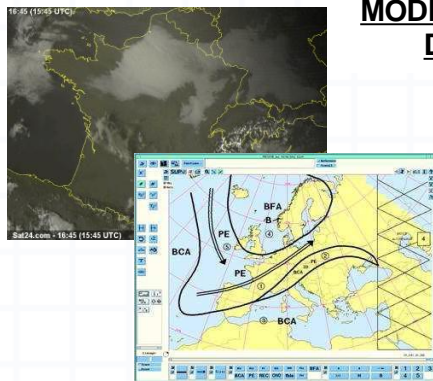
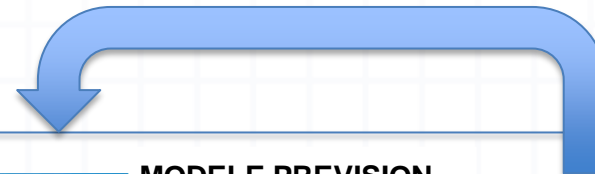


- D'autres paramètres peuvent jouer, de manière moins directe:
 - Le vent
 - La pluie
 - La neige.....

- L'enjeu majeur de la prévision de production PV est la prévision météorologique associée.
- C'est un challenge pour les météorologues car prévoir les nuages est beaucoup plus difficile que de prévoir une température moyenne!
- Pourquoi?
 - la genèse d'un nuage fait intervenir un très grand nombre de processus physiques (et chimiques) complexes
 - La prévision dépend de ce qu'il se passe sur l'ensemble de la planète, et sur une bonne partie de l'atmosphère



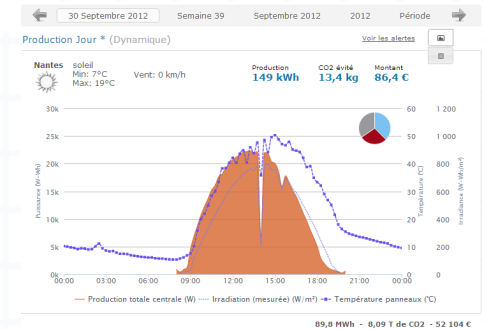
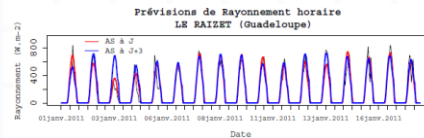
- Utilisation des données temps réel pour actualiser les prévisions



MODELE DESCENTE D ECHELLE



MODELE PREVISION PRODUCTION



Prévisions météo point de grille

Prévisions météo locales

Prévisions de productible

- Utilisation de prévisions météorologiques (modèles)
- Utilisation de données satellites
- Utilisation d'images caméra
- Utilisation de mesures locales météorologiques (modèles)
- Utilisation des productions réalisées



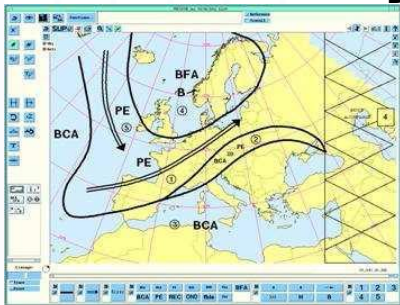
Les différentes problématiques de la prévision photovoltaïque

La prévision météorologique pour le PV: connaître son fonctionnement, et ses limites

Quels outils pour la prévision de productible PV aujourd'hui et demain...?

La prévision météo

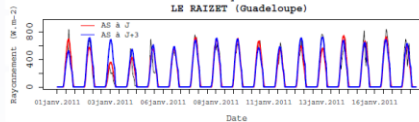
MODELE DESCENTE D ECHELLE



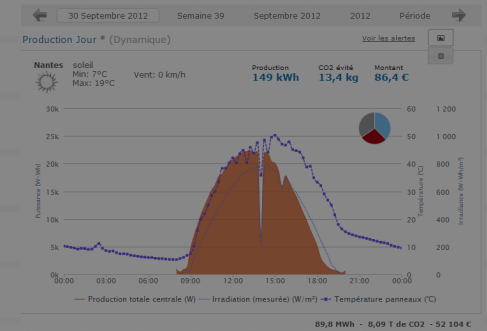
Prévisions météo point de grille



MODELE PREVISION PRODUCTION



Prévisions météo locales



Prévisions de productible

a joint venture :

- De manière générale, la prévision numérique consiste à ***simuler sur un ordinateur l'évolution de l'atmosphère de manière réaliste*** et surtout plus vite qu'elle ne se déroule dans la réalité!
- Cette simulation repose sur les lois physiques qui gouvernent l'évolution de l'atmosphère, lois qui mathématiquement parlant ne possèdent pas de solutions.
 - Recherche de solutions approchées
 - Recours à la discrétisation (calcul de proche en proche), à l'analyse numérique [maillage]
- Ces équations sont complétées par d'autres processus présents dans l'atmosphère, qui sont paramétrés dans les modèles (changements d'état de l'eau, turbulence,...)

Un état initial

Des équations

Un supercalculateur

$$\frac{\partial Z(x, t)}{\partial t} = A[Z(x, t)]$$

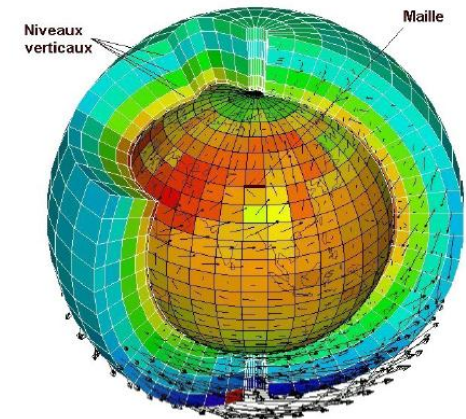
de l'atmosphère

de l'océan

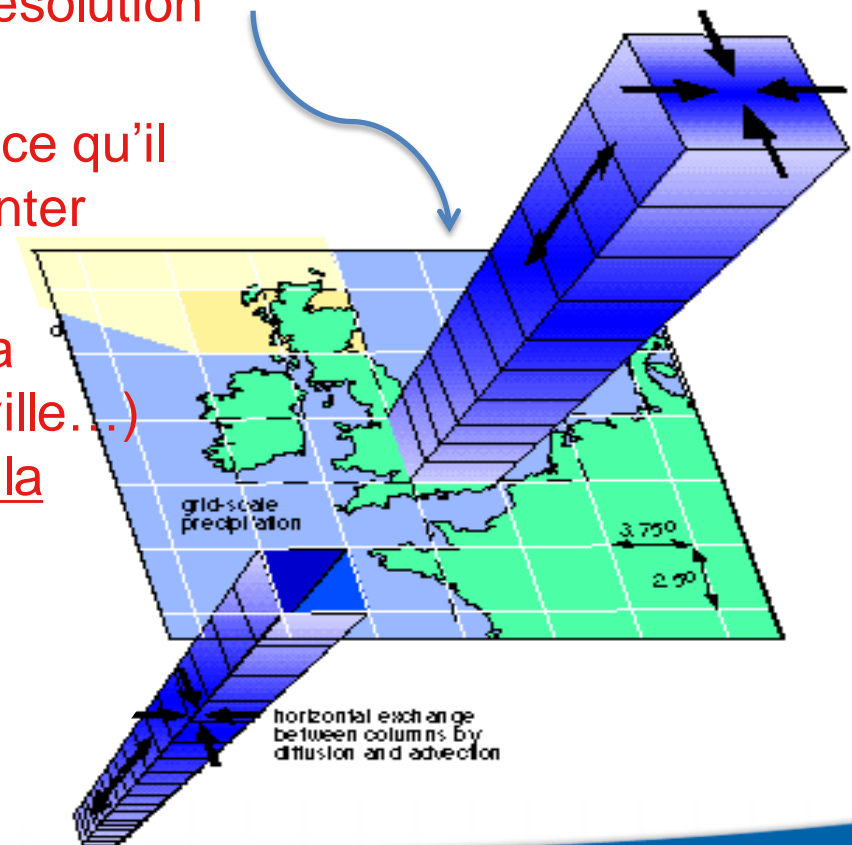
de la végétation



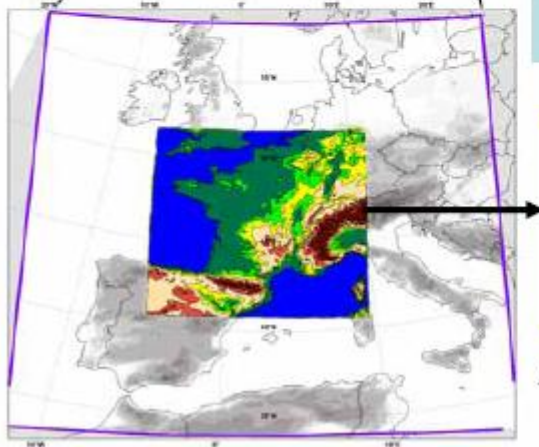
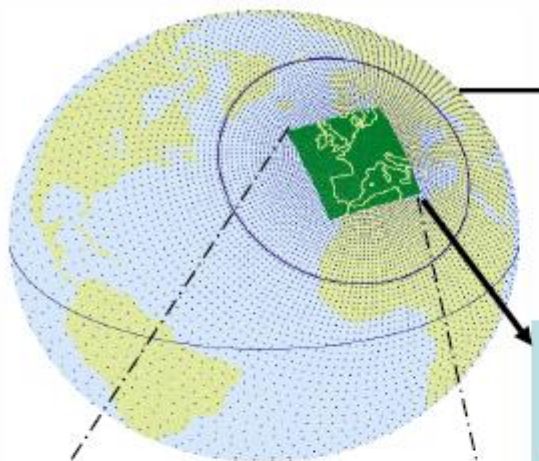
Des prévisions sur le globe



- Limite # 1 - La prévision est faite sur des mailles
 - La taille des mailles est la résolution du modèle
 - De cette résolution dépend ce qu'il va être possible de représenter dans le modèle
 - Les informations d'état de la surface (relief, végétation, ville...) sont toutes moyennées sur la maille.



- Descente d'échelle par emboitements successifs de différents modèles:



Modèles globaux (CEP, ARPEGE, GFS, ...)

Résolution 25km, 16km, 10km, ...
Prévisions allant jusqu'à J+4, J+14

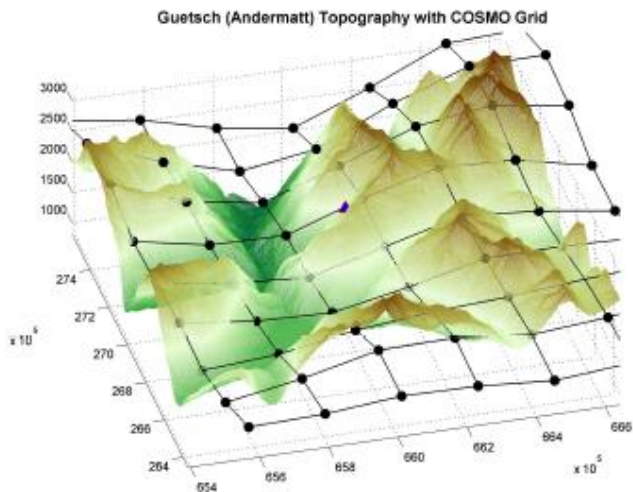


Couplage

Modèle métropole (AROME)

Résolution **2 km**,
prévision orientée vers les échéances
inférieures à 24 heures

- En mettant en regard des historiques de prévisions et des historiques de mesures locales, on peut affiner les prévisions au niveau du parc (de manière statistique)



Modèle statistique



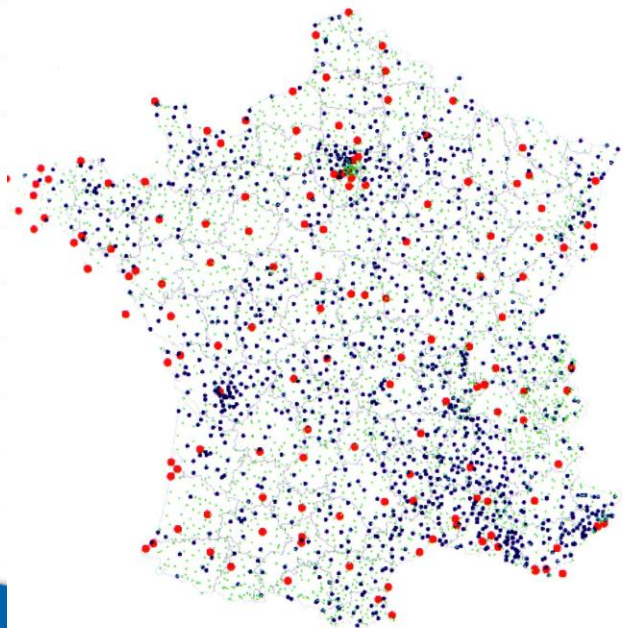
METNEXT
DECIDE



Prévisions de rayonnement (global),
prévisions de température, prévisions
de vent,

Températures mesurées (modules),
production réalisée

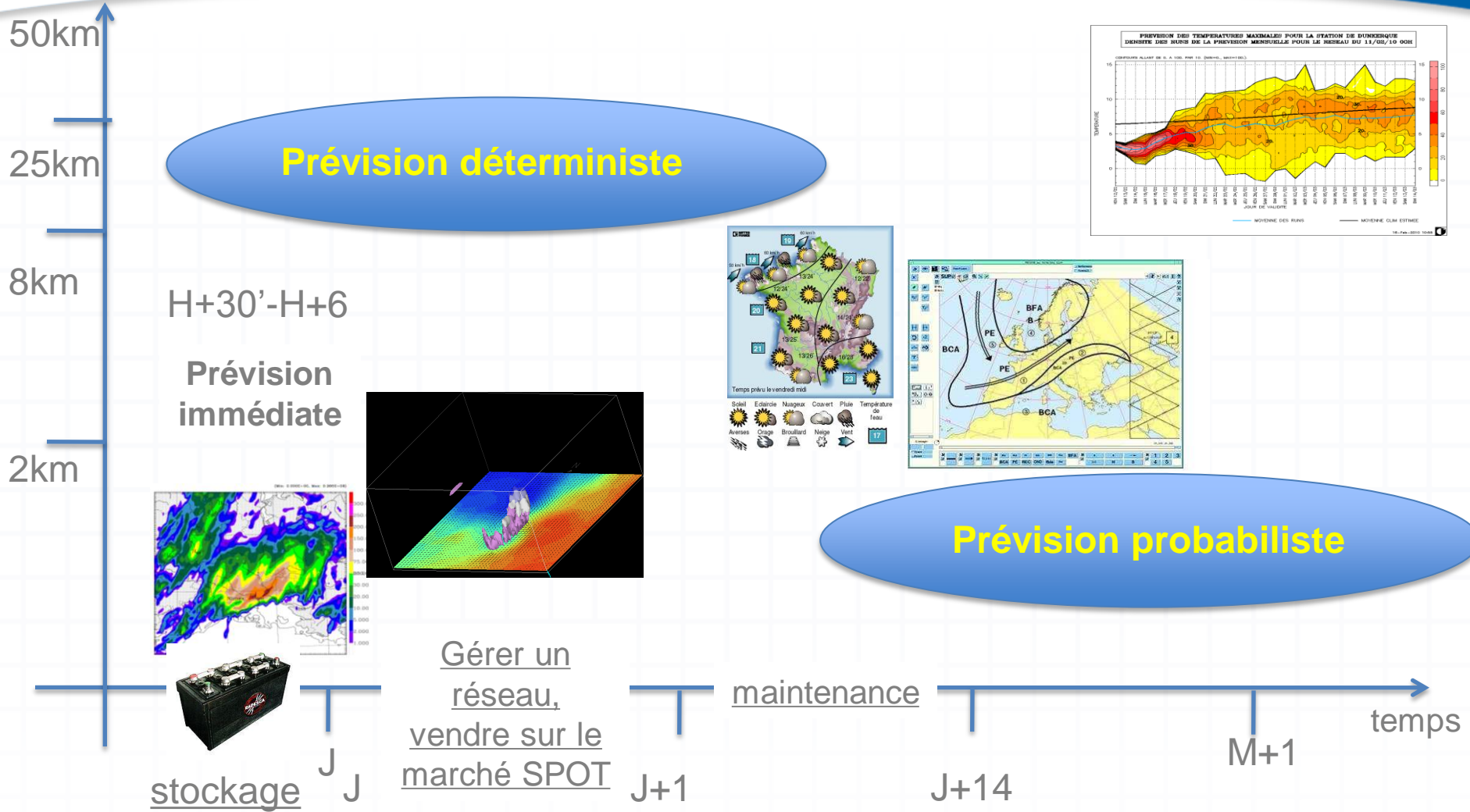
- Limite # 2 – La prévision est dépendante de l'état initial
- Cet état initial est construit à partir des mesures de toutes sortes.
 - Il existe de véritables « déserts » de mesures (en partie comblés par les satellites)
 - La mesure en elle-même comporte une incertitude



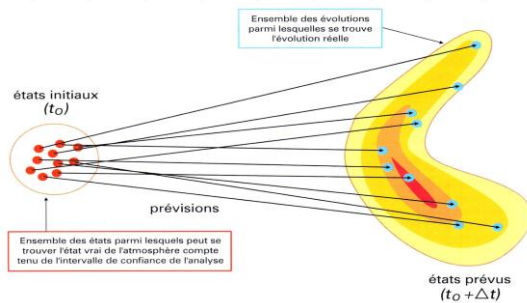
- Limite # 3 – La finesse de la prévision dépend des processus physiques qui sont représentés dans le modèle
 - La formation des nuages n'est pas représentée dans tous les modèles. Elle est le plus souvent paramétrée, donc très simplifiée (et mal prévue dans sa localisation, dans son cadencement)
 - Seuls les modèles de dernière génération permettent de simuler la formation de cellules convectives



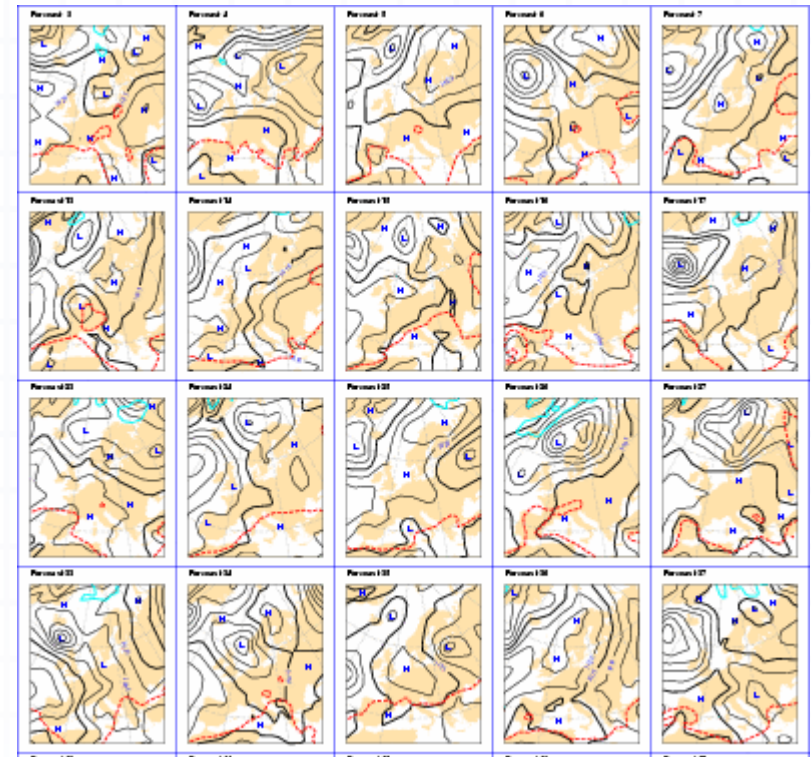
2- La prévision météo connaître les différents produits, les différentes sources



- Quantifier l'incertitude, c'est fournir en plus de la prévision son intervalle de confiance



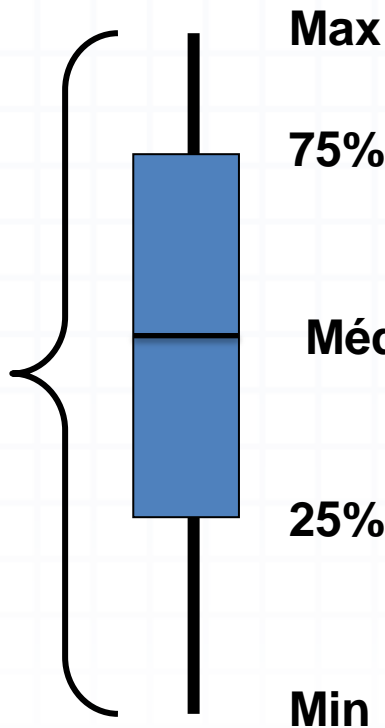
Etape 1 - Perturbation de l'état initial



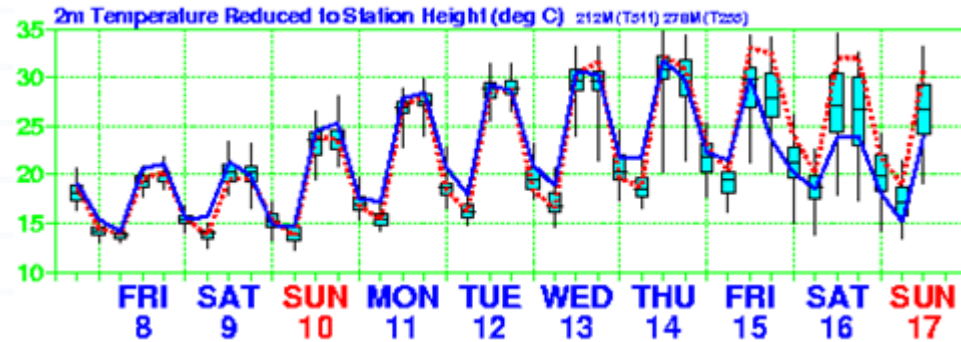
Etape 2- production de 51 scénarios de prévisions (ici un extrait)

Etape 3 – Construction de l'intervalle de confiance

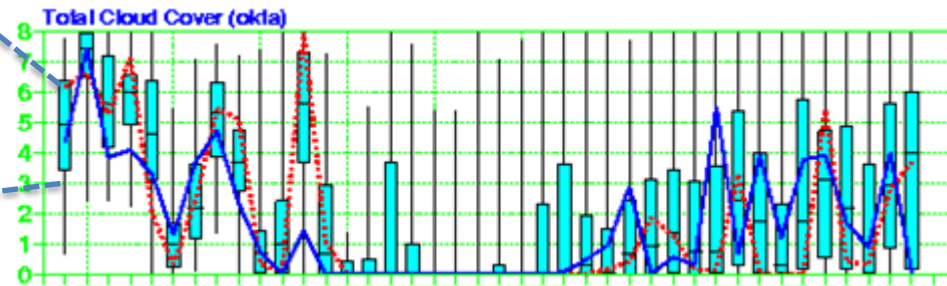
51 runs



Exemple sur la température

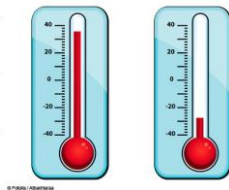


Exemple sur la nébulosité



- Tous les paramètres n'ont pas la même prévisibilité !

Température:
bien prévu



Horizons exploitables : H+1 → J+10

Rayonnement:
relativement
bien prévu



Horizons exploitables : H+1 →
J+1...(J+3)

Horizons exploitables : H+24

Nébulosité,
durée
d'ensoleillement:
Très mal prévu



- La prévision météorologique n'est pas parfaite à 100%
 - Il y a des sources d'incertitudes diverses (mesure, maille, simplification des processus physiques...)
- Faire de la prévision de production PV, c'est donc :
 - Accepter ... de se tromper
 - Utiliser les meilleures prévisions possibles, les plus adaptées aux besoins (selon le périmètre, selon l'horizon)
 - Travailler de préférence avec des paramètres prévisibles...
 - Et surtout quantifier l'incertitude de la prévision pour en tenir compte dans son plan de production



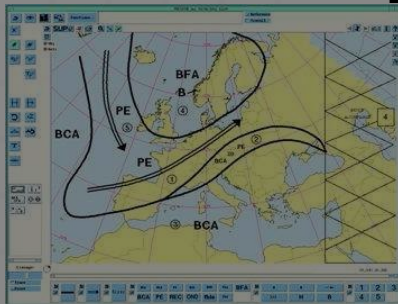
Les différentes problématiques de la prévision photovoltaïque

La prévision météorologique pour le PV: connaître son fonctionnement, et ses limites

Quels outils pour la prévision de productible PV aujourd'hui et demain...?

La prévision de productible

MODELE DESCENTE D ECHELLE

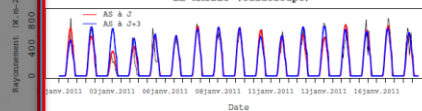


Prévisions météo point de grille

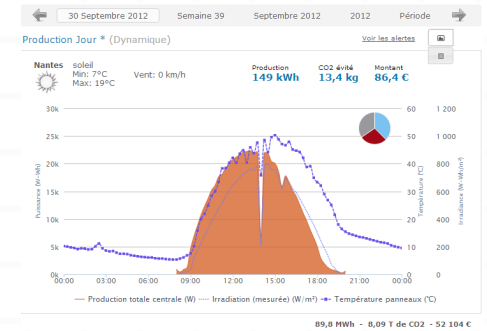


MODELE PREVISION PRODUCTION

Prévisions de Rayonnement horaire LE RAIZET (Guadeloupe)



Prévisions météo locales



Prévisions de productible

a joint venture :

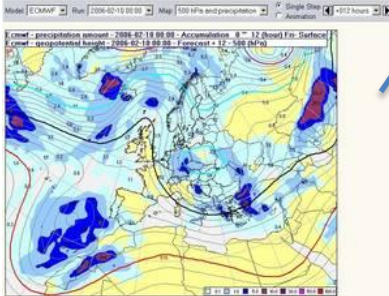
- Etant donné:
 - Les contraintes des producteurs
 - Les besoins du gestionnaire
 - Les limites de la prévision météorologique
- La question à se poser est de savoir quels sont les livrables les plus informatifs à fournir aujourd'hui pour répondre à ces attentes diverses.

- Il existe 3 écoles pour faire de la prévision de production
 - **L'école physique**
 - Dont un des inconvénients majeurs est que tous les paramètres nécessaires ne sont pas fournis par les modèles de prévision météo
 - **L'école statistique**
 - Dont un des inconvénients majeurs est que cela nécessite d'avoir un long historique de mesures
 - **L'école qui concilie les 2 approches, qui peuvent être très complémentaires**
- La prévision de production PV est moins mature que la prévision de production éolienne.
 - **Les solutions actuelles du marché sont perfectibles**

- L'outil statistique traduit l'information météorologique en production

Facteurs exogènes
(calendaires, maintenance ..)

Prévisions météos
régionales ou locales

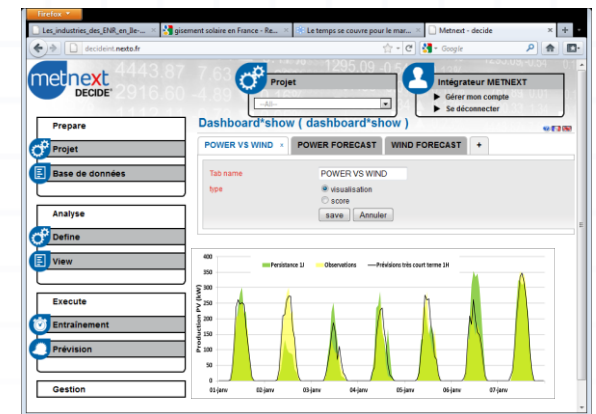


METNEXT DECIDE

Modèle statistique
Modélisation
statistique, non
linéaire, multivariée



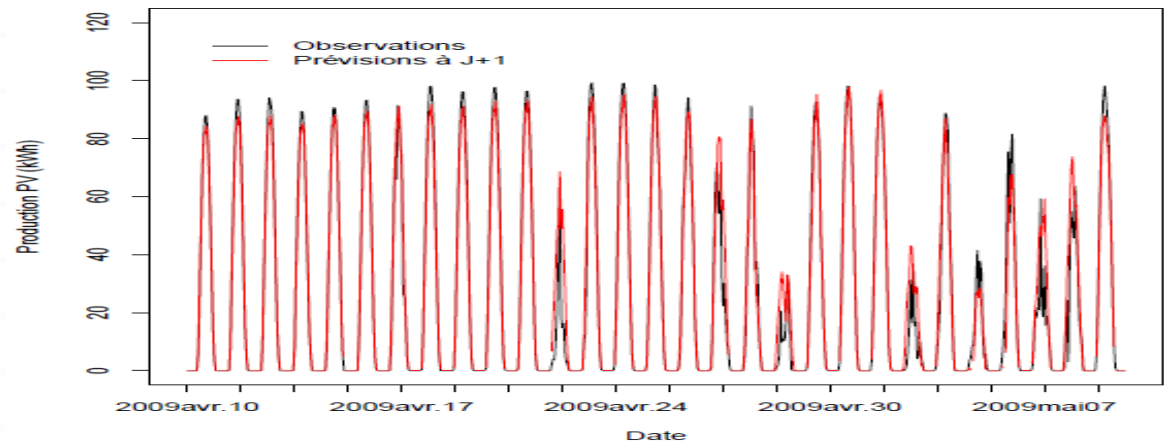
Production PV
Pas de temps: ½ horaire
Horizons: H+1 – J+3
...



- Livrable #1: la prévision de la courbe de charge
 - Prédiction de la production (ici, puissance moyenne sur 30mn)
 - Horizons : H-H+6 (prévisions Très Court Terme), J, ou J+1 (Court Terme)



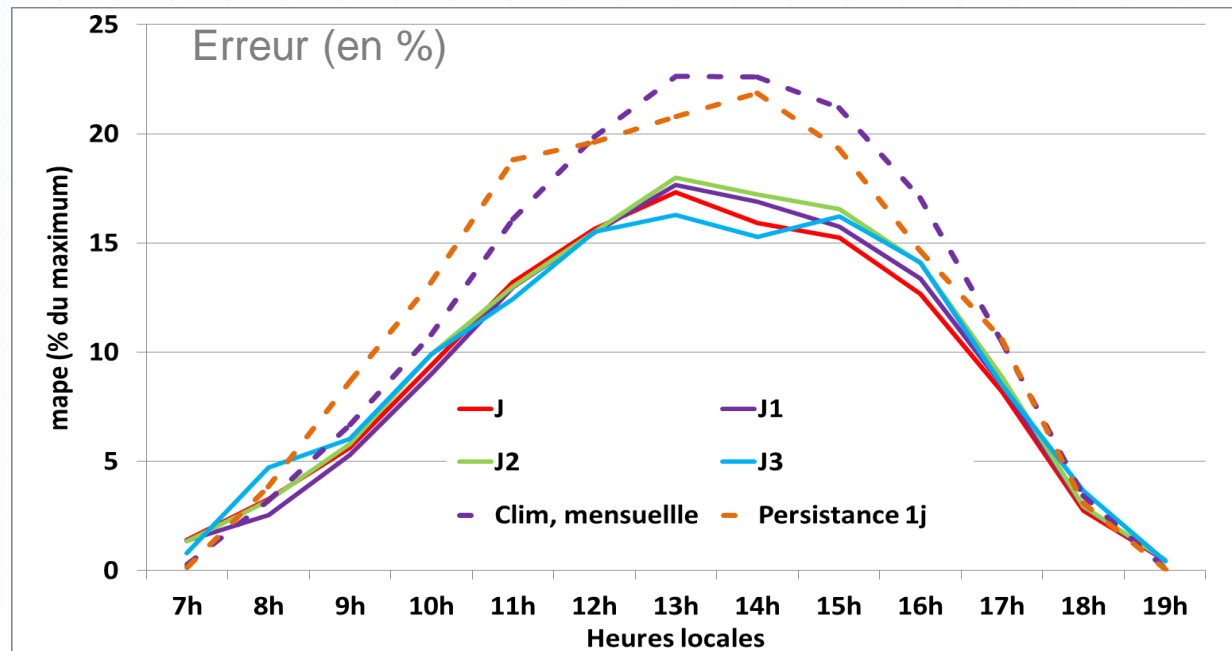
Utiliser le réalisé pour actualiser la prévision TCT permet de réduire de 30% l'erreur



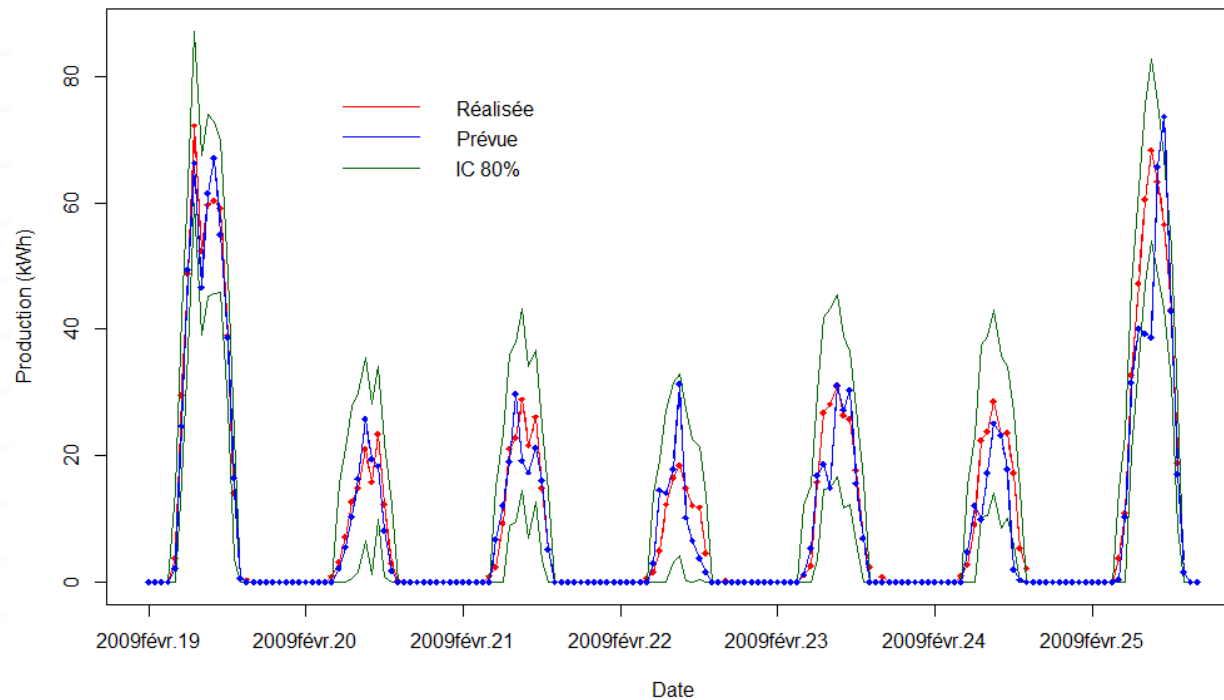
- Livrable #2: le score de prévision
 - Erreur (%) par rapport au réalisé (relative au max observé)
 - Comparaison à d'autres techniques de prévision:
 - Persistance (« ma production est égale à la production de la même heure la veille »)
 - climatologie



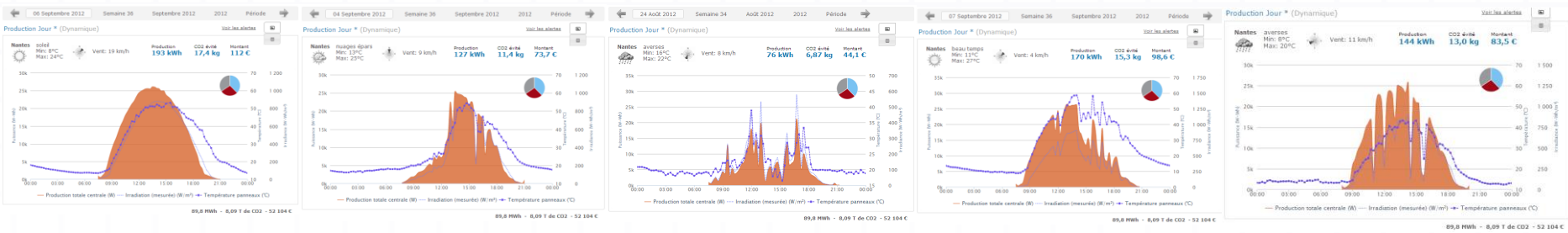
Prévoir une quantité d'énergie sur la journée permet de réduire de 20% l'erreur



- Livable #3: l'intervalle de confiance.
 - Celui-ci donne une indication complémentaire sur l'incertitude de la prévision annoncée et est une aide à la décision indéniable.



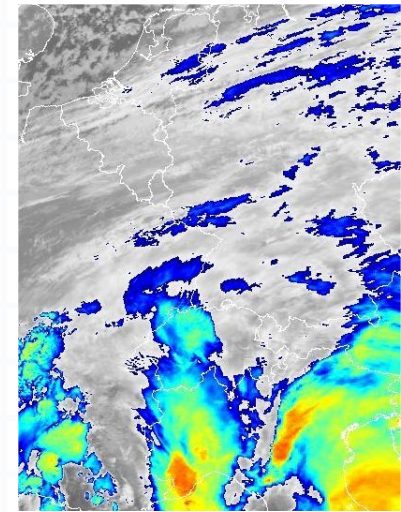
- Livrable #4: la probabilité d'être dans une classe de nébulosité/production
 - Ciel clair
 - Nuageux le matin
 - Nuageux toute la journée
 - Nuageux l'après-midi
 - Temps de traîne (intermittence)



- L'amélioration des outils de prévision très court terme

- **L'exploitation des images satellites**

- Des produits de prévision immédiate existent mais sont aujourd'hui exploités exclusivement par les météorologues pour des besoins de sécurité des biens et des personnes
- Ces produits sont basées soit sur de l'image satellite, soit sur de la donnée radar



- **L'exploitation des images au sol (caméra)**

- Actuellement à l'état de recherche



- Les besoins en matière de prévision sont divers
 - Par leur horizon, leur granularité
- Ils sont conditionnés par la prévision météorologique
 - Qui est incertaine, et en particulier pour les paramètres liés à la nébulosité
- La prévision livrée doit être assortie de son intervalle de confiance
- Etant donné les limites actuelles des prévisions météorologiques, il vaut parfois mieux être moins précis mais plus fiable
 - Prévision de la probabilité d'appartenance à des régimes de production
 - Prévision d'une quantité d'énergie

- Les outils de prévision sont aujourd'hui perfectibles
 - **En travaillant en amont sur la prévision météorologique**
 - Sur les schémas radiatifs des modèles de prévision
 - Sur l'adaptation des prévisions aux effets locaux grâce à la mesure
 - **En travaillant sur les modèles de prévision**
 - En jouant la complémentarité entre modèles statistiques et physiques pour mieux prendre en compte certains processus (ombrage par exemple)

- Les équipes de METNEXT sont à votre disposition pour répondre à vos besoins alors n'hésitez pas à nous contacter!

Sophie MOREL
Directrice des Etudes
Sophie.morel@metnext.com
Tel: 06 76 93 06 70

Damien VAILLE-BRUNET
Ingénieur commercial
Damien.vaille-brunet@metnext.com
Tel: 06 37 01 62 79



Soirée débat
Le 15 Novembre 2012

***PREVOIR LA PRODUCTION
PHOTOVOLTAÏQUE : UN ENJEU
MAJEUR POUR L'EXPLOITATION
DES RESEAUX***

La croissance des énergies renouvelables impacte la gestion du système électrique. En effet, la variabilité supplémentaire introduite par ces productions complexifie l'activité d'équilibre offre-demande et la gestion des flux sur le réseau électrique.

Avec un développement très rapide de l'éolien (25GW attendus d'ici 2020 en France), RTE, le gestionnaire du réseau électrique Français, a déjà développé un système de surveillance de cette production et adapté ses outils et ses pratiques pour continuer à assurer la sûreté du système électrique.

Et il est aujourd'hui nécessaire de poursuivre ces adaptations avec la croissance tout aussi rapide de la production photovoltaïque. La capacité installée a déjà dépassé les 3GW et, même si la très grande majorité de ces installations est raccordée sur les réseaux de distribution, l'impact sur le système électrique est significatif. RTE a donc décidé de compléter ces outils par un modèle de prévision de la production photovoltaïque, avec les contraintes propres à cette énergie :

- En utilisant des données météo permettant d'expliquer cette production,
- Pour prévoir du temps réel jusqu'à deux jours à l'avance,
- Aux échelles importantes pour la gestion du système (du poste au pays en passant par la maille régionale),
- Avec une représentation du parc adaptée aux besoins du gestionnaire de réseau.

Cette présentation sera l'occasion de détailler les différents aspects de cette prise en compte de la production photovoltaïque, qui n'en est qu'à ses débuts et qui devra encore être améliorée...

IEEE P&E S

Jeudi 15 Novembre 2012

17h30 – 19h30

RTE - Tour Initiale

1 terrasse Bellini

Paris - La Défense

Emmanuel NEAU

Diplômé de l'ENSEEIH (Toulouse) en électrotechnique, Emmanuel NEAU a débuté sa carrière à la distribution (DEGS) en 1998, en tant qu'ingénieur chargé de la planification long terme du réseau HTA sur le département de la Gironde.

A partir de 2000, il a rejoint la R&D d'EDF dans le domaine des systèmes d'information et de l'informatique industrielle, où il a été chef de projet pour la réalisation d'un système de surveillance des ressources en eau et du génie civil des installations de production.

Depuis 2003 à la R&D de RTE, ses activités couvrent l'ensemble du domaine Equilibre Offre-Demande, de la définition du calcul de risque (dimensionnement des marges et réserves) aux études sur l'évolution des règles et du design de marché. Ces 5 dernières années, ses travaux ont porté surtout sur l'intégration des énergies renouvelables et l'impact de la charge des véhicules électriques.



Réseau de transport d'électricité

Production Photovoltaïque

Des prévisions pour l'exploitation du système électrique



Soirée IEEE-PES – 15 Novembre 2012 – PARIS

Photovoltaïque : des prévisions météo aux prévisions de production

Sommaire

01. **Aperçu de la production photovoltaïque en France**
02. **Modélisation de la production d'une installation**
03. **Et pour une région, quelle modélisation ?**
04. **Représentation des capacités raccordées**
05. **Variabilité & Prévision**

01



La production photovoltaïque en France

Production Photovoltaïque en France : quelques chiffres

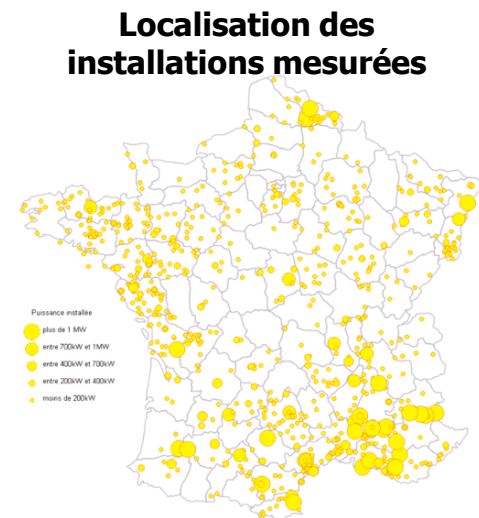
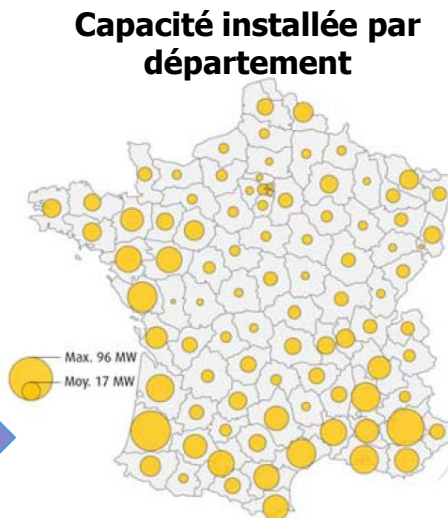
Une production relativement nouvelle ...

- Un peu plus de 3000 MW installés aujourd'hui
- Raccordés principalement au réseau de distribution
- Avec plus de 220 000 installations !

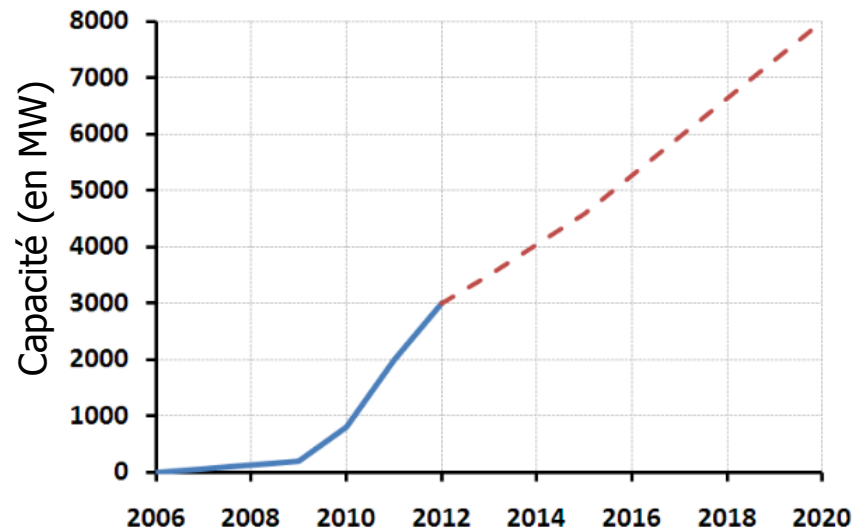
... et « peu » de données disponibles :

- Fournies par les gestionnaires des réseaux de distributions un mois après :
 - Estimations des localisations et des capacités installées,
 - Comptages 10mn sur plus de 1 000 installations « importantes » (> 250kVA),
- Très peu de mesures temps réel

Comparaison entre capacité installée par département et mesures disponibles en M+1



Capacité Photovoltaïque en France



Production Photovoltaïque et Système Electrique

La capacité installée a déjà un impact sur la gestion du système électrique...

- Sur l'Équilibre Offre-Demande (EOD)
 - *En modifiant l'équilibre entre la production et la consommation,*
 - *En introduisant des variations qui peuvent augmenter les besoins en réserves nécessaires pour assurer cet équilibre.*
- Sur les analyses de sécurité
 - *En modifiant les flux où la production est importante.*
- Sur l'exploitation et les opérations de maintenance.

... c'est pourquoi des prévisions de ces productions sont nécessaires

- A grande échelle, de manière à prendre en compte toute la capacité installée
 - ***L'utilisation de prévisions améliore l'équilibre du système électrique***
 - ***L'amélioration de ces prévisions limite les besoins en réserves additionnelles.***
- A l'échelle locale, où les injections des installation sur le réseau sont significatives
 - *Pour améliorer la qualité des estimations des flux sur le réseau*

02

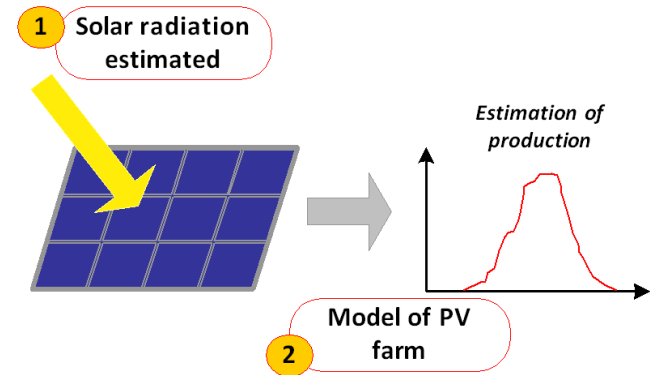


Modélisation de la production pour une installation

Modélisation d'une installation – comment ? (1/2)

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

- Rayonnement solaire ou Irradiance (en W/m^2)

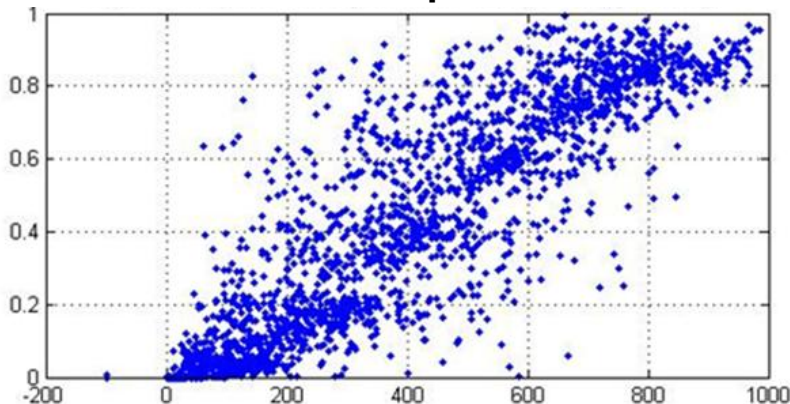


... malheureusement « difficile » aujourd'hui :

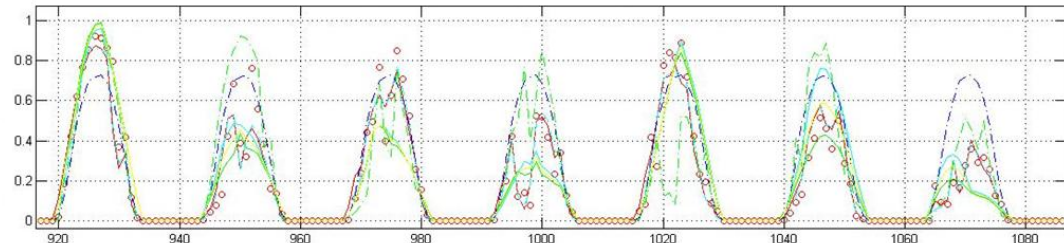
- Préviation météorologiques de Météo France opérationnelles (mais difficilement accessibles et avec beaucoup d'incertitudes),
- Pas de mesures d'irradiance (ni d'autre paramètres météo) des installations.

➤ **Des études prospectives encore en cours...**

Relation entre production et estimation d'irradiance fourni par Météo France



Estimations de production à partir de mesures d'irradiance

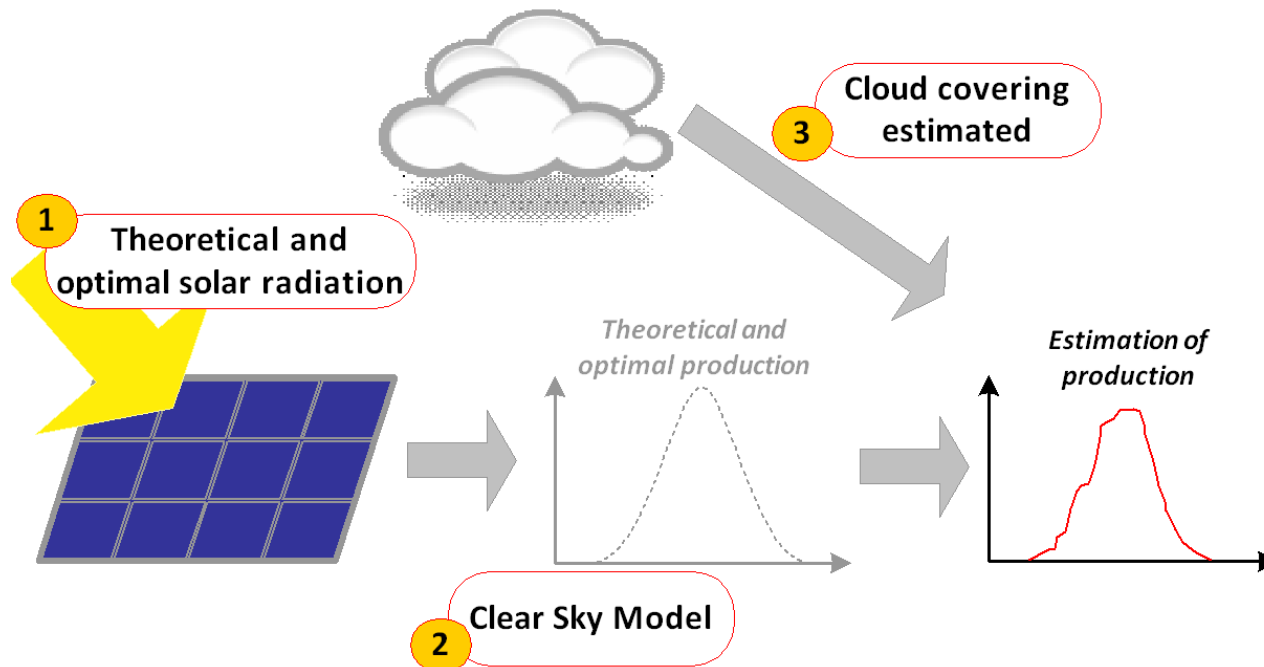


Modélisation d'une installation – comment ? (1/2)

En se basant sur les données météo utilisées aujourd'hui à RTE ...

- Mesures de production pour plus d'un millier d'installations PV,
- Prévisions pour plus de 32 stations météos avec température et nébulosité
- Données utilisées quotidiennement en opérationnel pour la prévision de consommation d'électricité.

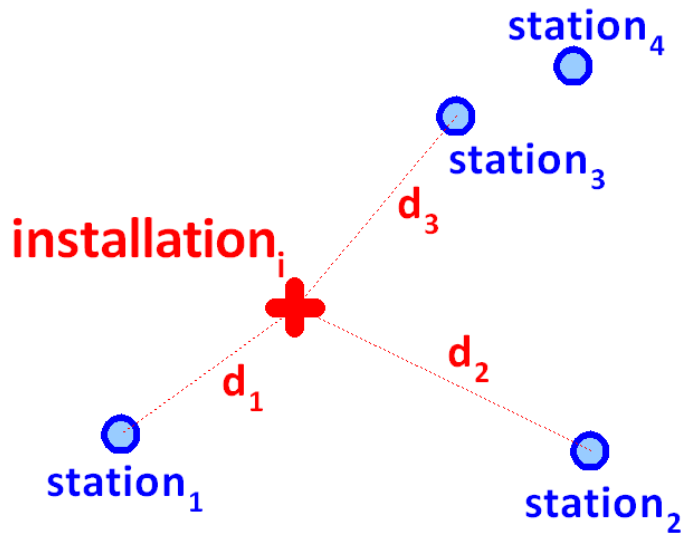
... et plutôt qu'un modèle cherchant à expliquer la production à partir de l'énergie primaire (irradiance), nous avons cherché à modéliser la réduction d'une production théorique causée par la couverture nuageuse.



Données météo pour les installations de production

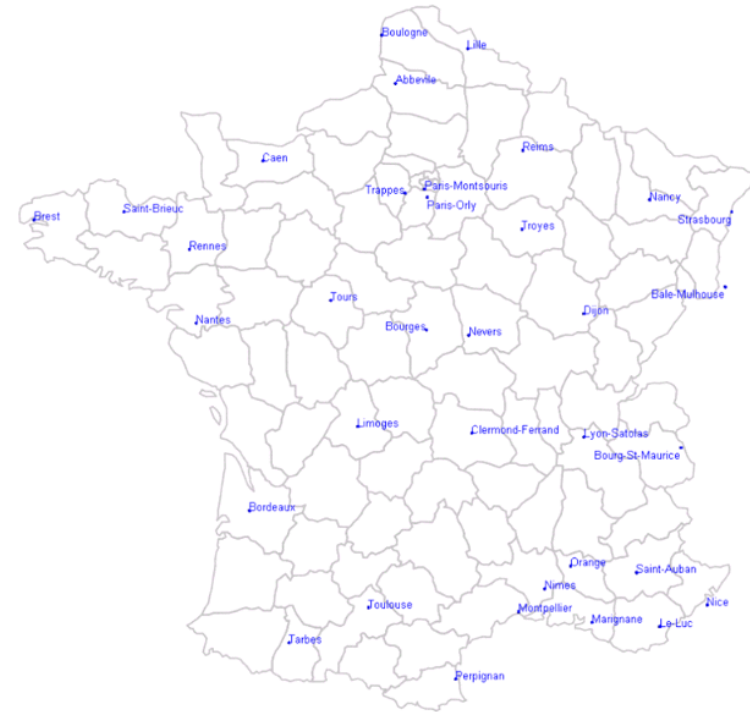
Des stations météo aux installations PV

- Seulement 32 stations météo (disponible à RTE) réparties sur tout le territoire,
- Parfois loin des installations de production,
- Mesures horaires et prévisions jusqu'à 72h par station qui doivent être ajustées aux fermes PV.



 PV Installation

 Weather Station



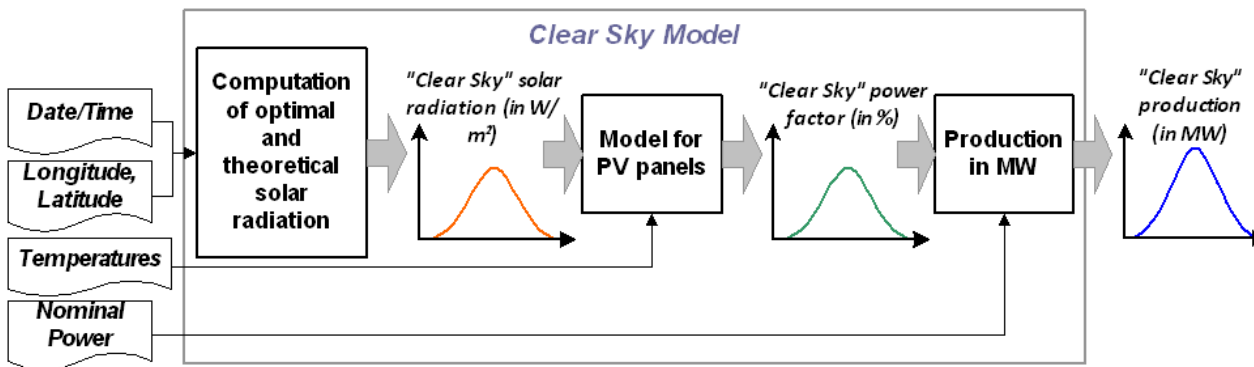
Ajustement spatial des données météo

- Pour la température et la nébulosité,
- En prenant en compte, pour chaque ferme PV, plusieurs des stations météo les plus proches.

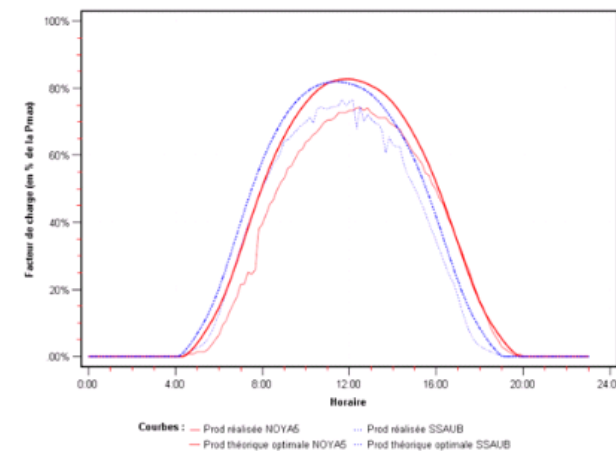
Production théorique optimale : un modèle « ciel clair »

Un modèle développé à RTE (R&D):

- Synthèse de nombreuses publications (2009)
- Irradiance : représentation du rayonnement solaire reçu au sol (à partir de la date et de l'heure, de la localisation ...)
- Modèles physiques des panneaux PV : de la transformation du rayonnement solaire en production à la sortie des onduleurs, à partir de données constructeurs
- Fourni un facteur de charge théorique optimal pour n'importe quelle installation* à n'importe quelle date.



Comparaison entre estimation de production fournie par le modèle « ciel clair » et la production réelle de deux installations (à différentes dates lors de jours sans nuage)

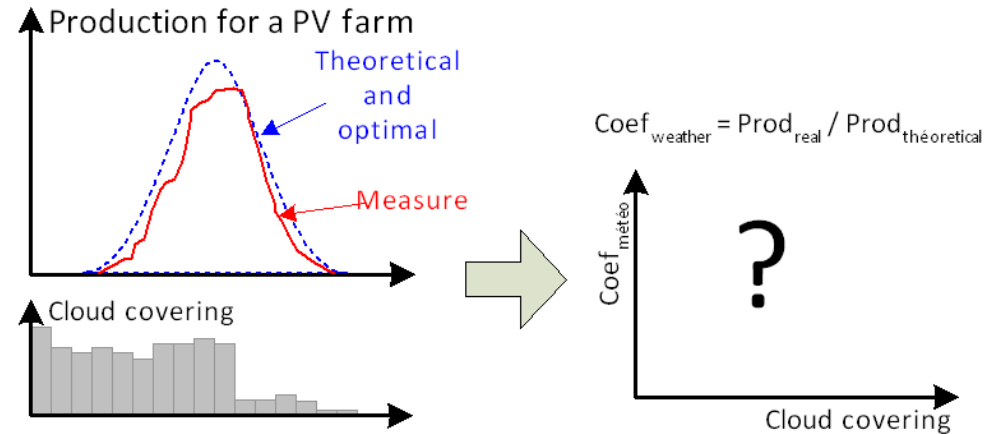


* : approximative, en prenant des caractéristiques moyennes si la description de l'installation n'est pas connue

Impact de la nébulosité sur la production PV ?

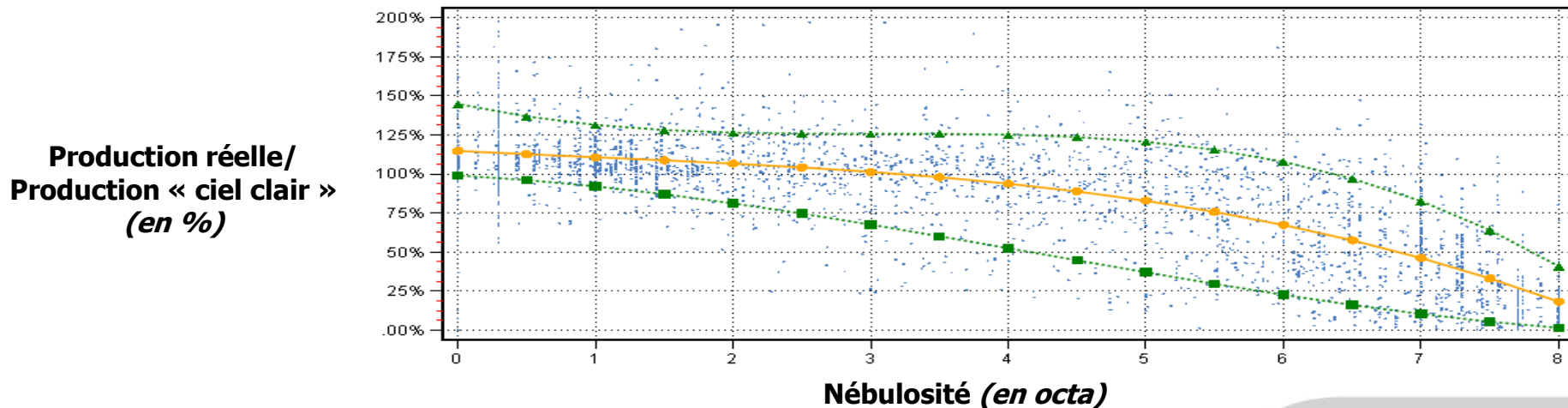
Estimation de production :

- A partir de la production « ciel clair » (optimale théorique)
- Avec indice de couverture nuageuse
- En considérant le ratio entre production réelle et production « ciel clair » (plutôt que la différence).



L'analyse à partir des mesures de production et de la nébulosité permet de modéliser l'effet de réduction de la production « ciel clair ».

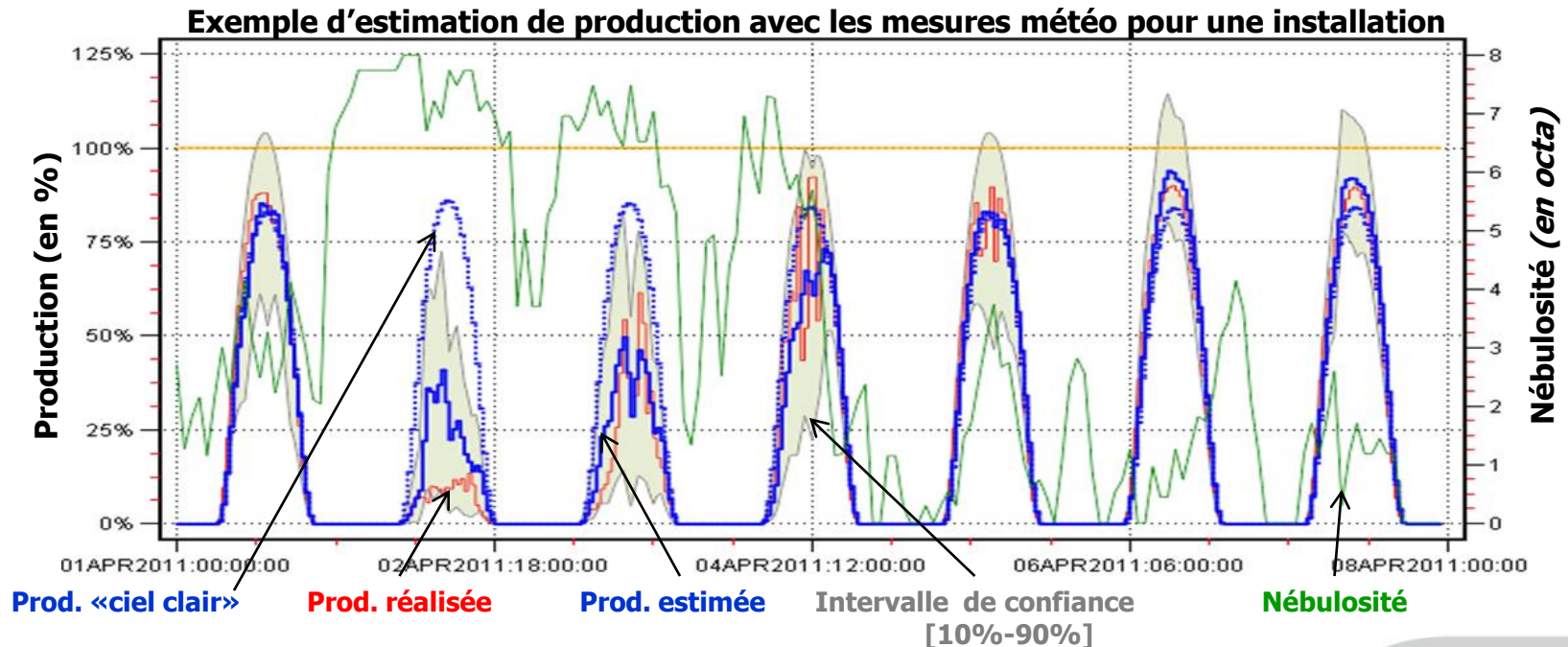
Illustration de la réduction de la production « ciel clair » par la nébulosité.



Estimation de production pour une installation PV

Estimation de production avec les mesures météo

- Analyses sur [2009-2010]
- Avec les données météo réalisées
- Et les mesures de production (au pas 30 minutes)
- Les prévisions sont réalisées avec le même modèle (et les prévisions météo)
- Les erreurs calculées uniquement sur la période de production (prod. ciel clair > 10%)
- Résultats:
 - *Pas de biais et un RMSE entre 7 et 10% pour ces estimations*
 - *Pour les prévisions à 72h, RMSE entre 9 et 13%*



03



Et pour une région, quelle modélisation ?

Comment considérer des regroupements d'installations ?

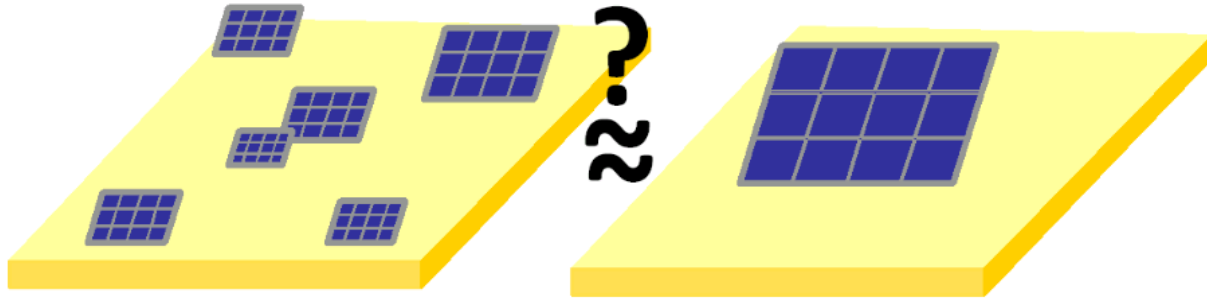
Une approche différente de celle pour une seule installation PV

- Echelle = poste source, région, pays
- Utile de considérer la production diffuse alors
- Pour réduire le nombre d'installations à prendre en compte pour l'estimation de production :
 - *Deux méthodes différentes :*
 1. *Méthode 1 : estimer la production de chaque installation d'un regroupement puis en faire la somme*
 2. *Méthode 2 : Considérer une centrale virtuelle sur laquelle serait réalisée cette estimation de production.*
 - *Comment construire cette centrale virtuelle ?*
 - *Quelles sont les performances de chaque méthode ?*

Centrale photovoltaïque « virtuelle »

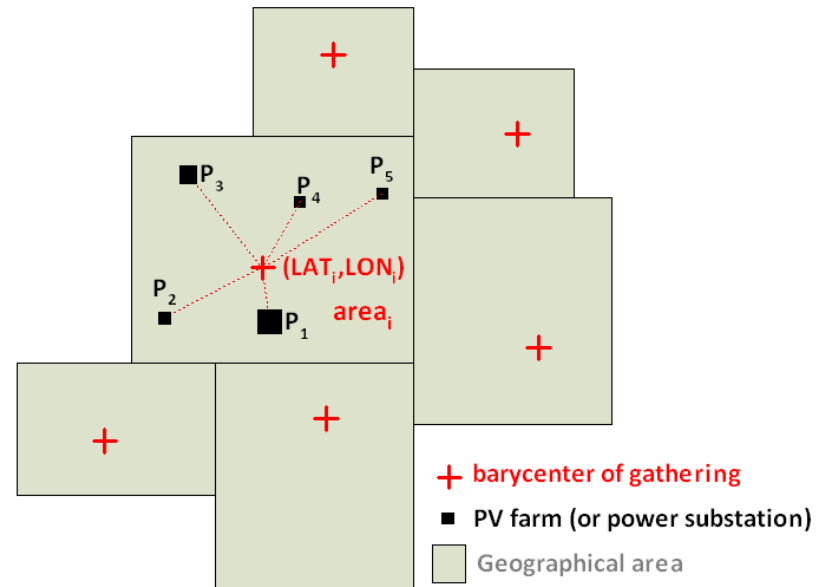
Groupe d'installations ou centrale virtuelle ?

- Regrouper les installations de production sur un nœud électrique (poste source) ou une région



Définition des caractéristiques des centrales virtuelles :

- **Capacité installée** = somme des capacités de chaque installation considérée
- **Localisation** = barycentre des localisations de chaque installation considérée

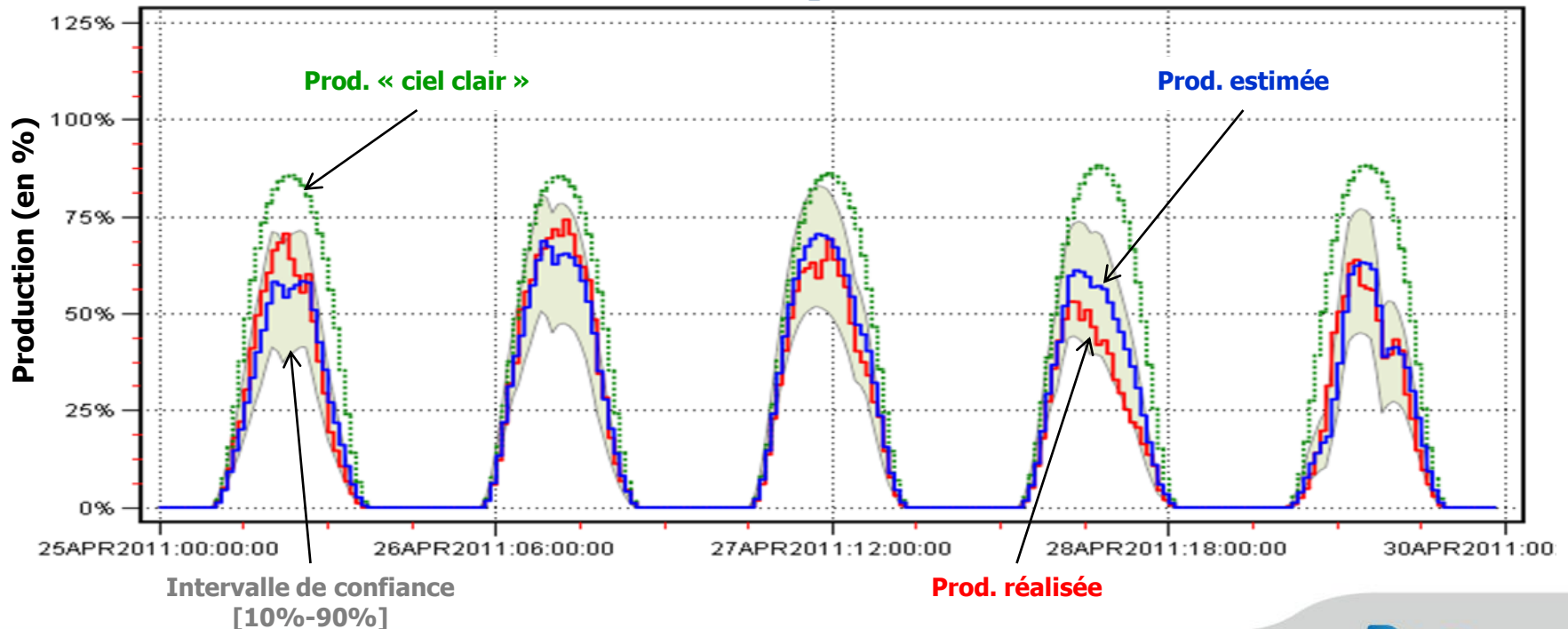


Estimation de production de groupes d'installations

Les deux méthodes semblent équivalentes

- Analyses sur [2010-2011]
- A partir de la météo réalisée
- Mesures de production de 30mn
- Très peu de biais (peut être ajusté)
- RMSE entre 4% (France) et 10% (postes sources),
- 2 à 3% ajoutés au RMSE pour les prévisions à horizon 72h.

Exemple d'estimation de production pour une région



04



Représentation des installations PV

Représentation des installations PV

Obligations :

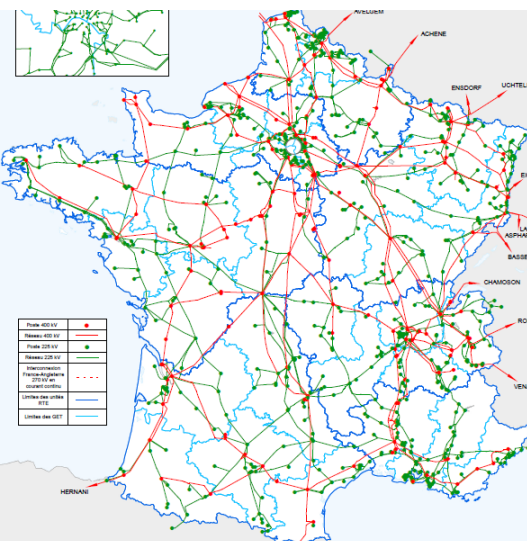
- Prendre en compte **toute la capacité PV installée** pour permettre la gestion de l'équilibre production-consommation
- Ne considérer les injections (de PV) aux nœuds électrique **que lorsqu'elles ont un réel impact** pour les études de réseaux.

Contraintes :

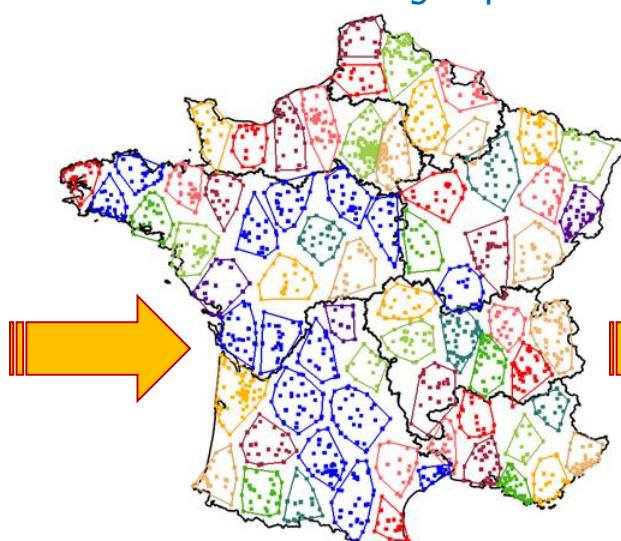
- Vu le nombre d'installations PV, obligation de simplifier la représentation des centrales de production.

Méthode :

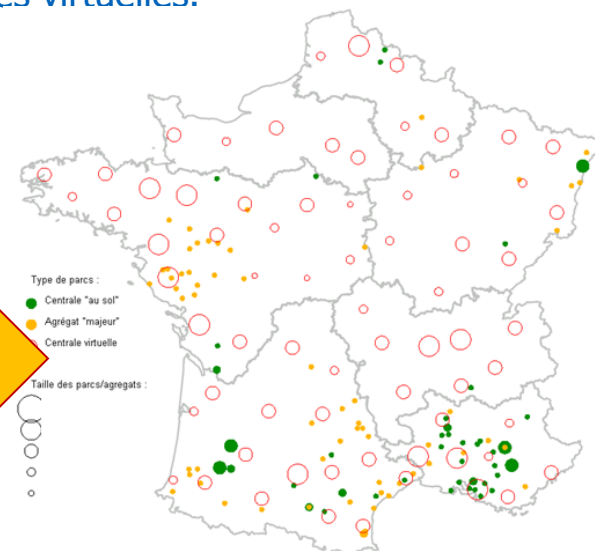
1. Représentation des installations importantes ($> 1\text{MW}$),
2. Représentation des capacités importantes ($> \text{xMW}$) raccordées aux postes sources,
3. Petites installations et production diffuse sont regroupées en centrales virtuelles.



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

05



Variabilité & Prévision

Variabilité, Prédiction & Intervalles de confiance

Une production dont la variabilité dépend fortement de l'échelle ...

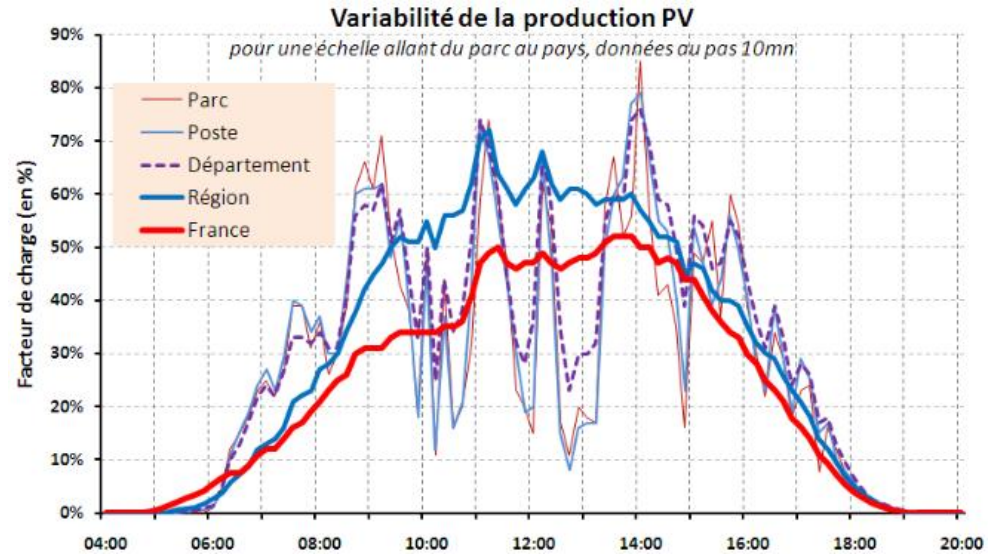
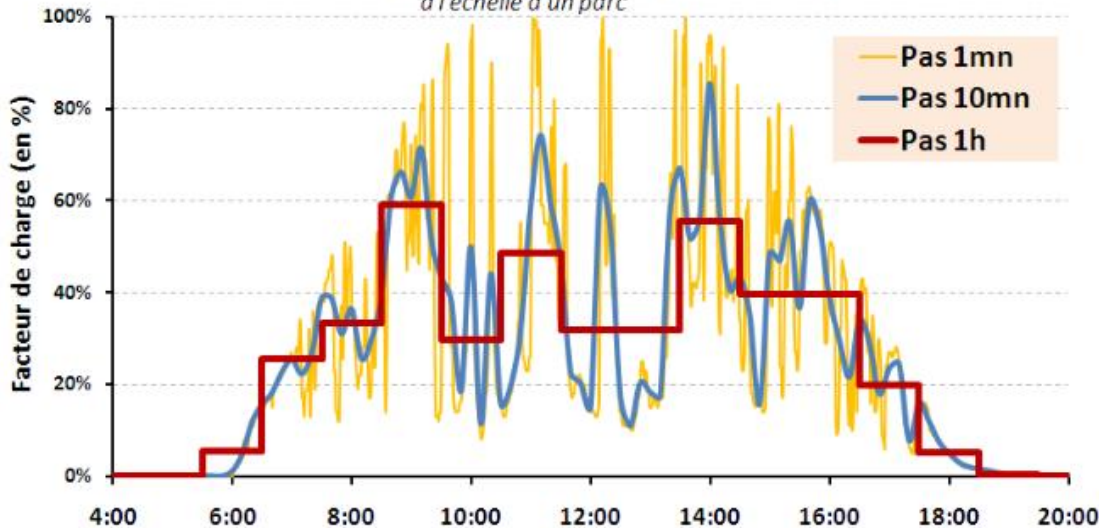


Illustration de la variabilité de la production PV

à l'échelle d'un parc



... Mais également du pas de temps considéré !

IC suffisant ? Ou information prévisionnelle supplémentaire pour renseigner sur la variabilité ?

Conclusions

Conclusions

Prévisions : fondamentales et à améliorer

- L'intégration d'un grand volume d'EnR ne se fera pas sans de bonnes prévisions
- Avec une capacité de 3 GW, RTE commence à prendre en compte cette production.

Les prévisions pour un GRT : différent de celles d'un producteur

- Du fait de la zone à couvrir et du nombre d'installations,
- A cause du manque de données et de prévisions météo pas (encore) adaptées,
- Mais possibles avec des méthodes relativement simples.

Un outil opérationnel à RTE (en cours)

- Pour intégrer ces productions dans nos activités (EOD et gestion du réseau),
- Pour continuer à travailler sur nos modèles et améliorer les prévisions avec l'augmentation de la capacité installée,
- IPES V2, en cours de déploiement.

Merci de votre attention

Emmanuel NEAU

RTE – R&D department

9 rue de la porte de Buc, 78000 Versailles, France

[emmanuel.neau\(at\)rte-france.com](mailto:emmanuel.neau@rte-france.com)