



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

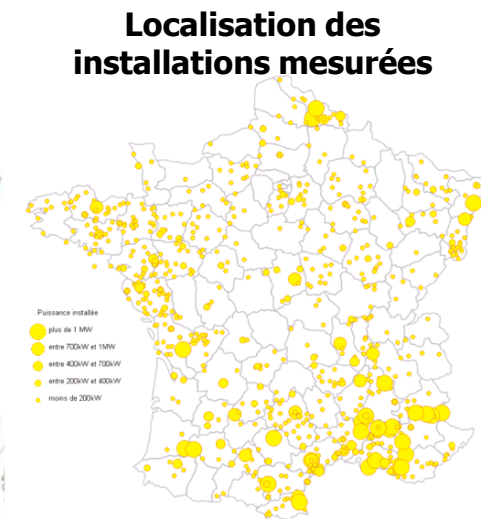
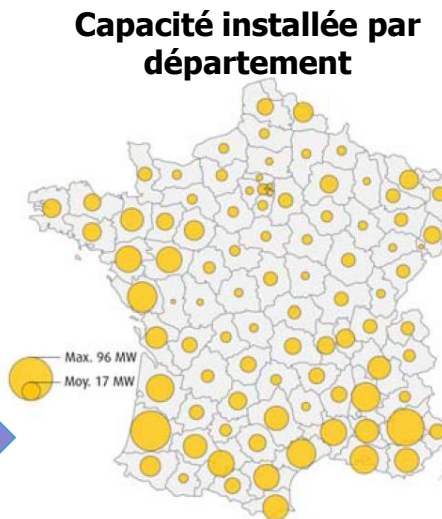
## Une production relativement nouvelle ...

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

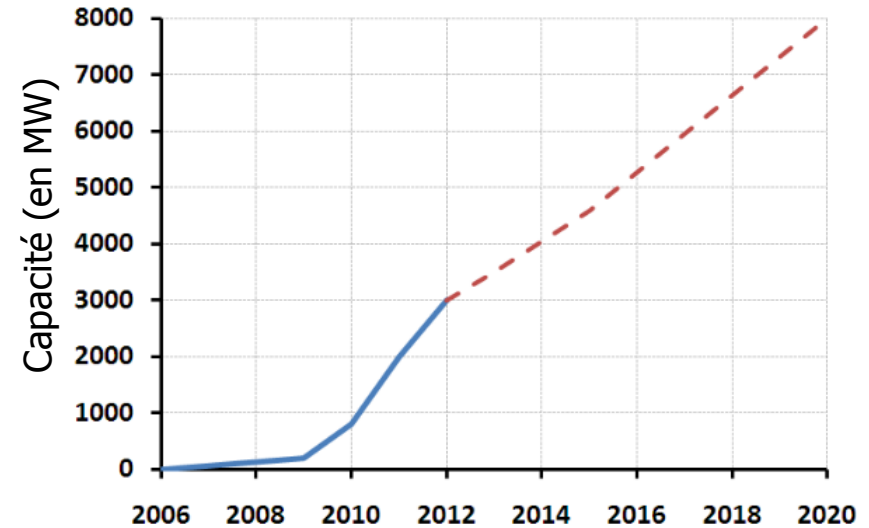
## ... et « peu » de données disponibles :

- 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

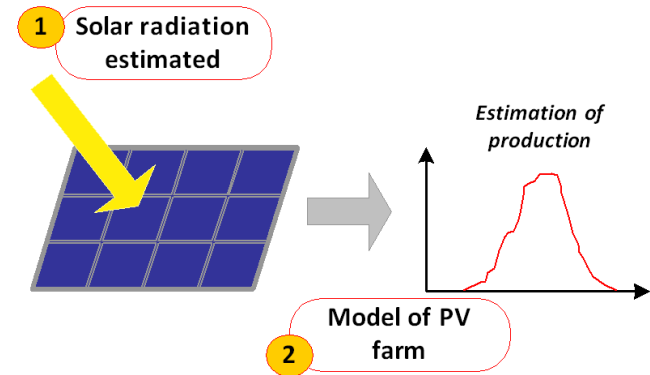


## Modélisation de la production pour une installation

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

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

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

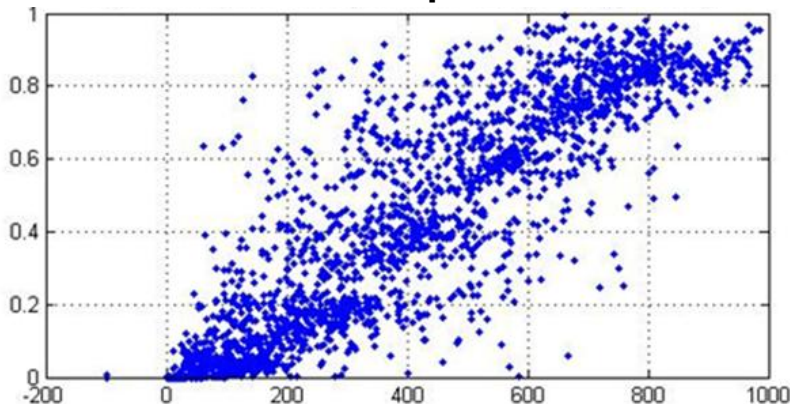


... malheureusement « difficile » aujourd'hui :

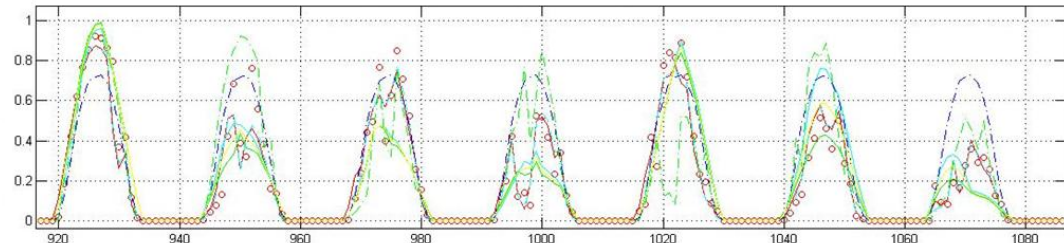
- Préviation météorologiques de Météo France opérationnelles (mais difficilement accessibles et avec beaucoup d'incertitudes),
- Pas de mesures d'irradiance (ni d'autre paramètres météo) des installations.

➤ **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

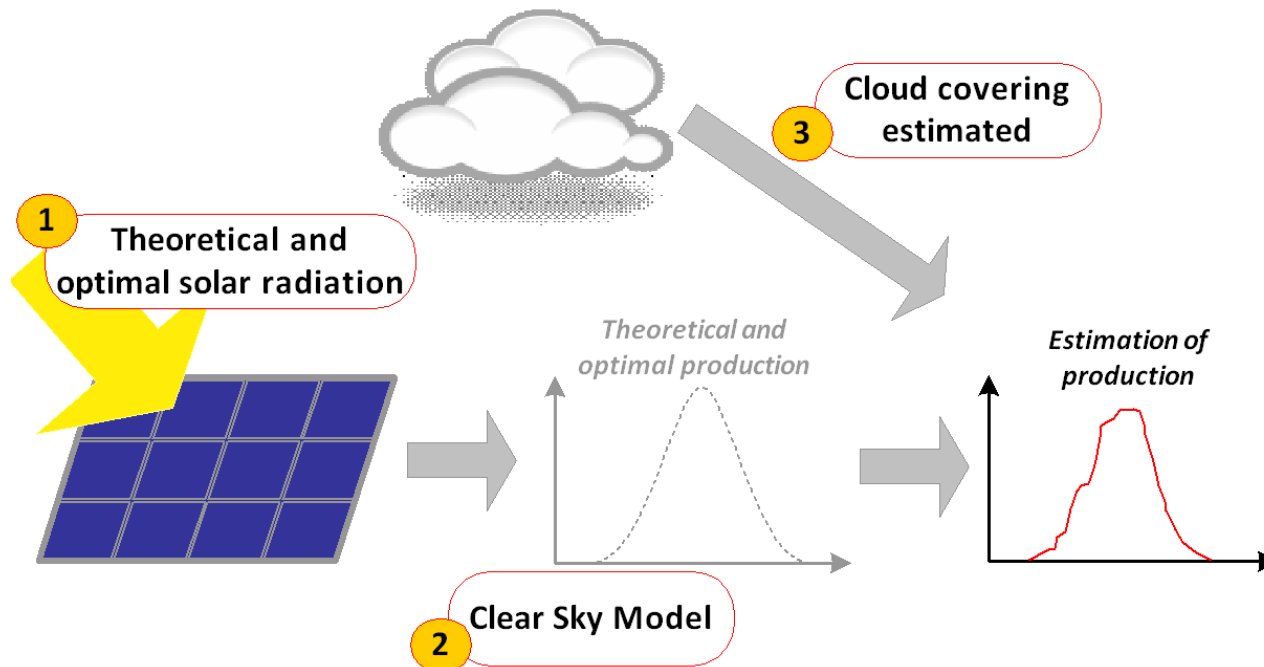


# Modélisation d'une installation – comment ? (1/2)

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.

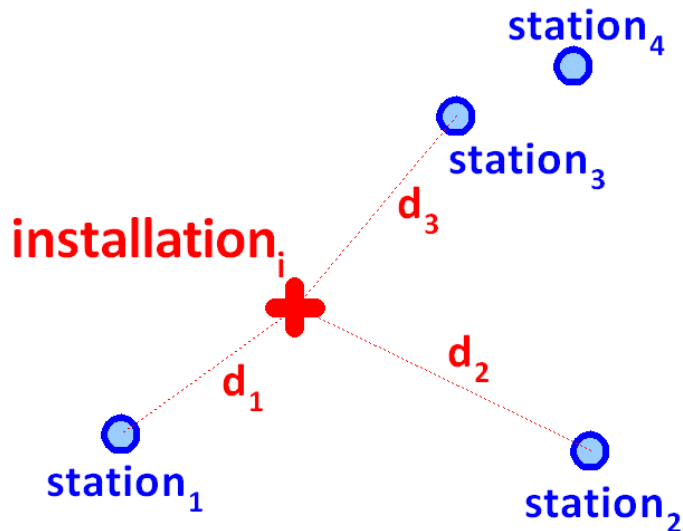




# Données météo pour les installations de production

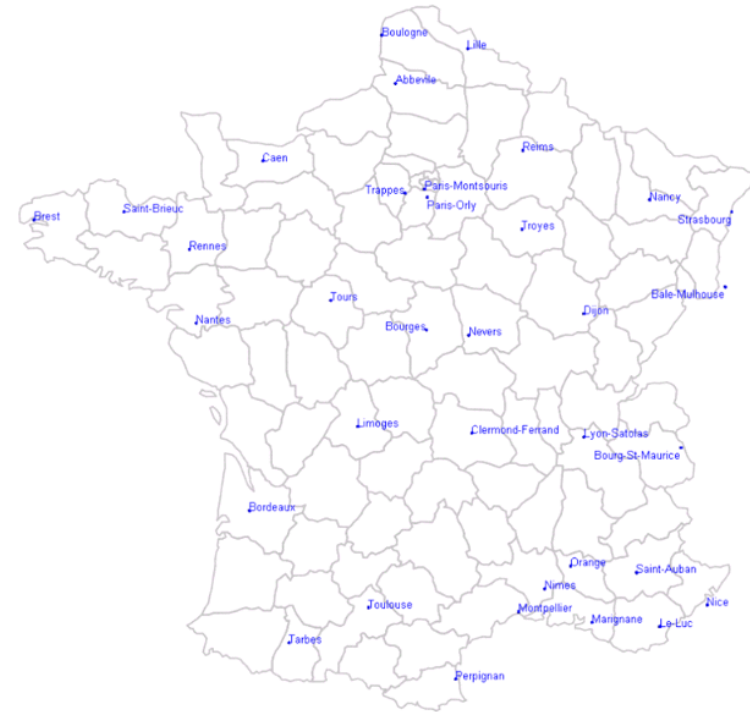
## Des stations météo aux installations PV

- 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



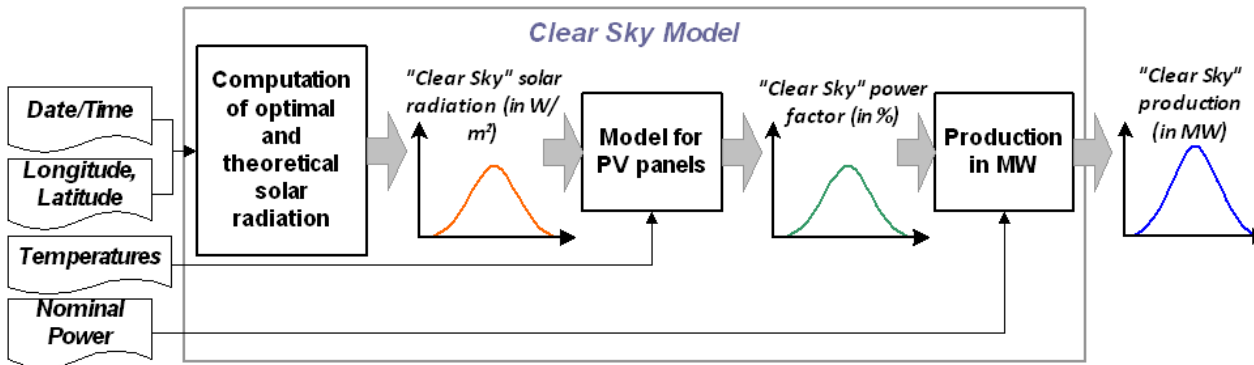
## Ajustement spatial des données météo

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

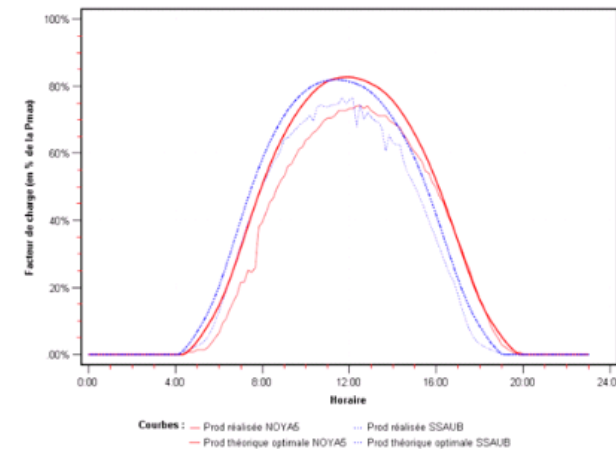
# Production théorique optimale : un modèle « ciel clair »

## 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)

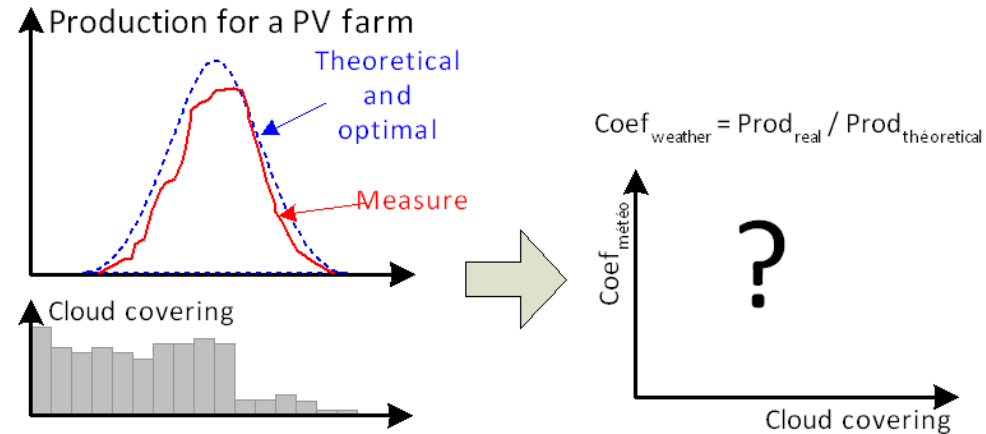


\* : approximative, en prenant des caractéristiques moyennes si la description de l'installation n'est pas connue

# Impact de la nébulosité sur la production PV ?

## Estimation de production :

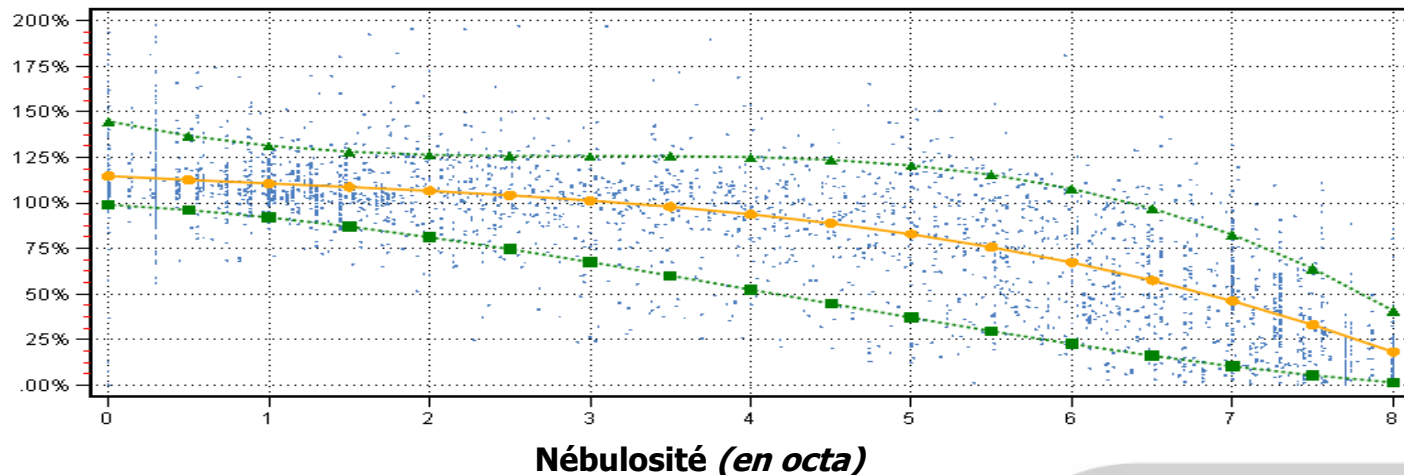
- A partir de la production « ciel clair » (optimale théorique)
- Avec indice de couverture nuageuse
- En considérant le ratio entre production réelle et production « ciel clair » (plutôt que la différence).



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.

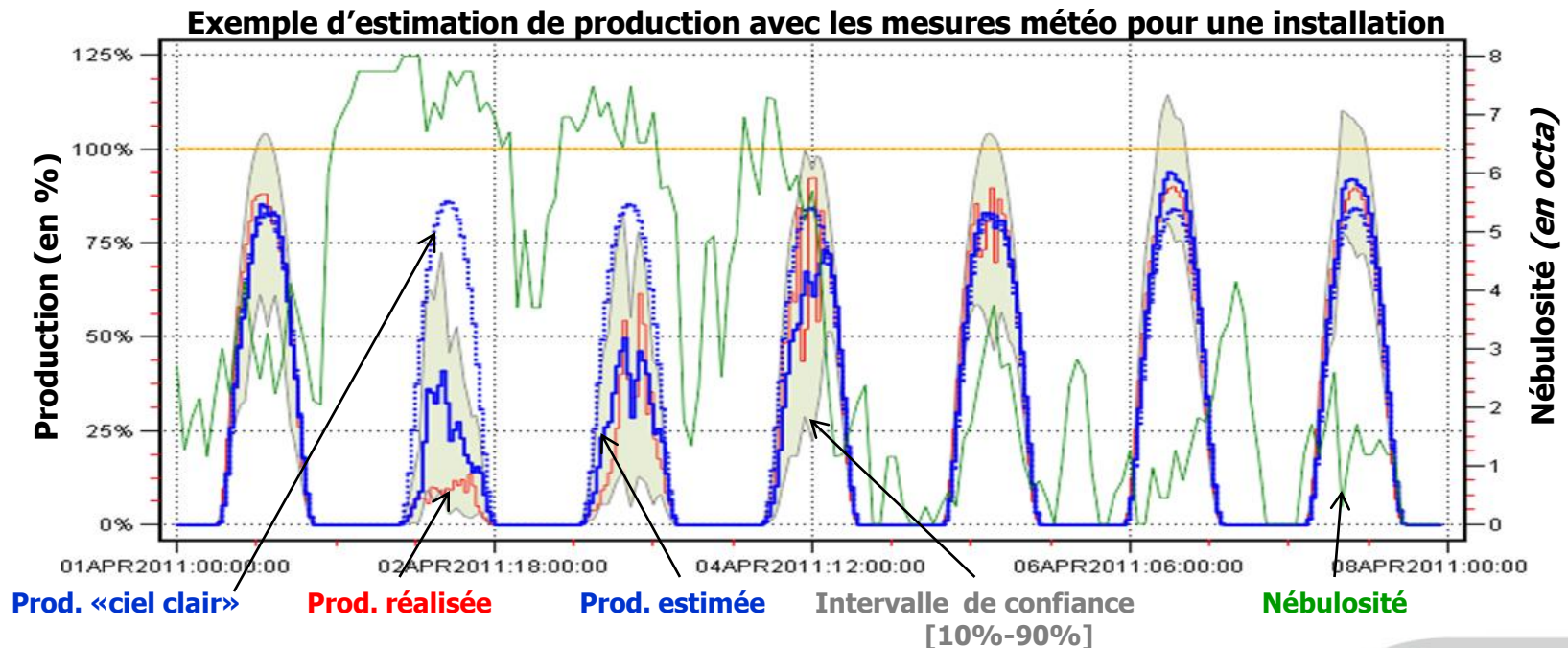
Production réelle/  
Production « ciel clair »  
(en %)



# 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 ?*

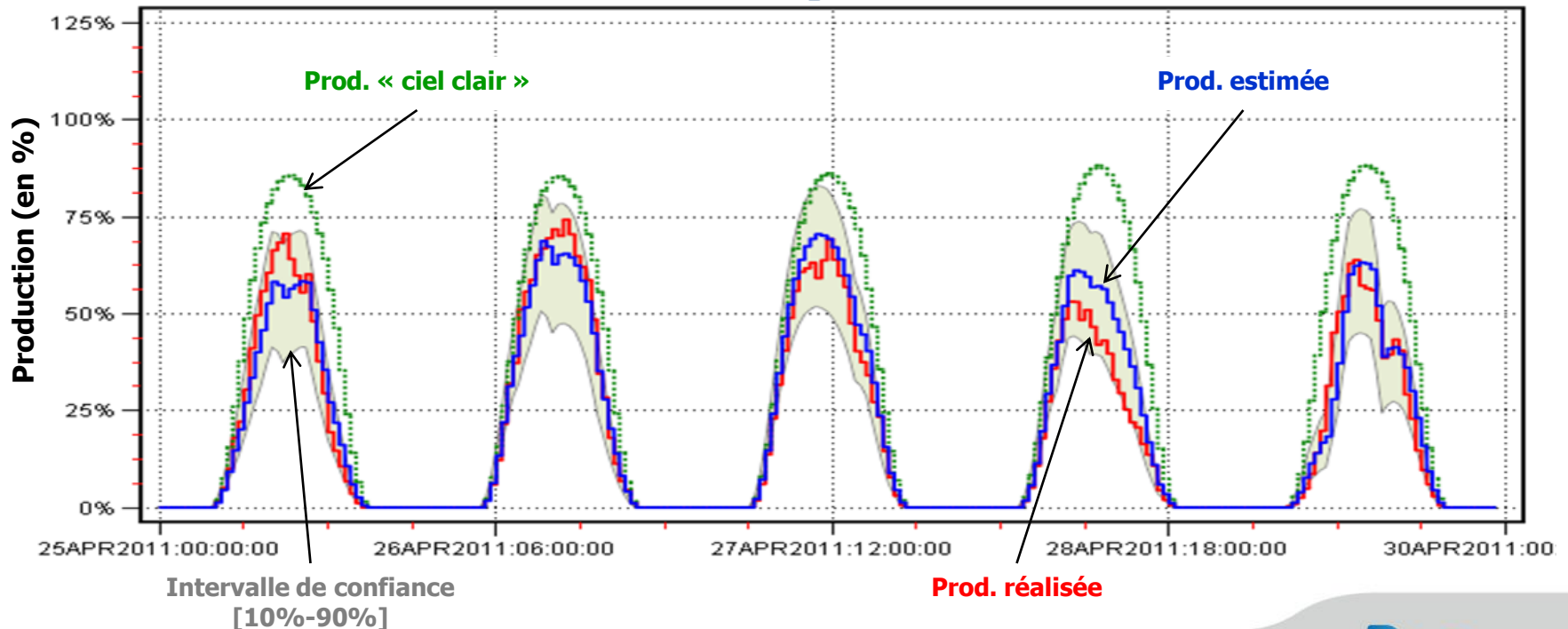


# Estimation de production de groupes d'installations

## 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 :

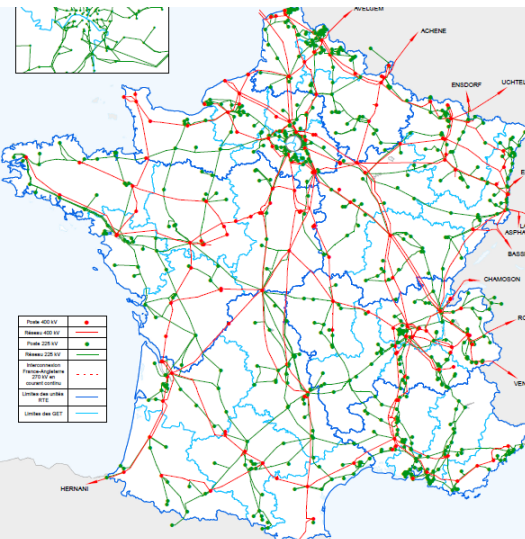
- Prendre en compte **toute la capacité PV installée** pour permettre la gestion de l'équilibre production-consommation
- Ne considérer les injections (de PV) aux nœuds électrique **que lorsqu'elles ont un réel impact** pour les études de réseaux.

## Contraintes :

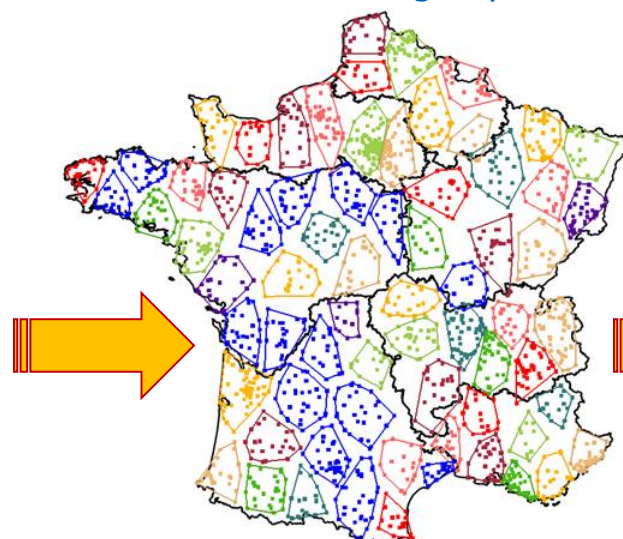
- Vu le nombre d'installations PV, obligation de simplifier la représentation des centrales de production.

## Méthode :

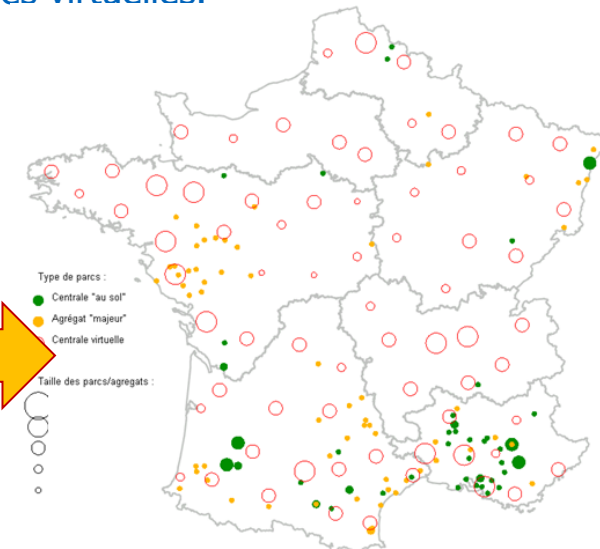
1. Représentation des installations importantes ( $> 1\text{ MW}$ ),
2. Représentation des capacités importantes ( $> \text{xMW}$ ) raccordées aux postes sources,
3. Petites installations et production diffuse sont regroupées en centrales virtuelles.



**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**

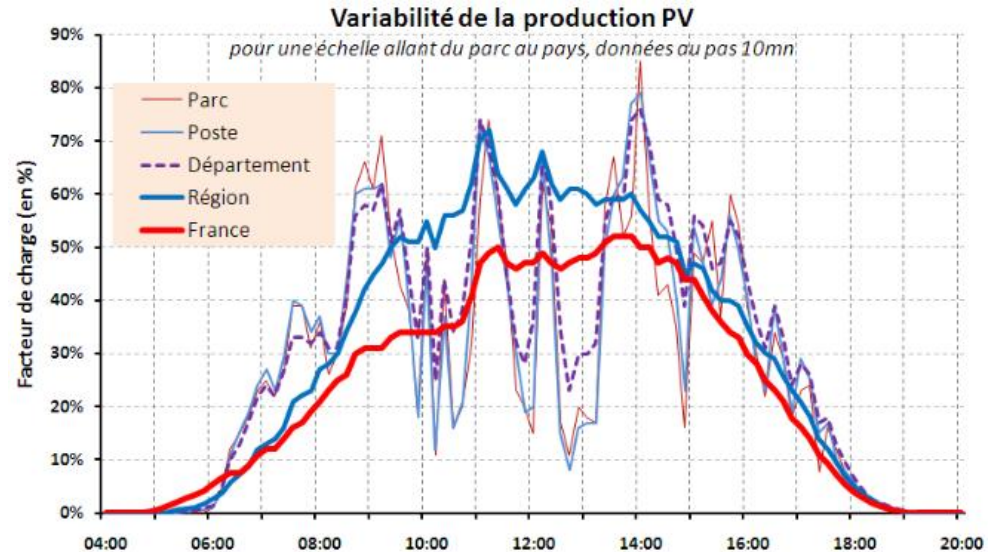
# 05



## Variabilité & Prévision

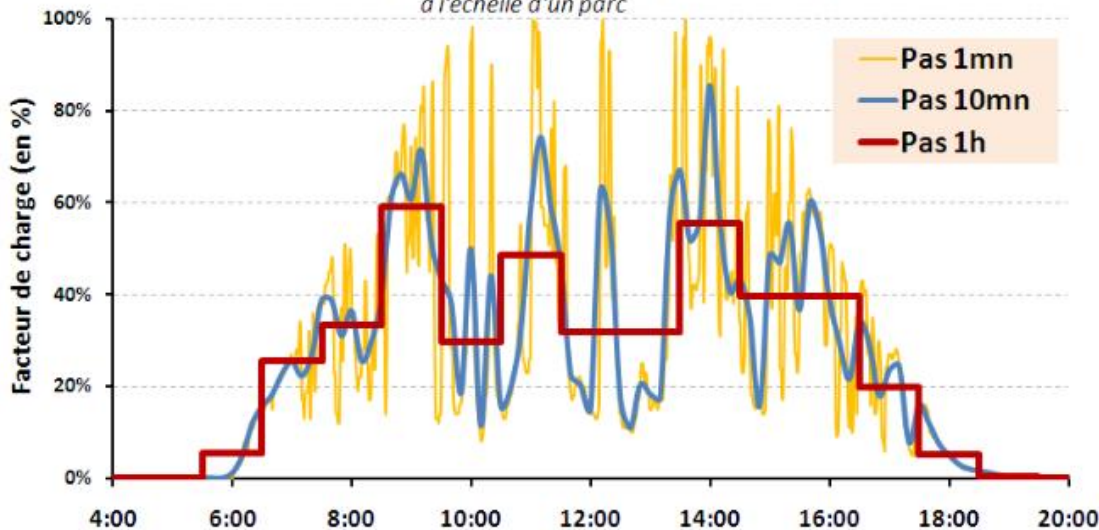
# Variabilité, Prédiction & Intervalles de confiance

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)