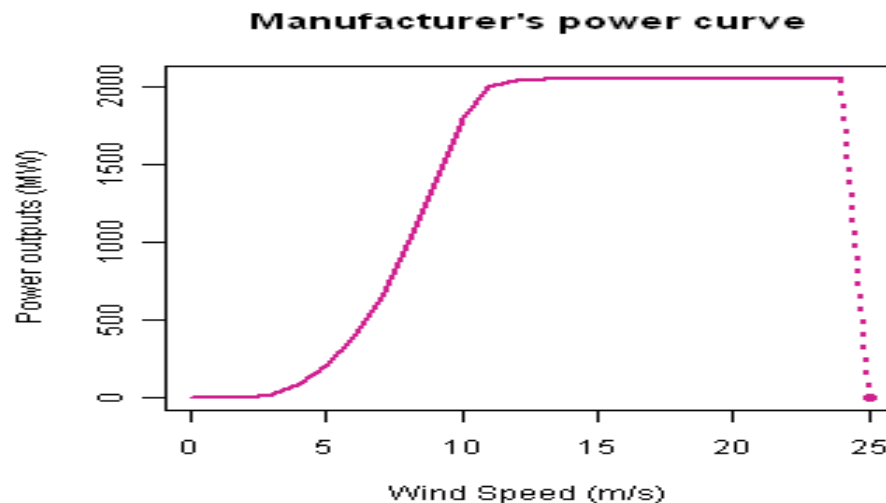


---

# VARIABILITÉ DES PRODUCTIONS PV ET ÉOLIENNES

# Généralités

- Les productions PV et éolienne varient dans le temps.
  - L'origine de ces variations n'est pas maîtrisable
  - Pour le PV ces variations sont principalement dues à celles de l'irradiation solaire
  - Pour l'éolien : variation du vent amplifiée par la nature non linéaire de la courbe de puissance



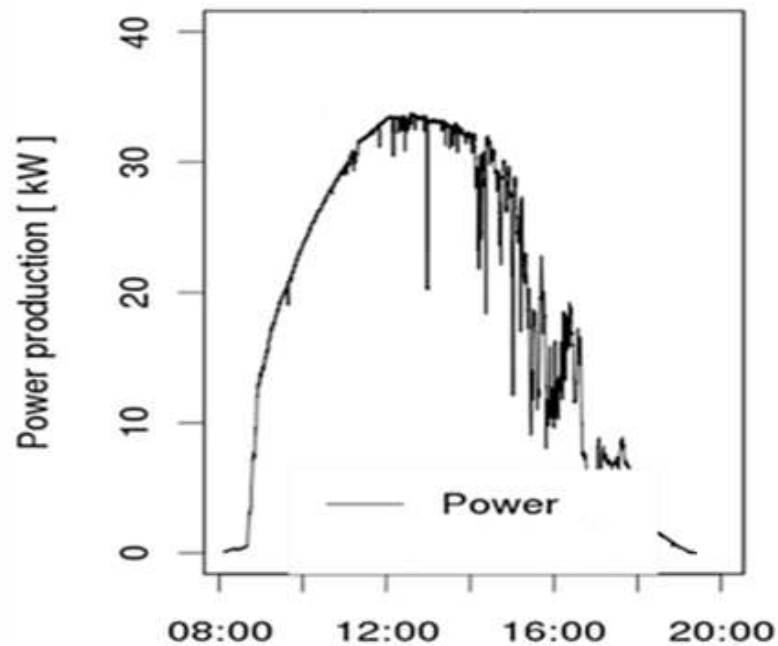
## Plusieurs échelles de temps et d'espace

- Ces variations sont différentes selon l'échelle d'espace et de temps considérée :
  - Rapportées à la puissance installée, variations moins grandes à l'échelle d'un pays ou d'un continent qu'à l'échelle d'une centrale. Ce phénomène est appelé foisonnement.
  - On peut distinguer plusieurs échelles de temps:
    - Les temps très courts : quelques secondes
    - Les temps courts : quelques heures
    - Les variations journalières
    - Les variations saisonnières (celles sur une année)
    - Les variations annuelles (celles sur plusieurs années)

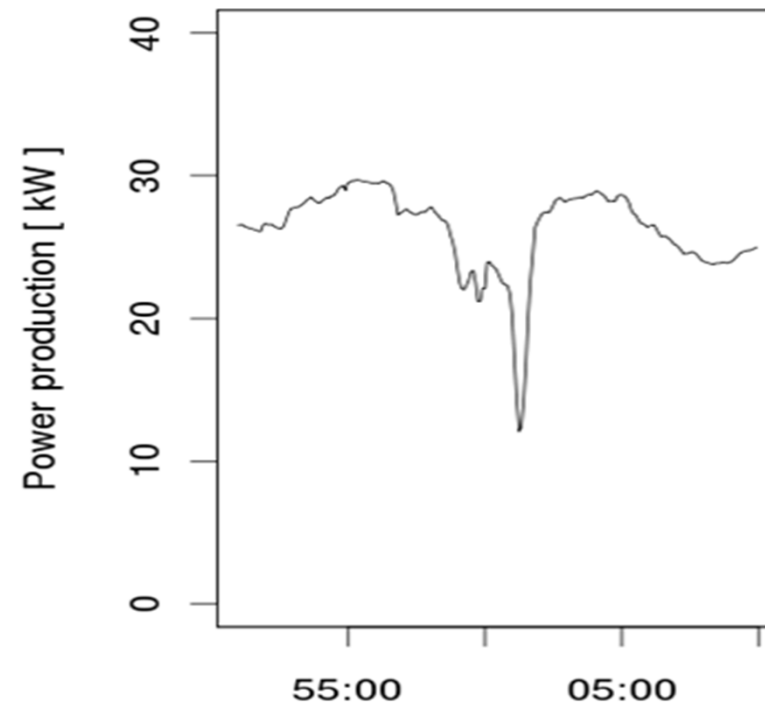
## Variation à court terme à l'échelle d'une centrale PV

- La production PV est très sensible aux variations d'irradiation

Journée

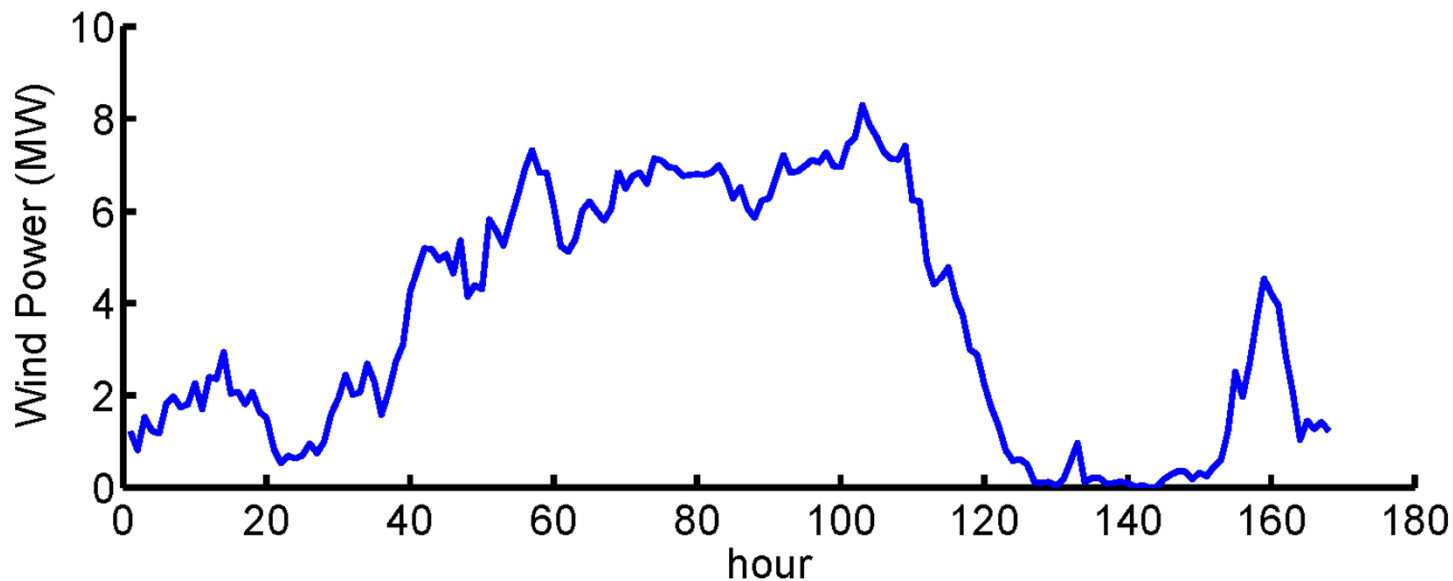


10 minutes



## Variation à court terme à l'échelle d'une éolienne

- L'éolienne agit comme un filtre et les variations à très court terme sont moins importantes que pour le PV

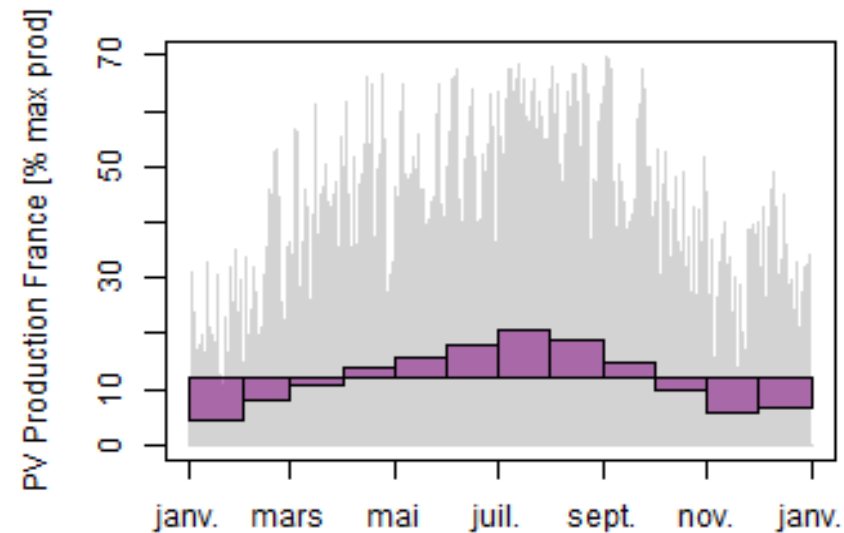
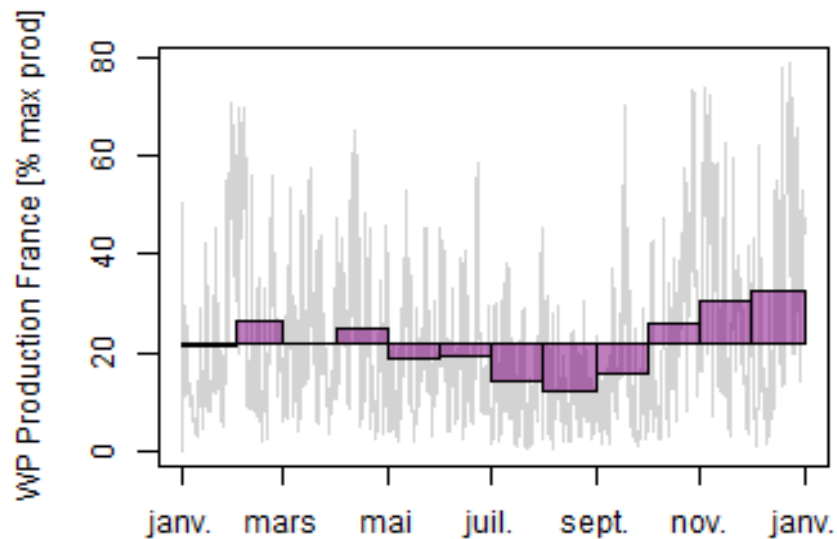


## Solutions existantes

- Gestion de la demande
- Stockage électrique
  - Hydraulique (« STEP » et « micro-STEP »)
  - Air comprimé
  - Stockage électrochimique
- Régulation à la baisse (ou « bridage »)
- Combinaison avec d'autres moyens de production
- Foisonnement et interconnexions

# Variations saisonnières

- Pour le PV la variation saisonnière est la plus grande : 1 mois d'été c'est 4 fois plus de production qu'un mois d'hiver
- Pour l'éolien cette variation est moins grande et en phase avec celle de la consommation (plus de production l'hiver)

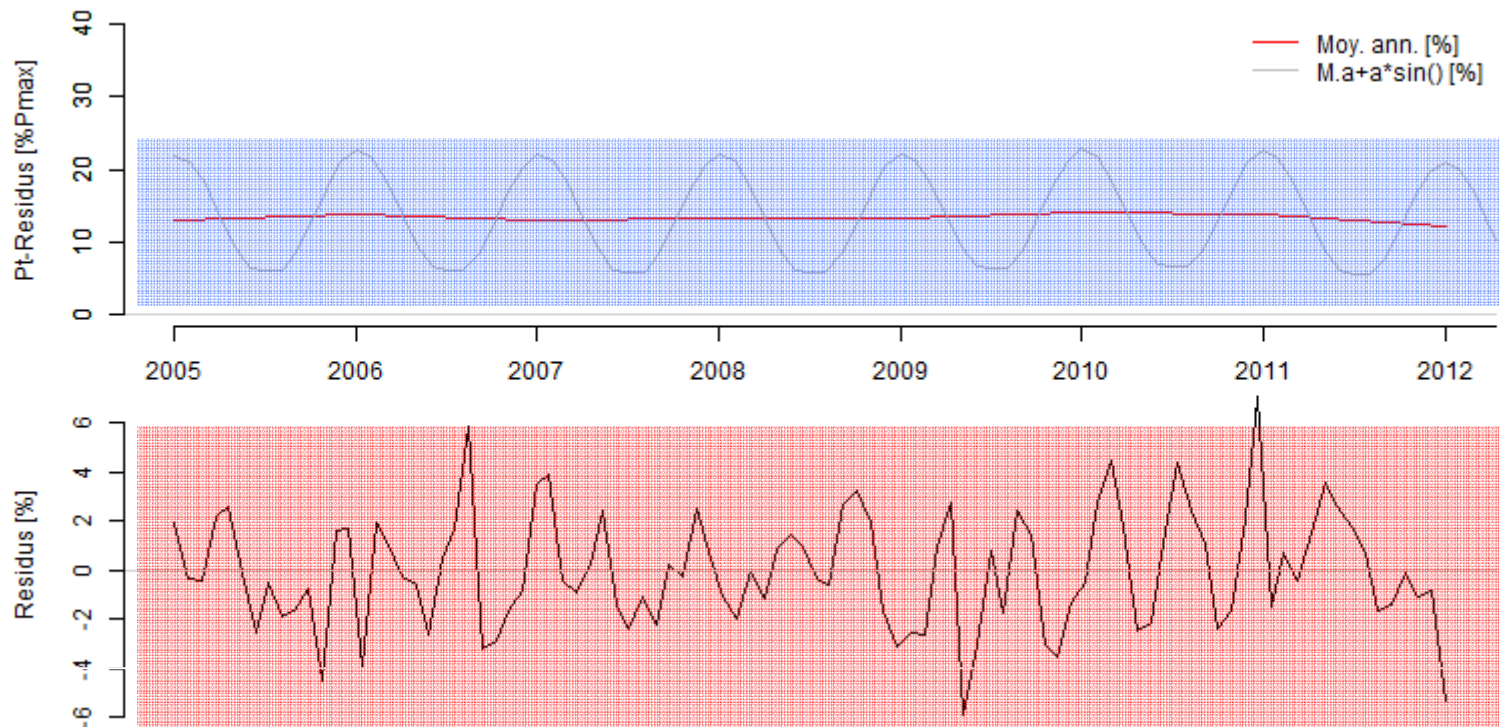


# Variations annuelles à l'échelle d'un pays : PV

Production mensuelle moyenne simulée à partir d'historiques météo, échelle du pays décomposée en

$$P_t = \text{Moyenne Annuelle}_{\text{annee}(t)} + a * \sin(\omega * (\text{mois}(t) + \varphi)) + \text{résidus}_t$$

$a = -8.566\%$ ,  $\varphi = 3.5 \text{ mois}$ ,  $\omega = 2\pi/12$



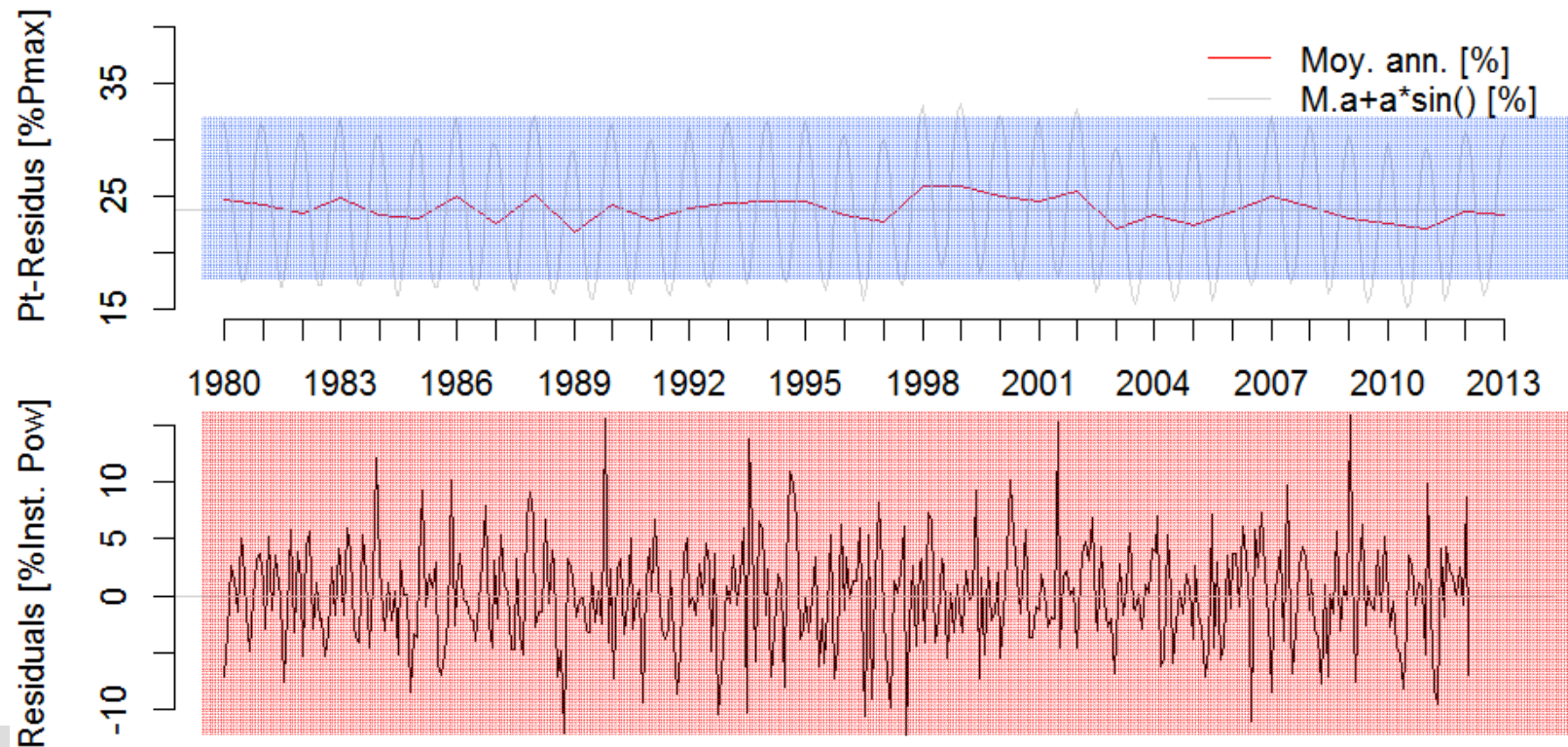


# Variations annuelles à l'échelle d'un pays : Eolien

Production mensuelle moyenne simulée à partir d'historiques météo, échelle du pays décomposée en

$$P_t = \text{Moyenne Annuelle}_{\text{annee}(t)} + a * \sin(\omega * (\text{mois}(t) + \varphi)) + \text{résidus}_t$$

$a = -7.234\%$ ,  $\varphi = 9.81 \text{ mois}$ ,  $\omega = 2\pi/12$



# Comparaison de l'éolien et du photovoltaïque

Indicateur		Eolien	PV
Moyenne annuelle	Moyenne	23.85%	13.26%
	Ecart type	0.9%	0.55%
a*Sin()	Moyenne	0%	0%
	Ecart type	5.1%	6%
Résidus	Moyenne	0%	0%
	Ecart type	4.62%	2.37%
Rapport max/min	sans résidus	1.5	2.37
	avec résidus	2.37	4.42

- Facteur de charge, variations interannuelles, et part non expliquée (résidus) de éolien plus grand
- Part périodique de même amplitude
- Rapport max/min environ deux fois plus grand pour le photovoltaïque (jusqu'à un facteur 4)

## Solutions existantes pour gérer cette variabilité

- Adaptation de la consommation. En particulier réduction de la thermo-sensibilité
- Synergies avec le réseau de gaz:
  - Power 2 gas
  - Cogénération/ micro-cogénération
  - génération au gaz
- Optimisation de la production
  - Combinaison éolien/PV
  - Diversification de l'implantation des centrales
  - Interconnexion avec des pays voisins
  - Nouveaux types de centrales