

Colloque Hydro21
21 novembre 2014

Intermittence des énergies renouvelables
et mix électrique:
prévisions pour la France et l'Allemagne

Dominique Grand
Christian Le Brun
Roland Vidil

<http://realisticenergy.info>

Electricity by intermittent sources: An analysis based on the German situation 2012

Friedrich Wagner

ÉTUDE

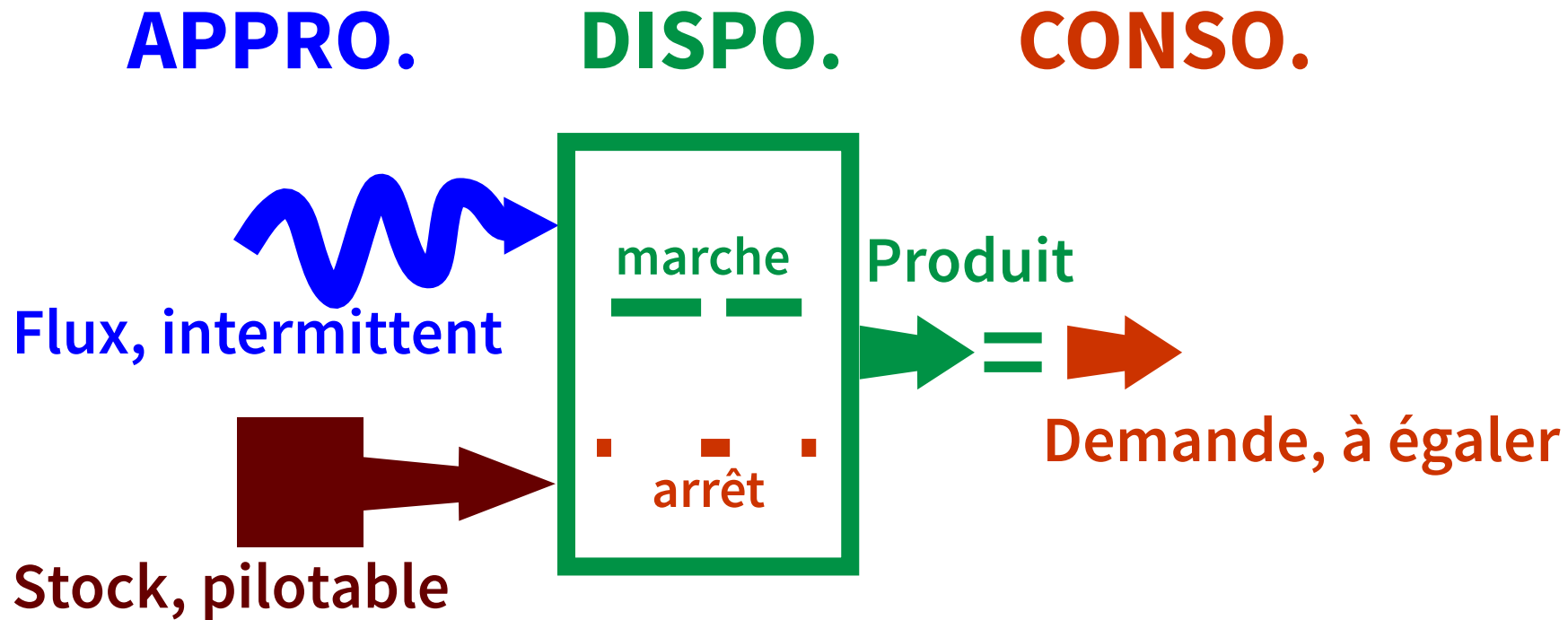
Transition énergétique et mix électrique : les énergies renouvelables peuvent-elles compenser une réduction du nucléaire ?

Dominique Grand, Christian Le Brun, Roland Vidil

Sommaire

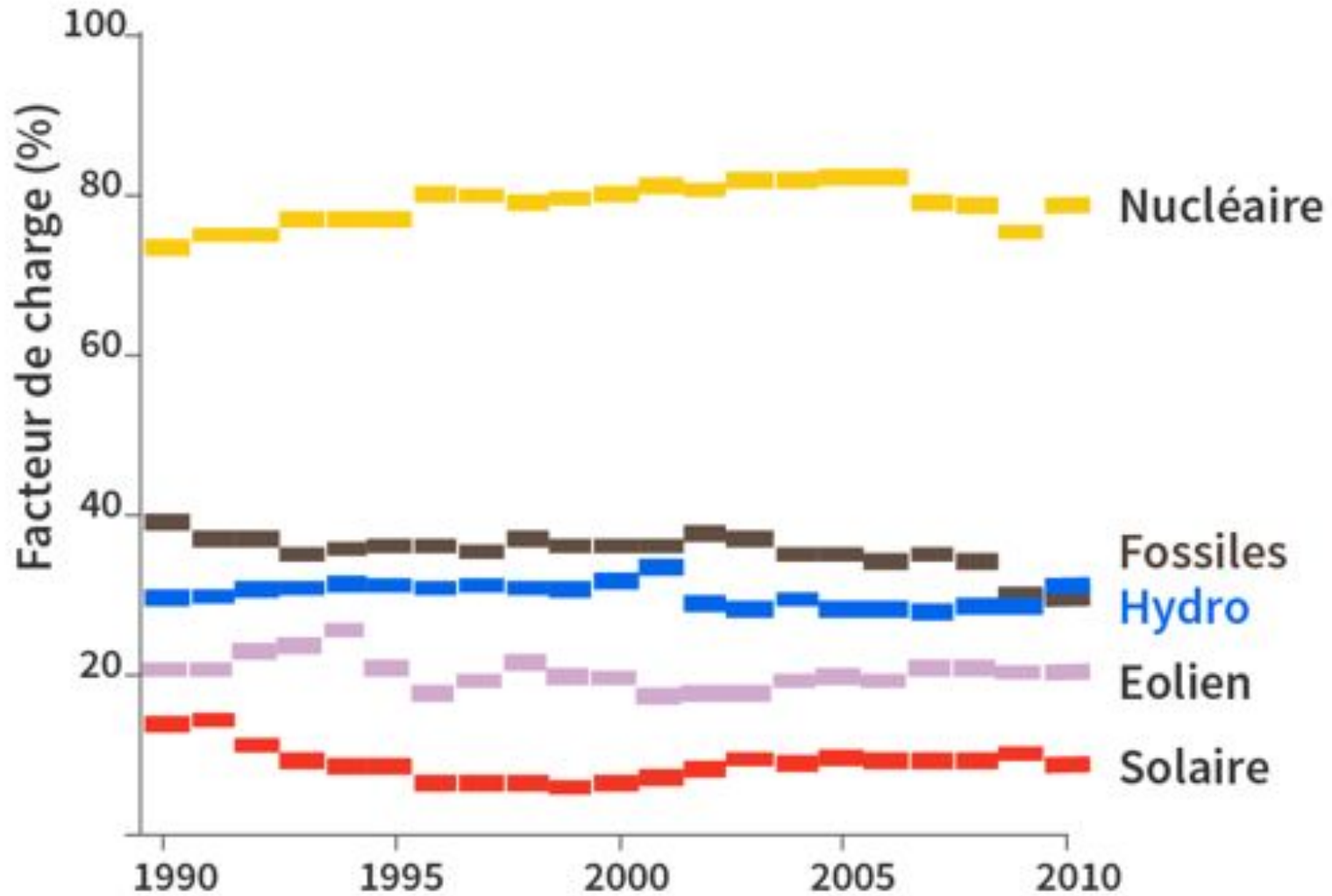
- **L'intermittence et ses effets**
- France et Allemagne en 2012
- Deux mix avec une part maximale de renouvelables intermittentes
- Conséquences

Variables influentes du Facteur de Charge



$$\text{Facteur de Charge} = \frac{\text{Puissance moyenne produite}}{\text{Puissance maximale}}$$

Historique des facteurs de charge UE 27

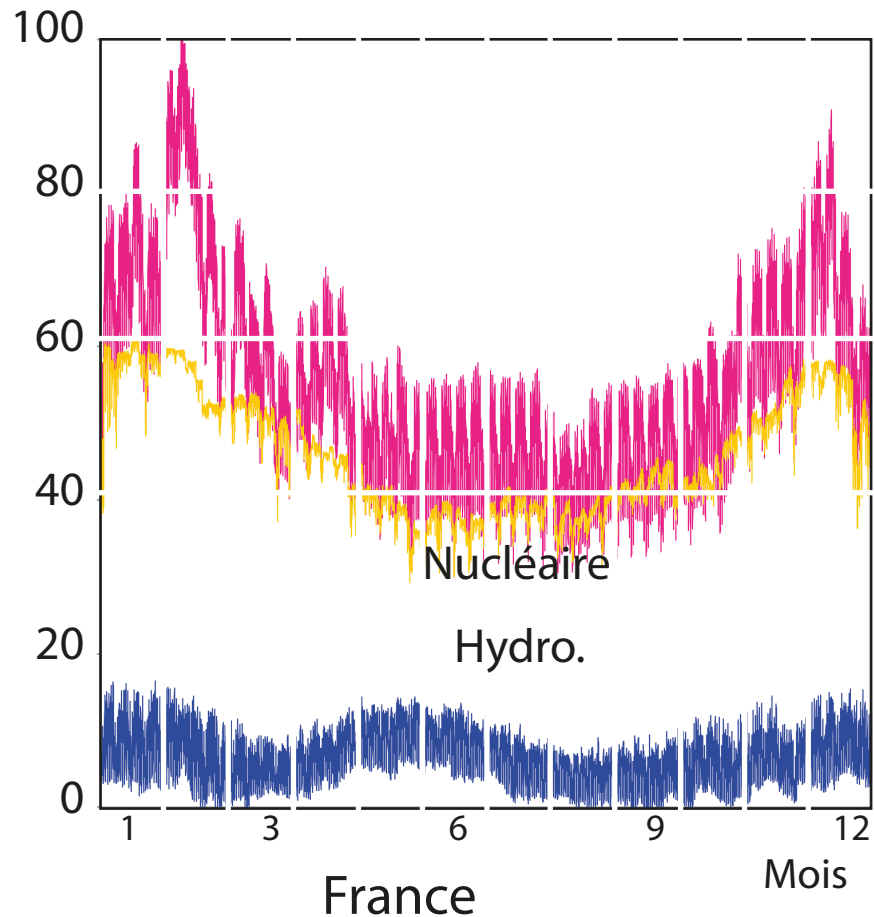
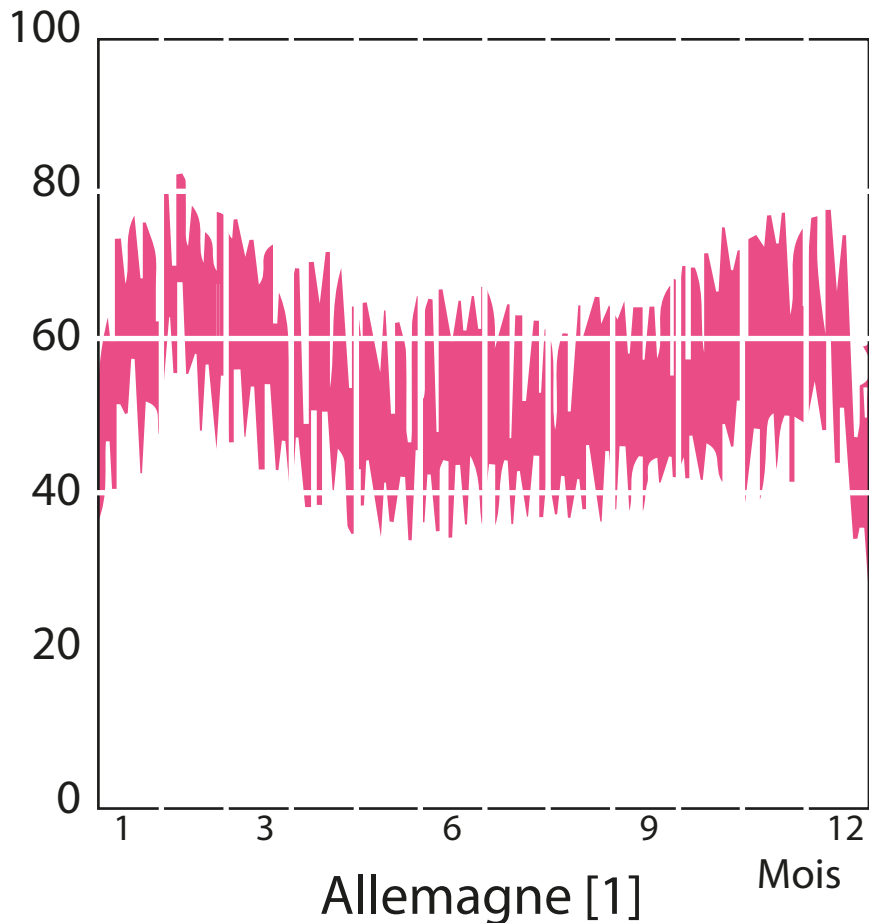


Sommaire

- L'intermittence et ses effets
- **France et Allemagne en 2012**
- Deux mix avec une part maximale de renouvelables intermittentes
- Conséquences

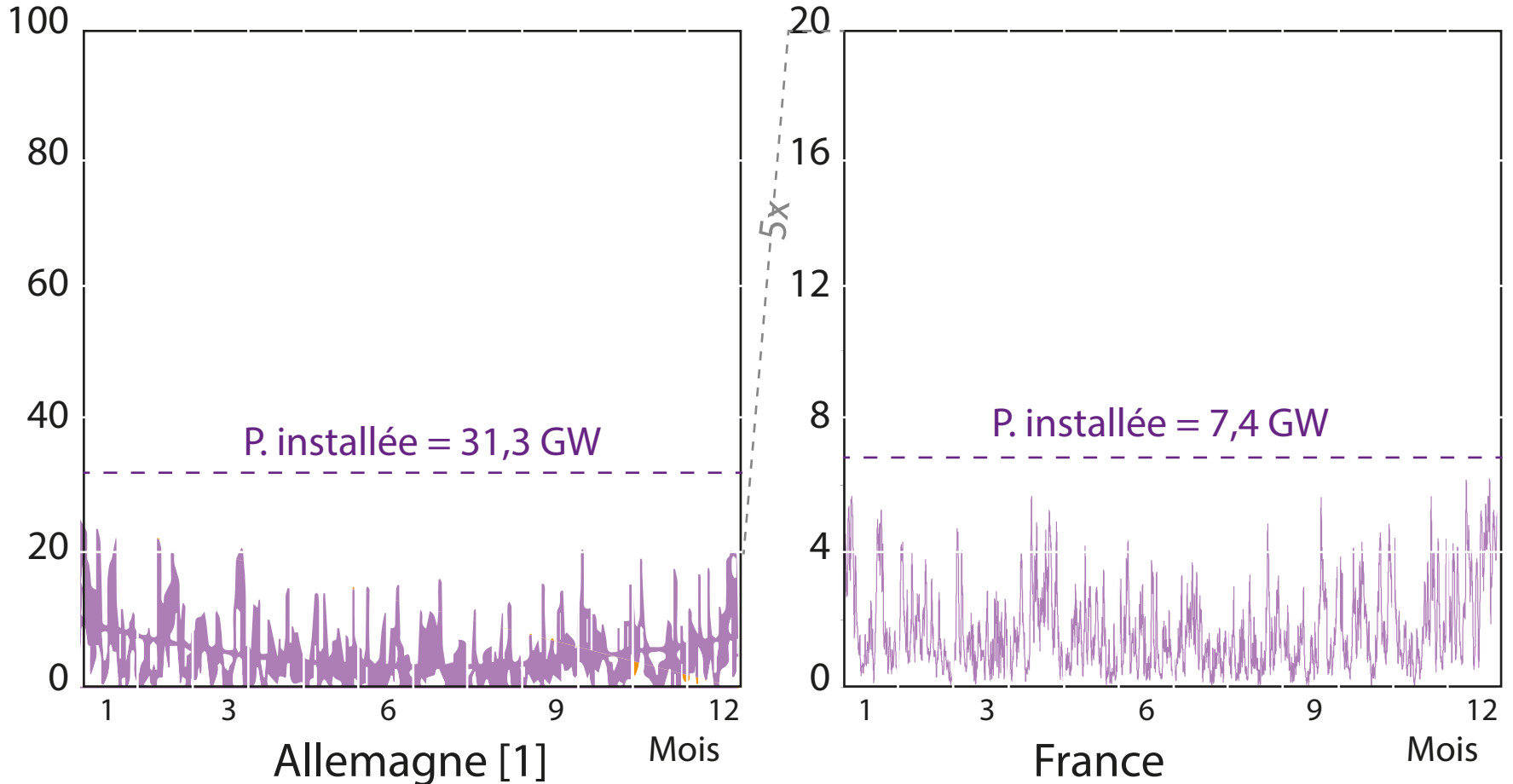
Consommation annuelle 2012

Puissance électrique consommée (GW)



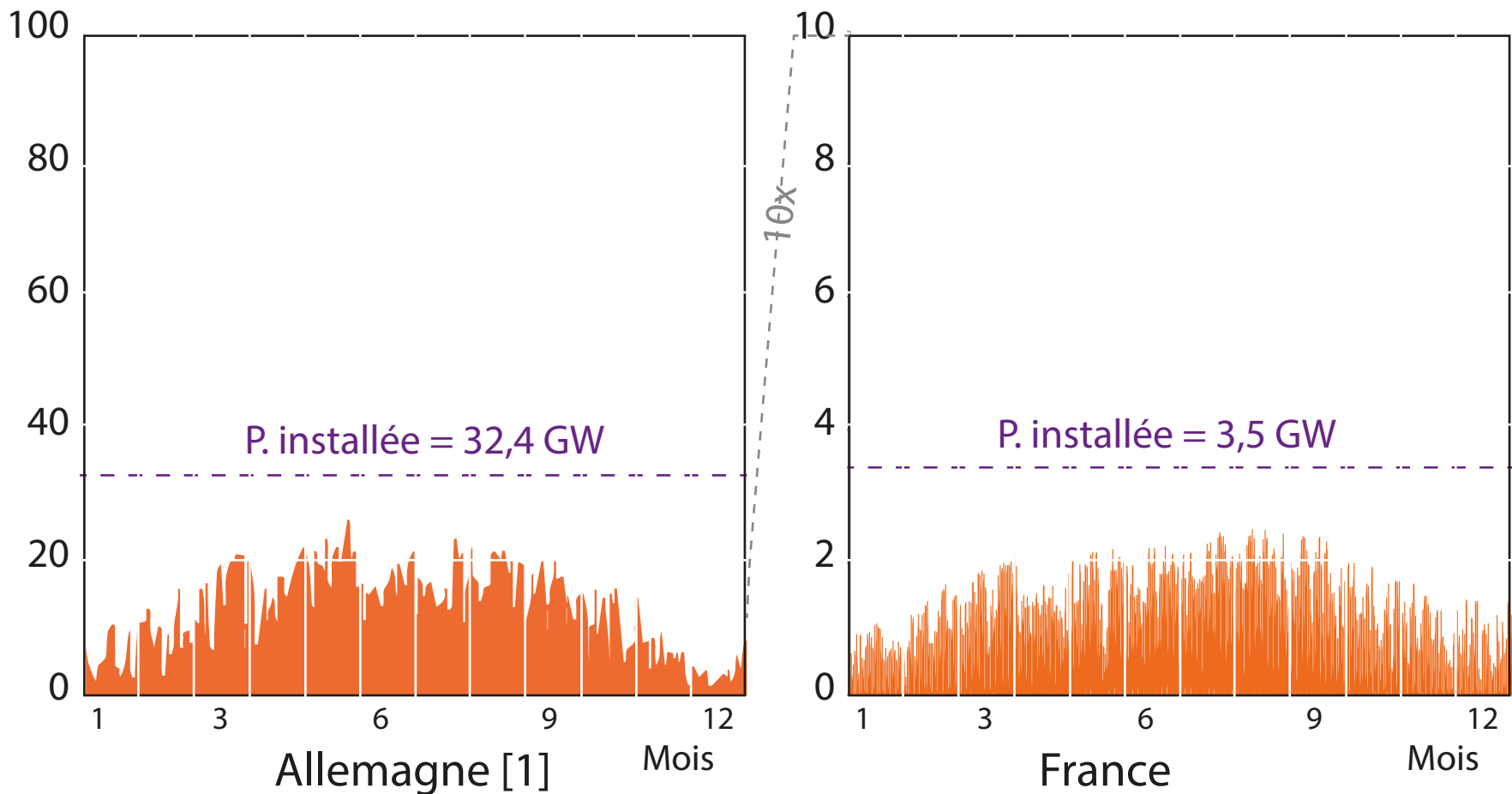
Production éolienne

Puissance éolienne (GW)

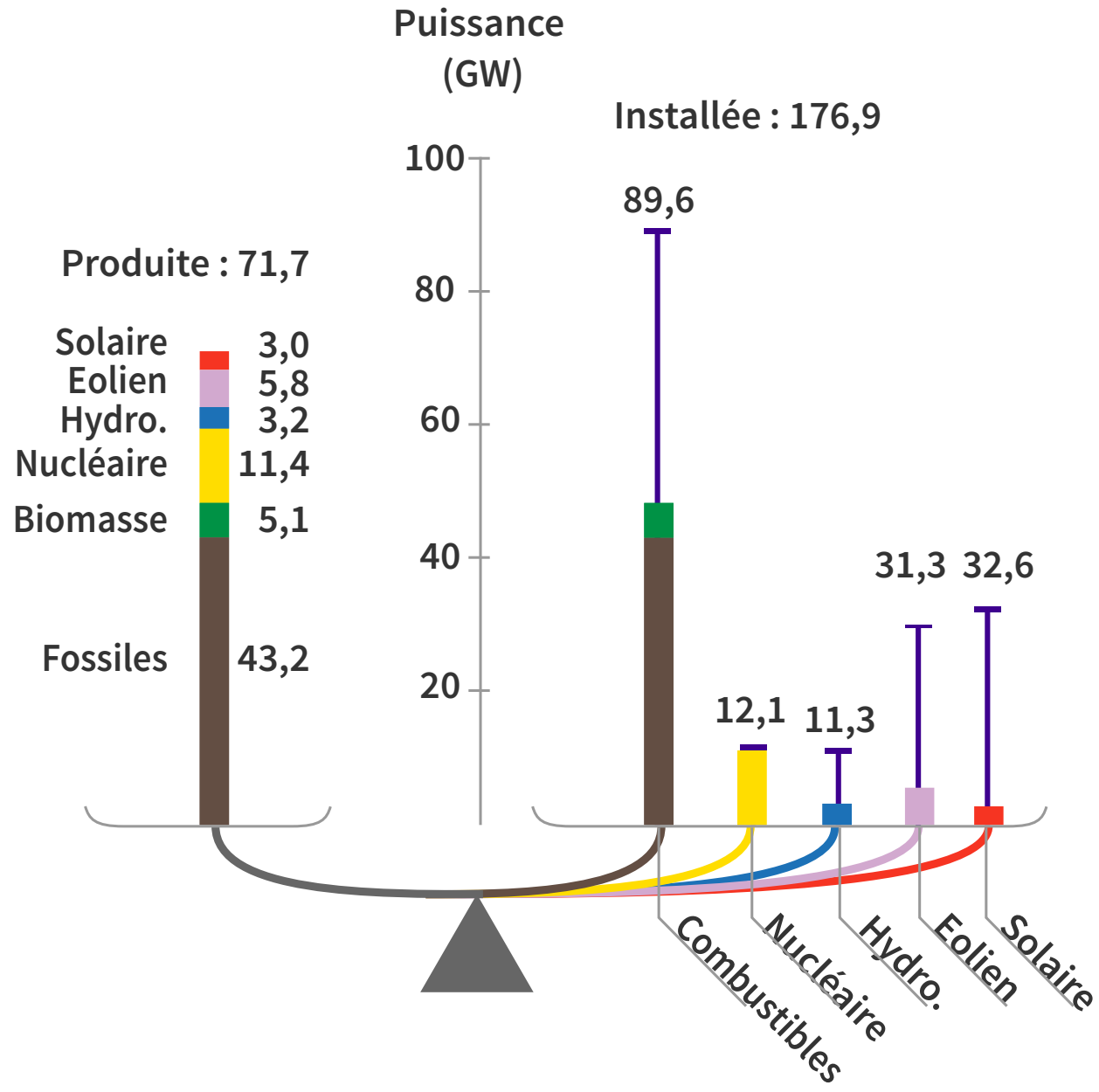


Production photovoltaïque

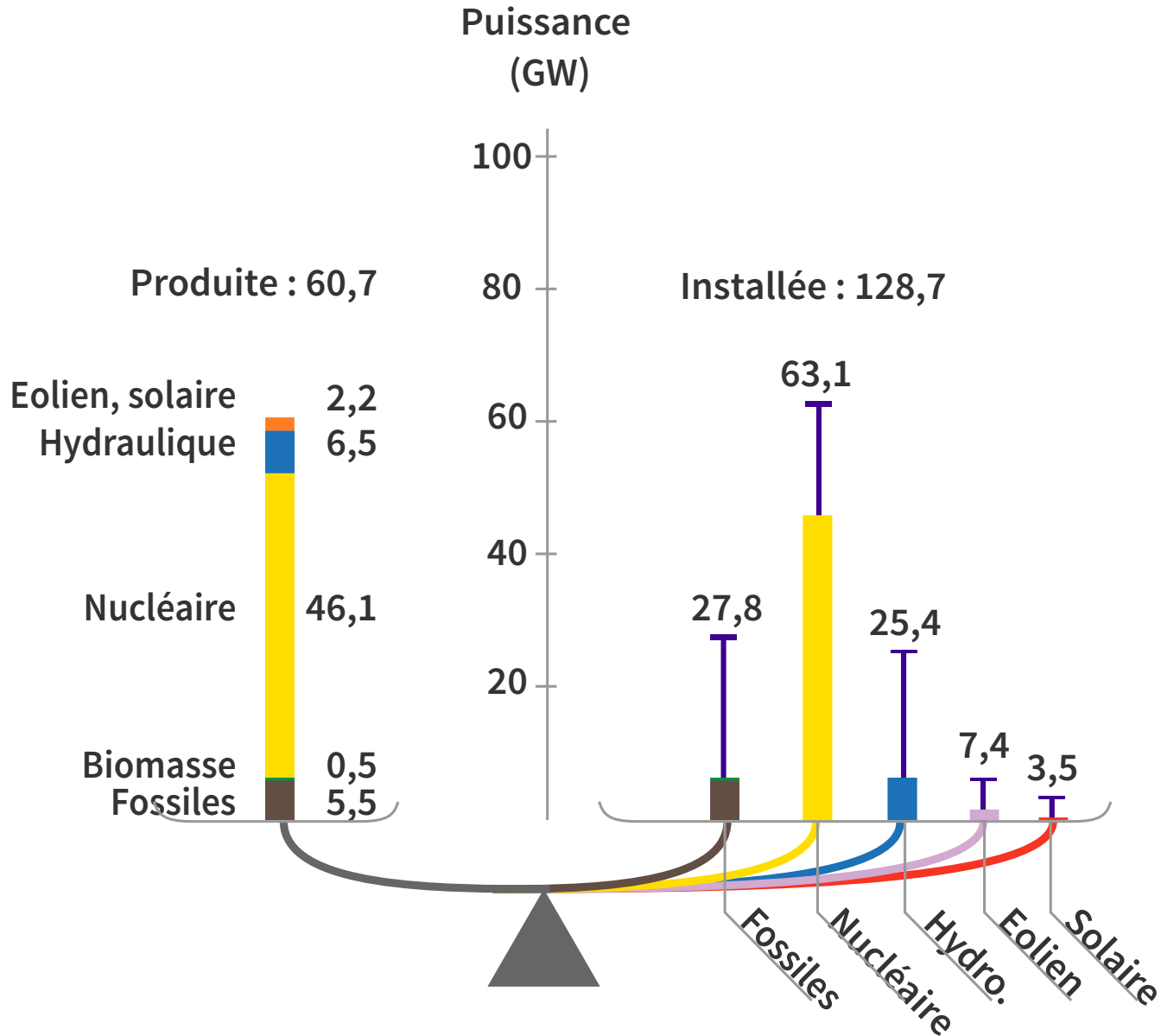
Puissance photovoltaïque (GW)



Bilan Allemagne 2012



Bilan France (2012)



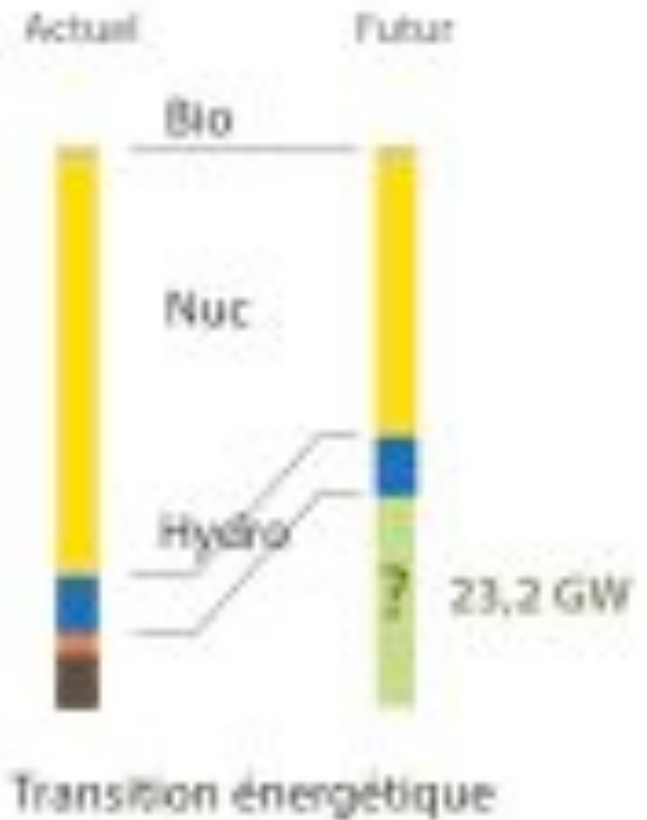
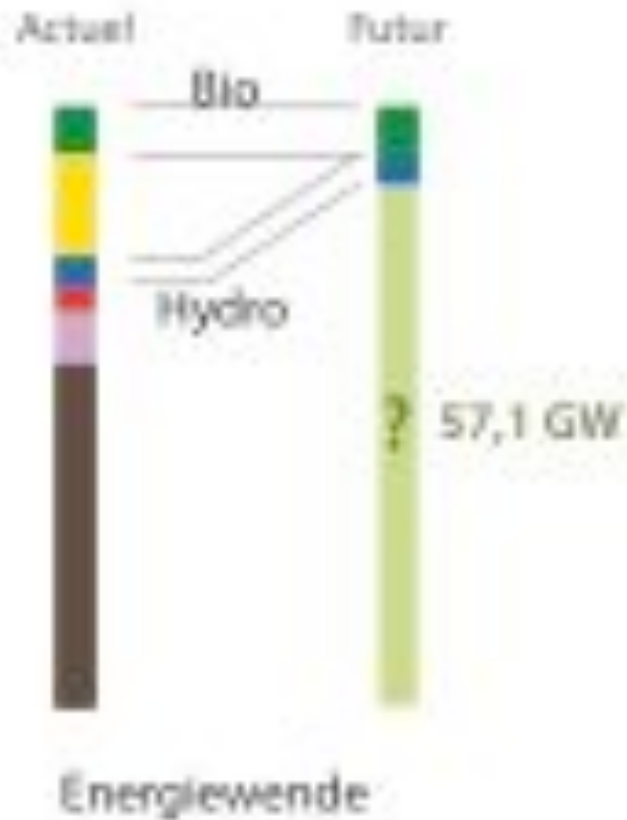
Sommaire

- L'intermittence et ses effets
- France et Allemagne en 2012
- **Deux mix avec une part maximale de renouvelables intermittentes**
- Conséquences

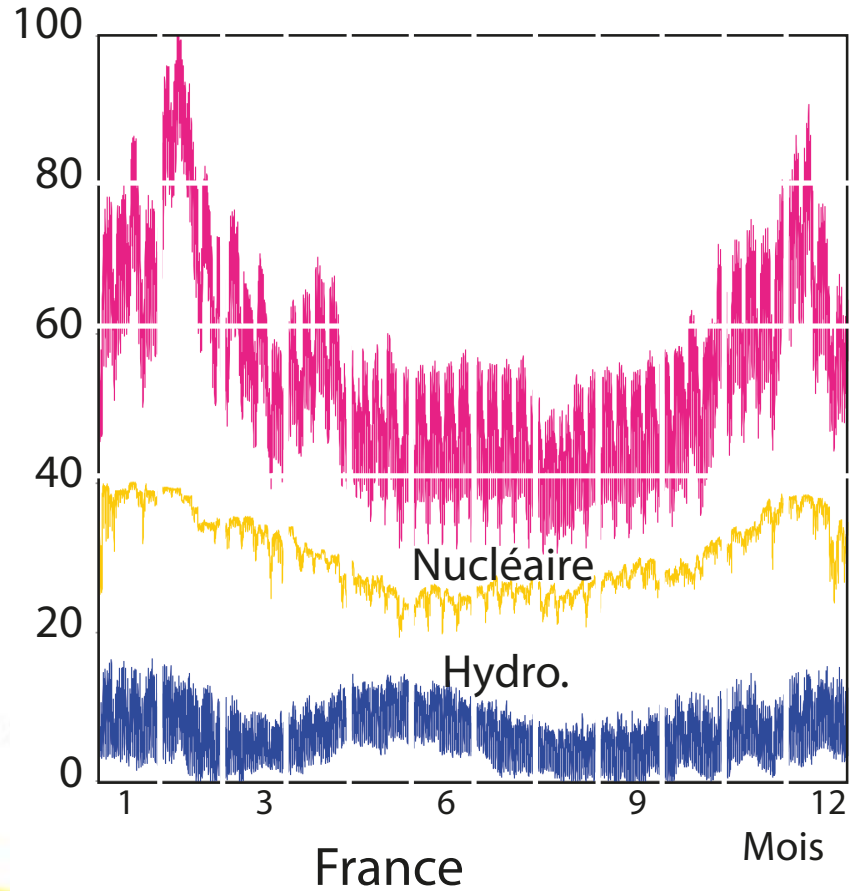
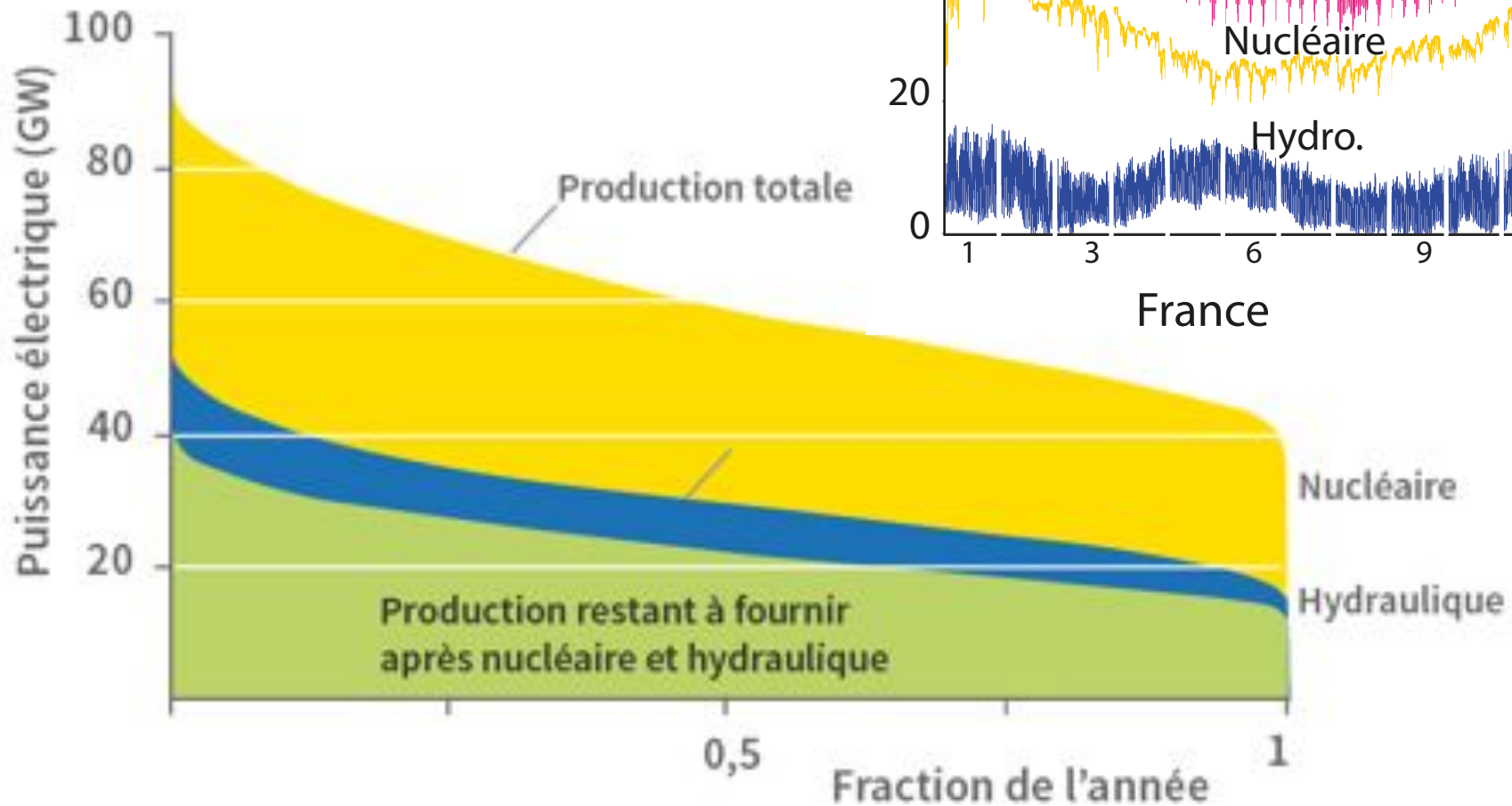
Hypothèses de travail

- Consommation électrique inchangée : réductions d'un côté, nouveaux usages de l'autre (mobilité)
- Hydroélectricité, biomasse et incinération de déchets inchangées
- Nucléaire : Allemagne : non pris en compte.
France : 50 % du total

Hypothèses de travail

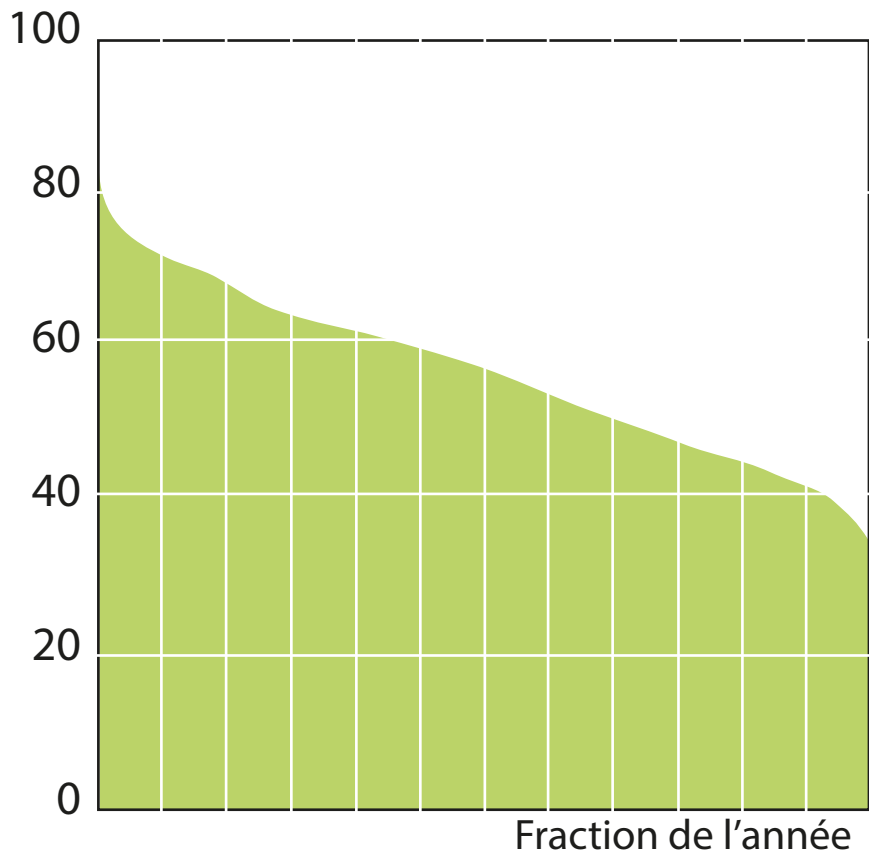


Monotones de production

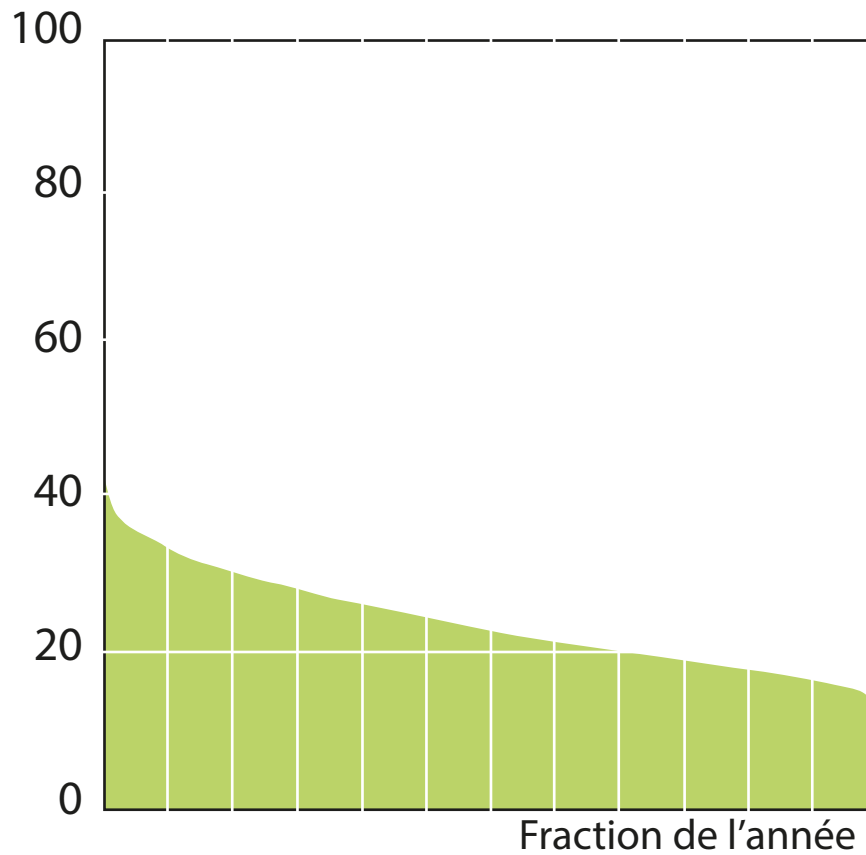


Charge restant à satisfaire

Charge: consommation à satisfaire (GW)

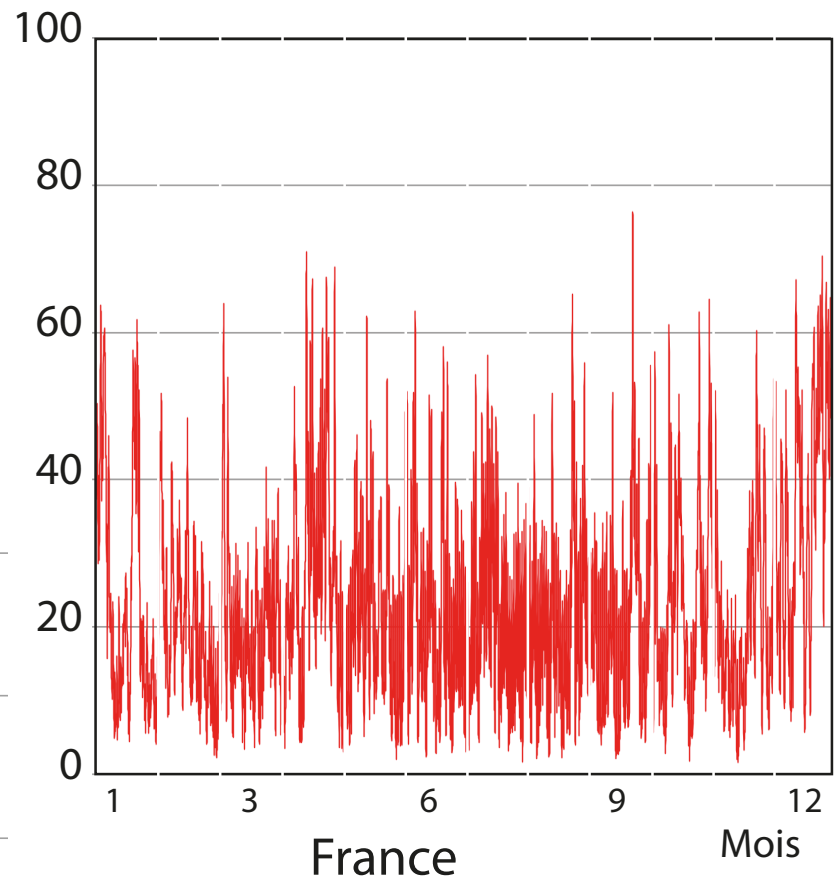
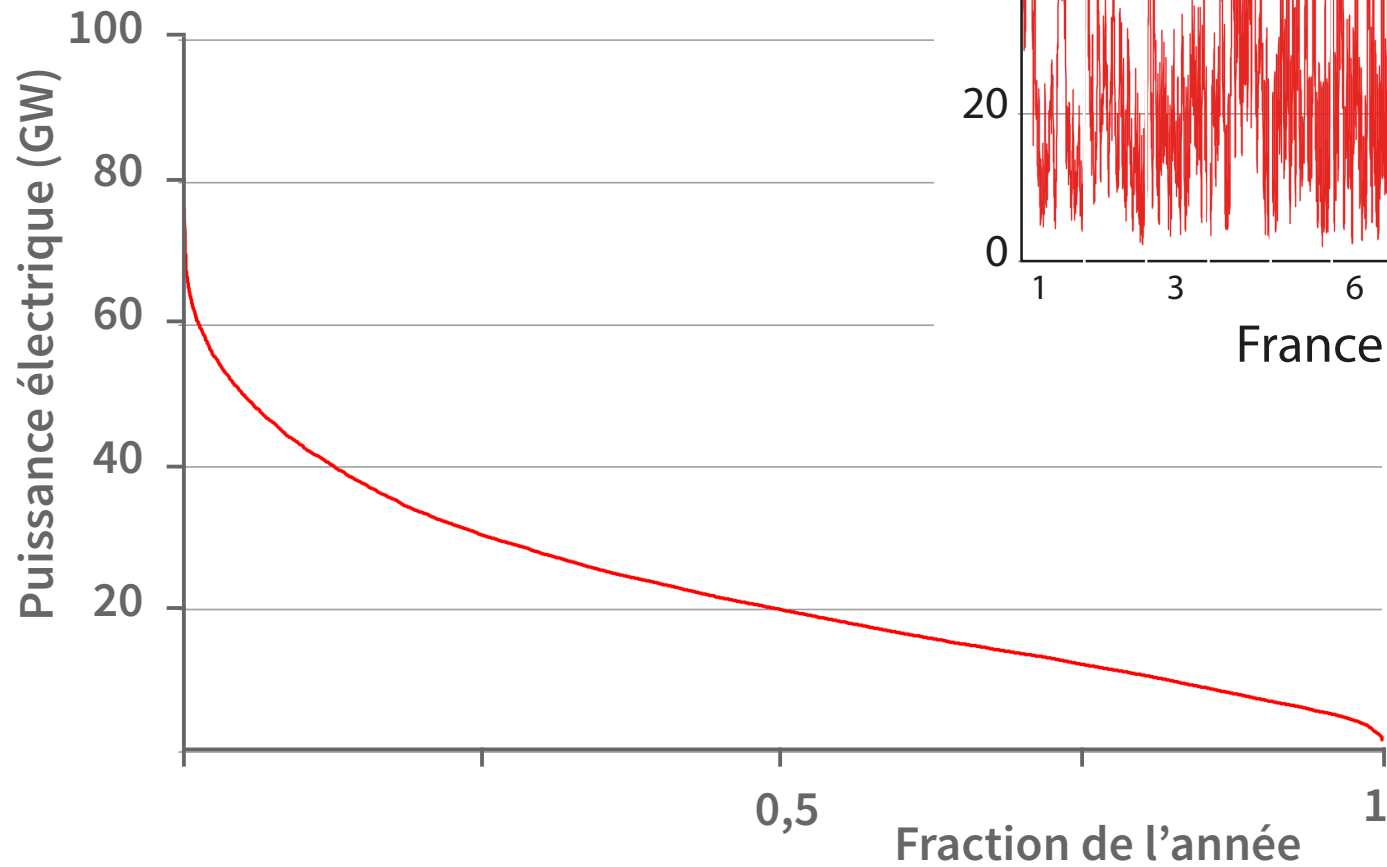


Allemagne [1]



France

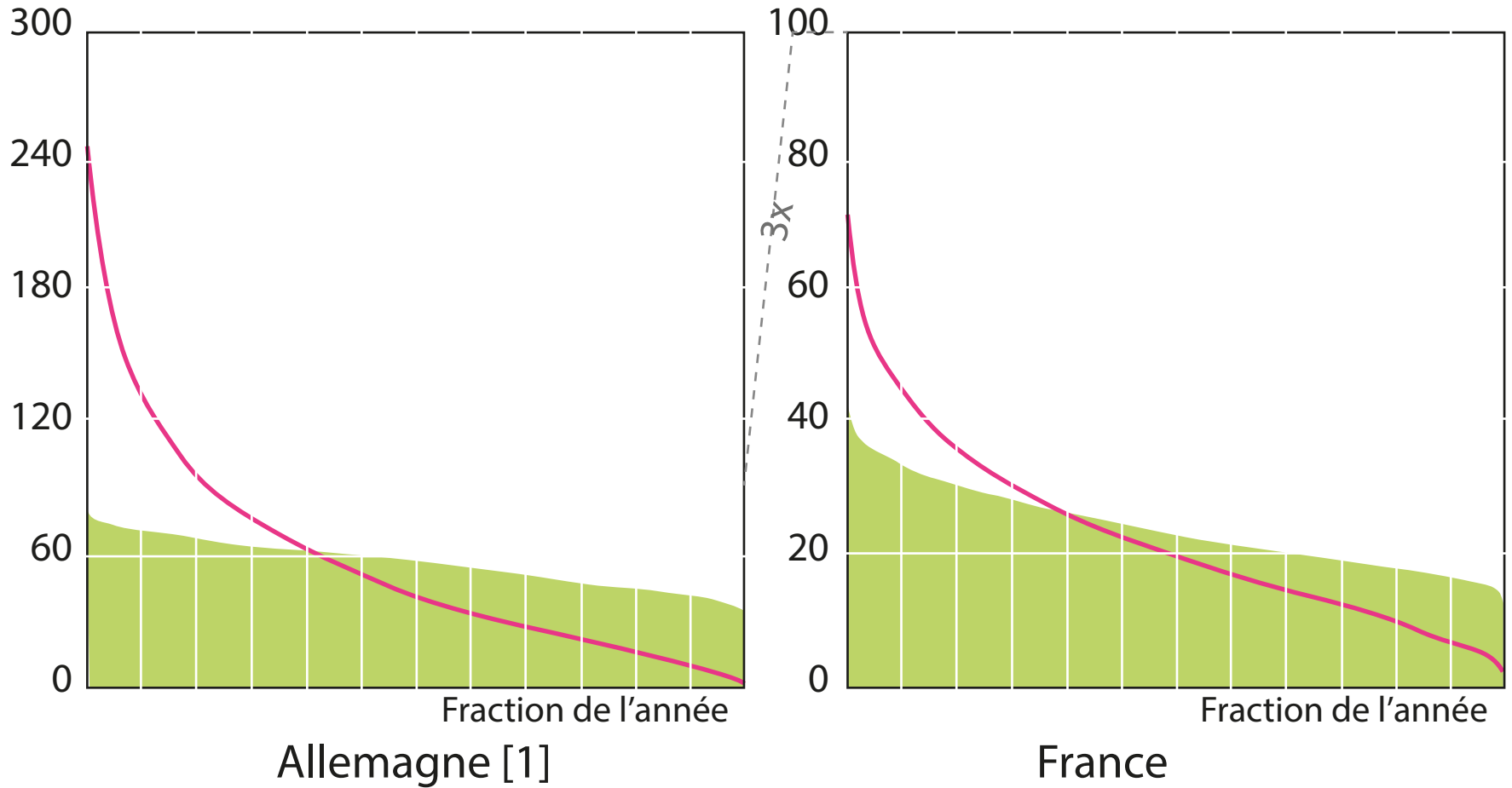
Monotone des EnR intermittentes



Adéquation des EnRi à la demande

Cumul annuel des EnRi = cumul de la charge

Production des EnRi comparée à la charge(GW)



Sommaire

- L'intermittence et ses effets
- France et Allemagne en 2012
- Deux mix avec une part maximale de renouvelables intermittentes
- **Conséquences**

Systemes de production

GW	P moy.	P. max.	P. inst.	fc (%)
Charge	57,1	83	83	69
ET	30,9	146	175	18
EM	15,4	33	33	47
PV	10,7	79	97	11
Utilisée	42,1			
Appoint	15,0	73		20
Surplus	15,0			

Allemagne

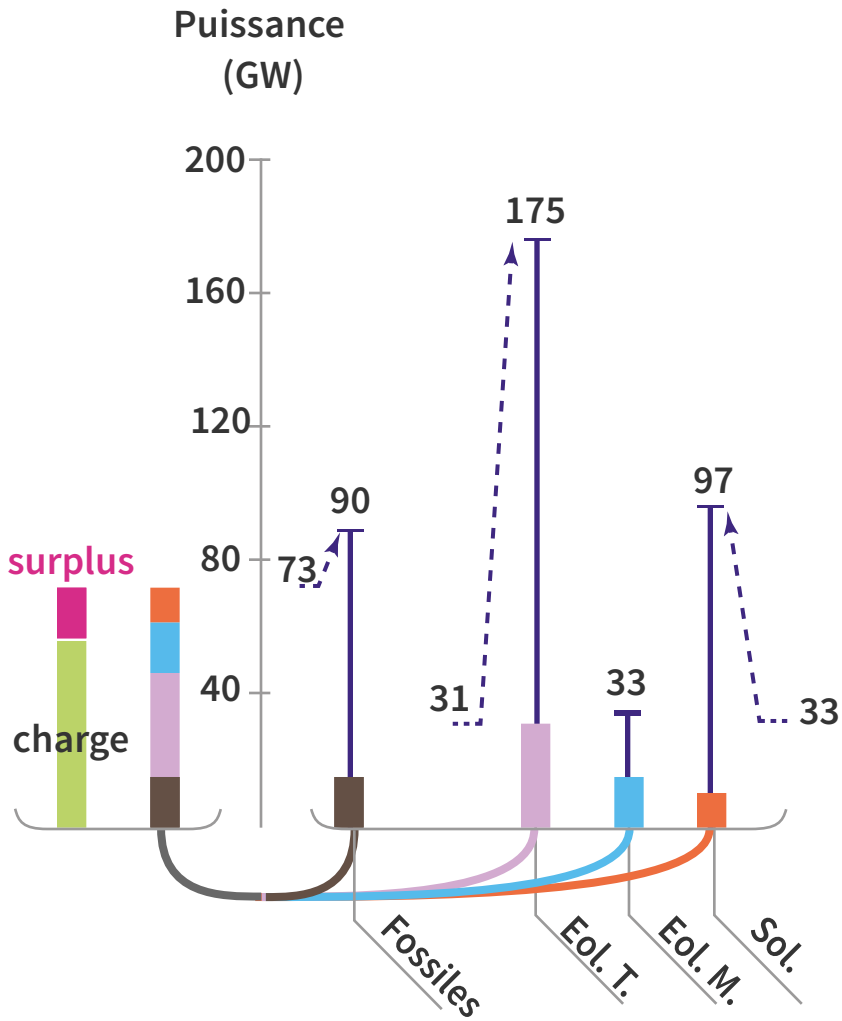
Charge 57,1 GW (500 TWh/an)

GW	P moy.	P. max.	P. inst.	fc (%)
Charge	23,2	40	83	58
ET	12,4	50	52	24
EM	6,2	16	16	38
PV	4,6	27	36	13
Utilisée	17,7			
Appoint	5,5	29		20
Surplus	5,5			

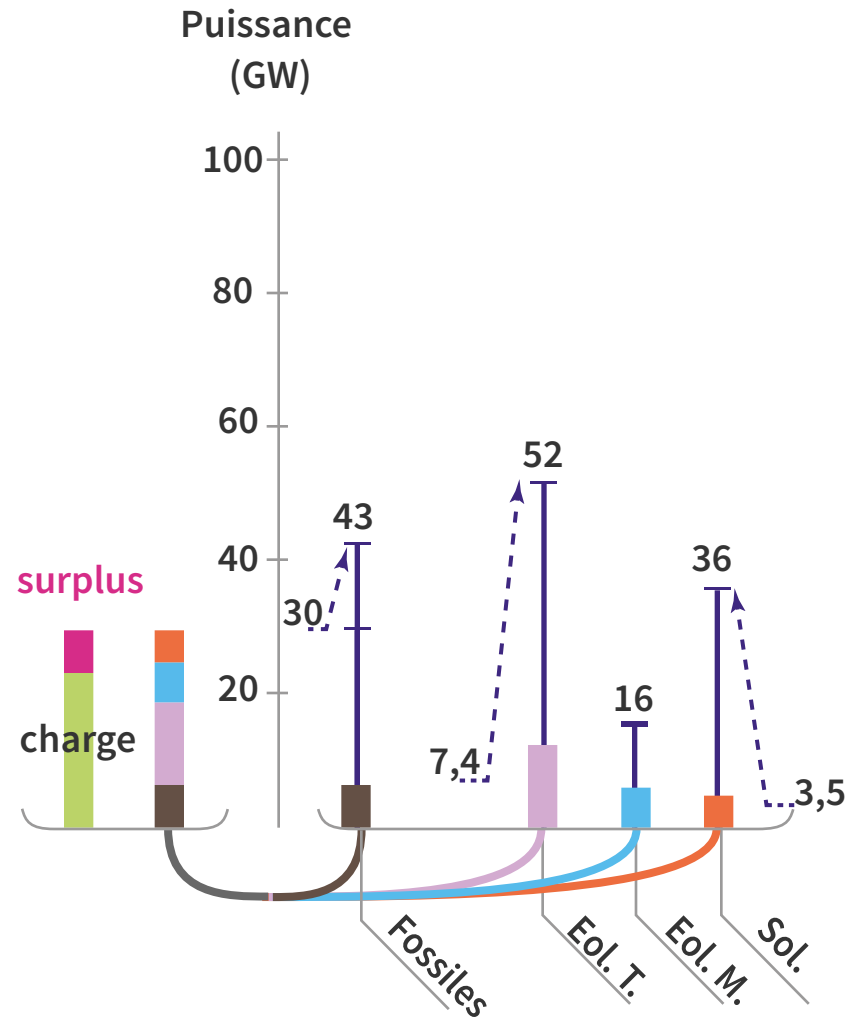
France

Charge 23,2 GW (203 TWh/an)

Mix électrique à construire



Allemagne [1]



France

Investissements nécessaires

Surfaces:

EM 2100 km²

ET 7400 km²

PV 1100 km²

Coûts:

EM 63 G€

ET 99 G€

PV 131 G€

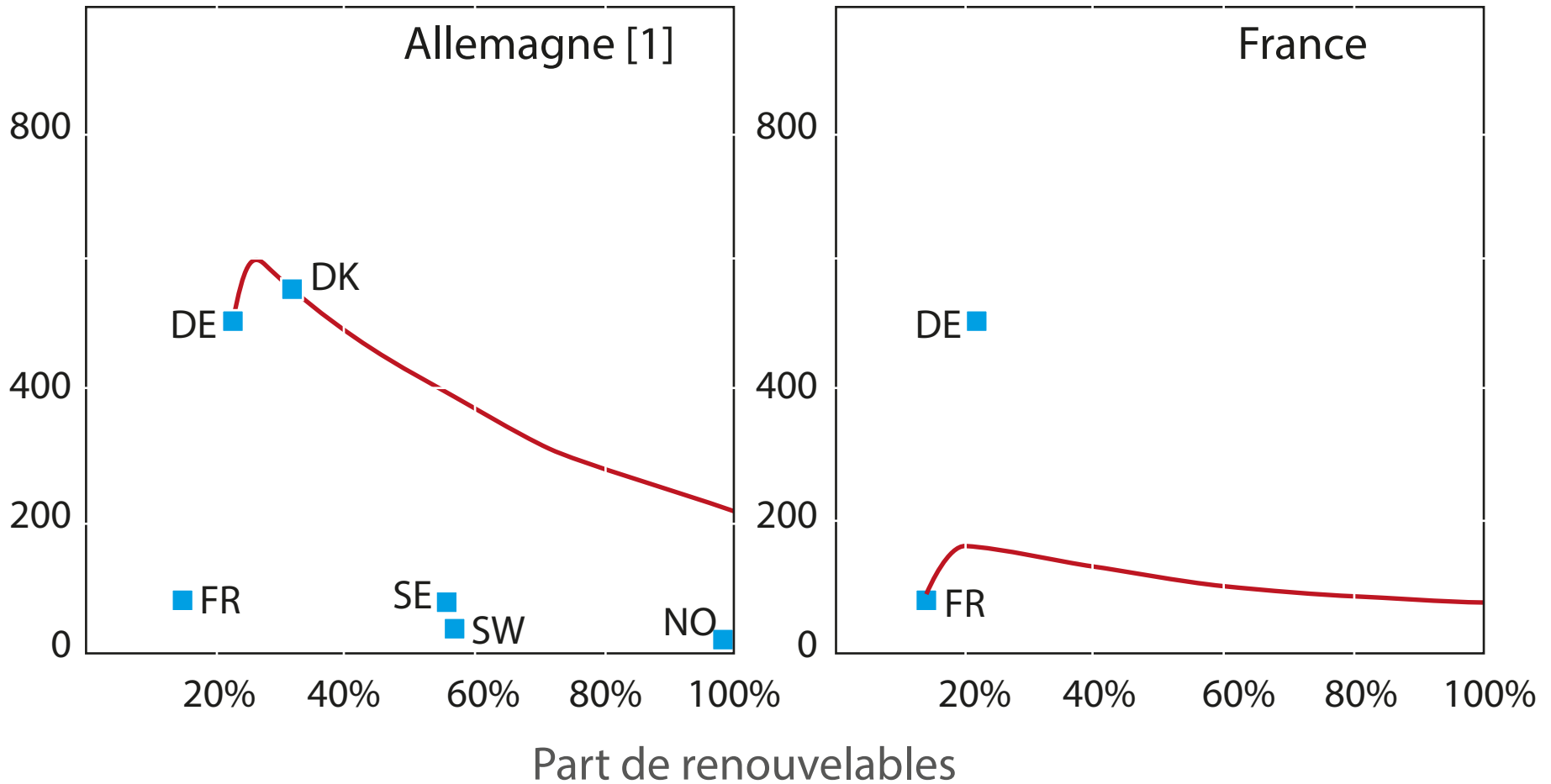
Th. 42 G€

335 G€

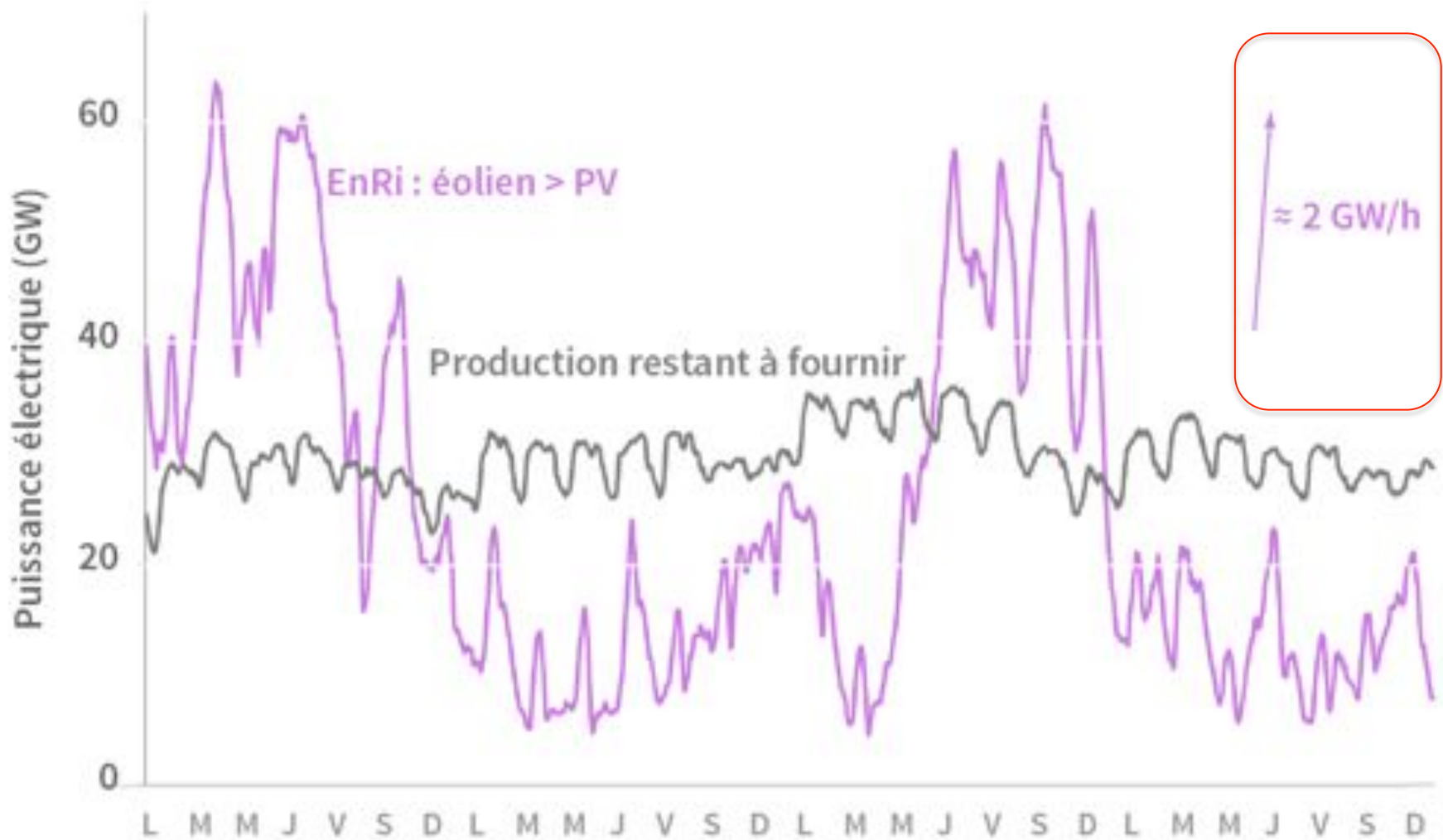


Impact sur le CO₂

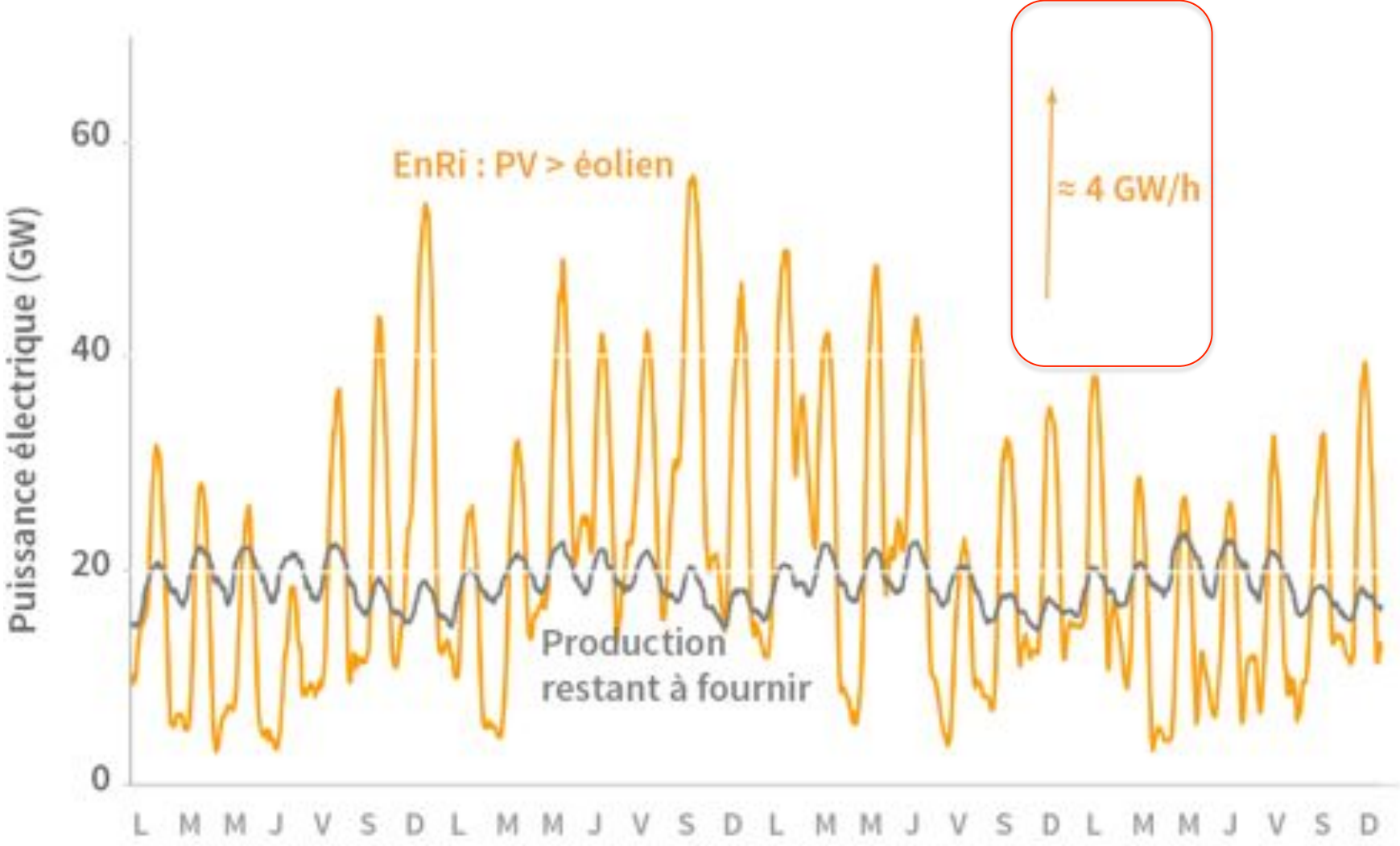
Contenu en carbone de l'électricité (gCO₂/kWh)



Quatre semaines d'hiver (janvier)



Quatre semaines d'été (juillet)



Conclusions

- **Nouveaux mix** demanderaient une **croissance de la puissance installée**:
 - France : 130 à 230 GW
 - Allemagne : 180 à 400 GW
- **Intermittence** entraîne une alternance entre périodes de **surplus** et de besoin en **appoint de 'fossiles'**
- **Empreinte carbone** de l'électricité:
 - DE : **supérieure à 200 gCO₂/kWh**
 - FR : **en augmentation**

Conclusions

- **Caractère diffus** des EnRi induit occupation de **surface** jusqu'à près de **100 x 100 km²** (FR).
- **Installations nouvelles** (EnRi et fossiles), à elles-seules demandent d'**investir** jusqu'à **336 G€** (FR).
- **Obligation d'achat** des EnRi impose aux moyens de production '**pilotables**' de **se plier à l'intermittence** (Allemagne, Espagne, Californie) aux **variations rapides et de grande amplitude**.