



European  
University  
Institute

ROBERT  
SCHUMAN  
CENTRE FOR  
ADVANCED  
STUDIES

FLORENCE  
SCHOOL OF  
REGULATION

# Investissements et modes de financement des énergies renouvelables

Mahmoud EZZAKI, Ingénieur chercheur

FSR Energy Regulation Training

1<sup>er</sup> novembre 2017

Rabat, Maroc

- 1. Coûts des EnR**
- 2. Financement des projets renouvelables**

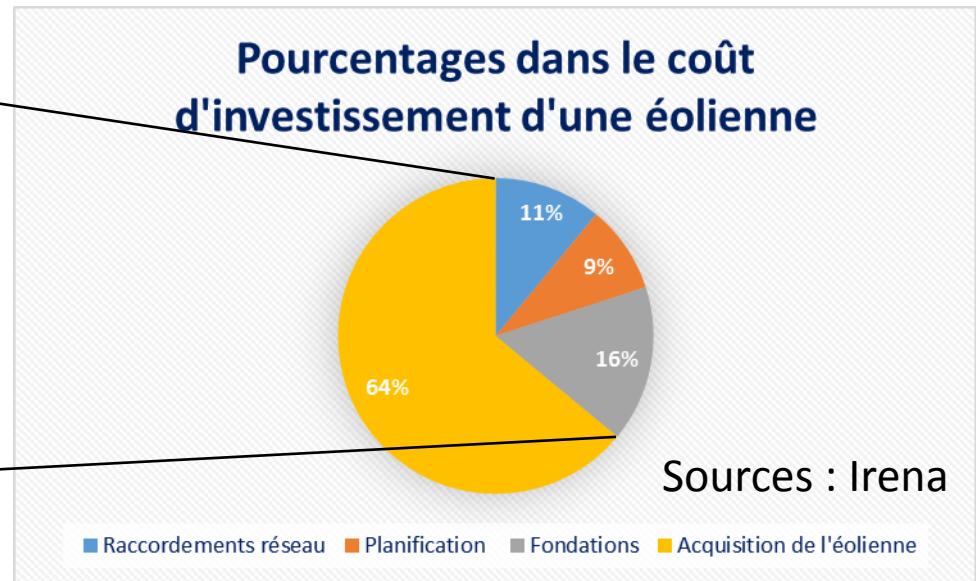
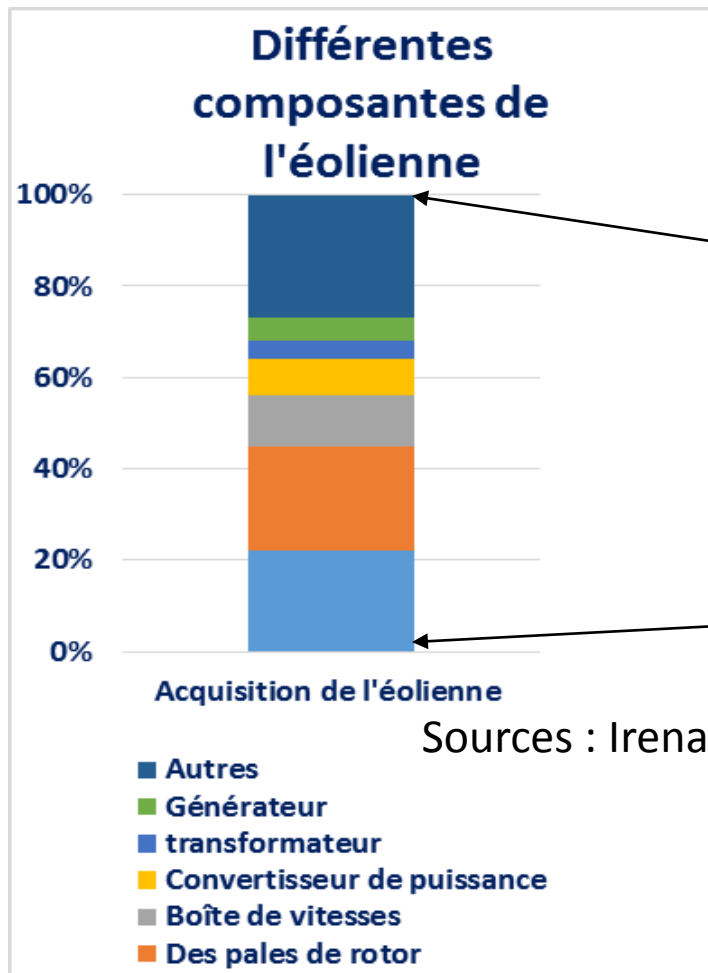
- 1. Coûts des EnR**
2. Financement des projets renouvelables

# Coût des financement

- Les apporteurs de fonds demandent une rémunération qui majore le coût d'investissement.
- **Le coût de financement** « coût du capital » traduit le rendement exigé par les différents apporteurs de fond.



# Coûts d'investissement



Pour un coût global de l'ordre de :

- 1000-2450 \$/kW pour l'éolien terrestre
- 2300-5000 \$/kW pour l'éolien en mer


# Coût d'exploitation

- Maintenance sur les composantes
- Salaires de l'exploitation
- Autres charges



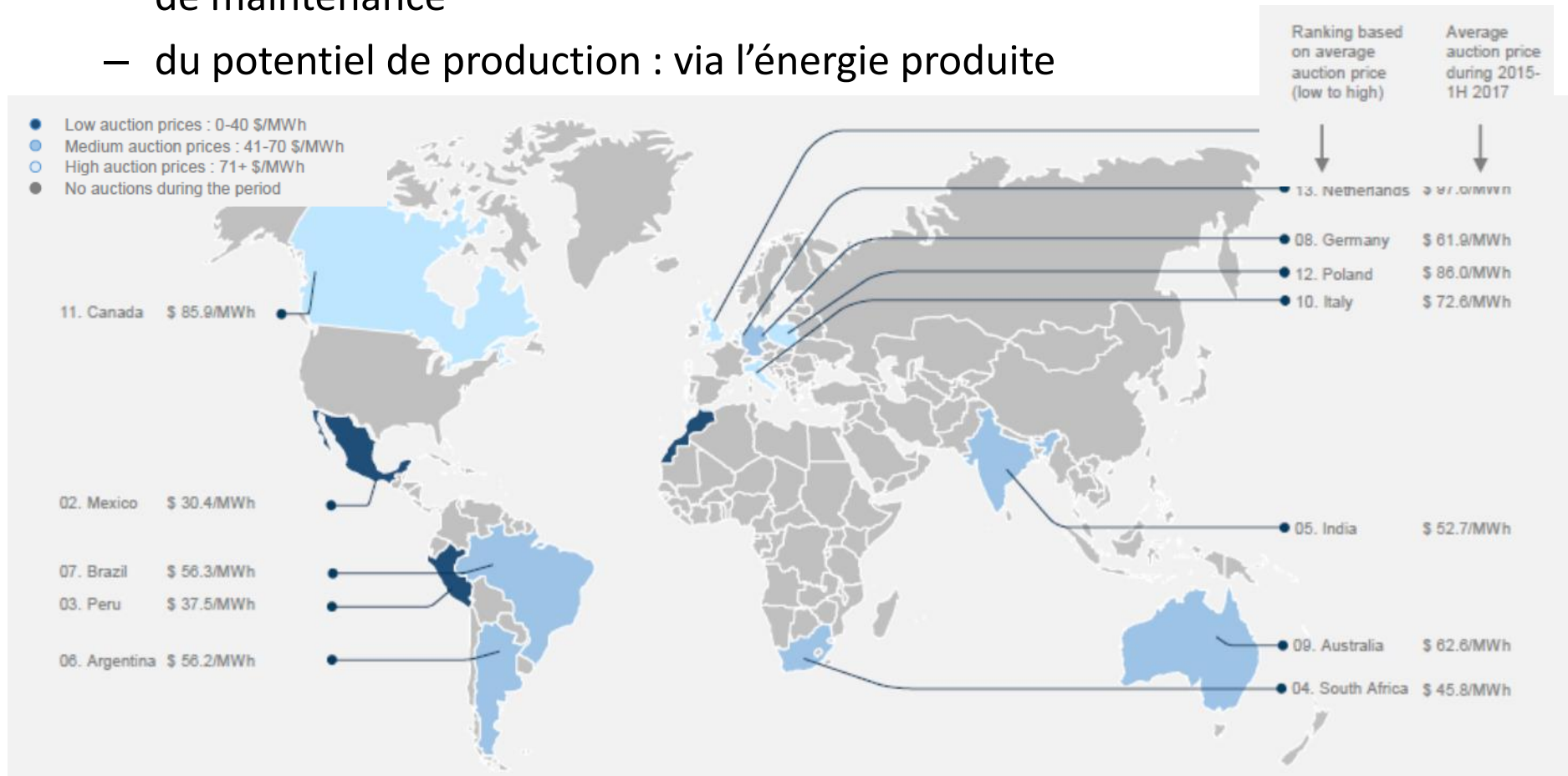
# Coût par MWh : Levelized Cost Of Energy

- Le coût global dépend
  - du facteur d'actualisation (rendement exigé par les apporteurs de fonds)
  - de la durée de vie (généralement 15, 20 ou 25 ans):
    - Vie des composantes,
    - Période d'amortissement comptable
    - Durée du contrat de vente
    - Des charges de l'exploitation

$$\text{LCOE} = \frac{\text{Total costs over lifetime}}{\text{Electricity produced over lifetime}}$$


# Coût du Onshore 2015-2017

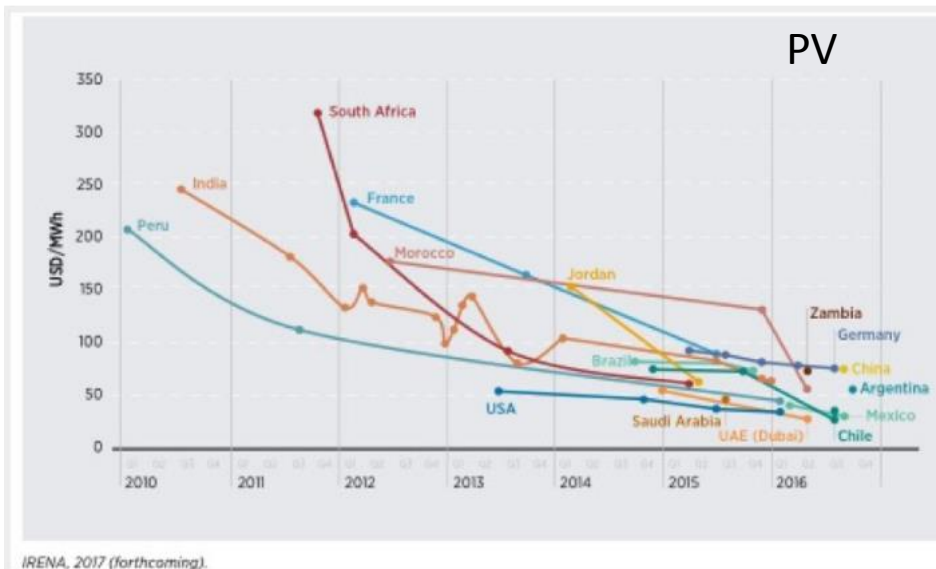
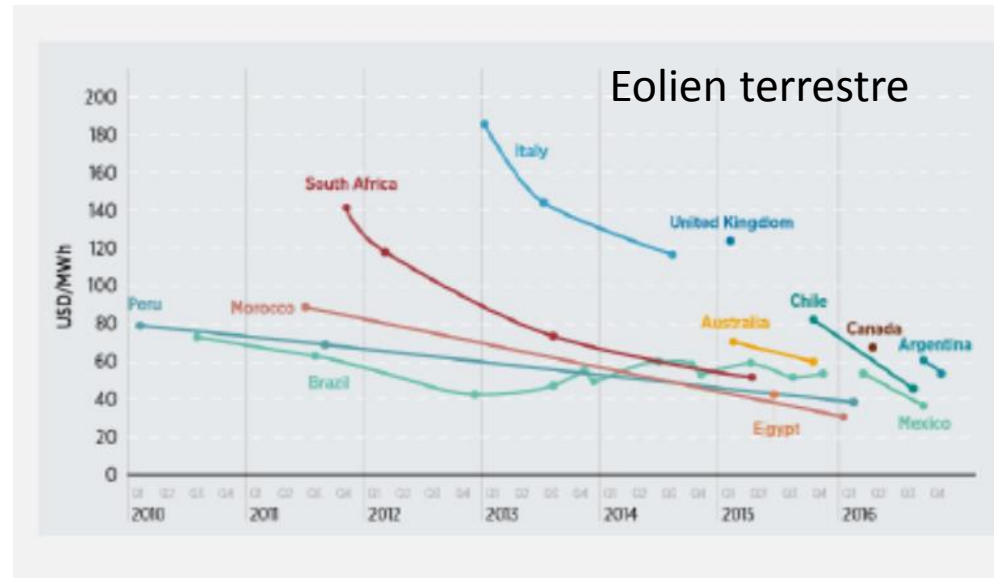
- Des disparités en termes des coûts liées aux :
  - Financement et mécanismes de soutien : via le taux d'actualisation
  - des coûts du projet : via les dépenses initiales, des coûts opérationnels et de maintenance
  - du potentiel de production : via l'énergie produite





# Une filière qui n'est pas encore mature

- Des coûts en baisse :
  - Mesures réglementaires
  - Mesures fiscales
  - Mesures financières
  - Soutien de la recherche
  - ....



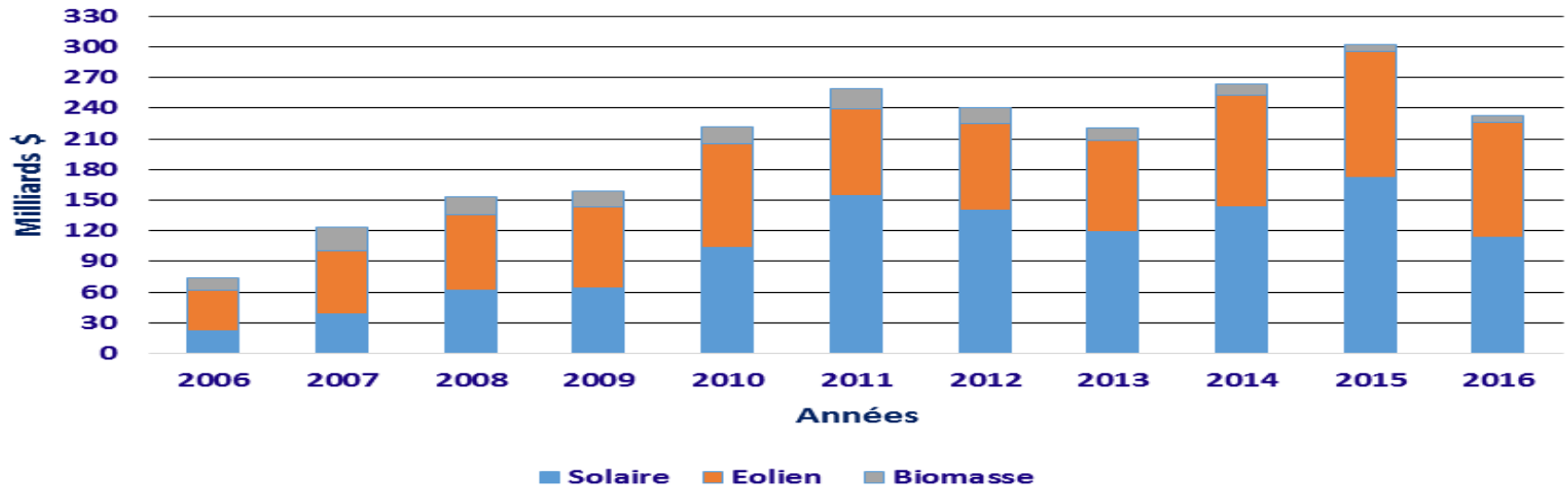
IRENA, 2017 (forthcoming).

- La réglementation et l'ambition du développement des énergies vertes ont encouragé les investisseurs

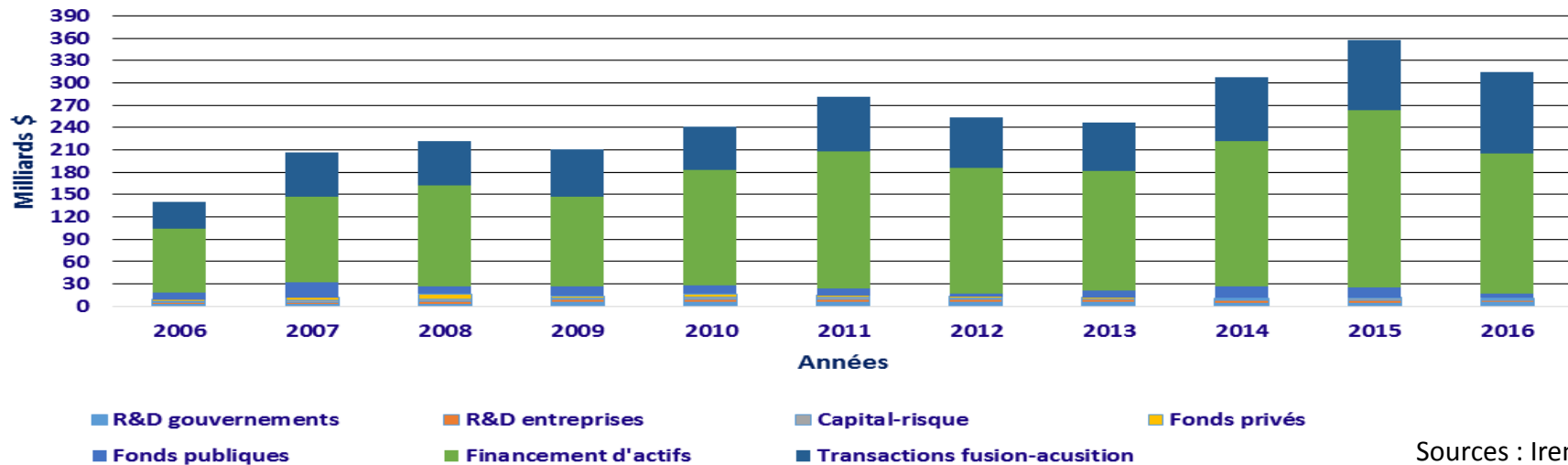
1. Coûts des EnR
- 2. Financement des projets renouvelables**

# Investissements par filière

## Répartition des investissements par filière



## Investissements dans les EnR



# Dispositifs de soutien des EnR

- Plusieurs mécanismes sont en vigueur :
  - Prix garantis/Tarif d'achat: Minimisation des risques
  - Subventions : réduction de coûts
  - Suppression des taxes TVA : réduction des charges
  - Pénalisation des émissions polluantes : encourager le développement de l'énergie verte

# Réglementations favorables au développement des EnR

## Par les quantités :

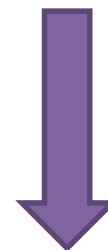
- Chaque producteur doit produire x% du renouvelable
- Chaque producteur doit réduire ses émissions CO2 de x tonnes



***Quantités maîtrisées mais prix élevé !***

## Par les prix :

- Prime de x€/MWh en complément du revenu sur le marché
- Coût supplémentaire de x€/tCO2



***Coûts maîtrisés mais incertitude pour atteindre la cible en quantité !***

- En Europe, la plupart des pays ont fait le choix de soutien par des dispositifs hybrides

# Exemples de subvention par les prix

Obligation d'achat de toute la production à un **prix fixe**  
→ déconnexion totale avec le marché

Tarif d'achat garanti

Valorisation de la production à la charge de l'exploitant + **prime variable en complément pour atteindre un revenu total fixe**

Valorisation de la production à la charge de l'exploitant + **prime fixe en complément**

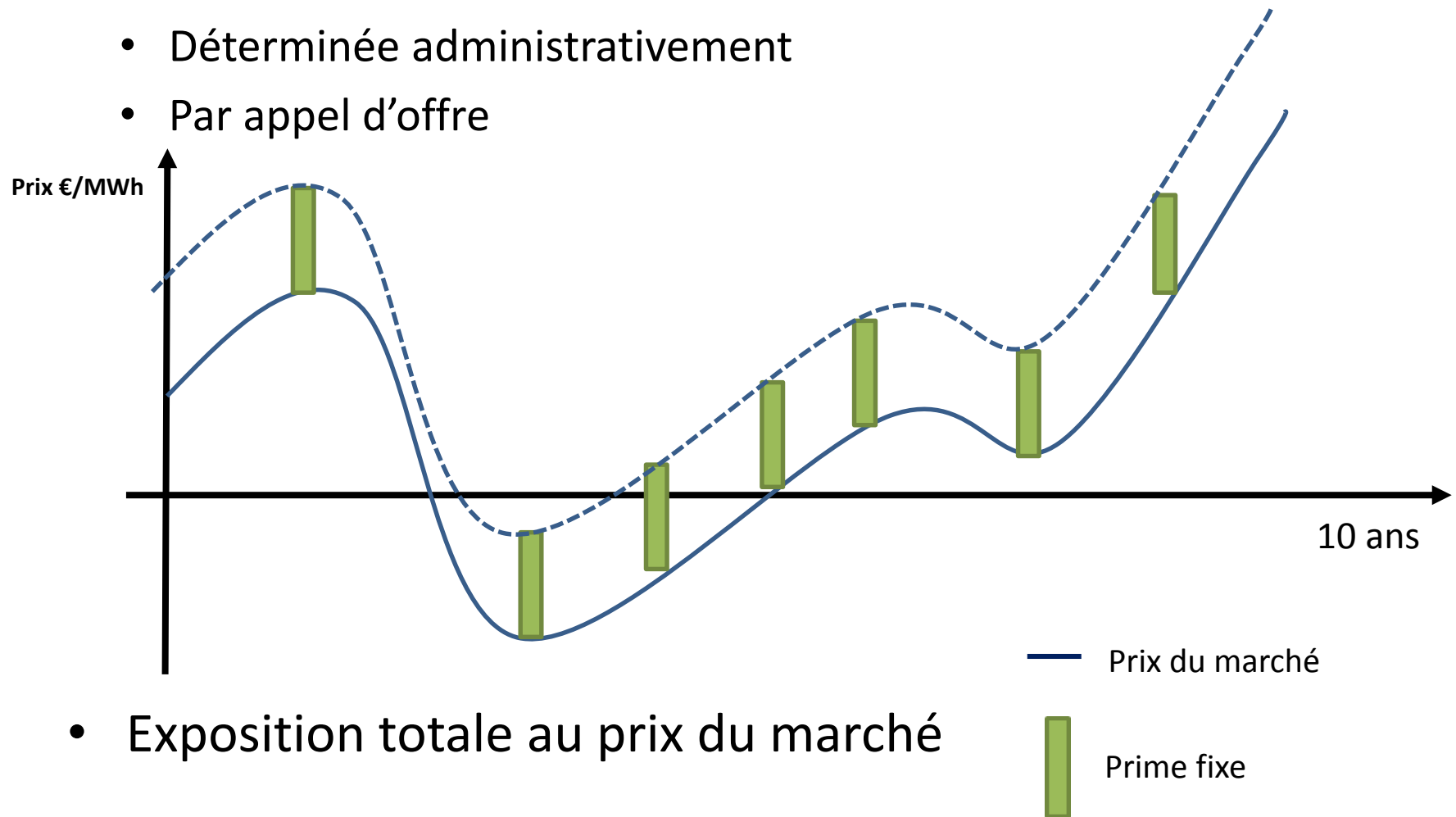
Prime de marché

Subvention par les prix

Contrat pour différence

# Prime fixe

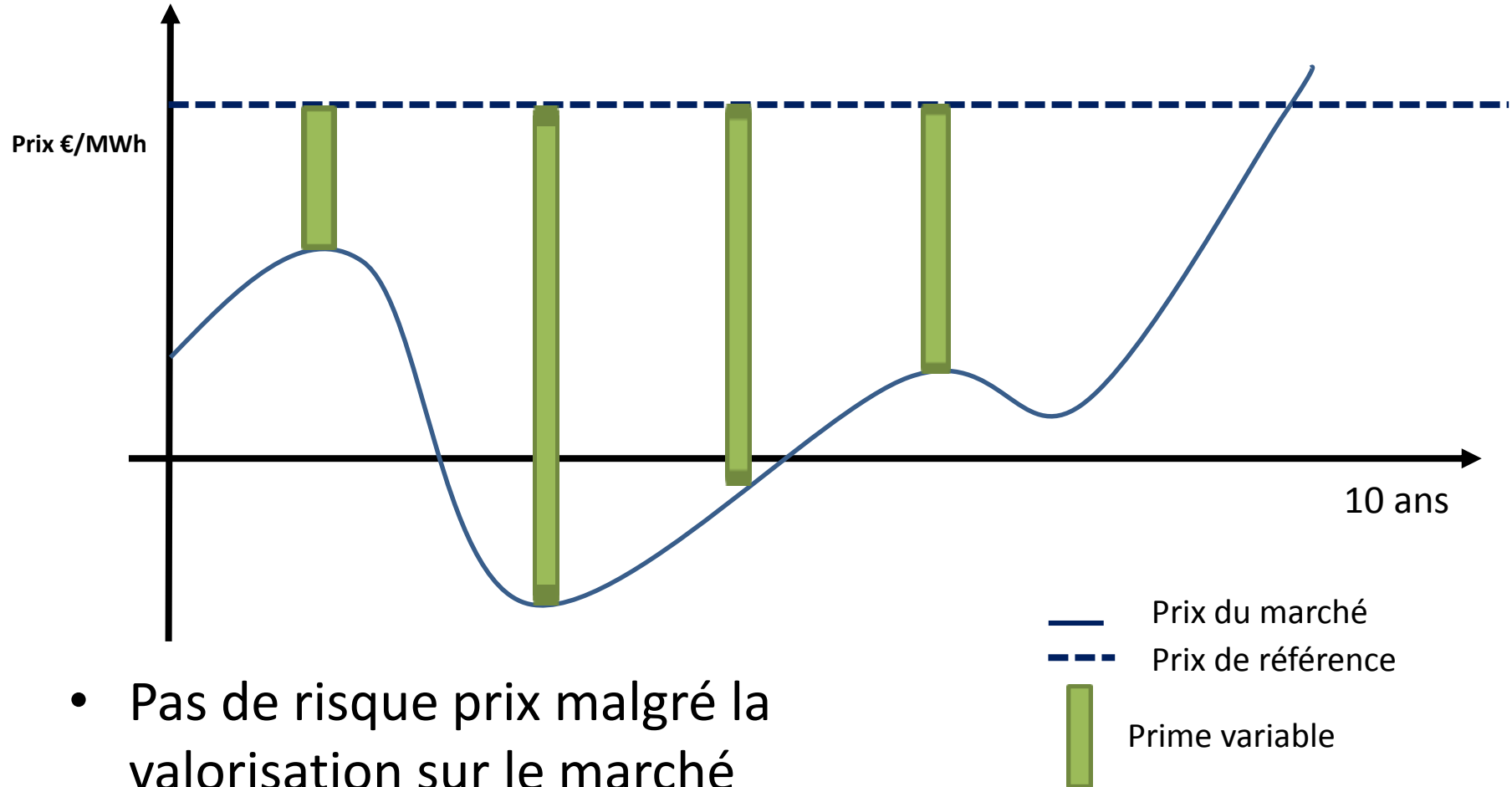
- Prime constante par MWh produit sur toutes les heures
  - Déterminée administrativement
  - Par appel d'offre



- Exposition totale au prix du marché

# Contrat pour différence

- Prime variable = Prix de référence - prix sur le marché



- Pas de risque prix malgré la valorisation sur le marché



# Exemples

- RPS: Quota de production EnR
- RO: Obligation d'achat,
- FIT: Feed-in-Tariff,
- FIP: Feed-in-Premium,
- CfD: contrat pour la différence.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	~	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Japan						RPS				FIT			
South Korea					FIT					RPS			
California					RPS								
Spain	FIT/FIP												
Germany			FIT									FIP	
Italy					RPS					FIP			
U.K.					RO							CfD	

- FIP en Espagne est volontaire. L'Italie a adopté le FIP (2005-2011) et le FIT (2012) pour l'énergie photovoltaïque tandis que le RPS était également en place.

# Autres dispositifs : Autoconsommation

- L'autoconsommation est rentable pour le client si la « parité réseau » du kWh est atteinte :
  - Coût de production est inférieur au coût du kWh soutiré du réseau
- Des dispositifs sont en vigueur dans certains pays permettant l'auto-producteur de valoriser sa production sur le marché

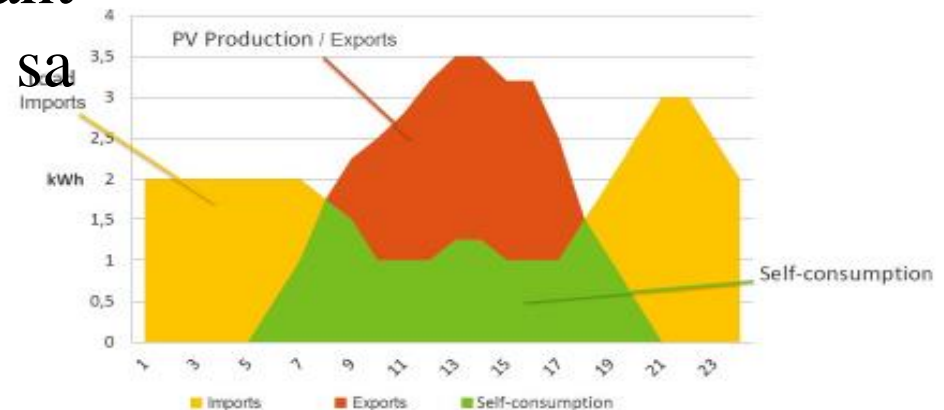
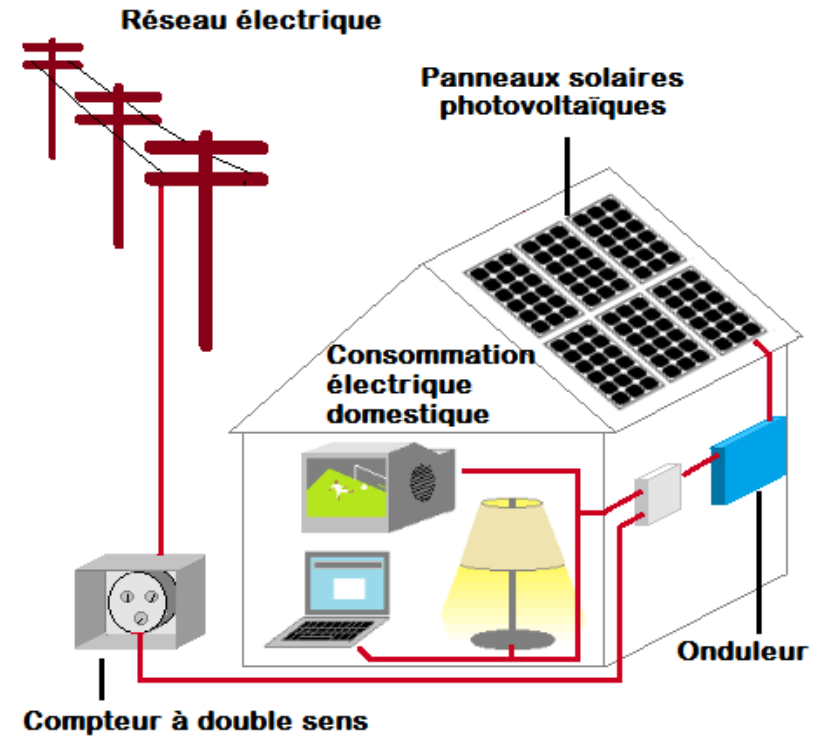


Figure 1: Autoconsumption Profile (Source IEA-PVPS (2014))

# Récapitulatif de la matinée (1/2)

- Les progrès technologiques rapides et les multiples options d'intégration du réseau nécessitent la construction d'un cadre pour l'intégration des EnR
  - basé sur la caractéristique actuelle du système;
  - développe des opportunités technologiques;
  - Etudie l'impact sur le long terme
- Il faut établir des cadres réglementaires et des modèles de marché pour favoriser à la fois le développement des EnR et la gestion d'une plus grande variabilité du système
- De tels cadres réglementaires pourraient inclure de nouveaux marchés pour les services auxiliaires et des signaux de prix pour les groupes de production renouvelable qui incitent à la réduction des coûts d'intégration.

# Récapitulatif de la matinée (2/2)

- Des coûts en baisse des différentes filières mais des disparités dans le monde :
  - Différences des régimes de vent et d'ensoleillement
  - Coûts différents liés à l'investissement (terrain, génie civil,...)
  - Mécanismes de soutien différents
  - Risque des projet différent selon les pays
- Plusieurs mécanismes sont en vigueur pour accompagner le développement des énergies renouvelables
  - Des investissement dans la R&D pour proposer des solutions à moindre coût
  - Pénalisation des centrales polluantes pour favoriser l'insertion des EnR
  - Prix garantis pour réduire le risque sur les revenus
  - Encouragement de la production renouvelable par le consommateur final via le net-metering

**MERCI**