

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية



# INTÉGRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DANS LES SYSTÈMES ÉLECTRIQUES NATIONAUX

Caire, 27 février 2017

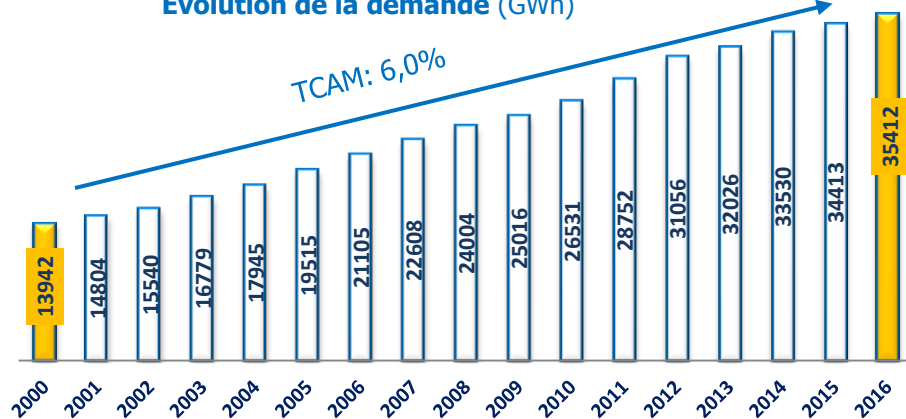
المكتب الوطني للكهرباء و الماء الصالح للشرب  
Office National de l'Electricité et de l'Eau Potable

- ❑ **Système électrique marocain**
- ❑ **Situation actuelle des ENR**
- ❑ **Intégration des ENR**
  - ❖ **Intégration de l'énergie éolienne**
  - ❖ **Intégration du photovoltaïque**
- ❑ **Perspectives de développement des ENR**
- ❑ **Mesures d'accompagnement aux projets ENR**
- ❑ **Conclusions**

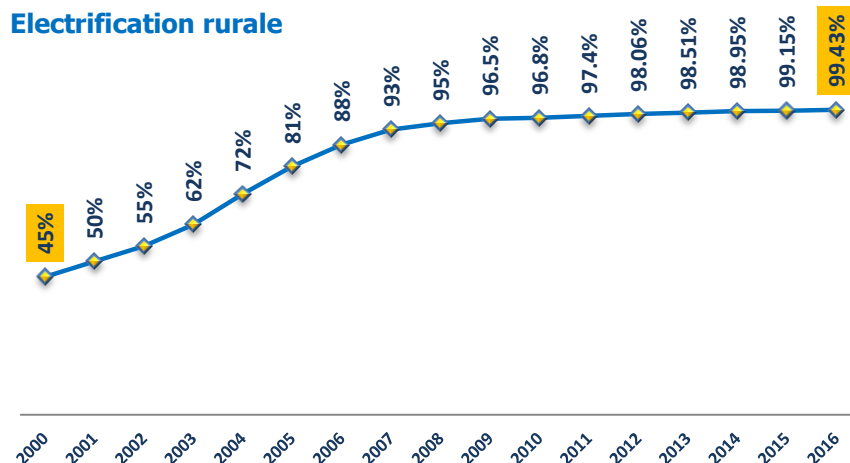
# UNE DEMANDE EN CROISSANCE SOUTENUE

## Evolution de la demande (GWh)

TCAM: 6,0%



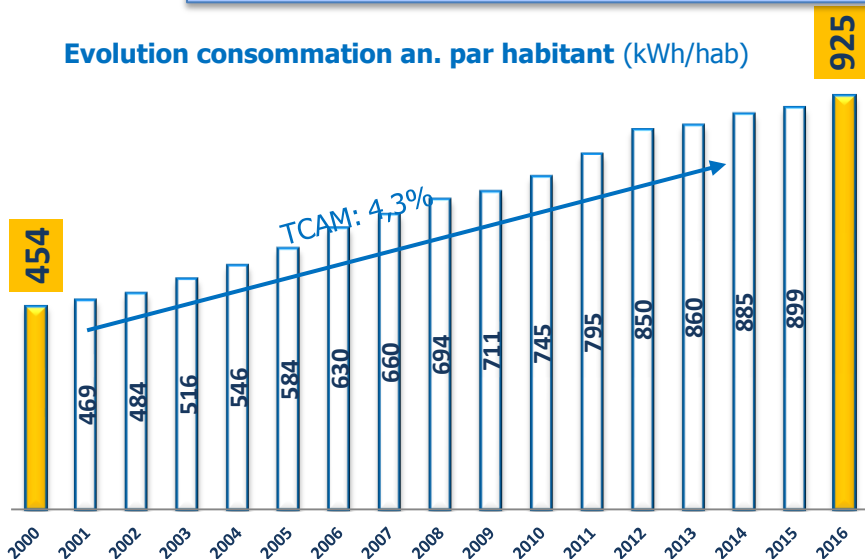
## Electrification rurale



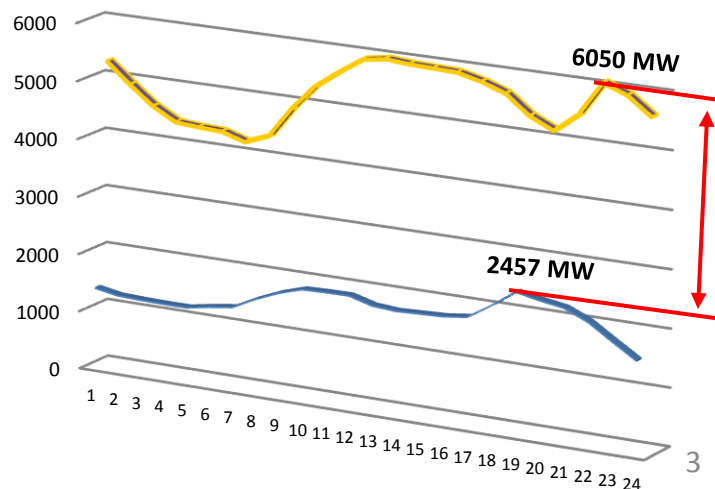
Traduction d'une croissance économique et sociale accélérée, grâce au lancement et à la réalisation de grands projets structurants, de chantiers d'infrastructures et au succès des programmes de développement humain et durable.

## Evolution consommation an. par habitant (kWh/hab)

TCAM: 4,3%

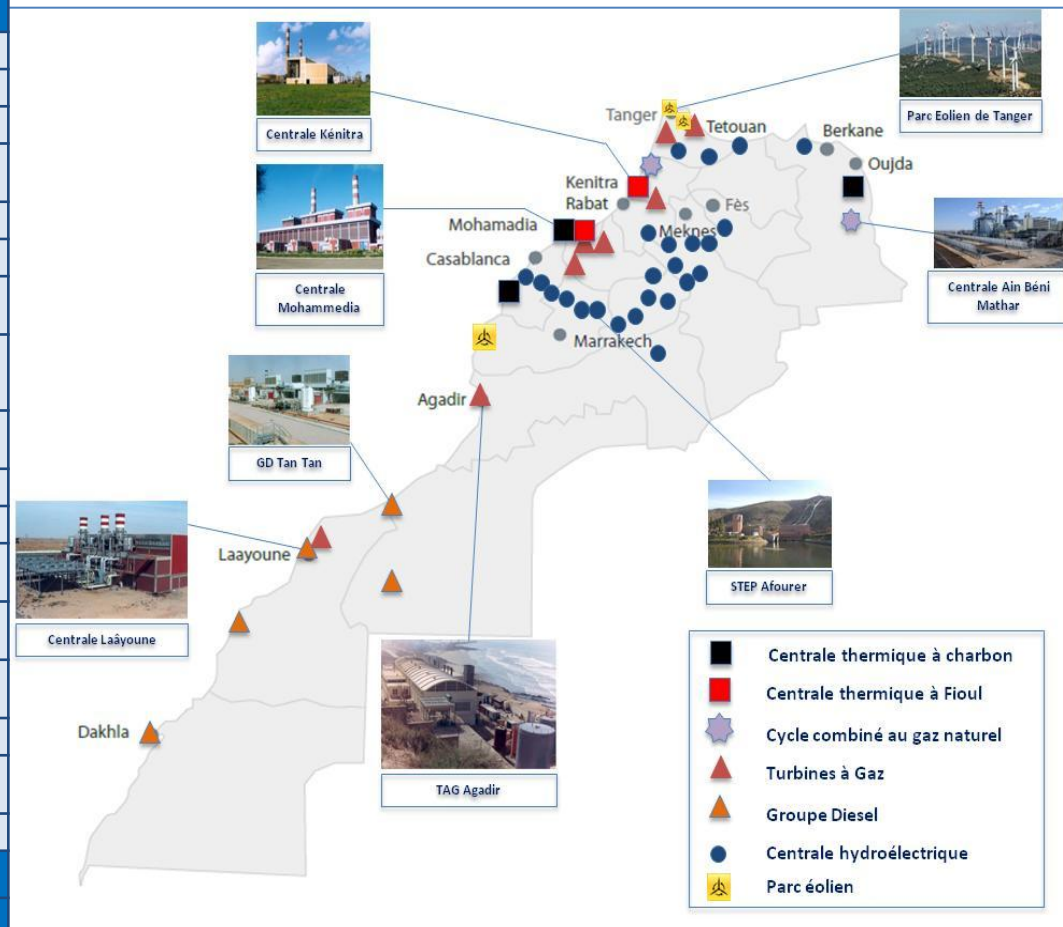


## Mutation de la pointe maximale (2000-2016)



# PUISSANCE INSTALLÉE - 2016

	Puiss. (MW)	Part (%)
Hydraulique classique	1 306	16%
STEP	464	6%
<b>Total Hydraulique</b>	<b>1 770</b>	<b>21%</b>
Centrales thermiques Vapeur	1 065	13%
Turbines à Gaz	1 230	15%
Groupe Diesel	203,44	2%
Centrale Thermique de Jorf Lasfar	2 080	25%
Centrale à Cycle Combiné de Tahaddart	384	5%
Centrale à Cycle Combiné Ain Béni Mathar	450	5%
<b>Total Thermique</b>	<b>5 412</b>	<b>66%</b>
Parcs éoliens ONEE (EPC)	204,526	2%
Parcs éoliens ONEE (IPP)	351,7	4%
Parcs éoliens (autoproduction)	37	0%
Parcs éoliens (Loi 13-09)	305,19	4%
Solaire thermique - Ain Béni Mathar	20	0%
Solaire PV : Noor I + Assa	160,8	2%
<b>Total Eolien &amp; Solaire</b>	<b>1079,216</b>	<b>13%</b>
<b>Puissance installée totale</b>	<b>8 262</b>	<b>100%</b>
<b>Pointe 2016</b>	<b>6050</b>	<b>73%</b>



Part des ENR dans le parc de production :  
**34,5%**

## RESEAU DE TRANSPORT THT

### Réseau THT-HT existant

A fin 2016:

**3 600 Km** de lignes 400 kV

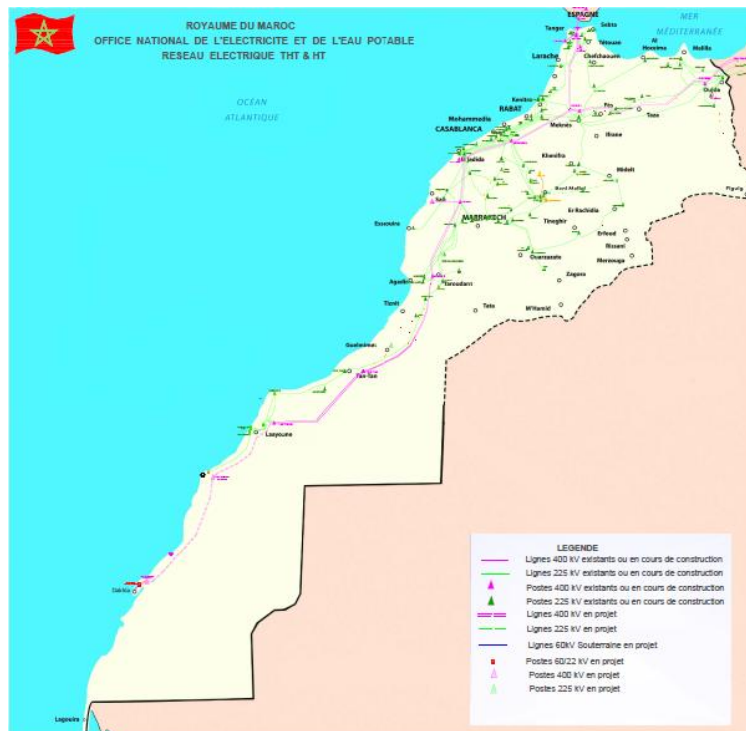
**9 594 Km** de lignes 225 kV

**12 204 km** de lignes 60 kV

### Développement du réseau THT-HT

Réalisation de **927 km** en 400kV,  
et **197 km** en 60kV et ce, notamment pour :

- Evacuation des ouvrages de productions;
- Renforcement et la sécurité d'alimentation des villes
- Amélioration de la performance et de la sécurité du réseau
- Renforcement des interconnexions



# INTERCONNEXIONS

## Maroc-Portugal

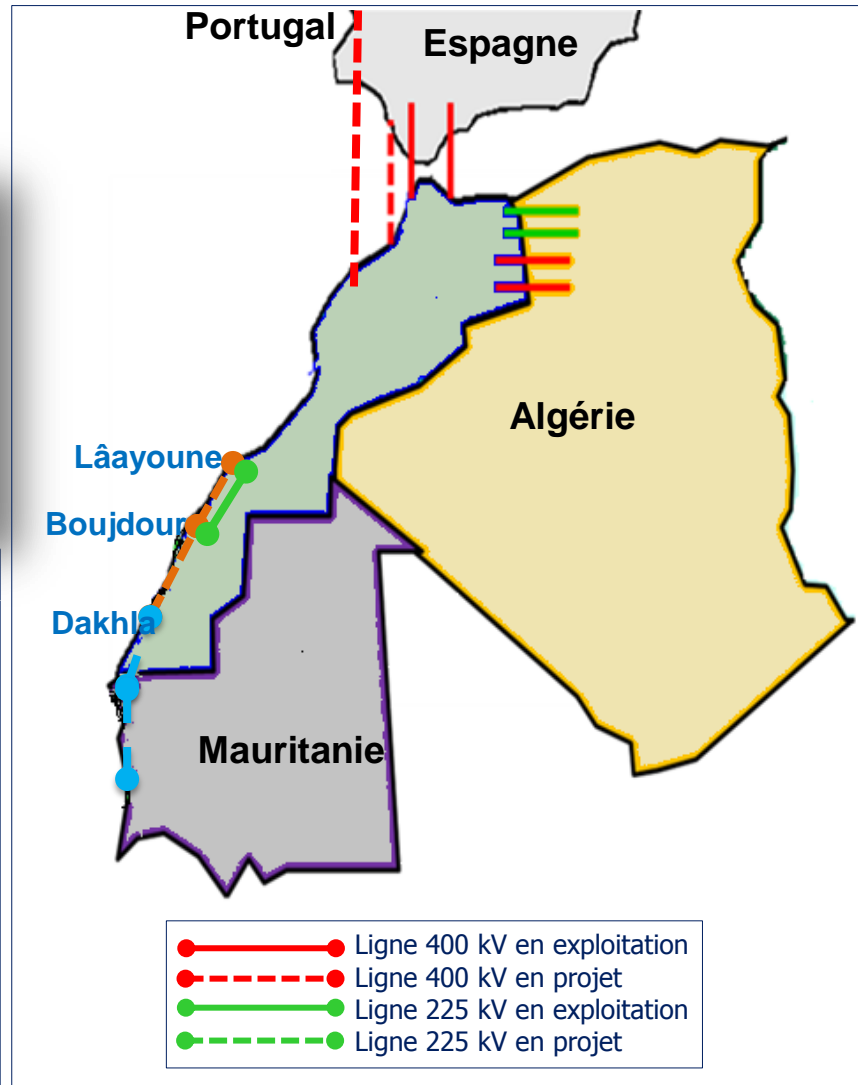
Etude de faisabilité technico-économique en cours



## Maroc-Mauritanie \*

Objectifs :

- Renforcer la sécurité d'approvisionnement de la région en électricité fiable et à des coûts compétitifs
- Intégrer les systèmes électriques de l'Afrique de l'Ouest au réseau européen à travers l'Interconnexion Maroc-Espagne
- Valoriser les ressources en énergies renouvelables de la région
- Favoriser la création d'un marché régional d'électricité



## Maroc-Algérie

- 1<sup>re</sup> interconn. (225kV) en 1988
- 2<sup>me</sup> interconn. (400 kV) en 2008
- Capacité d'échange : 1500MW

## Maroc-Espagne

- 1<sup>re</sup> interconnexion en 1997
- 2<sup>me</sup> interconnexion en 2006
- Capacité d'échange : 1400 MW
- Capacité commerciale : 750 MW
- ONEE 4<sup>me</sup> opérateur dans le marché espagnol d'électricité
- 3<sup>me</sup> interconnexion en cours d'étude



\* En perspective



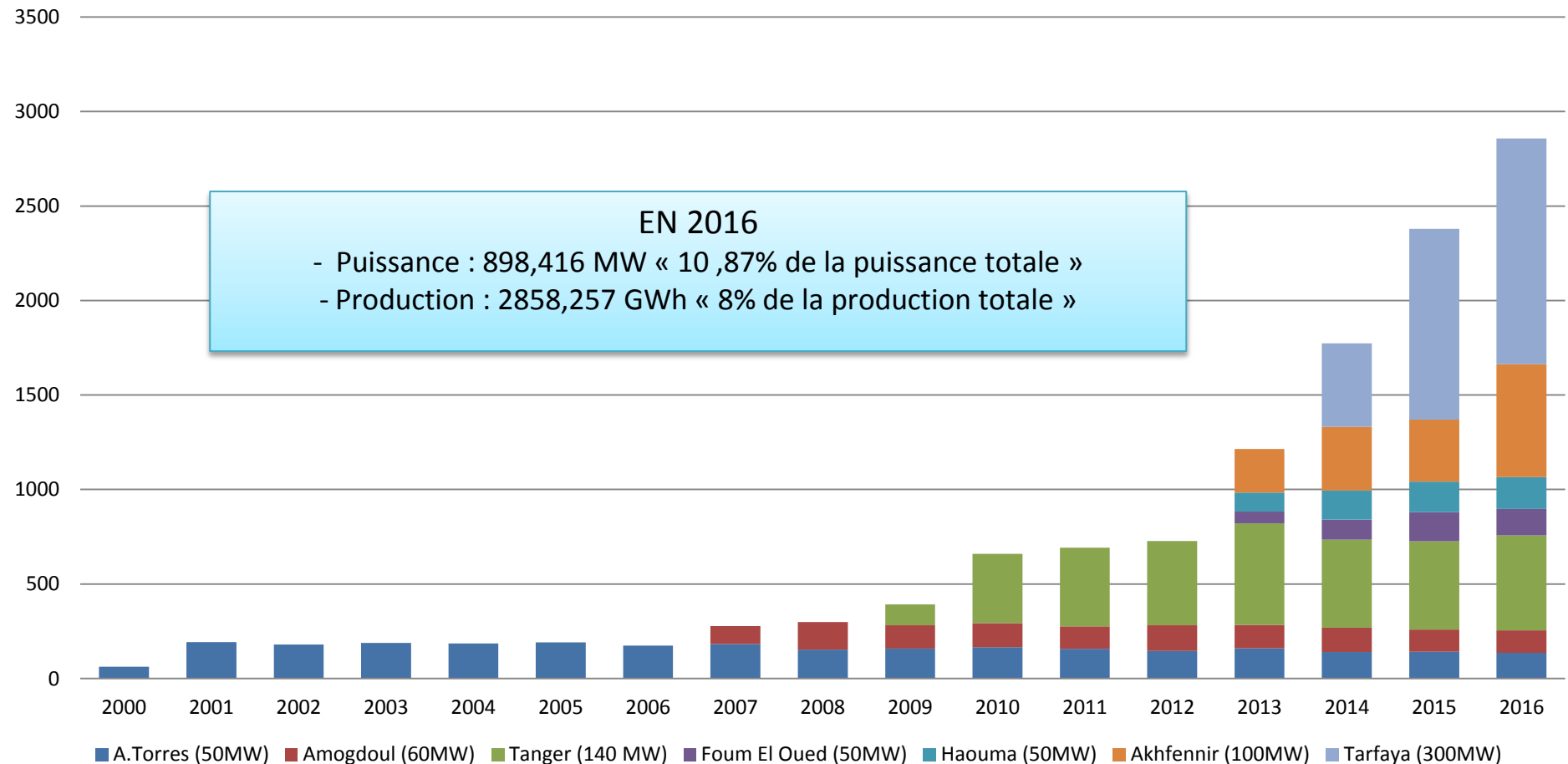
## SITUATION ACTUELLE DES ENR

### Centrales solaires et parcs éoliens existants

Parc éolien	Site	Puissance installée (MW)	Date de mise en service
<b>Parcs ONEE</b>			
AMOGDOUL	ESSAOUIRA	60.35	2007
TANGER	TANGER	140.25	2009
<b>IPP</b>			
CED	TETOUANE	50.4	2000
TARFAYA	TARFAYA	301.3	2014
<b>Loi 13-09</b>			
AKHFENNIR I	TARFAYA	101.87	2013
AKHFENNIR II	TARFAYA	101.87	2016
FOUM ELOUED	LAAYOUNE	50.6	2013
HAOUMA	TANGER	50.6	2013
<b>Autoproduction</b>			
LAFARGE	TETOUANE	32.2	
CIMENT DU MAROC	LAAYOUNE	5.25	
		<b>894,9</b>	
Centrale solaire	Site	Puissance installée (MW)	Date de mise en service
<b>Parcs ONEE</b>			
Champs solaire ABM	ABM	20	2009
<b>Microcentrales PV raccordées aux réseaux MT ou BT</b>			
Centrale solaire PV de Tit Mellil	Tit Mellil	0,046	2007
Microcentrales photovoltaïques d'Ouarzazate	Ouarzazate	0,12	2011
Centrale solaire PV d'Assa	Assa	0,8	2014
<b>MASEN</b>			
NOUR 1 (CSP)	OUAZAZZATE	160	2016
		<b>181</b>	

# SITUATION ACTUELLE DES ENR

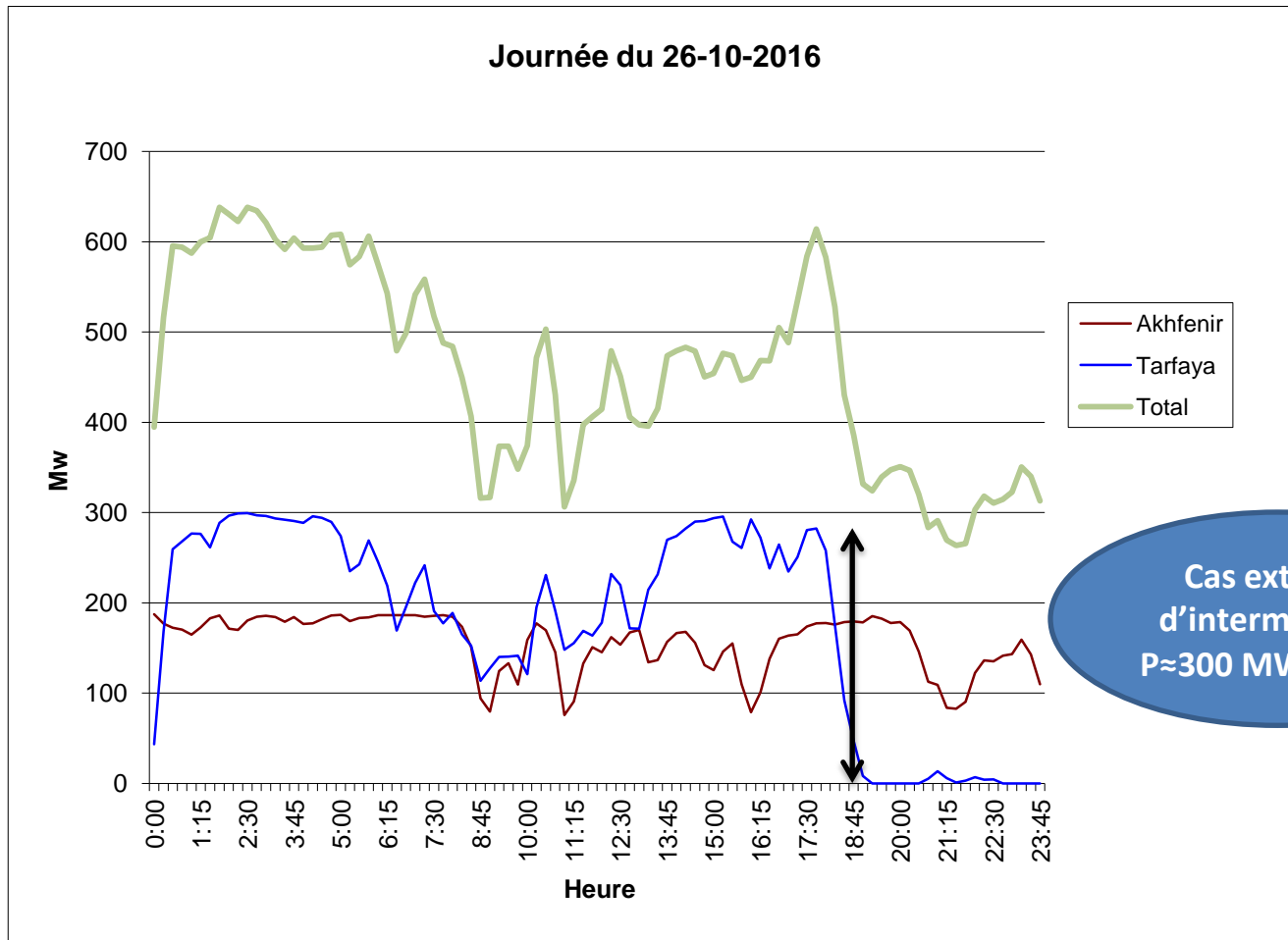
## Production électrique d'origine éolienne (GWh)





# SITUATION ACTUELLE DES ENR

## Profils de productions éoliennes – Journée du 26 octobre 2016



# SITUATION ACTUELLE DES ENR

## Gestion de l'intermittence

- ❑ **Moyens de production flexibles** : STEPs, centrales hydrauliques à réservoirs, TAG, CCGT, ...
- ❑ **Contribution des interconnexions**
- ❑ **Moyens de prévision de la production éolienne**

L'ONEE a conclu une prestation de service avec une société spécialisée dans la prévision des énergies renouvelables se basant sur :

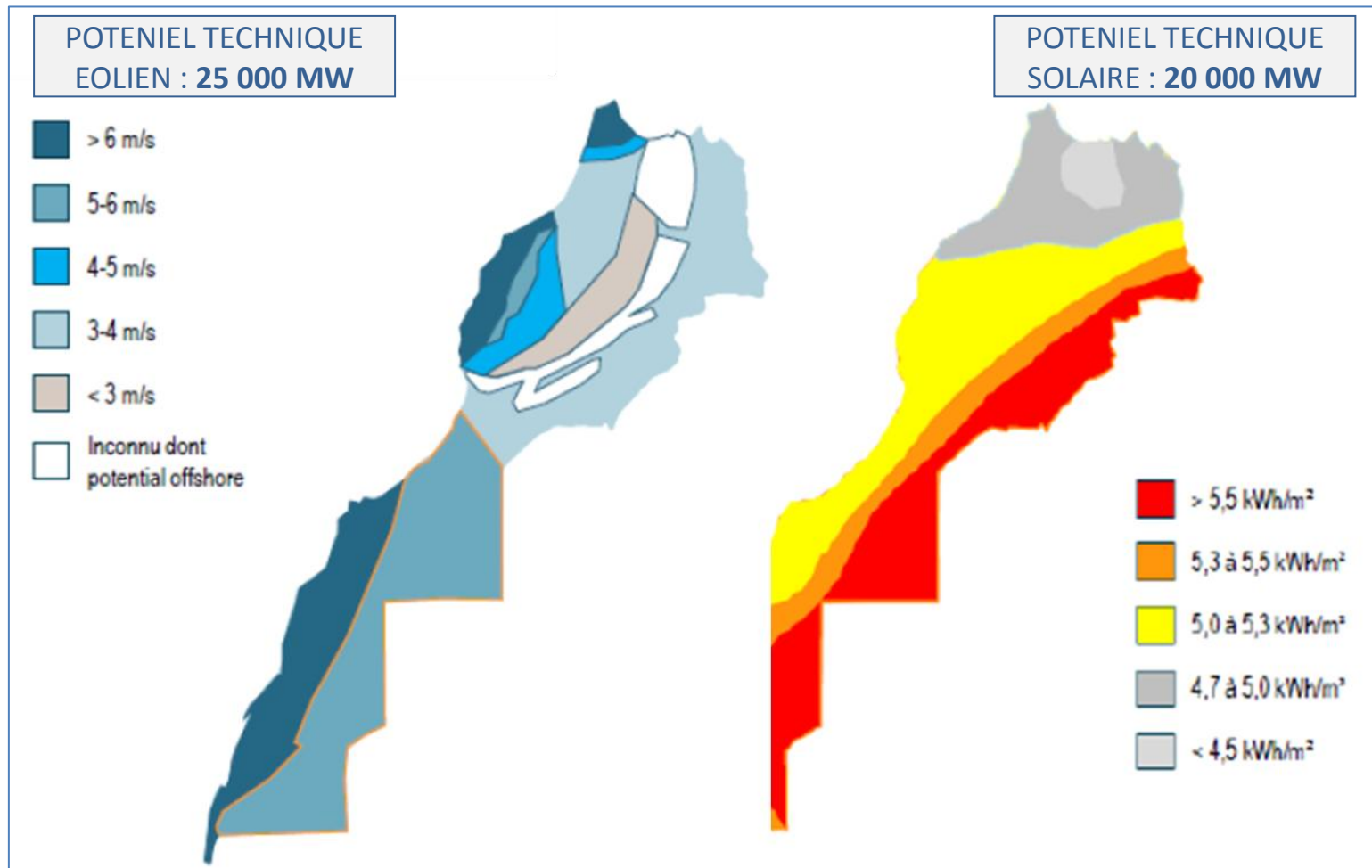
- la prévision des modèles météorologiques avec des adaptations par rapport à la région concernée par la prévision.
- les productions réalisées au niveau des parcs éoliens concernés.

### ❑ **Evaluation des prévisions par rapport aux réalisations**

- Pour les parcs du Nord et la parc d'Essaouira, les plus observés et qui disposent d'un historique de production suffisant, l'erreur moyenne absolue est de l'ordre de 10 % à 15 % selon la portée de la prévision.
- Pour les parcs du sud l'erreur est entre 15 et 25 %.

# INTEGRATION DES ENR

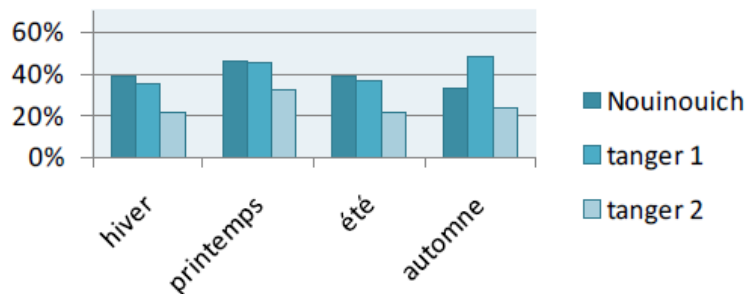
## Potentiels éolien et solaire



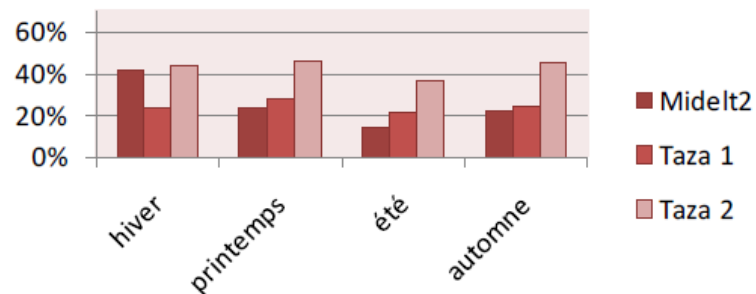
# INTEGRATION DES ENR

## Facteur de charge

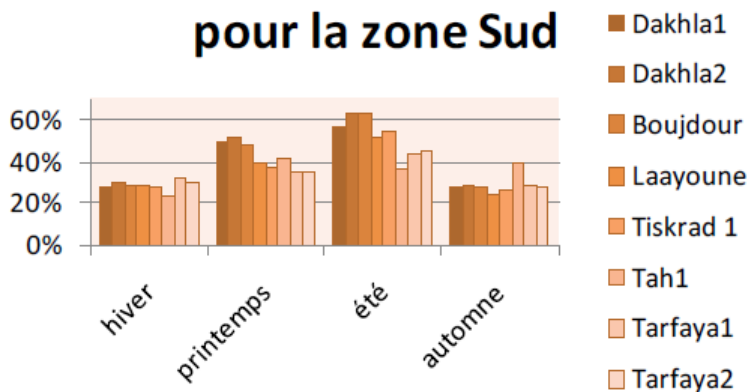
### Facteur de charge éolien pour la zone Nord



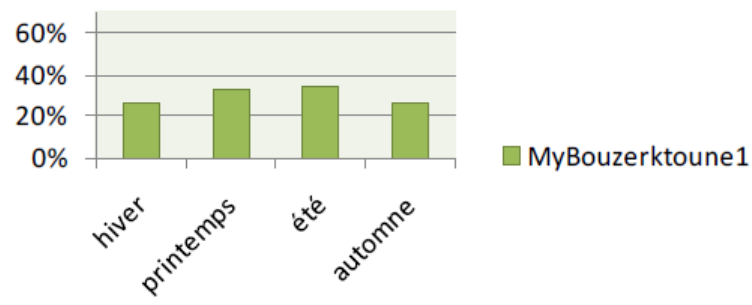
### Facteur de charge éolien pour la zone Moyen Atlas



### Facteur de charge éolien pour la zone Sud

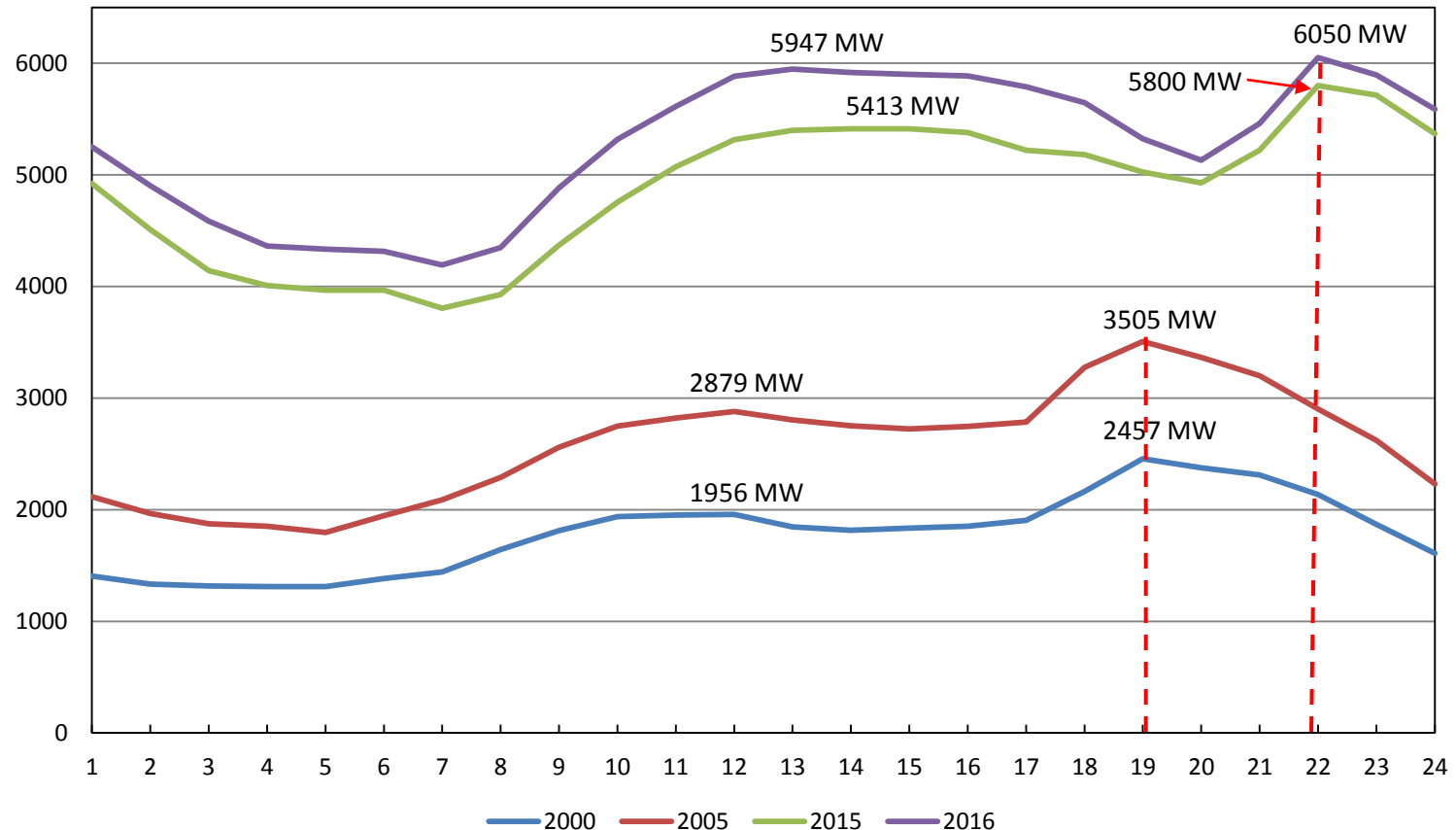


### Facteur de charge éolien pour la zone Essaouira



# INTEGRATION DU PV

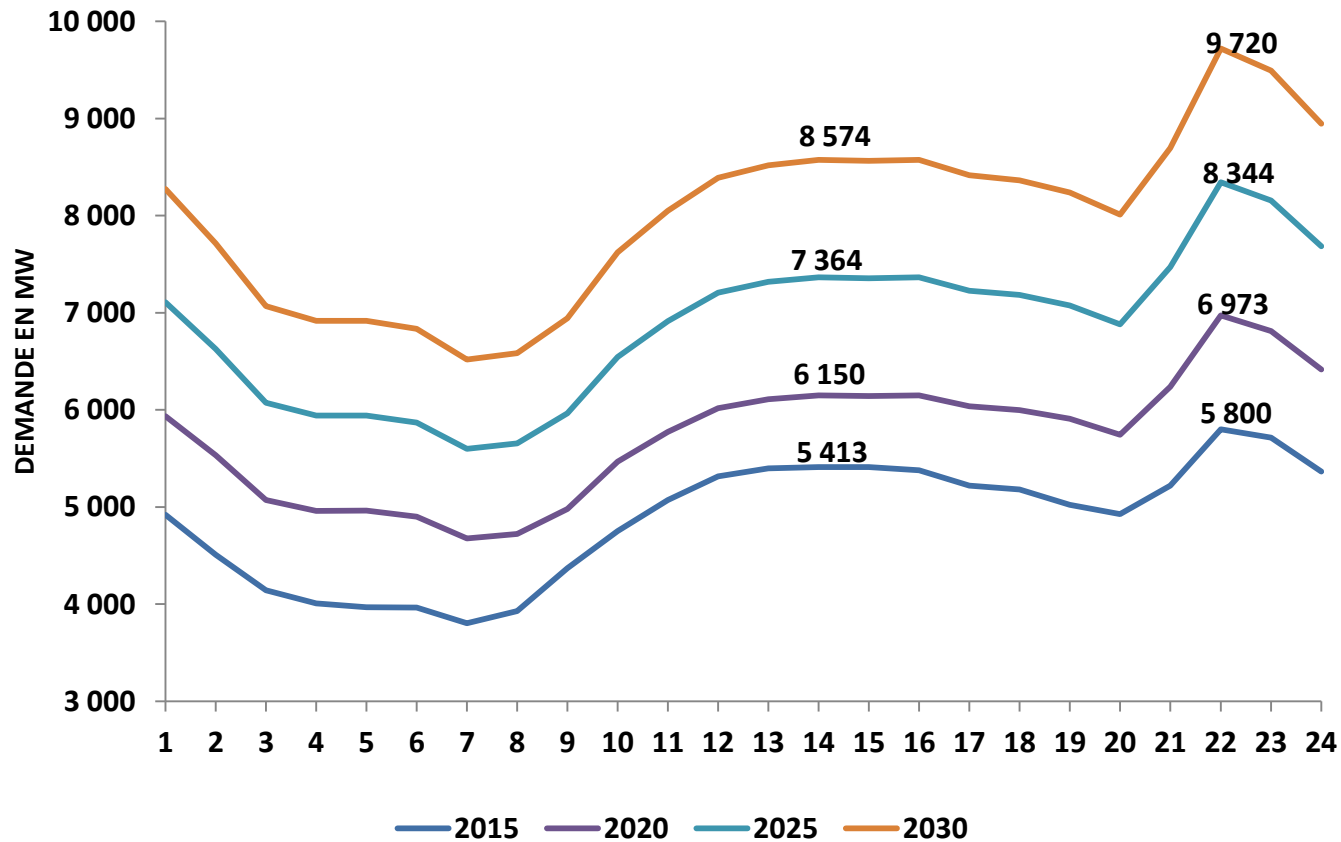
## Evolution de la courbe de charge entre 2000-2016



- Apparition de deux points au lieu d'une seule
- Passage d'une pointe d'hiver à une pointe d'été
- Rapprochement progressif de la pointe du matin de celle du soir :
  - Développements économique et social
  - Amélioration du style de vie de la population (climatisation, ...)

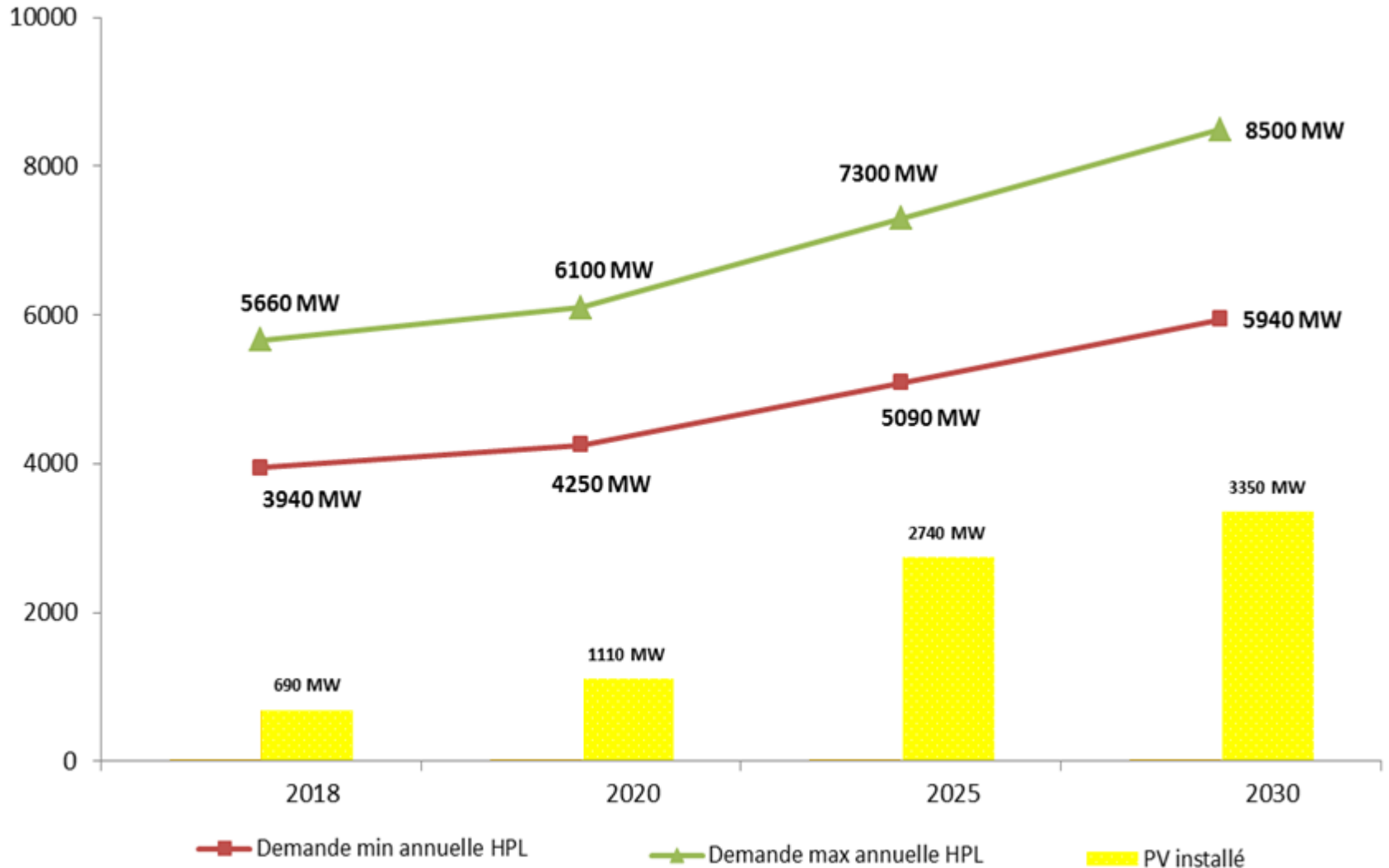
# INTEGRATION DU PV

## Evolution future de la courbe de charge entre 2016-2030



# INTEGRATION DU PV

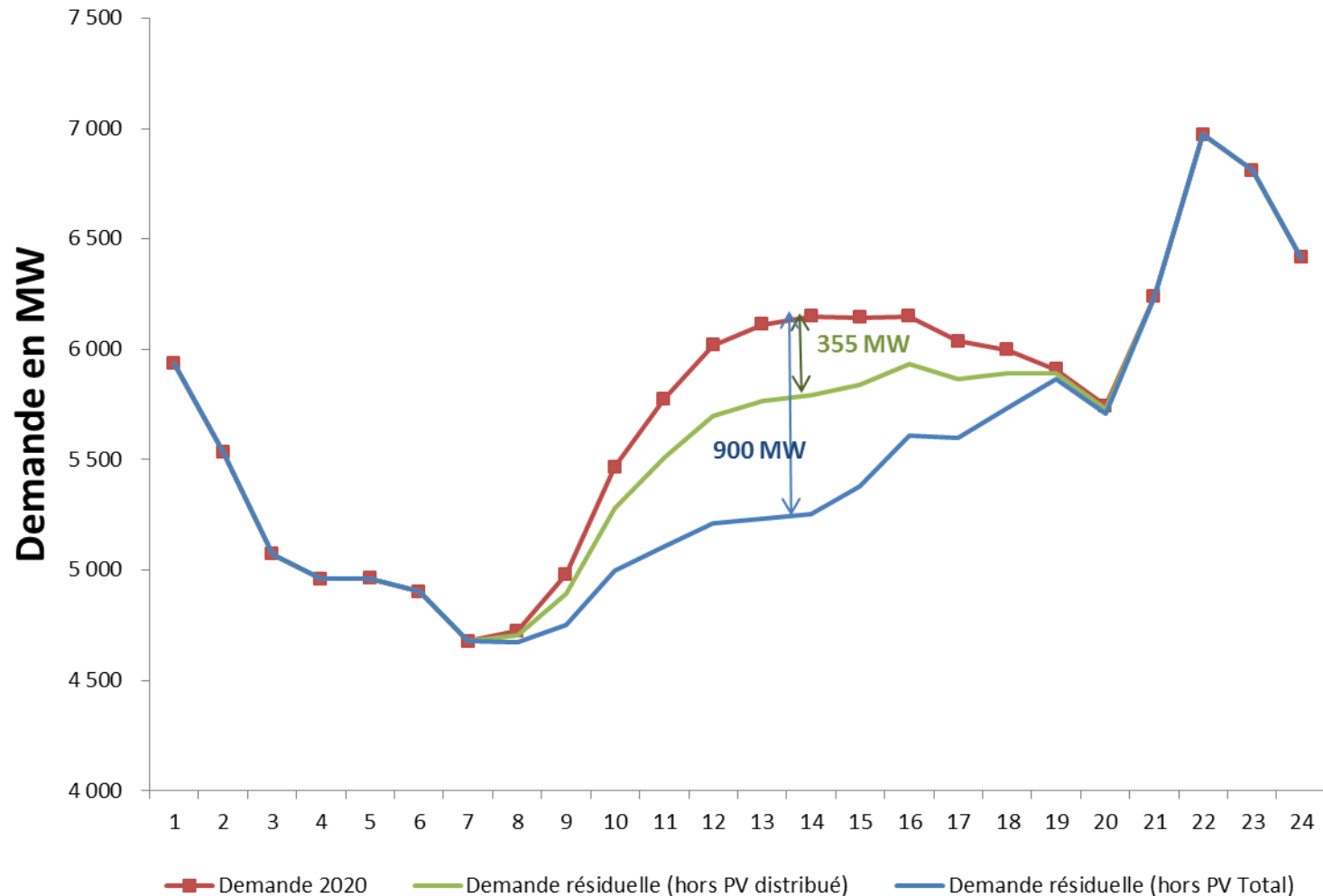
## Intégration du PV en heures pleines





# INTEGRATION DU PV

## Impact du PV sur la courbe de charge de 2020



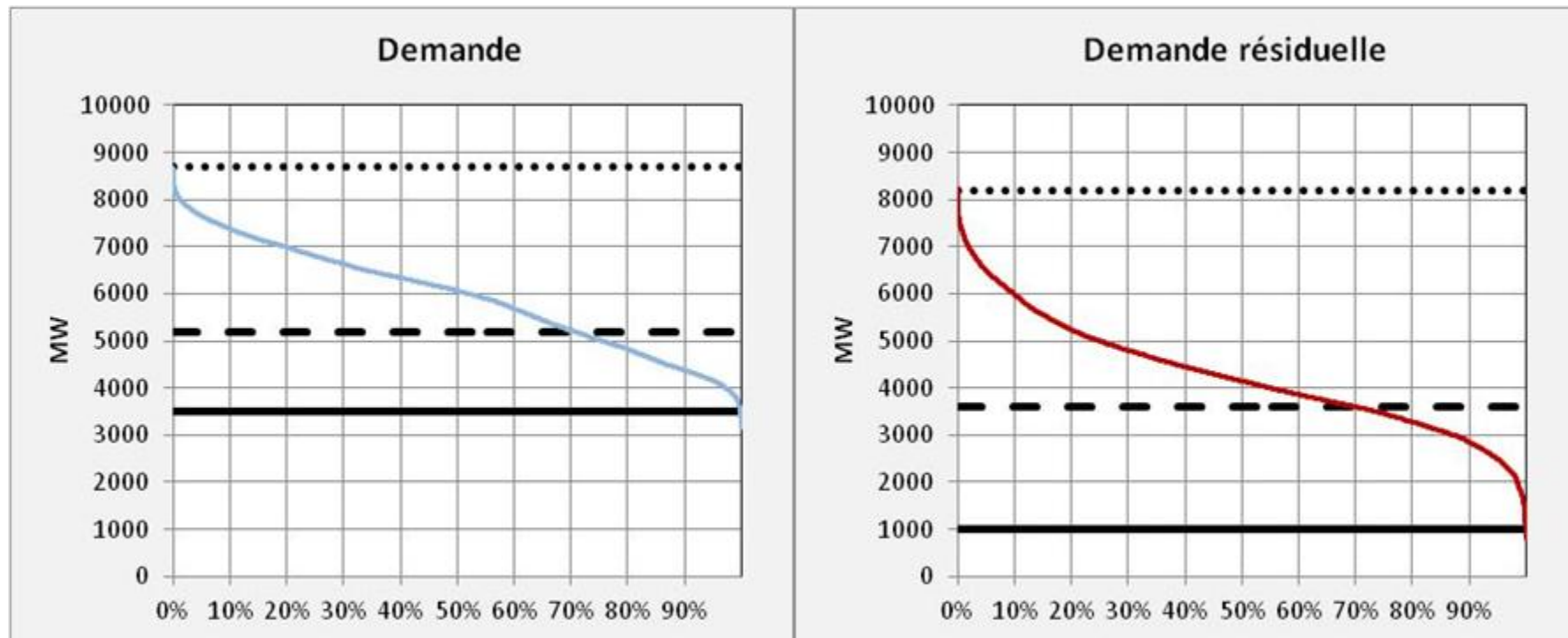
# INTEGRATION DES ENR

## Contraintes et limites techniques

- Contraintes de minimum technique à respecter en exploitation des groupes thermiques
- Degré de flexibilité du parc thermique (gradients à la baisse ou à la hausse)
- Seuils limites à respecter en terme de nombre d'arrêts/démarrages des groupes thermiques
- Seuils contractuels en écrêtement des ENR
- Niveau d'export des ENR à travers les interconnexions (IME, IMA)

# INTEGRATION DES ENR

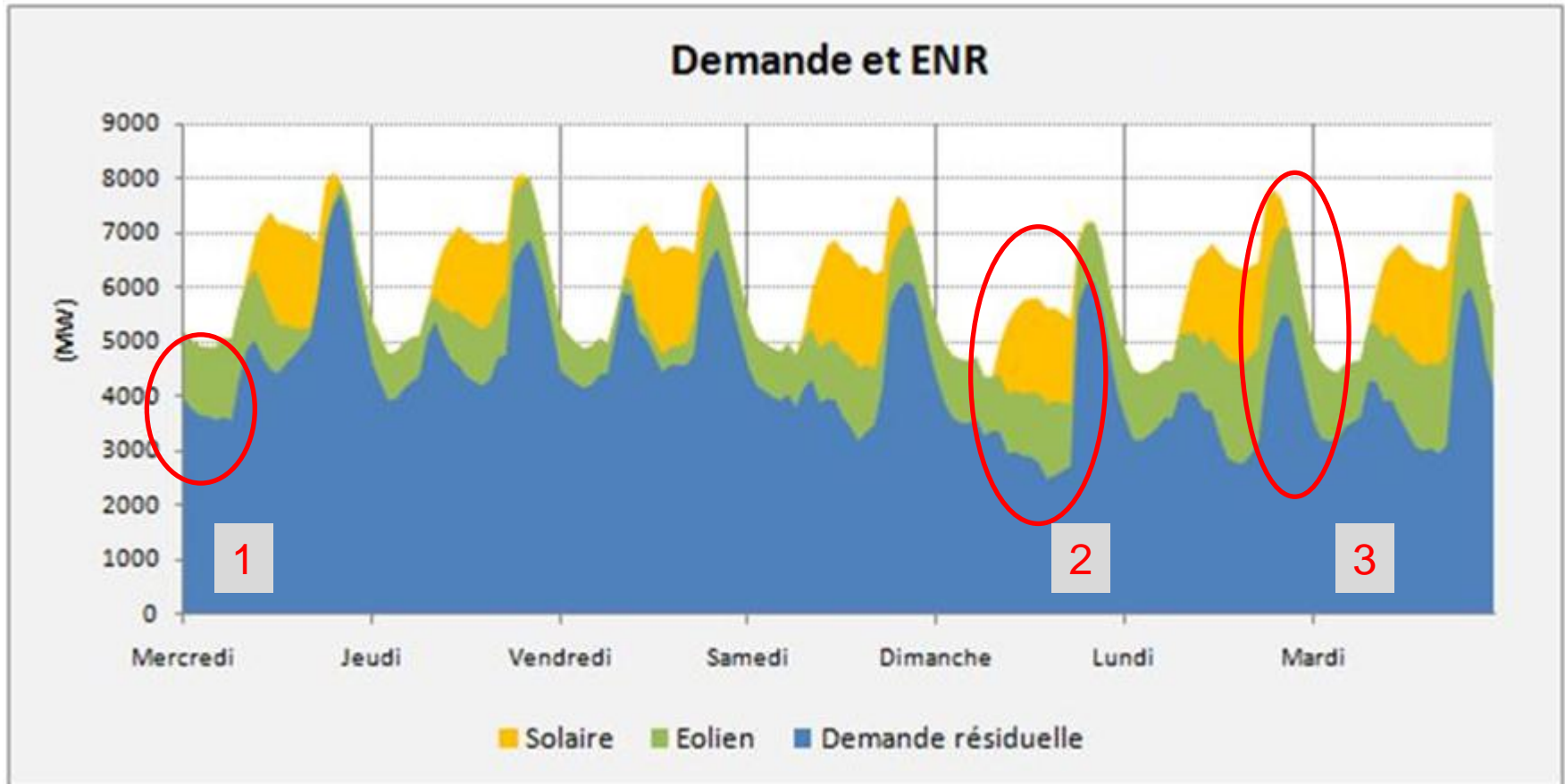
## Contraintes de minimum technique



- ◆ Passage de la demande minimale de 3600 à 1000 MW
- ◆ Nombre accru en arrêts/démarrages des groupes
- ◆ Fonctionnement plus fréquent des groupes thermiques à minimum technique avec une dégradation très significative de leur rendement

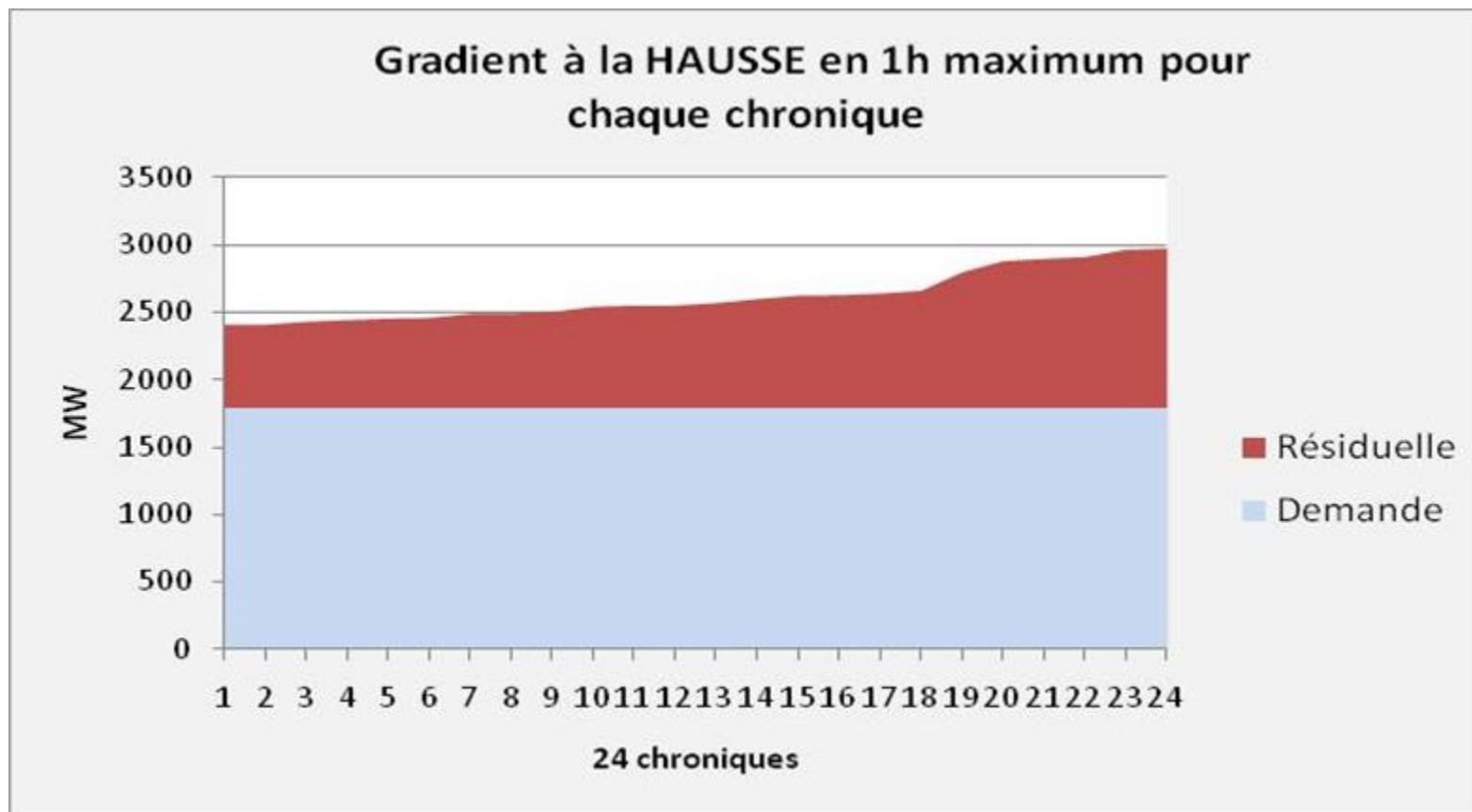
# INTEGRATION DES ENR

## Degré de flexibilité du parc thermique



- Demande résiduelle minimale  $\ll$  Demande minimale
- Grad 1h+ demande résiduelle  $\gg$  Grad 1h+ demande

## Degré de flexibilité du parc thermique



- Le gradient 1h+ passe de 1800MW à [2500 ; 3000] MW
  - Le plus souvent en fin de journée (arrêt du solaire & pointe du soir)

# PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES ENR

## Stratégie Energétique Nationale

### Objectifs

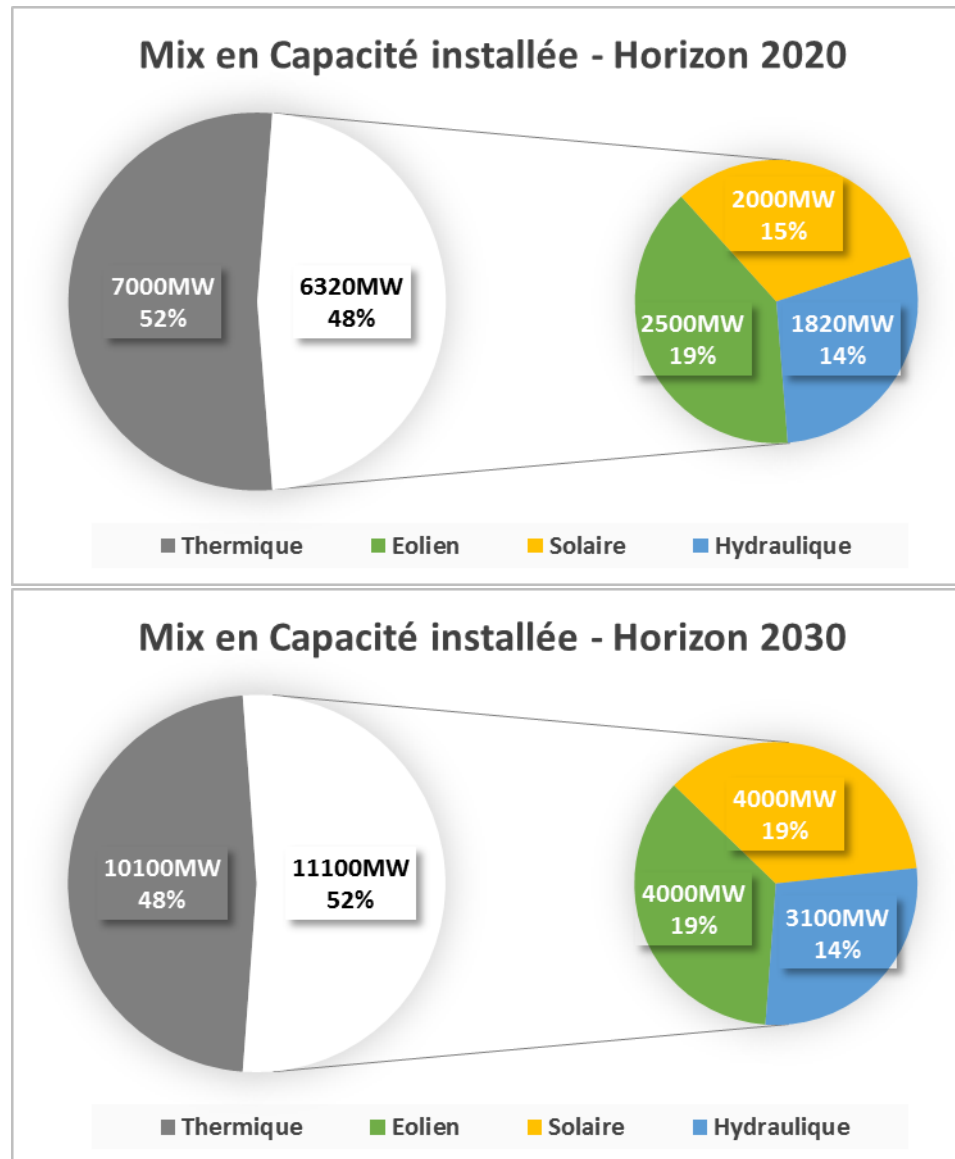
- ❑ Sécurité d'approvisionnement et disponibilité de l'énergie
  - ❑ Accès généralisé à l'énergie à des prix raisonnables
  - ❑ Maîtrise de la demande
  - ❑ Préservation de l'environnement
- Objectif 1 : 42% ENR en 2020
  - Objectif 2 : 52% ENR en 2030

### Orientations stratégiques

- ❑ Mobilisation des ressources nationales par la montée en puissance des énergies renouvelables
- ❑ Mix diversifié et optimisé autour de choix de technologies fiables et compétitives
- ❑ Efficacité énergétique érigée en priorité nationale
- ❑ Intégration Régionale

# PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DES ENR

## Capacité d'accueil en ENR





## ACCOMPAGNEMENT DE L'ONEE AUX PROJETS RENOUVELABLES

### **Au niveau de la production**

- Développement d'un parc de production adapté à l'intermittence des ENR :
  - 4 STEPs d'une puissance totale de 1414 MW;
  - Centrales hydrauliques classiques avec capacité de stockage importante ( $\approx 1000$  MW);
  - Centrales thermiques d'une grande flexibilité: cycles combinés au gaz naturel ( $\approx 3200$  MW).
- Veille sur le choix de technologies éoliennes et solaires éprouvées

### **Au niveau du transport**

- Extension et renforcement du réseau de transport
- Développement des interconnexions
  - Existantes: Espagne et Algérie
  - En étude: Portugal et Mauritanie
- Développement d'un dispatching ENR

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- ☐ Investissements dans les moyens de réserve
  - Moyens de production flexibles : STEPs, Cycles combinés, ...
  - Réseau de transport et interconnexions
- ☐ Dispatching ENR : maitrise de la prévision de l'offre et de la demande
- ☐ Cadres technique et réglementaire pour l'écrêtement des ENR et de la demande
- ☐ Veille et maitrise des technologies de stockage d'énergie
- ☐ Coordination et échanges d'informations entre les dispatchings (transport et de distribution) avec les différents acteurs du secteur de l'électricité
- ☐ Révision de la tarification
- ☐ Formation et préparation des RH à la transition énergétique



**MERCI DE VOTRE  
ATTENTION**