

# Scénarios Energie-Climat 2035- 2050 et approche prospective

David MARCHAL, Directeur adjoint Productions et Energies Durables



- **EPIC sous tutelle des Ministères**
  - De la Transition Écologique et Solidaire
  - Enseignement supérieur et recherche

- **Domaines d'activité:**

- Prévention des Déchets
- Transport et mobilité
- Ville durable (air, bruit)
- Énergie et climat
- Efficacité énergétique

- **Budget:**

- 647 M€, en 2019
- 3 550 M€, au titre des investissements d'avenir

- **Nos Missions**

- **Accélérer le déploiement** de la transition énergétique et écologique
- **Innover & préparer l'avenir** de la TEE
- Contribuer à l'**expertise collective** pour la TEE

- **Combien, où ?**

- Environ 900 employés
- Siège (Angers, Paris, Sophia Antipolis)
- 17 Directions régionales



PARIS2015  
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
COP21·CMP11

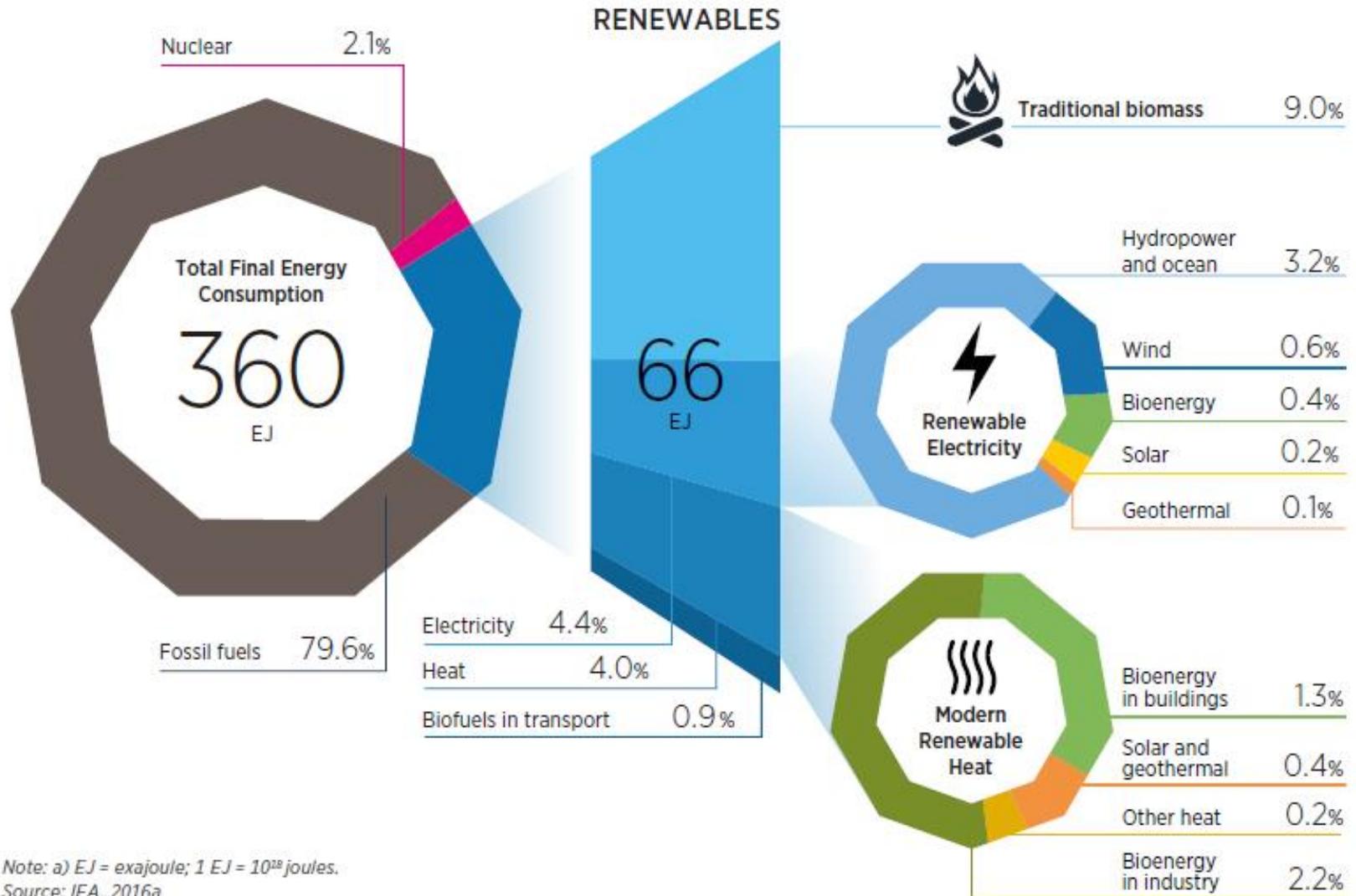


# Quelques éléments de contexte



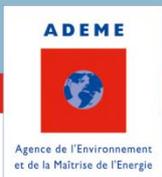
# Contexte: place des EnR dans le monde

ADEME

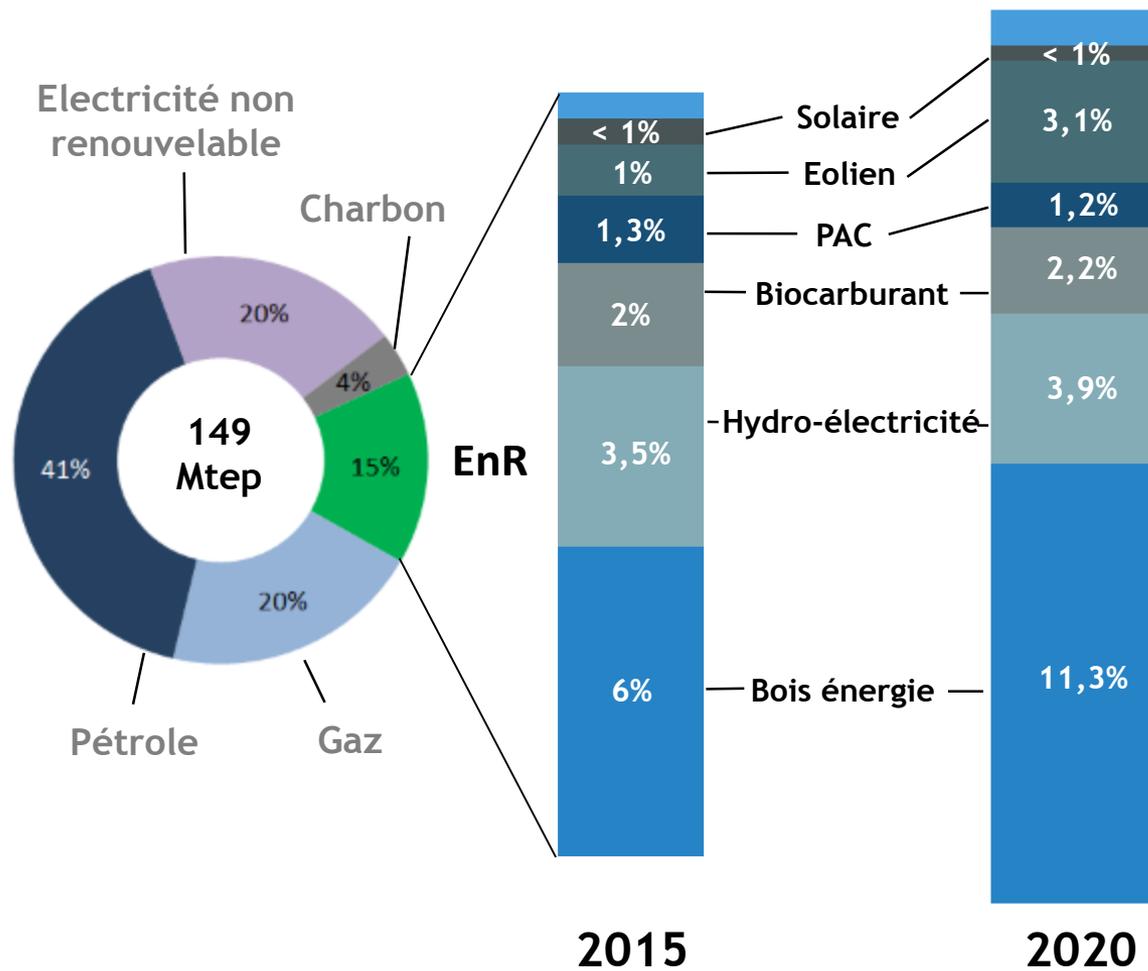


Note: a) EJ = exajoule; 1 EJ = 10<sup>18</sup> joules.  
Source: IEA, 2016a

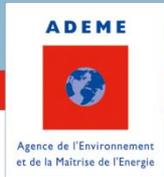
# Contexte: place des EnR en France aujourd'hui



- 2015: 15%
- Objectif 2020: 23%
- Objectif 2030: 32%
- Chaleur = ~50% des besoins

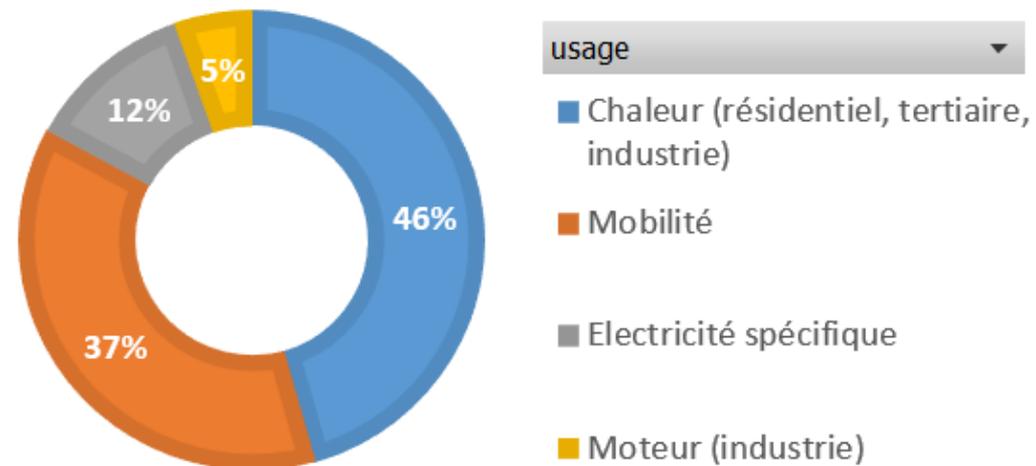


# Contexte: pourquoi consomme-t-on de l'énergie ?



- La chaleur: premier usage de l'énergie en France aujourd'hui
- La mobilité, second levier

## CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE PAR USAGE, EN FRANCE

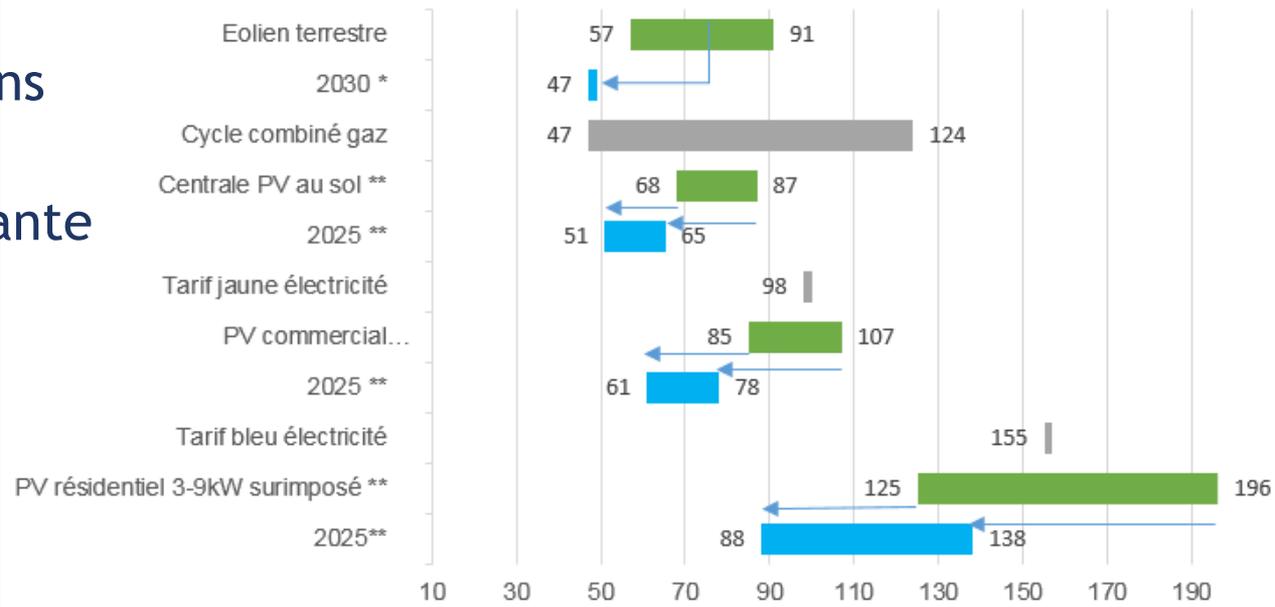


# Contexte: le coût des EnR en France

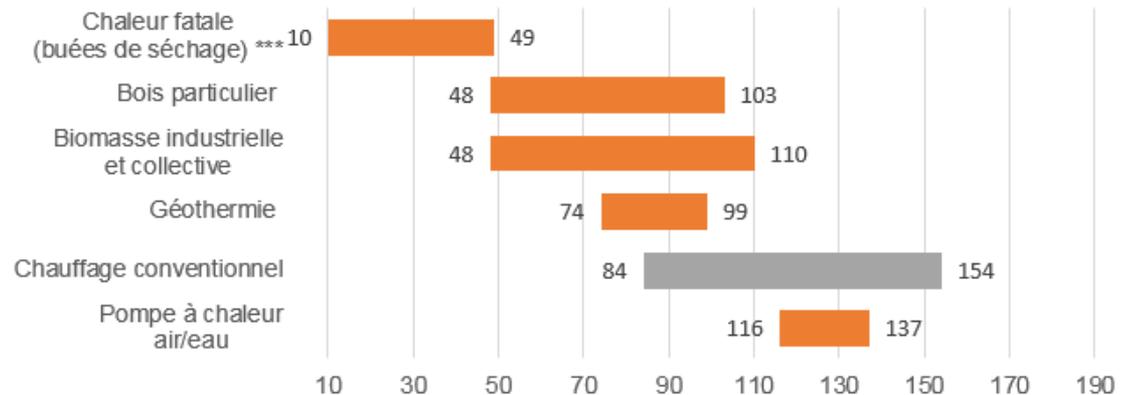


- Chaleur souvent moins chère qu'électricité
- Compétitivité croissante

Coûts complets de production en France pour la production d'électricité renouvelable (en euros/MWh)



Coûts complets de production en France pour la production de chaleur renouvelable (en euros/MWh)



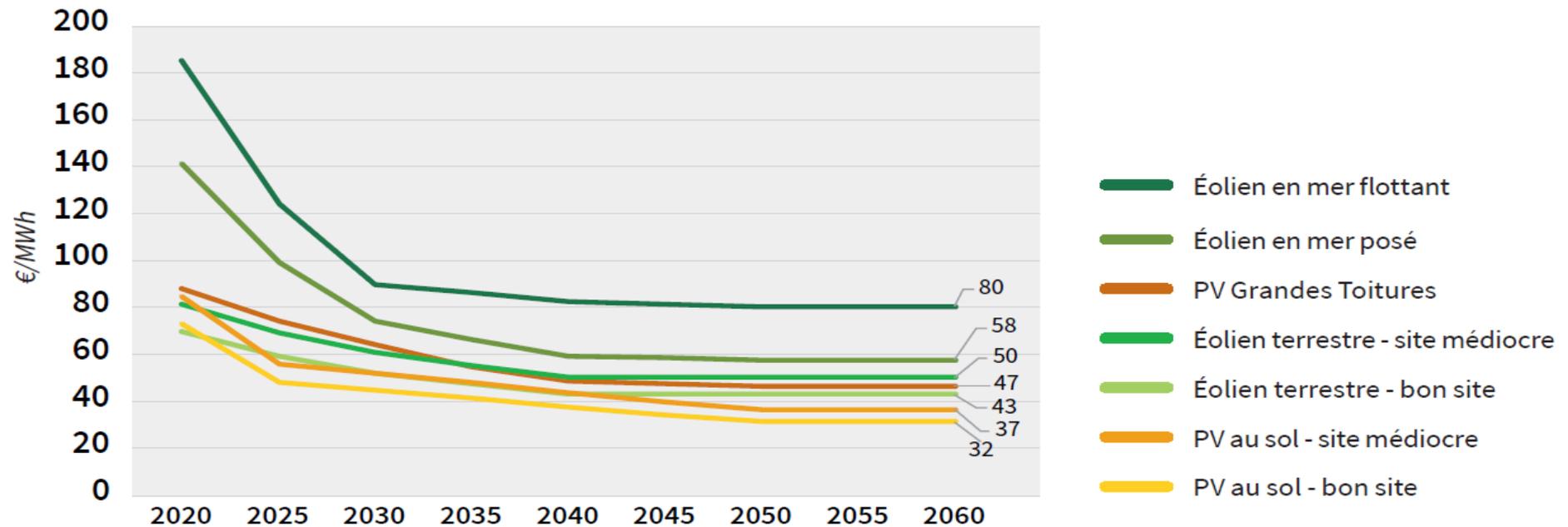
# EnR électriques: des perspectives encore plus engageantes



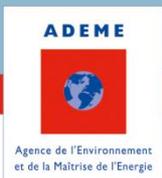
## Des coûts des EnR entre 33 et 50€/MWh en 2050 (LCOE):

- PV au sol : 32-37€/MWh en 2050
- Eolien terrestre: 43-50€/MWh en 2050
- Intègrent les coûts de raccordement et les coûts dédiés au réseau de répartition

FIGURE 2 : ÉVOLUTION DES LCOE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES



# Visions 2035-2050



# L'activité de l'ADEME en prospective énergétique



## Les scénarios Energie Climat de l'ADEME:

Proposition d'une trajectoire politiquement acceptable

- Trajectoires ambitieuses mais réalistes
- Exercice multi-énergies et plurisectoriel
- Facteur 4 sur le CO<sub>2</sub> en 2050
- Division par 2 de la consommation en 2050

2012

2017



## Des études technico-économiques exploratoires

- Mix électrique 2020-2060

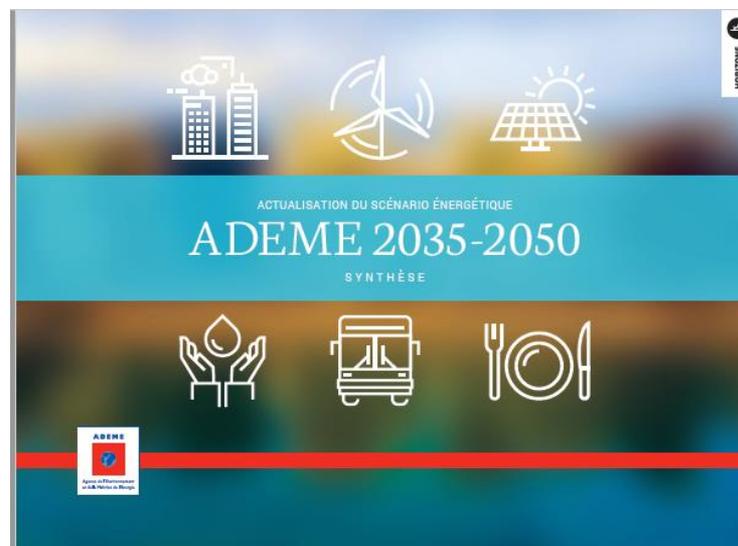


- Mix gaz 100% EnR:





- Horizons 2035 et 2050
- Scénario toute énergie et tout GES
- Modélisation intégrée de l'offre et de la demande



# Les résultats en un clin d'oeil

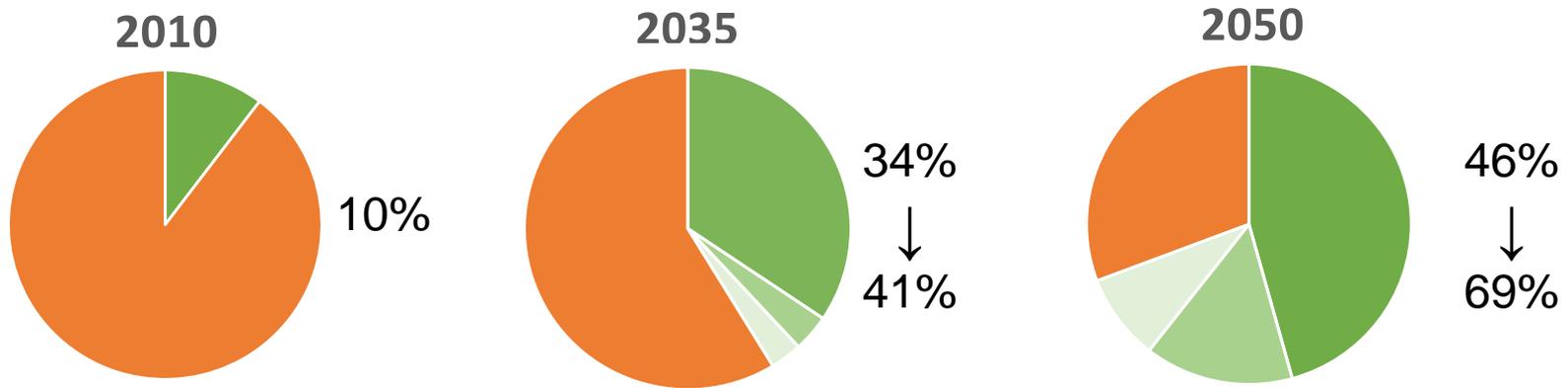


## Demande finale d'énergie en Mtep

2010	2035	2050
149	105	82
	- 29%	- 45%

Les pourcentages indiquent la baisse de demande finale d'énergie par rapport à 2010 : en 2035 (rouge), en 2050 (vert)

## Part de la demande finale d'origine renouvelable (selon les 3 variantes d'offre)



■ Energies renouvelables ■ Energies conventionnelles

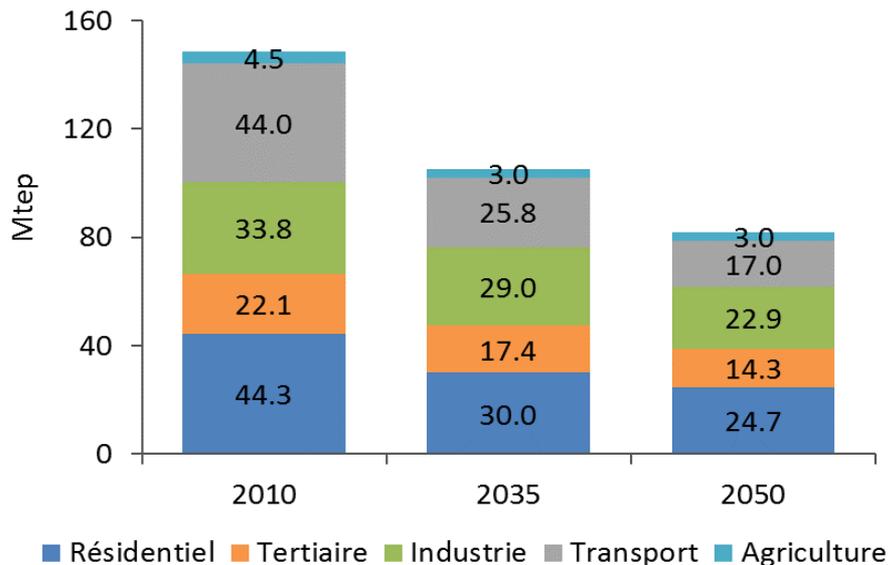
Les pourcentages indiquent la part des sources renouvelables dans le mix énergétique (intervalles selon les variantes)

## Emissions de GES CO<sub>2</sub> eq.

1990	2035	2050
529	260	158 - 146
	- 51%	- 70% à -72%

Les pourcentages indiquent la baisse d'émission de CO<sub>2</sub> par rapport à 1990 : en 2035 (rouge), en 2050 (vert)

# Hypothèses pour la demande d'énergie

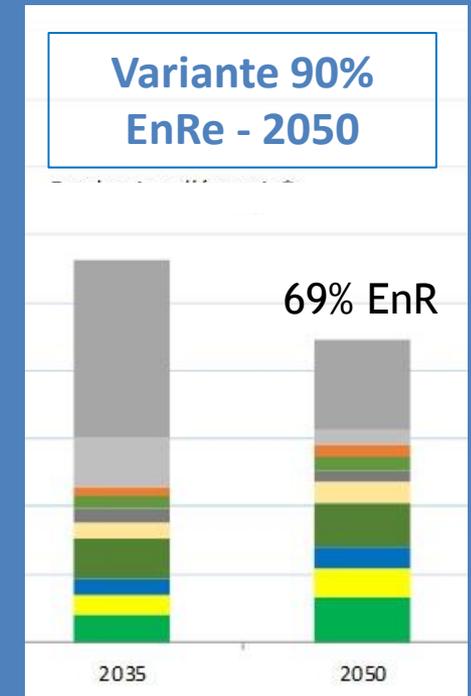
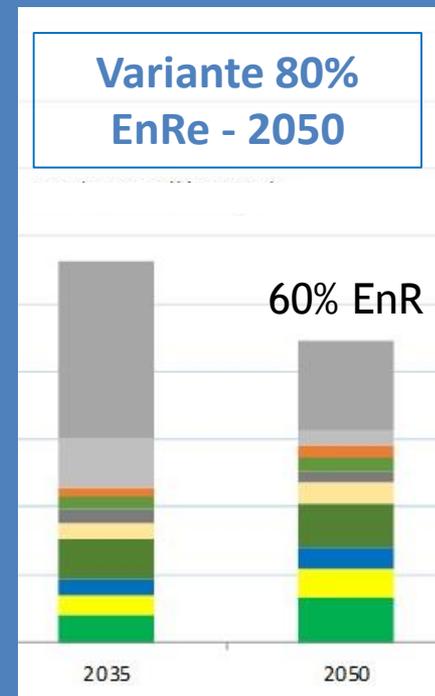
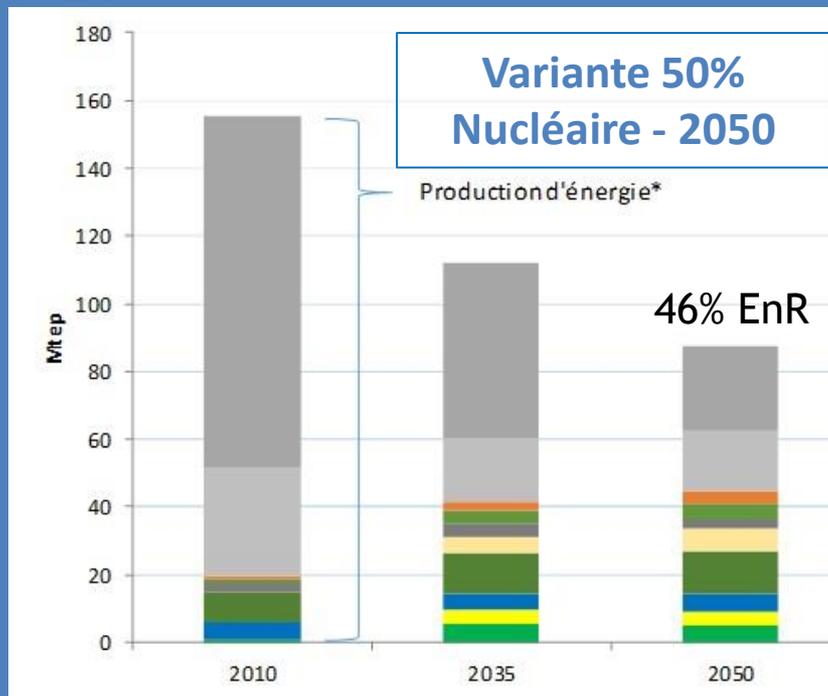


- **Bâtiment** : 500 000 puis 750 000 rénovations thermiques en moyenne par an dans le résidentiel, équipements de chauffage performants (PAC, chaudières à condensation) et généralisation des équipements électroménagers les plus performants
- **Transport** : amélioration des motorisations thermiques actuelles et pénétration progressive de nouvelles motorisations, développement des services de mobilité, des transports collectifs, des modes doux et baisse de la mobilité
- **Industrie** : croissance globale de la production physique, gains d'efficacité énergétique possibles, recyclage...
- **Agriculture** : réduction des pertes, évolution des pratiques agricoles vers des modes plus intégrés et raisonnés, au-delà de 2030 une assiette alimentaire modifiée

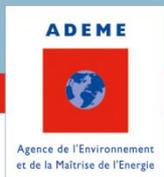
# Les mix de production

- Autres non EnR (hors nucléaire)
- Nucléaire
- Autres EnR et déchets\*\*
- Pompes à chaleur
- Biocarburant
- Biogaz méthanisation
- Bois énergie
- Hydroélectricité énergies marines
- Solaire (PV et thermique)
- Eolien

- 3 variantes envisagées sur le mix électrique
- De 46% à 69% d'EnR dans la production
- Des trajectoires de développement ambitieuses mais réalistes

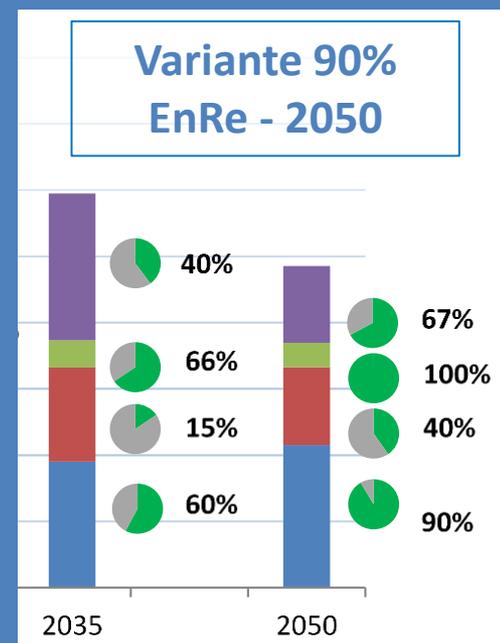
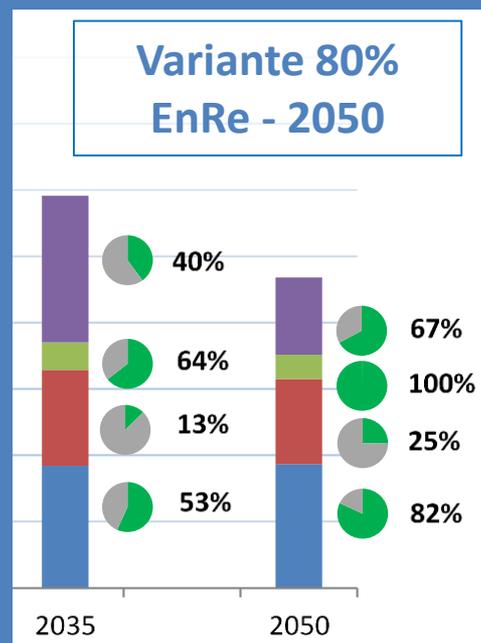
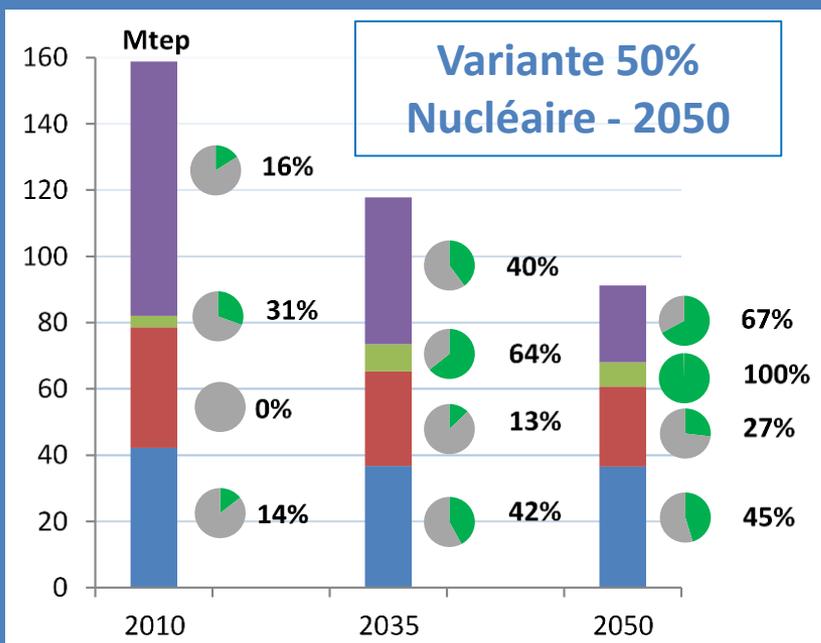


# Vecteurs et renouvelables

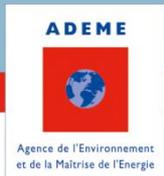


- Des parts EnR différentes selon les vecteurs
- Arbitrages sur l'utilisation du gisement limité de biomasse
- Les potentiels importants EnR électriques pour verdir les autres vecteurs

- usage direct de l'énergie
- réseau de chaleur
- réseau de gaz
- réseau d'électricité



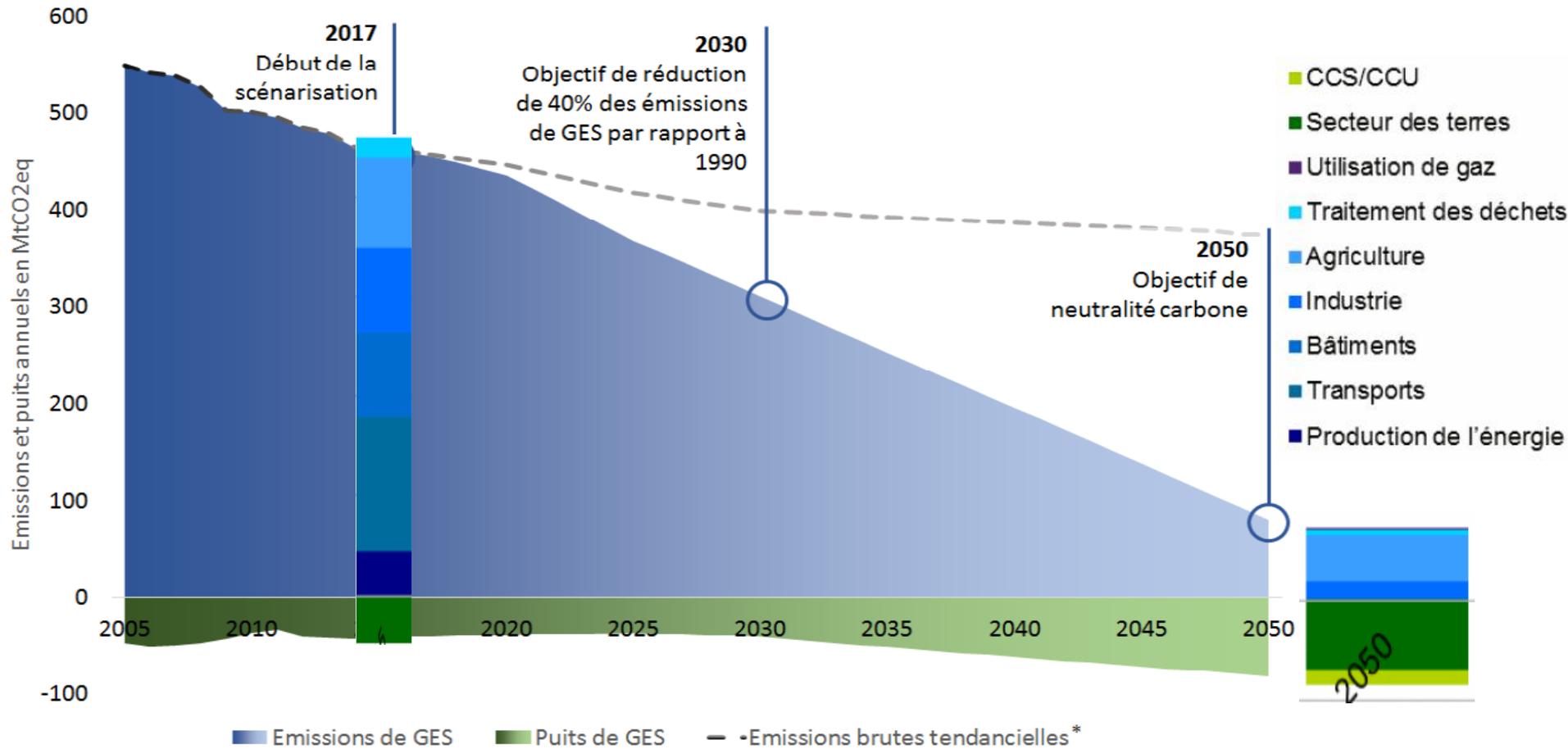
# Pour aller plus loin... la neutralité carbone



# Un nouvel objectif: la neutralité carbone



Figure 1 - Evolution des émissions et des puits de GES sur le territoire national entre 2005 et 2050

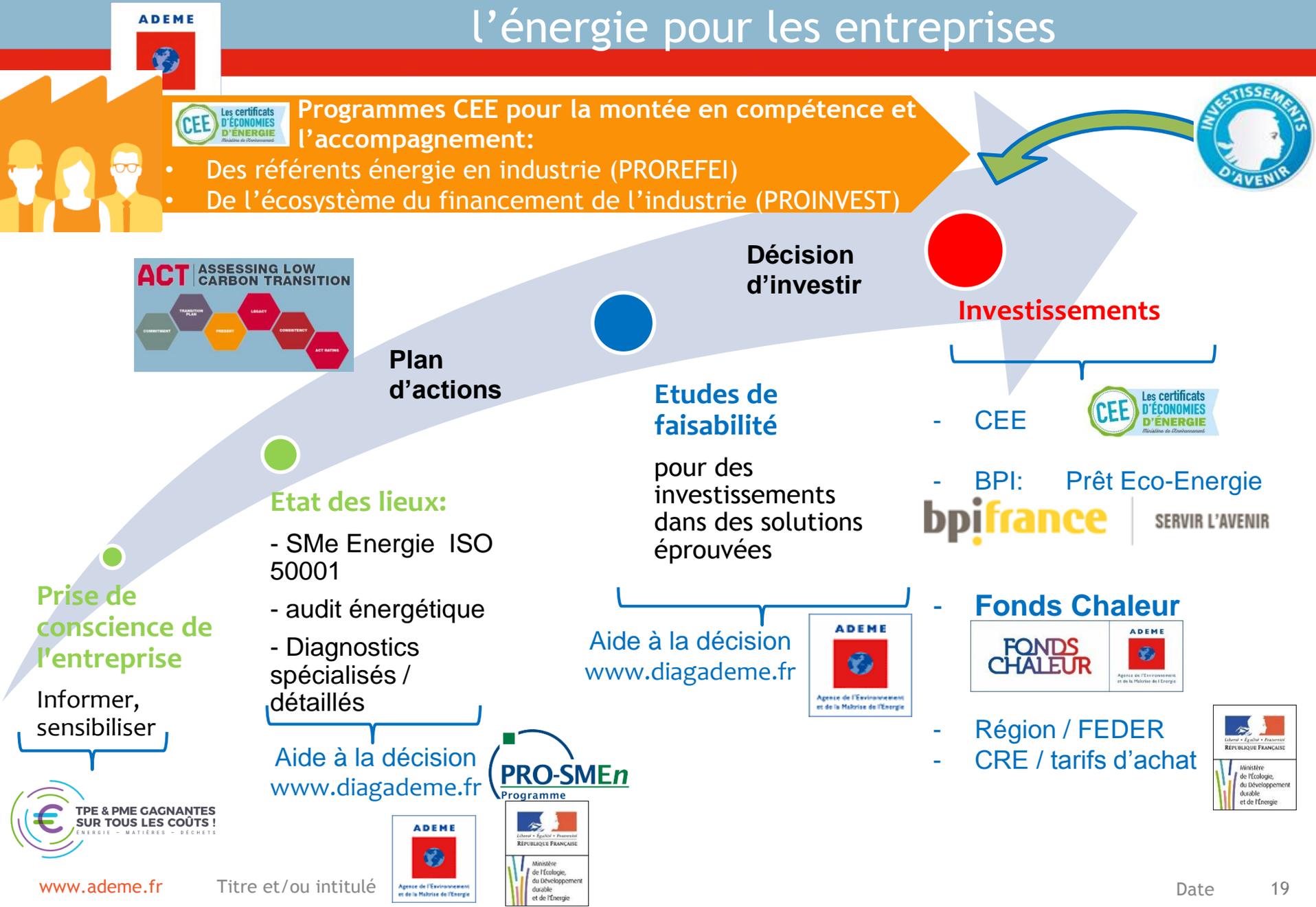


Source: SNBC 2018

# INDUSTRIELS, INVESTISSEZ DANS LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE



# Principaux dispositifs de soutien à la maîtrise de l'énergie pour les entreprises





## UNE DÉMARCHE LOGIQUE ET PROGRESSIVE



### 1 AVANT TOUTE CHOSE : CONNAÎTRE

- Pour avoir une connaissance complète des besoins et des consommations d'énergie dans l'entreprise.
- Pour dresser un plan d'actions en matière d'efficacité énergétique.



**L'AUDIT ÉNERGIE** = des gains potentiels de **10 %** à **25 %** de la facture énergétique annuelle de l'entreprise.

### 2 AGIR SUR L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Pour consommer moins et mieux : l'énergie la moins chère est celle que l'on ne dépense pas.



Installer un **variateur électronique de vitesse** pour adapter la production au besoin réel d'air comprimé permet de baisser la consommation jusqu'à **15 %**.

### 3 RÉCUPÉRER LA CHALEUR FATALE

Pour bénéficier d'une énergie déjà payée !



**109,5 TWh** de chaleur fatale rejetés en industrie, soit **36 %** de la consommation de combustibles de ce secteur.

### 4 PASSER LE CAP DU RENOUELABLE : INTÉGRER UNE NOUVELLE ÉNERGIE

- Pour avoir une visibilité sur vos coûts de production.
- Pour bénéficier de technologies éprouvées.
- Pour gagner en performance environnementale.

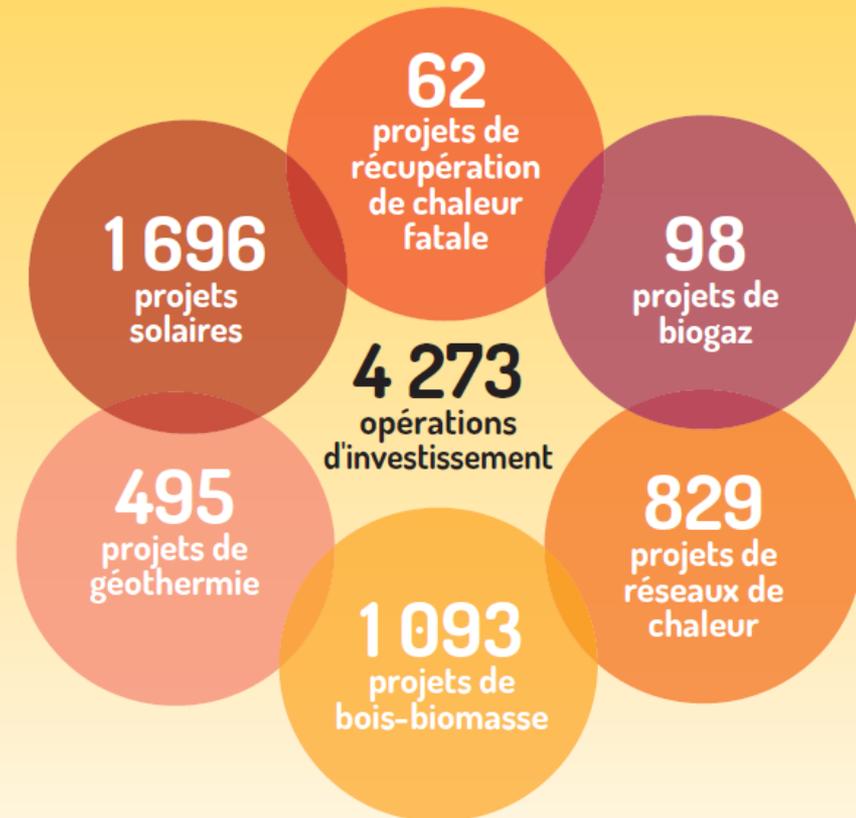


ACCÉLÉREZ LA RENTABILITÉ DE VOTRE INVESTISSEMENT AVEC LE FONDS CHALEUR

**FONDS CHALEUR**  
DE LADEME

⇒ Dispositif à destination des entreprises et des collectivités locales désireuses d'investir dans des systèmes de production de chaleur renouvelable et de récupération: **biomasse, solaire, géothermie, biogaz et récupération de chaleur fatale depuis 2015**

ENTRE 2009 ET 2017, PRÈS DE 4 300 OPÉRATIONS ONT ÉTÉ ACCOMPAGNÉES ET FINANCÉES



Ces installations ont été financées à hauteur de 1,75 milliard d'euros sur 5,78 milliards d'euros d'investissement total.

# Les aides de l'ADEME pour les entreprises



## ÉTUDES ET CONSEIL

Jusqu'à **50 %** + Bonus de 10 à 20% pour les PME\*

### INVESTISSEMENT EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Dispositif CEE  
(Certificats  
d'Économies  
d'Énergie)



### INVESTISSEMENT RÉCUPÉRATION DE CHALEUR

Jusqu'à  
**30 %**  
des investissements  
+ Bonus  
de 10 à 20 % pour les PME\*

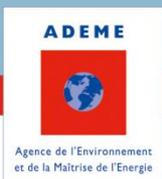
### INVESTISSEMENT RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE CHALEUR

Jusqu'à  
**60 %**  
des investissements  
+ Bonus  
de 10 à 20 % pour les PME\*



### INVESTISSEMENT ÉNERGIES RENOUVELABLES

Jusqu'à  
**45 %**  
des investissements  
+ Bonus  
de 10 à 20 % pour les PME\*



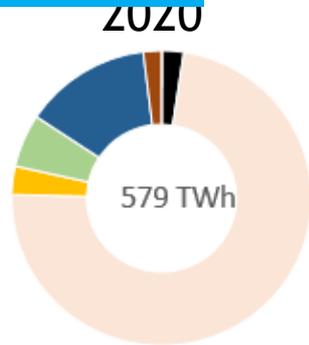
## Zooms:

- Mix électrique 100% EnR
- Mix gaz 100% EnR

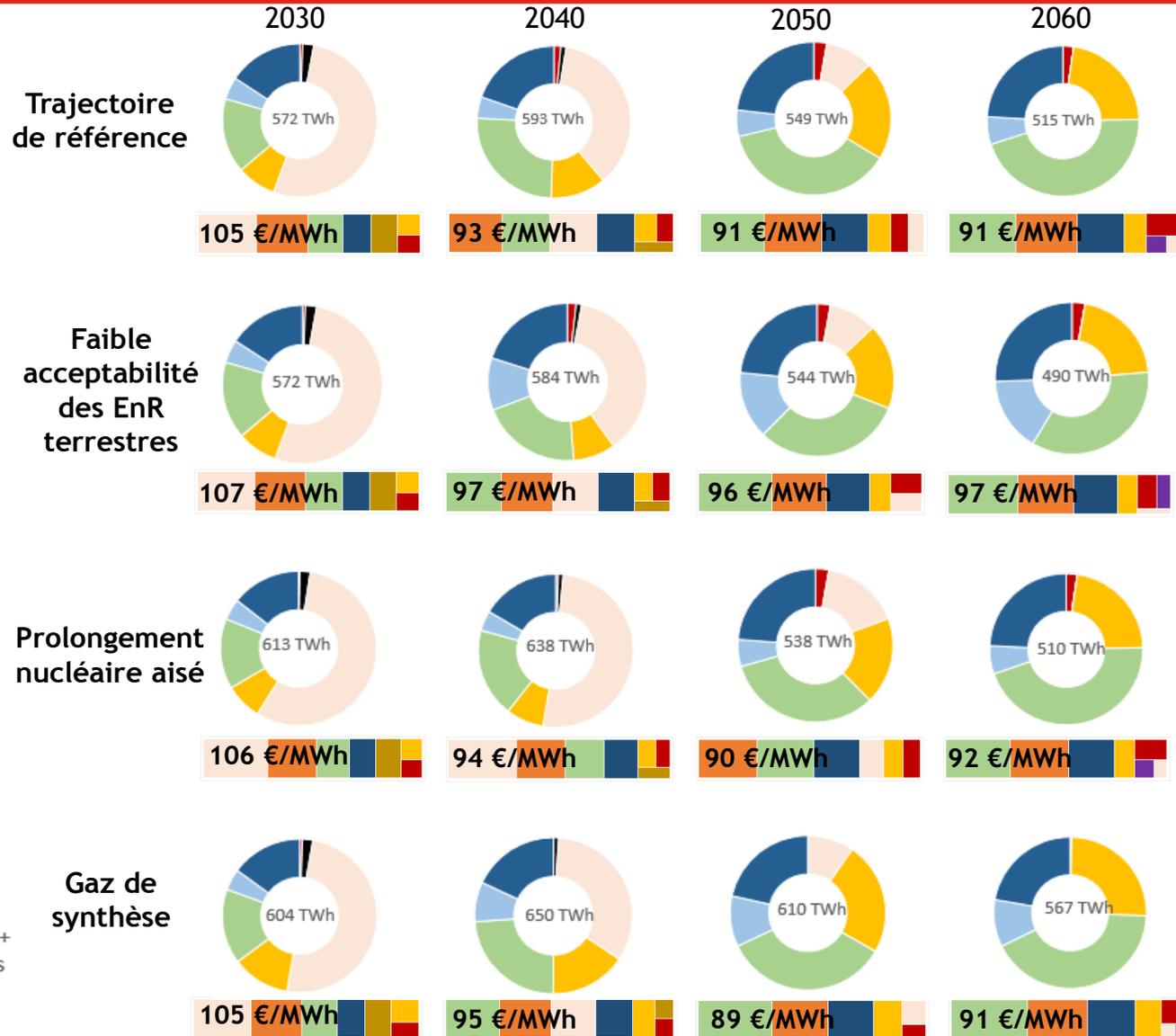


# Etude trajectoire 2020-2060

## Synthèse de 4 trajectoires



- Gaz (OCGT, CCGT)
- Autres thermiques (dont cogé)
- Nucléaire
- PV
- Eolien Terrestre
- Eolien Offshore
- Autres ENR (dont hydro, 60 TWh)
- Charbon

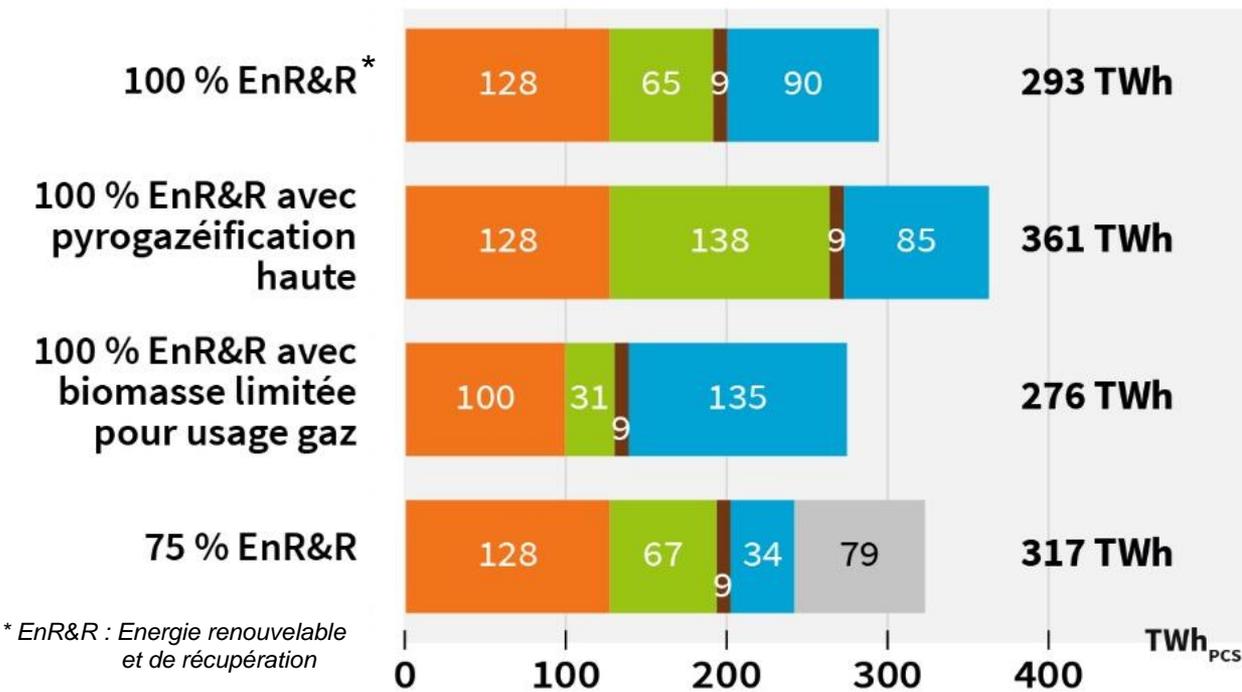


Légende complémentaire pour les coûts :

- CSPE ENR historique
  - Réseaux
  - Dans les coûts, l'éolien regroupe le terrestre et le marin
  - Dans les coûts, le Gaz regroupe cogé, CCGT, OCGT
  - Solde positif [coûts-recettes] pour P2X + Flex + Interco + Rente de congestion + Imports nets
- 98 €/MWh**

# Mix gaz très renouvelables en 2050

## Mix d'approvisionnement en gaz



\* EnR&R : Energie renouvelable et de récupération

## Coûts de production\*\* et de réseau



\*\* Intervalle pour deux hypothèses prises sur les coûts de l'électricité

● Méthanisation   
 ● Pyrogazéification-bois   
 ● Pyrogazéification-CSR   
 ● Power-to-gas   
 ● Gaz naturel

**La demande peut être satisfaite dans les 3 scénarios 100% renouvelable étudiés ... pour un coût global compris entre 116 et 153 €/MWh ... en permettant d'éviter les émissions directes d'environ 63 MtCO<sub>2</sub>/an**

# Les impacts macro-économiques positifs d'un scénario de transition énergétique





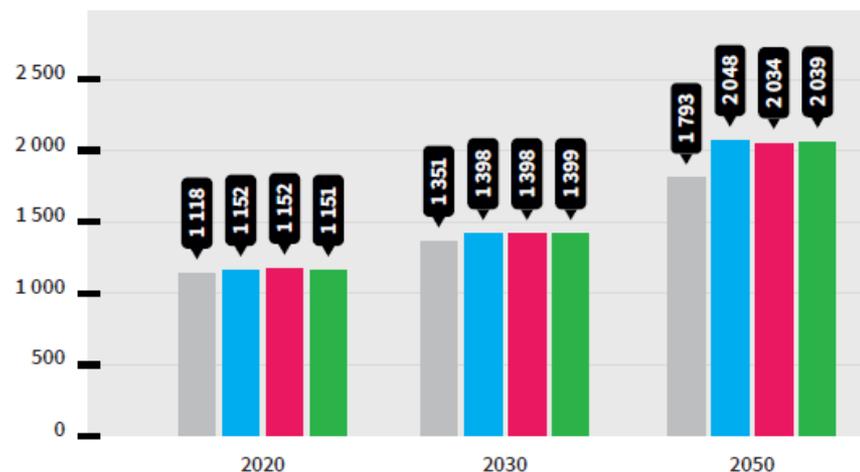
## Des effets expansionnistes:

- Selon la variante, un niveau de PIB supérieur de 3,6 % à 3,9 % en 2050 par rapport au scénario tendanciel
- Des gains cumulant les effets directs (regain d'investissement EE et EnR) et les effets d'entraînement sur l'ensemble de l'économie
- Les effets récessifs de la TE compensés par les effets expansionnistes
- Une augmentation du revenu disponible des ménages

### Impacts sur le PIB



### Revenu disponible des ménages



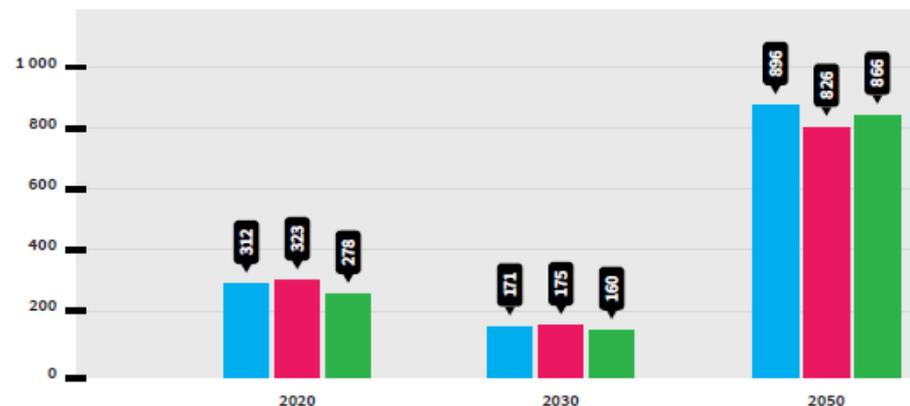
# Les résultats macro-économiques de 3 scénari de TE



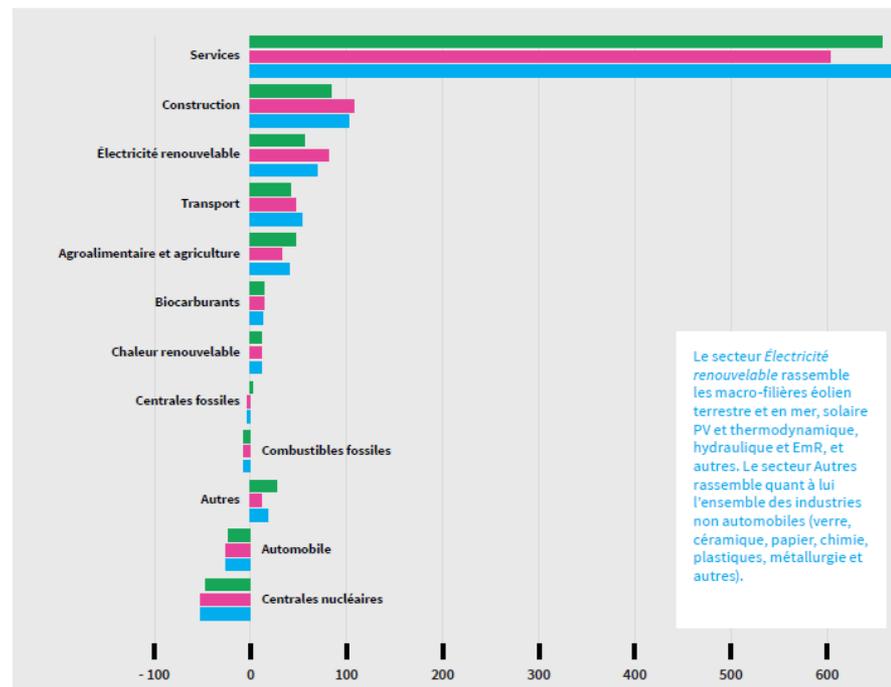
## Des effets expansionnistes:

- Un gain en emplois compris entre 830 000 et 900 000
- Une compensation des emplois perdus dans les filières fossiles et nucléaires

Impacts sur l'emploi



Évolution sectorielle de l'emploi





- **Importance des efforts à faire à court-moyen terme:**
  - Ampleur et rythme de la rénovation énergétique du parc de bâtiments
  - Trajectoire et transition dans les transports
- **Importance des équilibres et des interactions entre vecteurs énergétiques dans une vision « système »**
  - Affectation des ressources en biomasse, cogénération et biométhane
  - De nouveaux scénarios à explorer sur la place de chaque vecteurs
- **Atteinte et dépassement des objectifs de la LTECV, voire neutralité carbone**
  - Saturation des gains d'efficacité énergétique à long terme
  - De nouveaux leviers à explorer

# ANNEXE