

# CONSTRUIRE LES TRAJECTOIRES DE DÉCARBONATION DE L'EUROPE

## LE SCÉNARIO D'ENGIE



12 JUIN 2023

# NOS 5 CONVICTIONS

**1** Actionner tous les leviers possibles de la décarbonation

**-4 % / an émissions**

pour concrétiser le « Net zéro émissions » en moins de 30 ans

**2** Allier l'électron et la molécule pour réussir la transition

**450 TWh** Gaz bas carbone

pour atteindre « Fit for 55 » d'ici 2030

**3** Développer massivement les énergies renouvelables électriques

**+80 %**

Demande d'électricité **en Europe** d'ici 2050

**x6**

Production d'électricité à partir de l'énergie solaire et éolienne

**4** Anticiper dès maintenant les besoins de flexibilité

**~ x4**

Besoins en capacités de flexibilité **d'ici 2050**

**5** Sobriété et efficacité énergétiques sont compatibles avec la croissance

**34 %**

Réduction de la demande énergétique d'ici 2050

# SOMMAIRE

- 1** Notre approche
- 2** Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe
- 3** Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation
  - 3.1** Les défis d'une électrification massive
  - 3.2** Le rôle clé des gaz décarbonés
  - 3.3** L'importance majeure des infrastructures
- 4** Conclusions & recommandations



# SOMMAIRE

## 1 Notre approche

## 2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe

## 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation

### 3.1 Les défis d'une électrification massive

### 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés

### 3.3 L'importance majeure des infrastructures

## 4 Conclusions & recommandations



# UNE ANALYSE ISSUE D'UNE EXPÉRIENCE GLOBALE

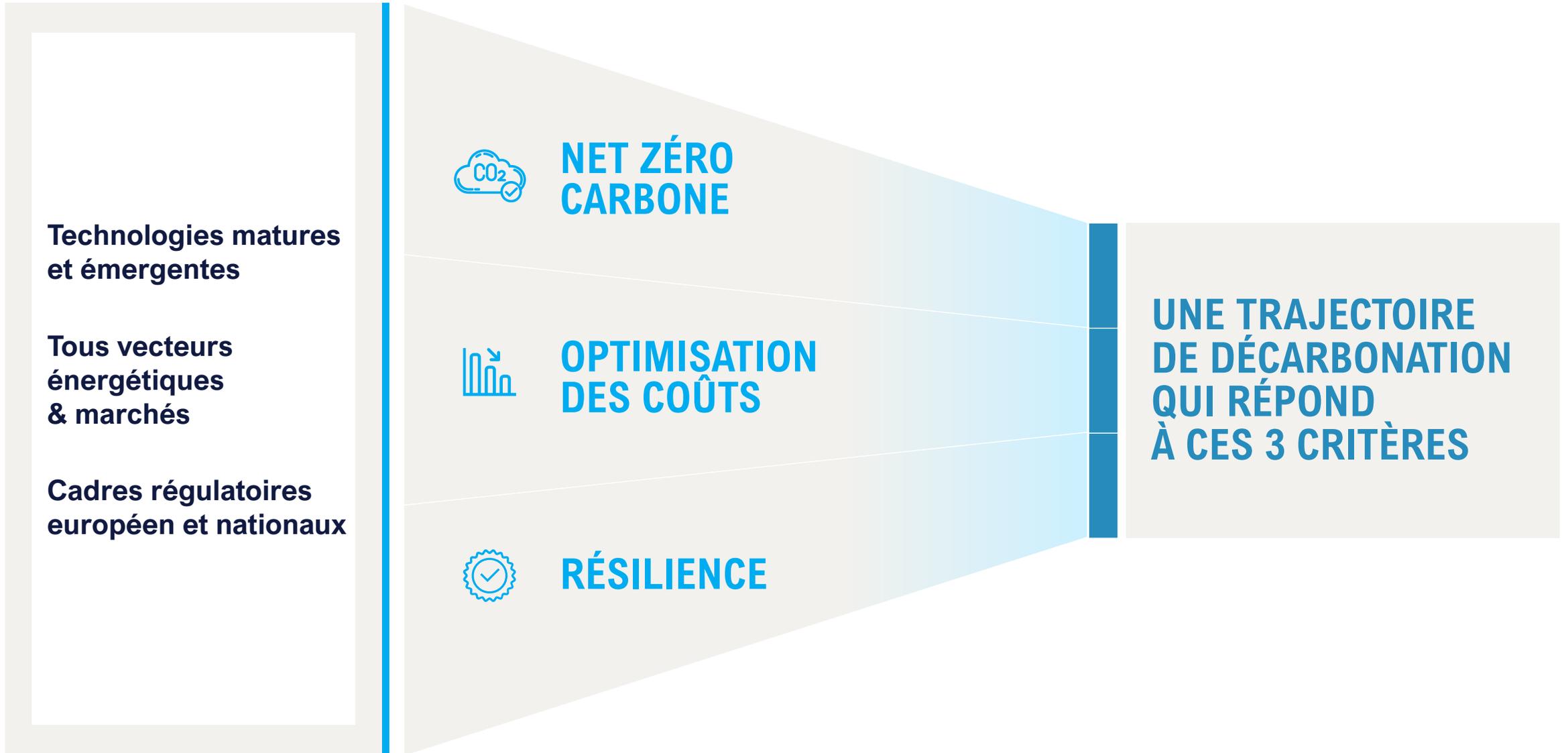
## TOUS LES LEVIERS DE LA DÉCARBONATION



## UNE EMPREINTE INTERNATIONALE



# UNE APPROCHE PRAGMATIQUE DE LA DÉCARBONATION



# UNE MÉTHODOLOGIE ROBUSTE



## Une vision européenne

- Modéliser **15 pays européens**, dont les systèmes énergétiques sont fortement interconnectés



## Un modèle intégrant une pluralité de vecteurs énergétiques

- S'appuyer sur les **interactions entre l'électricité, le méthane, l'hydrogène, les e-molécules et la chaleur**
- Modéliser avec une **granularité horaire** pour garantir les critères de fiabilité et de résilience



## Une approche réaliste sur les choix techno-économiques

- S'appuyer sur des **technologies bas-carbone matures** (ex. : sans considérer l'énergie marine et la fusion nucléaire)
- Intégrer des **facteurs sociétaux** (ex. : limite du déploiement sur la capture et sur le stockage de carbone)
- Utiliser des **études et des benchmarks externes de référence** pour les sujets hors de notre champ d'expertise, ex. agriculture, foresterie (Commission Européenne, ADEME, etc.)

# SOMMAIRE

## 1 Notre approche

## 2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe

## 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation

### 3.1 Les défis d'une électrification massive

### 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés

### 3.3 L'importance majeure des infrastructures

## 4 Conclusions & recommandations

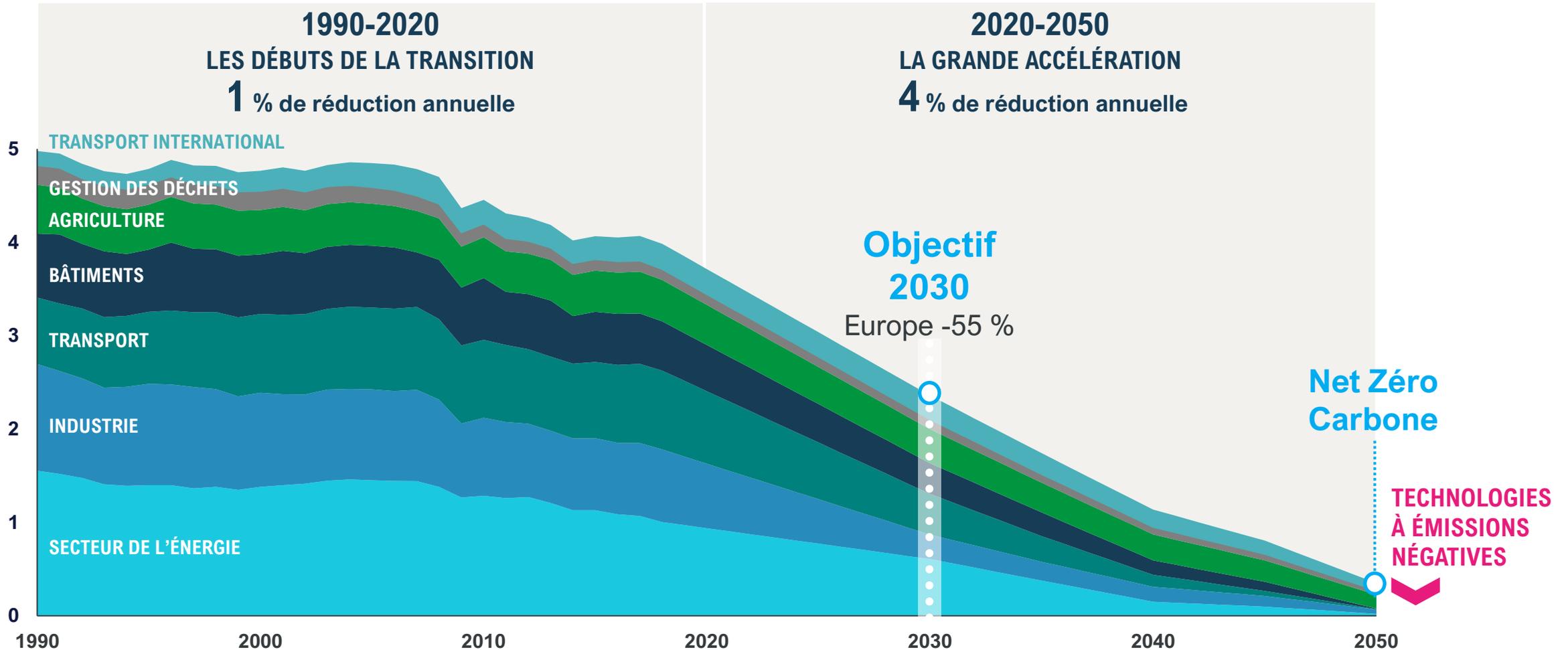




# UNE INTENSIFICATION DES EFFORTS DE RÉDUCTION D'ÉMISSIONS INDISPENSABLE

## Projections des émissions de gaz à effet de serre

CO<sub>2</sub>e, Gt / an



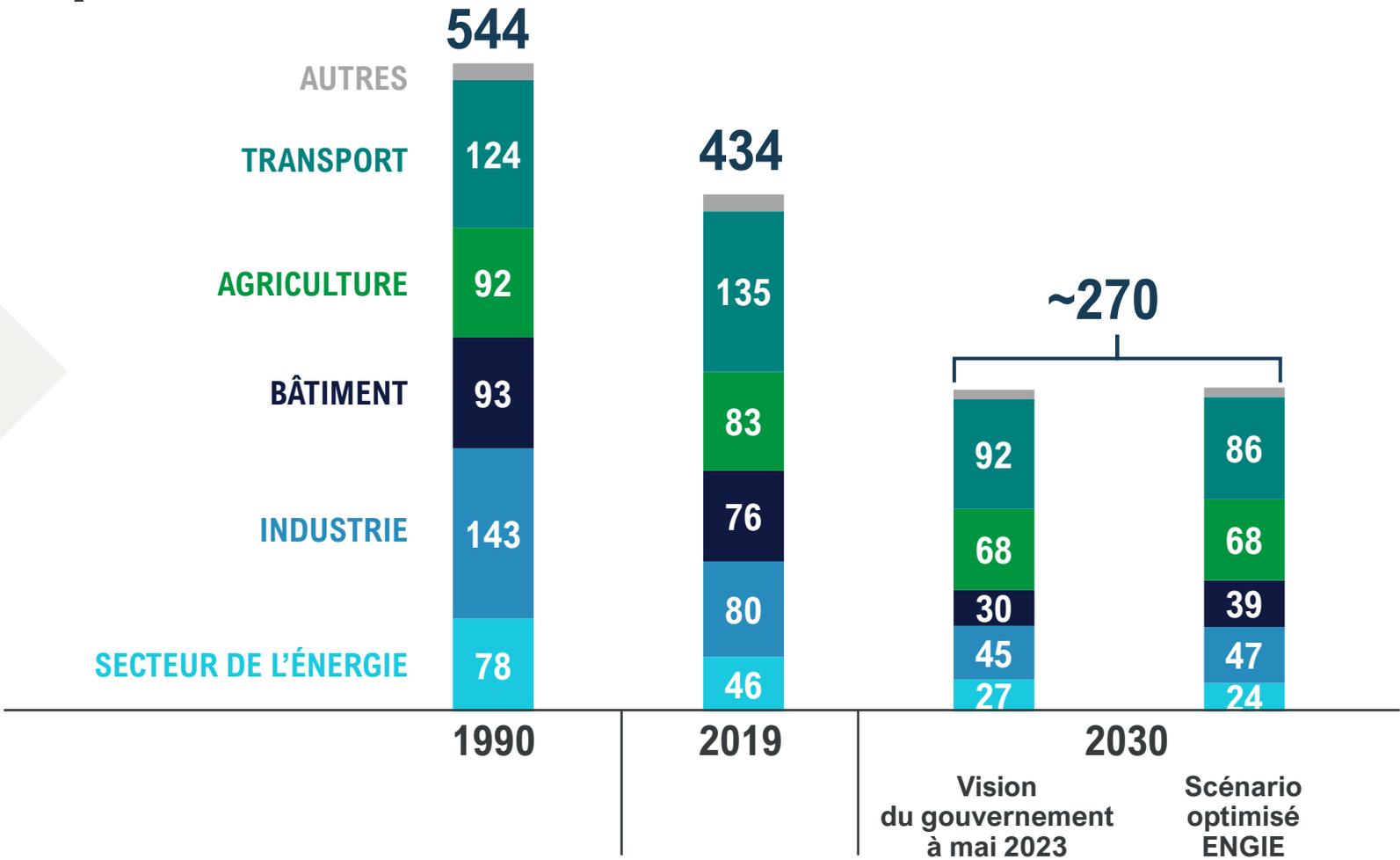


# DIFFÉRENTS CHEMINS POSSIBLES POUR ATTEINDRE L'OBJECTIF DE FIT-FOR-55



**NOTRE APPROCHE OPTIMISE LES COÛTS en conservant les mêmes objectifs de baisse d'émissions de CO<sub>2</sub>**

Projections des émissions de gaz à effet de serre  
Mt CO<sub>2</sub>e, 2030



# SOMMAIRE

1 Notre approche

2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe

3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation

3.1 Les défis d'une électrification massive

3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés

3.3 L'importance majeure des infrastructures

4 Conclusions & recommandations



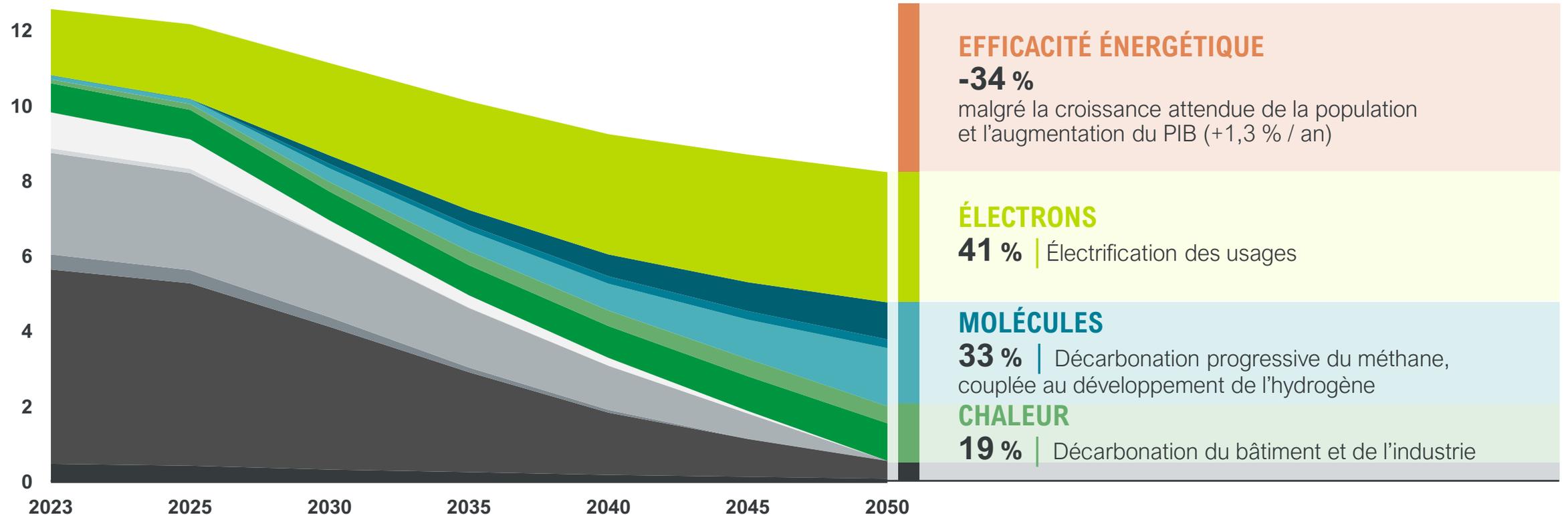


# TOUS LES LEVIERS SONT NÉCESSAIRES À LA DÉCARBONATION

## Mix énergétique final

Milliers de TWh

14



### EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

**-34 %**

malgré la croissance attendue de la population et l'augmentation du PIB (+1,3 % / an)

### ÉLECTRONS

**41 %** | Électrification des usages

### MOLÉCULES

**33 %** | Décarbonation progressive du méthane, couplée au développement de l'hydrogène

### CHALEUR

**19 %** | Décarbonation du bâtiment et de l'industrie

### ÉNERGIES FOSSILES

- Charbon
- Pétrole
- Chaleur fatale
- Méthane
- Hydrogène
- Électricité

### ÉNERGIES À FAIBLES ÉMISSIONS DE CARBONE

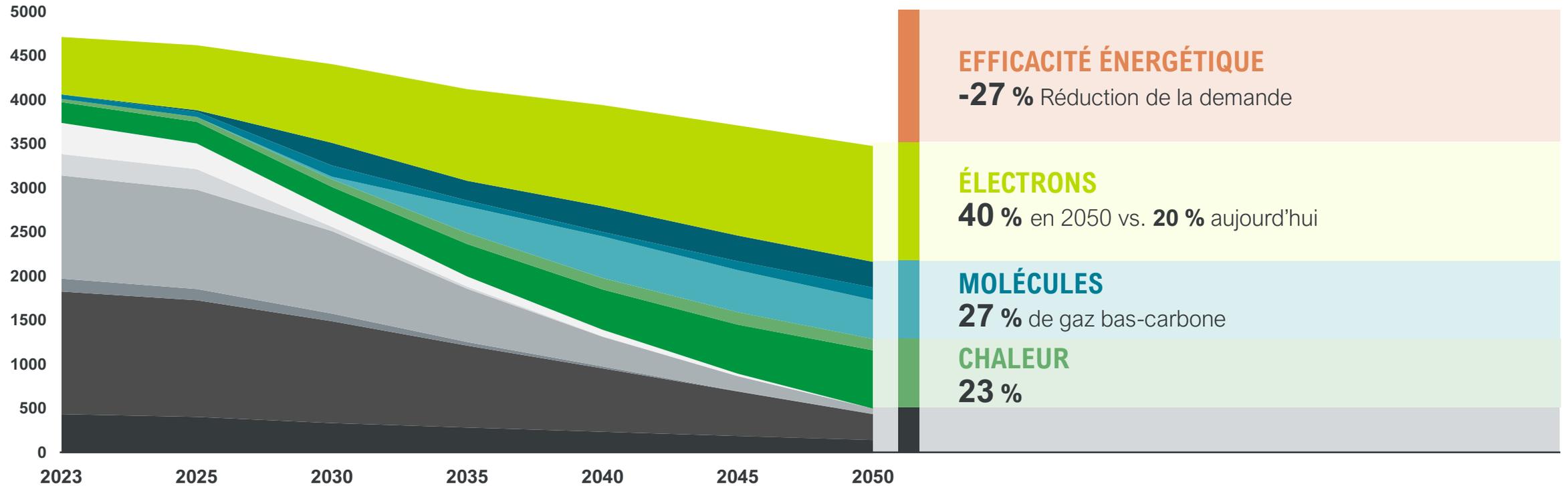
- Biomasse solide
- Chaleur fatale et Géothermie
- Méthane
- Hydrogène
- e-Molécules
- Électricité



# INDUSTRIE : L'ÉLECTRIFICATION ET LES GAZ DÉCARBONÉS, MOTEURS DE LA TRANSITION

## Mix énergétique final du secteur industriel

TWh



### ÉNERGIES FOSSILES

- Charbon
- Pétrole
- Chaleur fatale
- Méthane
- Hydrogène
- Électricité

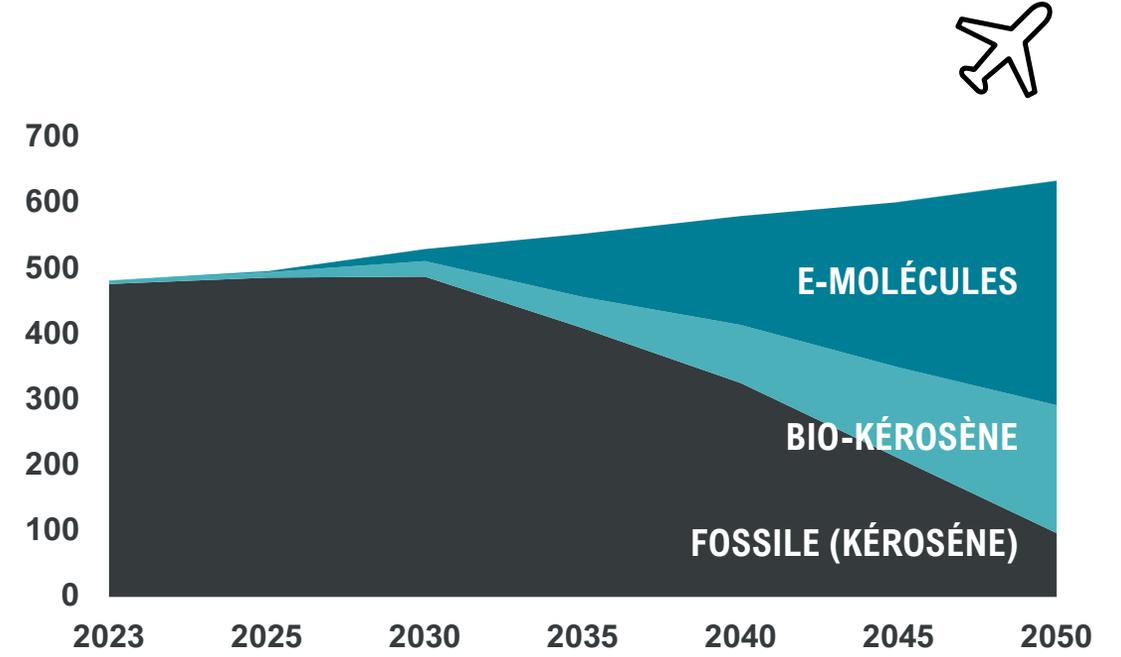
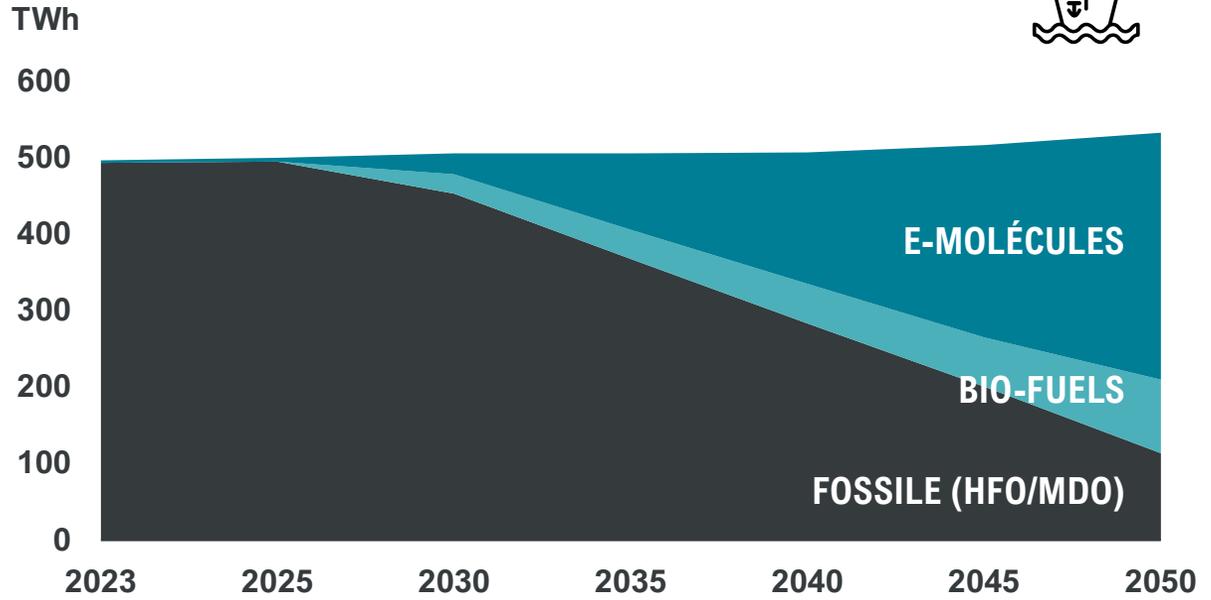
### ÉNERGIES À FAIBLES ÉMISSIONS DE CARBONE

- Biomasse solide
- Chaleur fatale
- Gaz + CCS
- Biométhane
- Hydrogène
- Électricité



# TRANSPORT MARITIME ET AVIATION : LES MOLÉCULES VERTES, PRINCIPAL VECTEUR DE LA DÉCARBONATION

## Mix énergétique final



### OBJECTIF DE RÉDUCTION DES ÉMISSIONS DE 80 % ATTEINT GRÂCE

- aux e-molécules dérivées de l'hydrogène faiblement carboné
- au bio-GNL et au bio-diesel pour le Transport maritime
- au bio-kérosène pour l'Aviation

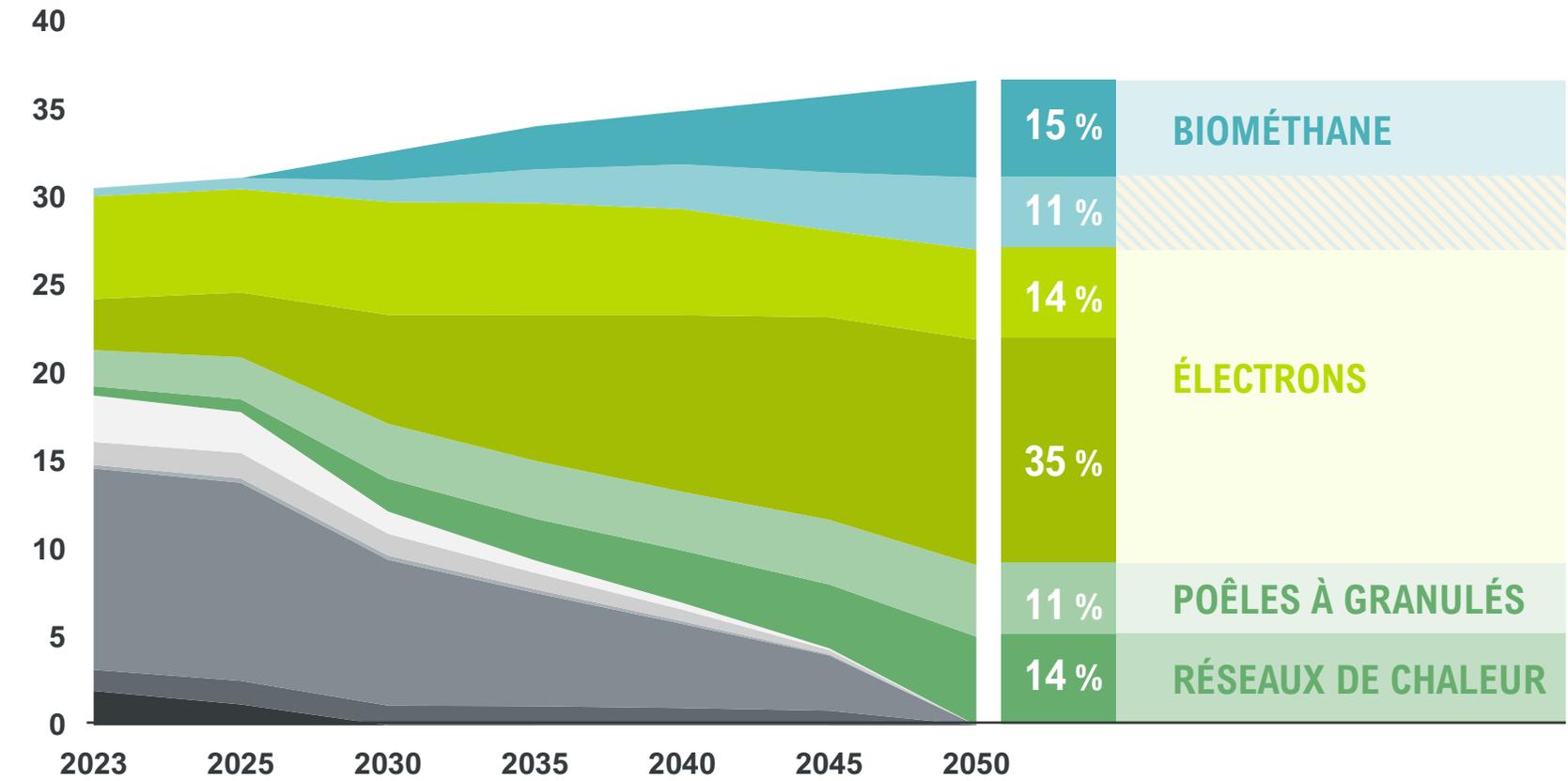
HFO: Heavy Fuel Oil,  
MDO: Maritime Diesel Oil



# BÂTIMENTS : LA NÉCESSITÉ D'UNE PLURALITÉ DE SOLUTIONS

## Ménages français | Solutions de chauffage

Millions



**RÉNOVATION EFFICACE D'ICI 2050 :**

**0,3 à 1,5 % / an**  
Accélération très forte du taux de rénovation globale

**50%**  
Bâtiments entièrement rénovés

- Fioul
- Réseaux de chaleur
- Chaudières à gaz
- Pompes à chaleur
- Convecteurs
- Pompes à chaleur hybrides
- Réseaux de chaleur
- Poêles à granulés
- Réseaux de chaleur
- Chaudières à gaz (Biométhane)



# BÂTIMENTS : LES POMPES À CHALEUR (PAC) HYBRIDES NÉCESSAIRES À LA RÉSILIENCE DU SYSTÈME ET À LA RÉDUCTION DES COÛTS



## STRESS TEST

Pas d'installation de PAC hybrides

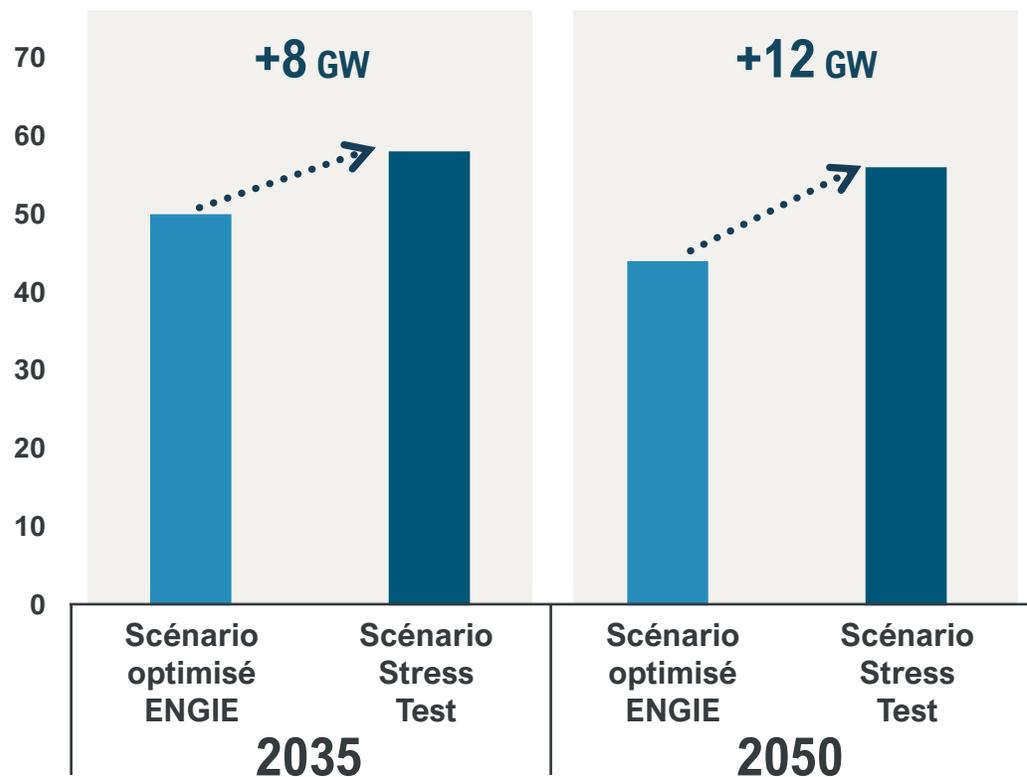
Remplacées à :

- 80 % par des PAC
- 20 % par des convecteurs



## IMPLICATIONS

Contribution du chauffage à la pointe électrique  
GW



**+2,7 Mds€ / an**

# SOMMAIRE

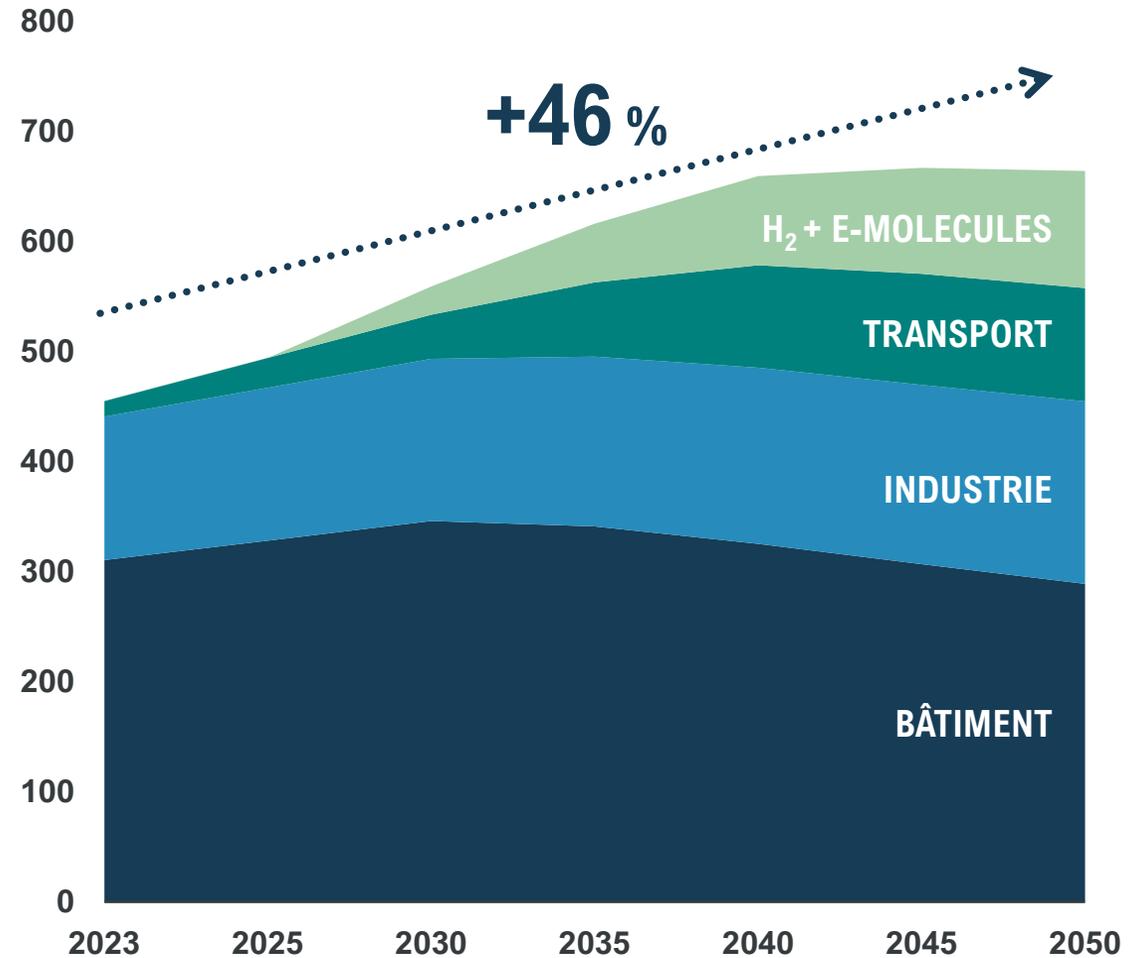
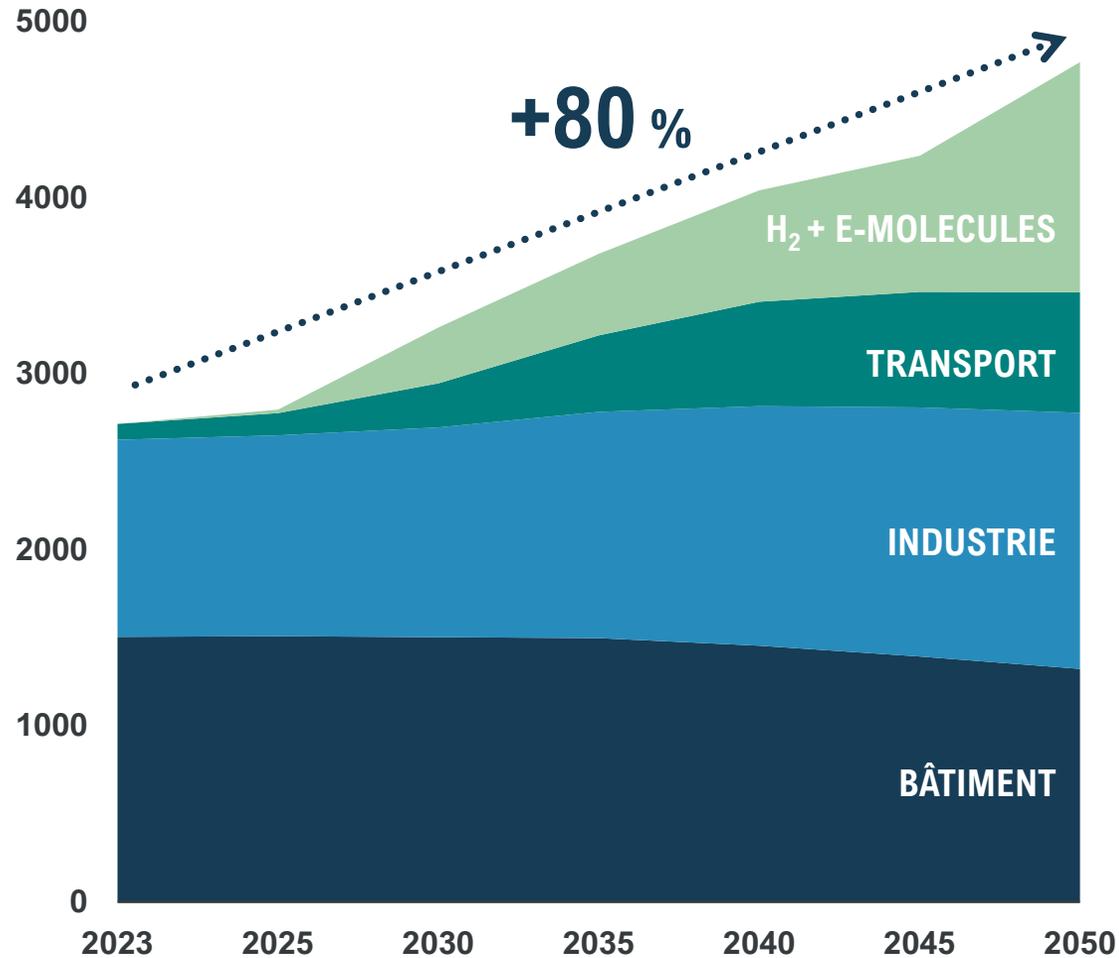
- 1 Notre approche
- 2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe
- 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation**
  - 3.1 Les défis d'une électrification massive**
  - 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés
  - 3.3 L'importance majeure des infrastructures
- 4 Conclusions & recommandations



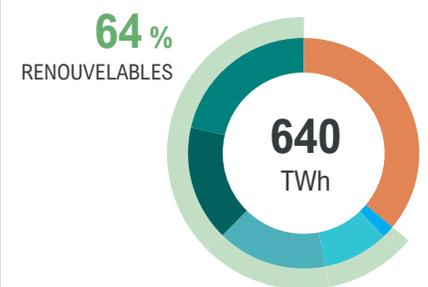
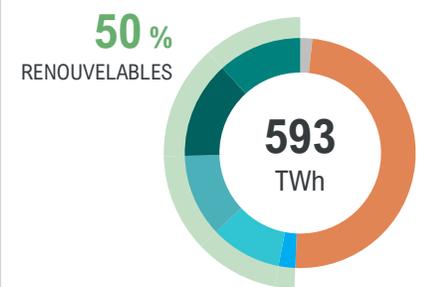
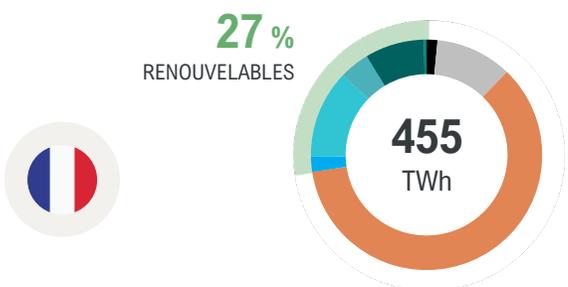
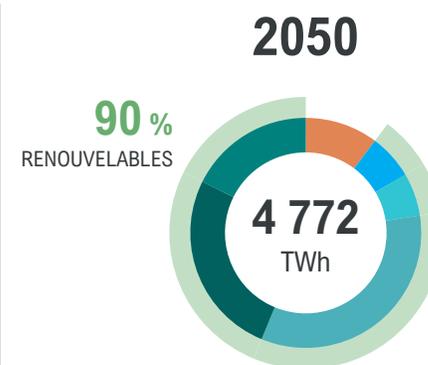
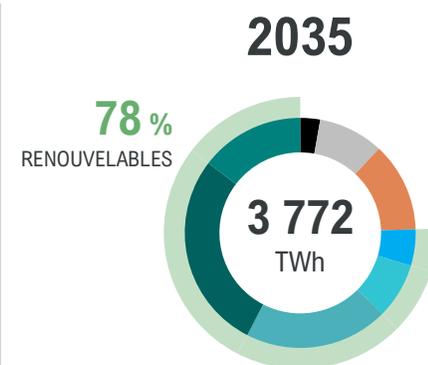
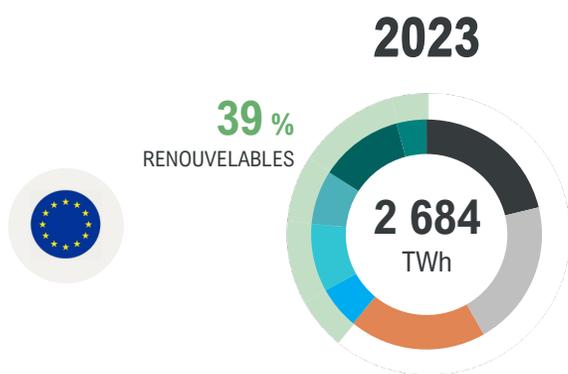
# UNE CROISSANCE FORTE DE LA DEMANDE EN ÉLECTRICITÉ D'ICI À 2050

## Demande électrique

TWh



# UN DÉVELOPPEMENT MASSIF DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE RENOUVELABLE



Production  
solaire et éolien

**x6**

d'ici à 2050

## ÉNERGIES FOSSILES

- Charbon, Lignite & Pétrole
- Gaz fossiles

## ÉNERGIES À FAIBLES ÉMISSIONS DE CARBONE

- Nucléaire
- Thermique décarboné
- Hydraulique
- Solaire
- Éolien terrestre
- Éolien en mer



# RENOUVELABLES : UNE ACCÉLÉRATION INCONTOURNABLE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS CLIMATIQUES ET LIMITER LES COÛTS



## STRESS TEST

**Retard de 5 ans**  
dans le développement  
du solaire, de l'éolien  
et du réseau associé



## IMPLICATIONS



**Non atteinte des objectifs  
« Fit-for-55 »**



**+3 Gt CO<sub>2</sub>**



**+4 Mds€ / an jusqu'en 2050**



# LA CROISSANCE DES ENR, UNE ASSURANCE FACE AUX DÉFIS DU NUCLÉAIRE EN FRANCE



## STRESS TEST

Faible disponibilité du nucléaire historique

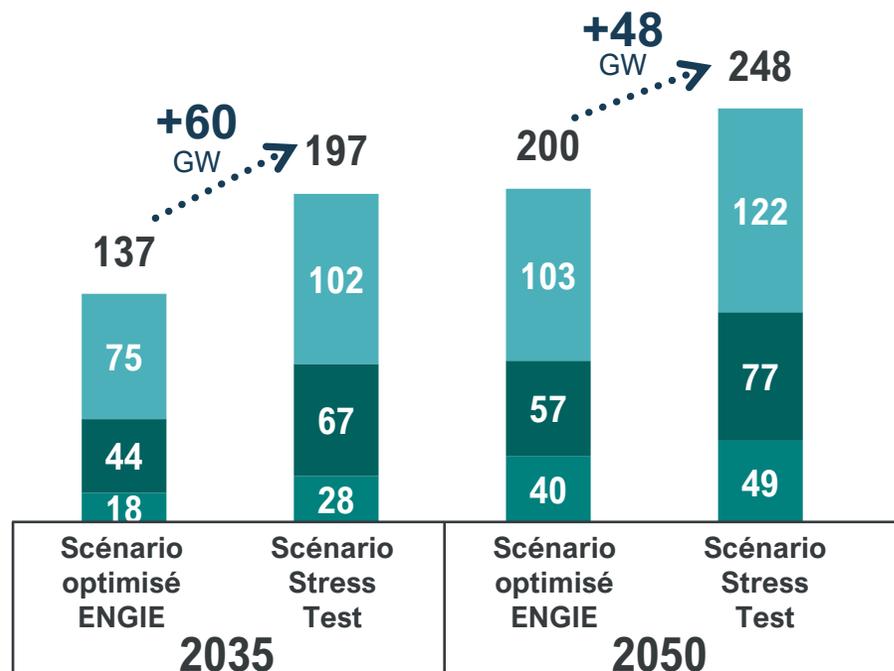
Retard de 5 ans dans la construction des nouveaux EPRs (10 EPRs en 2050)



## IMPLICATIONS

### Perspectives de développement des renouvelables GW

■ Éolien en mer ■ Éolien terrestre ■ Solaire



Les énergies renouvelables additionnelles **garantissent l'atteinte des objectifs climatiques**

**DANS LE CAS OÙ LES DIFFICULTÉS SUR LE NUCLÉAIRE NE SE MATÉRIALISENT PAS**

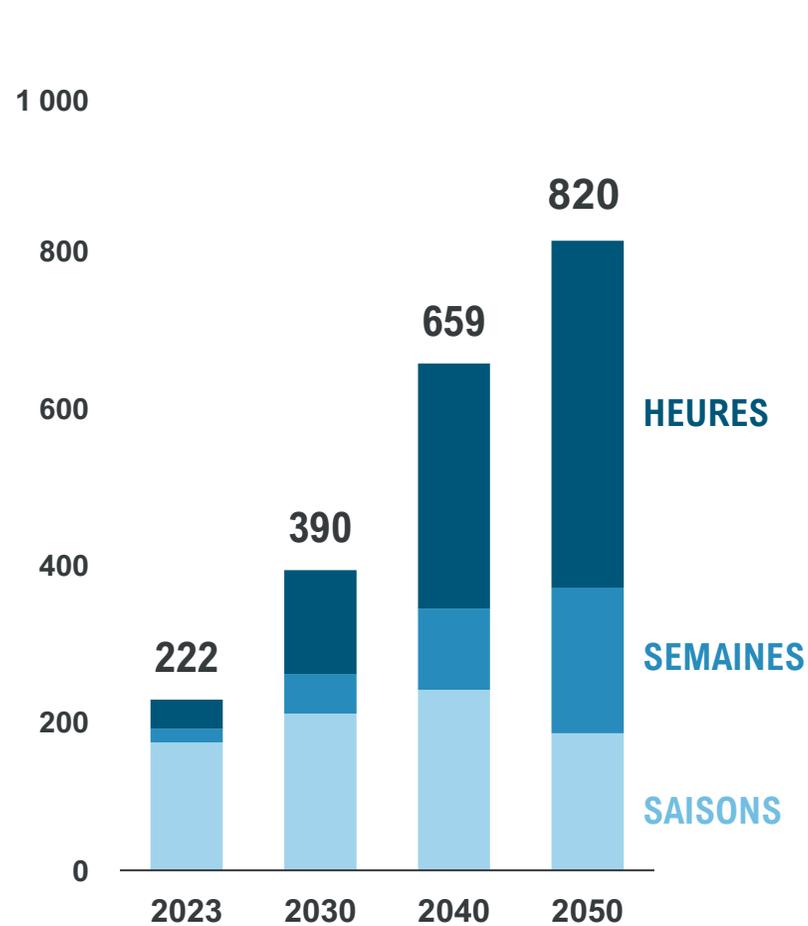
- Coûts additionnels limités : **2 Mds€ / an**, qui couvrent l'assurance du nucléaire
- Émissions évitées additionnelles : **320 Mt CO<sub>2</sub>e**
- Possibilité d'**accélérer sur la décarbonation** de l'hydrogène et des molécules





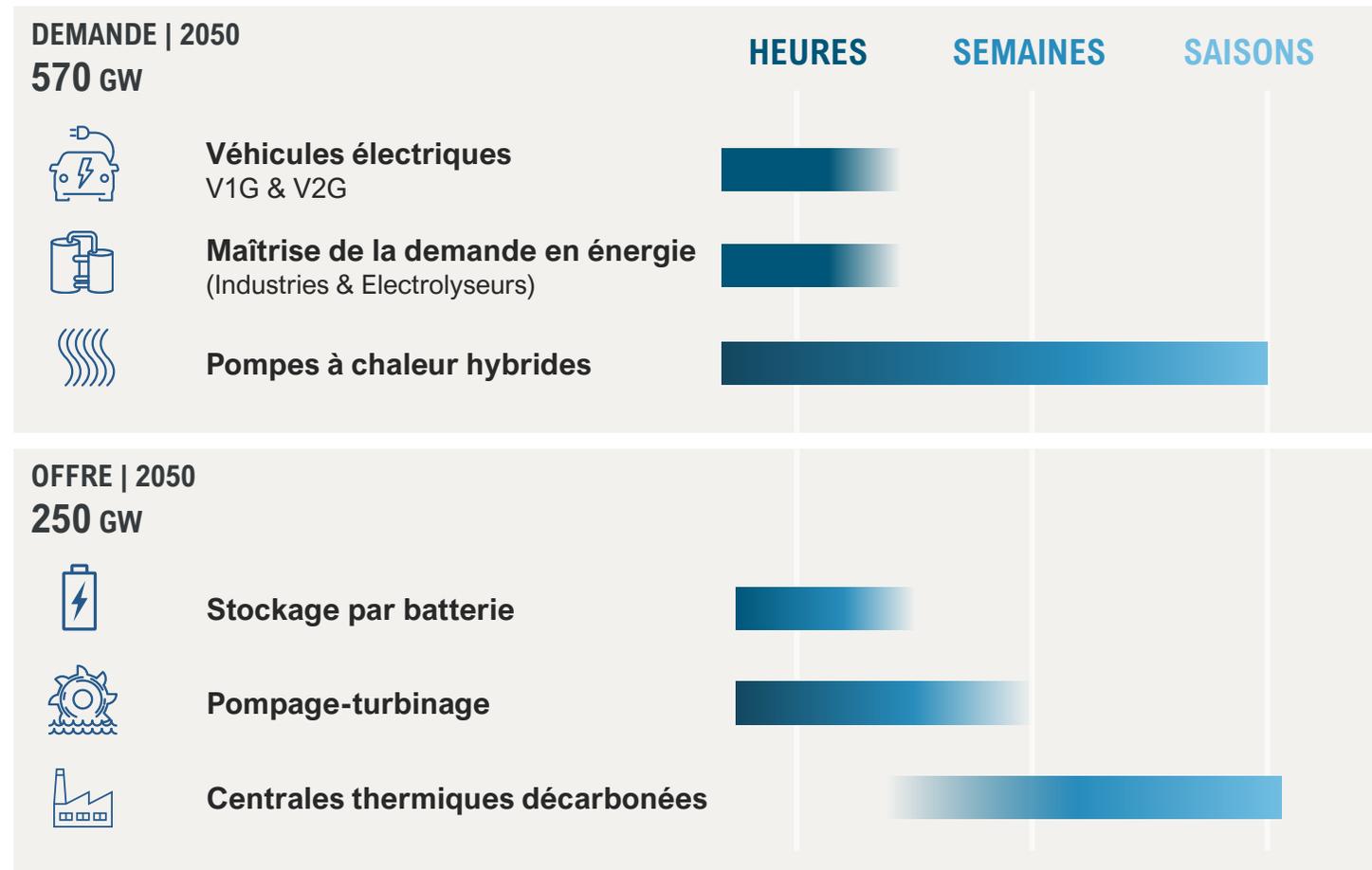
# LES LEVIERS DE FLEXIBILITÉ, UN PRÉREQUIS ESSENTIEL AU DÉVELOPPEMENT DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

## Capacités flexibles GW



## Technologies de flexibilité

Différentes technologies pour répondre à des besoins spécifiques





# DES CENTRALES THERMIQUES DÉCARBONÉES NÉCESSAIRES À LA FLEXIBILITÉ SAISONNIÈRE



## STRESS TEST

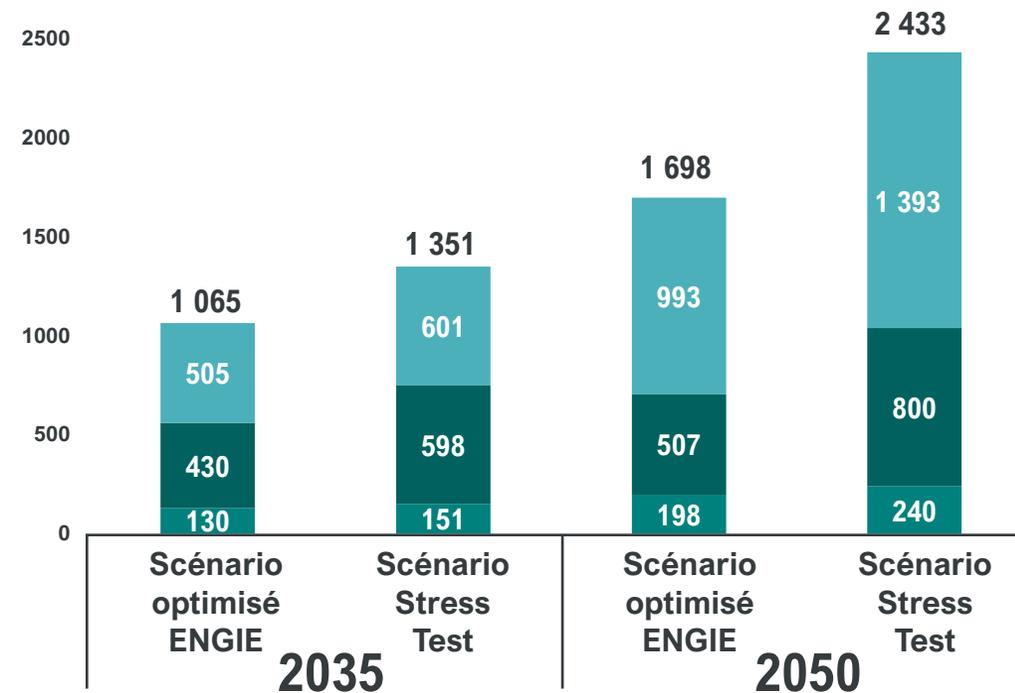
Pas de développement additionnel du thermique décarboné (105 GW)

## IMPLICATIONS

### Énergies Renouvelables

GW

Éolien en mer Éolien terrestre Solaire



Nécessité d'installer

- +700 GW de renouvelables
- +200 GW de batteries additionnels

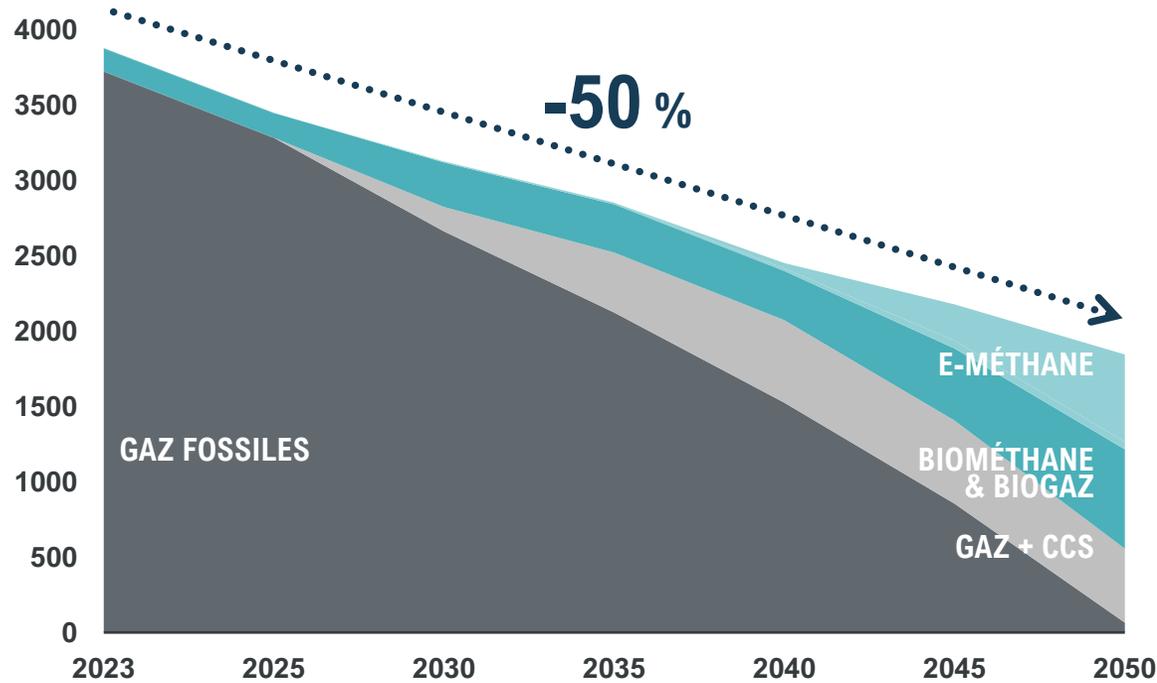
# SOMMAIRE

- 1 Notre approche
- 2 Une trajectoire Net Zéro pour l'Europe
- 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation
  - 3.1 Les défis d'une électrification massive
  - 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés
  - 3.3 L'importance majeure des infrastructures
- 4 Conclusions & recommandations

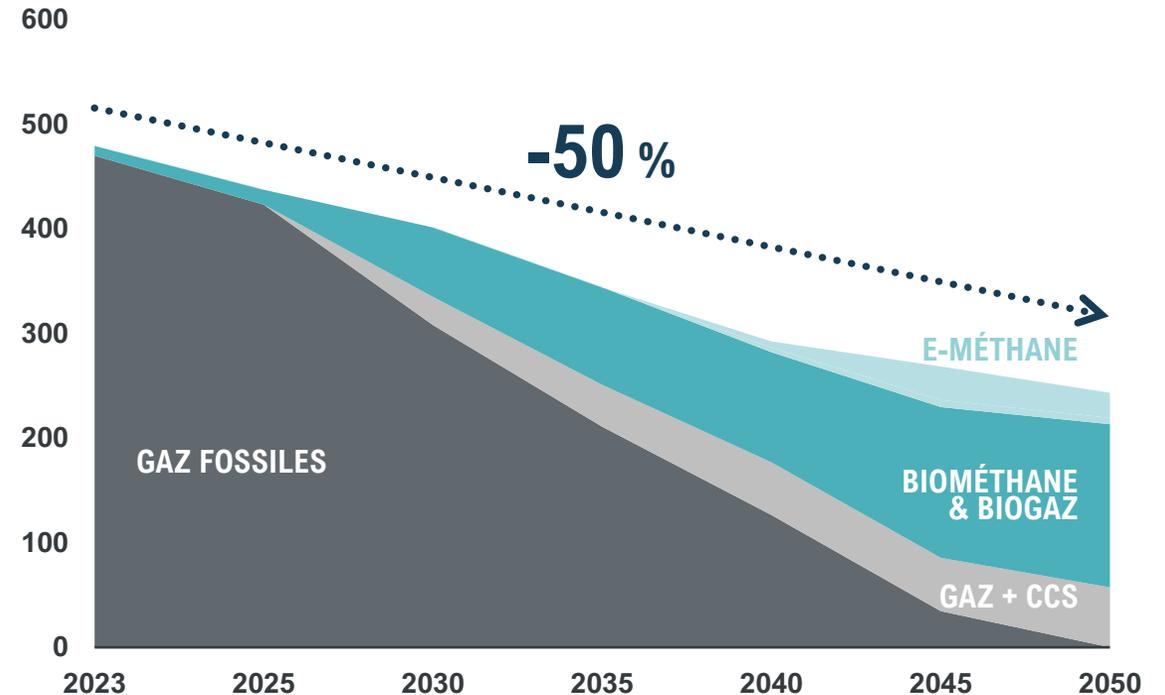


# MÉTHANE : UNE DEMANDE DIVISÉE PAR DEUX ET PROGRESSIVEMENT DÉCARBONÉE

Demande de méthane  
TWh



- 450 TWh de gaz bas-carbone nécessaires pour atteindre les objectifs « Fit-for-55 » d'ici 2030
- Les importations seront inférieures à 25 % du niveau actuel



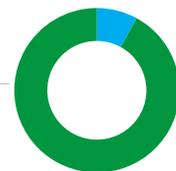
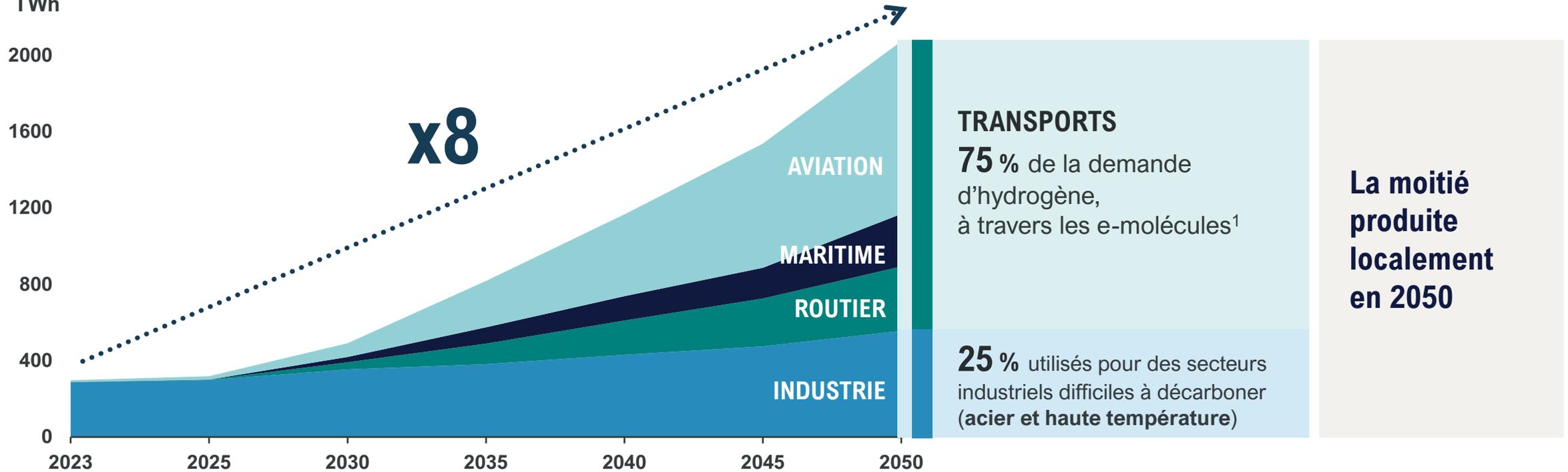
- 245 TWh de demande de gaz complètement décarboné d'ici 2050
- Le biométhane joue un rôle prépondérant (2/3 de la demande en 2050)



# HYDROGÈNE ET E-MOLÉCULES : LA DEMANDE PORTÉE PAR LA MOBILITÉ LOURDE ET L'INDUSTRIE

## Secteurs de l'économie de l'hydrogène

TWh



H<sub>2</sub> mix

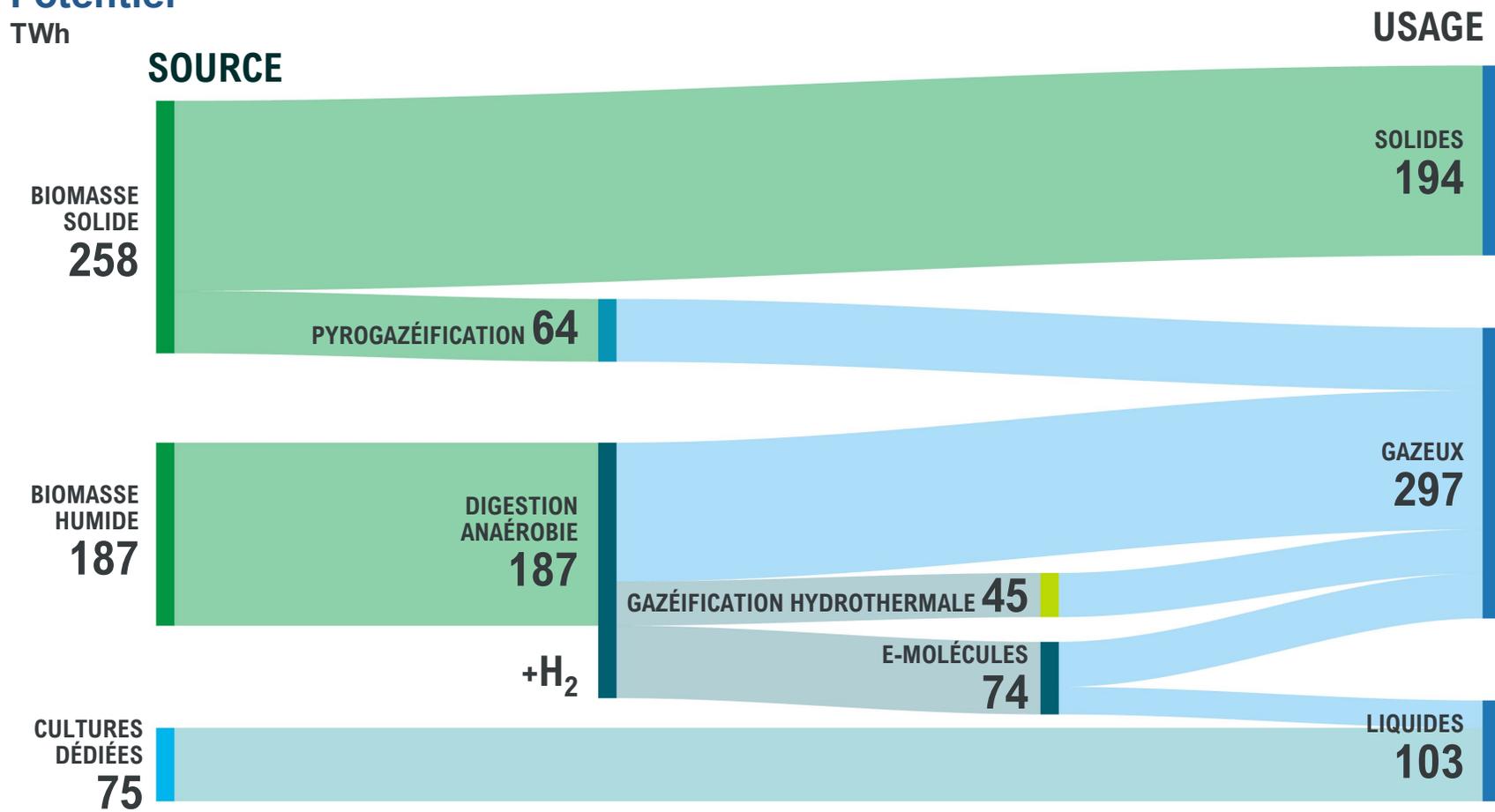
■ Gris ■ Bleu ■ Vert

<sup>1</sup> e-ammoniac, e-methane, e-methanol, e-kérosène, e-diesel

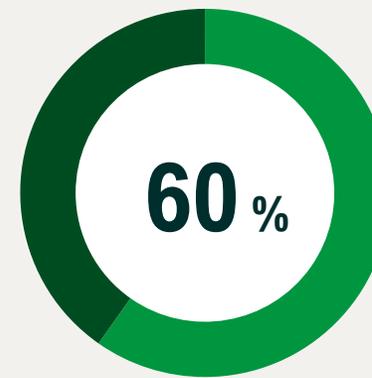


# BIOMASSE : UN POTENTIEL SUFFISANT POUR COUVRIR LES BESOINS

Potentiel  
TWh



UTILISATION  
DU POTENTIEL  
DE BIOMASSE TOTAL  
2050



Mobilisée dans le scénario optimisé ENGIE

Potentiel estimé en incluant les effets du changement climatique

Sources : ADEME, IGN and INRAE, IPCC & France Agrimer

# SOMMAIRE

- 1 Notre approche
- 2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe
- 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation
  - 3.1 Les défis d'une électrification massive
  - 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés
  - 3.3 L'importance majeure des infrastructures
- 4 Conclusions & recommandations



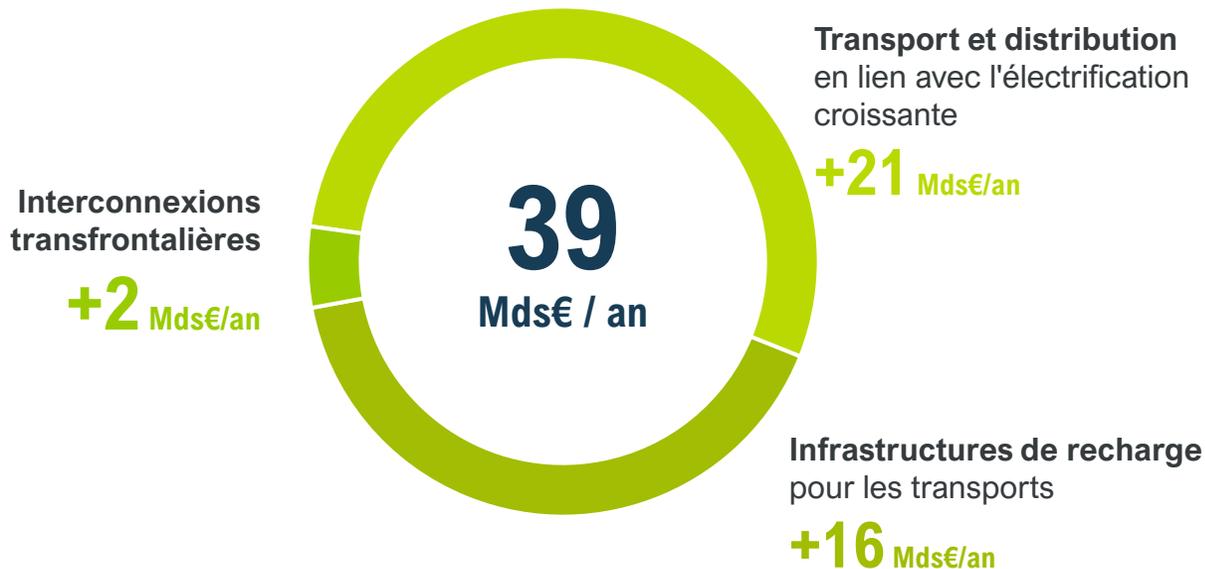


# INFRASTRUCTURES ÉNERGÉTIQUES : UN LEVIER INDISPENSABLE À LA RÉUSSITE DE LA DÉCARBONATION



## ÉLECTRICITÉ

Augmenter significativement les investissements jusqu'en 2040



## MÉTHANE & HYDROGÈNE

S'appuyer sur les infrastructures existantes



Les infrastructures électriques permettent le déploiement des énergies renouvelables  
Les infrastructures gazières jouent un rôle essentiel de fourniture de pointe et de flexibilité au système énergétique

# SOMMAIRE

- 1 Notre approche
- 2 Une trajectoire Net Zéro Carbone pour l'Europe
- 3 Tous les leviers sont nécessaires à la décarbonation
  - 3.1 Les défis d'une électrification massive
  - 3.2 Le rôle clé des gaz décarbonés
  - 3.3 L'importance majeure des infrastructures
- 4 Conclusions & recommandations



# LES PRINCIPAUX ATOUTS D'UN MIX ÉNERGÉTIQUE ÉQUILIBRÉ



## ATTEINTE DU NET ZÉRO

Alignement sur les objectifs  
européens

Sans pari technologique

Équilibre entre les contributions  
des différents secteurs



## COÛTS OPTIMISÉS

Recours à un plus large panel  
d'options de décarbonation  
compétitives

Meilleure utilisation  
d'infrastructures / équipements  
existants

Optimisation à la maille européenne  
et mondiale via des importations  
mesurées



## RÉSILIENCE RENFORCÉE

Mix diversifié qui nous assure  
face à des risques industriels

Optimisation des solutions  
de flexibilité

Garantie de la fiabilité du système  
énergétique

# QUELQUES VERROUS CONCRETS À LEVER

## ACCÉLÉRATION DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ÉLECTRIQUES ET GAZIÈRES

- Stabiliser le **cadre d'investissement**
- Faciliter et accélérer le **raccordement** aux réseaux et l'**obtention de permis**

## DÉVELOPPEMENT DE LA FILIÈRE HYDROGÈNE en agissant sur toute la chaîne de valeur

- Finaliser le **cadre réglementaire européen** en prévoyant des clauses de revoyure rapide
- Assurer la rapidité d'octroi de **financements publics adaptés** et le financement de la **reconversion des infras gazières** pour l'H<sub>2</sub>

## MAXIMISATION DU POTENTIEL DE BIOMÉTHANE en mobilisant tous les leviers

- S'assurer de mécanismes efficaces de **soutien à la production** (prix et intrants) en France et en Europe

## DÉVELOPPEMENT DE LA FLEXIBILITÉ

- Développer des **modèles de rémunérations adaptés** (effacement, batteries, CCGT décarbonées etc.)
- Accélérer le **l'obtention de permis**

## DÉCARBONATION DU BÂTIMENT en soutenant l'ensemble des solutions

- Développer fortement le raccordement à des **réseaux de chaleur vertueux**, dont la géothermie
- **Prioriser l'usage du biométhane** pour le bâtiment **et les solutions hybrides** (PAC, PAC hybrides, relèves de chaudières...)
- Simplifier l'accès **des aides pour le logement** avec un guichet unique regroupant les dispositifs actuels

## DÉCARBONATION DE L'INDUSTRIE

- **Accélérer l'utilisation de l'énergie fatale perdue** (fonds de garantie et abaissement des seuils)
- Pérenniser le **financement** (Fonds BCIAT en France)
- Maintenir la **biomasse locale** comme ENR

# CONSTRUIRE LES TRAJECTOIRES DE DÉCARBONATION DE L'EUROPE

## LE SCÉNARIO D'ENGIE



12 JUIN 2023