

# Evaluation du potentiel d'effacement dans l'industrie et le tertiaire en France métropolitaine

Présentation de l'étude à la Fondation Tuck

23 Octobre 2017



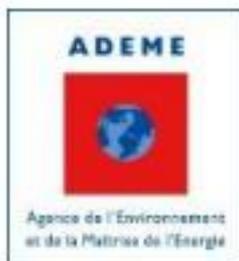
# Agenda

**1** | Contexte, objectifs et méthodologie de l'étude

**2** | Synthèse de l'étude

# Une étude commanditée par l'ADEME, avec de nombreux acteurs institutionnels et industriels participant au comité de pilotage

## COMMANDITAIRE



Avec le soutien de



## PARTICIPANTS AU COPIL



**L'étude menée a visé à évaluer le potentiel de développement de capacités d'effacement, en France, dans l'industrie et le tertiaire, à court et plus long terme ainsi qu'évaluer les freins à l'exploitation des effacements**

---

- 1** Caractériser le **potentiel d'effacement à court terme dans l'industrie et le tertiaire** segment par segment
  - En s'appuyant sur une série de **cas d'étude représentatifs des différentes filières de l'industrie et du tertiaire** en France ...
  - ...en estimant le **gisement technico-économique (lien gisement-rémunération-contrainte) pour chaque cas d'étude**
  
- 2** Extrapoler les résultats obtenus par filière afin d'obtenir une estimation du potentiel global **à la maille nationale (France métropolitaine)**
  
- 3** **Apporter une vision prospective à ces résultats** afin de pouvoir quantifier le potentiel d'effacement à des horizons plus lointains (2030 et 2050)
  
- 4** Réaliser un état des lieux des **freins existants à l'exploitation du gisement d'effacement** en France et des **leviers d'action permettant sa valorisation**

**La méthodologie d'analyse est fondée sur une approche par cas d'étude détaillés, alimentée par des entretiens auprès de consommateurs finaux et d'opérateurs d'effacement; le potentiel lié à l'autoproduction locale est exclu du périmètre**

---

### Une approche par cas d'étude...

- L'étude est fondée sur une approche reposant sur l'analyse la plus fine possible **d'une trentaine de cas d'étude** pour lesquels sont analysés le potentiel (puissance et énergie), les caractéristiques et contraintes techniques, l'estimation des coûts de mise en œuvre
- L'objectif est de **couvrir la majorité des procédés / postes importants de consommation dans les principaux secteurs de l'industrie et du tertiaire**
  - Pour le tertiaire, les secteurs étudiés seront limités aux suivants : *Entrepôts frigorifiques, Grands commerces alimentaires, Data Center, Bureaux et Traitement/Distribution des eaux*

### ...fondée sur de multiples entretiens

- Pour avoir une vision la plus fine possible du potentiel et des freins au développement, des entretiens sont réalisés à la fois auprès de consommateurs finaux (~30 industriels et tertiaires), d'opérateurs d'effacement et d'acteurs institutionnels

Un périmètre restreint à l'analyse du **potentiel d'effacement non lié à des capacités d'autoproduction locales**

### La notion d'effacement définie de la manière suivante :

- « *Une diminution volontaire et contrôlée de la consommation électrique sur une période donnée, associée ou non à un report de consommation hors de cette période* »

# Agenda

1 | Contexte, objectifs et méthodologie de l'étude

2 | Synthèse de l'étude

## Préambule

---

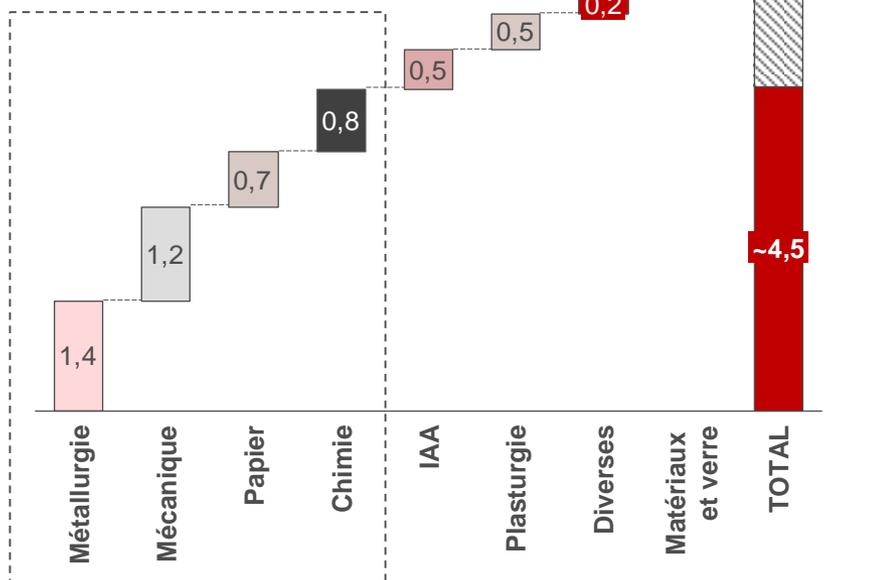
- L'analyse des cas d'étude industriels comme tertiaires montre que les contraintes organisationnelles sont fortes dans l'industrie comme le tertiaire (contraintes de production, commerciales, sanitaires, niveau de service) au regard des niveaux de rémunération actuels
- Dans le secteur industriel, les situations sont très hétérogènes en fonction des secteurs et, au sein des secteurs, entre les acteurs en termes de développement et de connaissance des effacements
  - Certains secteurs comme les électro-intensifs sont, en termes de valorisation des effacements, plus matures que d'autres ayant des freins organisationnels (l'agroalimentaire par exemple) et pouvant avoir des contraintes métier (contraintes sanitaires par exemple)
  - Les acteurs des secteurs électro-intensifs valorisent déjà largement leurs capacités d'effacement et estiment que le gisement additionnel accessible est relativement faible
- Dans le tertiaire, les usages effaçables donnent lieu à des effacements diffus et peu développés à l'heure actuelle
  - Les usages effaçables (principalement froid, climatisation, chauffage, ventilation) donnent lieu à des gisements unitaires (par site de consommation) relativement limités et des effacements de courte durée
  - De nombreux tests réalisés mais les effacements sont peu valorisés sur les marchés à l'heure actuelle

# Le gisement technique<sup>3)</sup> actuel d'effacement de process (pour une durée courte, ~30 min) est estimé entre ~4,5 et 6,5 GW dans l'industrie et entre ~2 et 3 GW dans les secteurs tertiaires étudiés

## GISEMENT TECHNIQUE INDUSTRIEL<sup>2)</sup> [GW]

Pour un effacement de 30 min

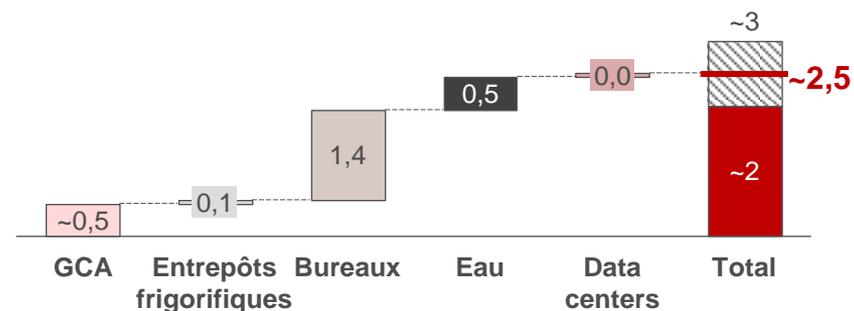
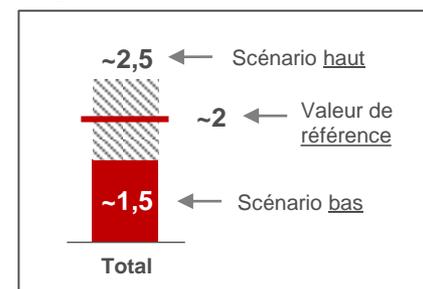
~75% du gisement technique est représenté par ces 4 secteurs regroupant ~50% de la consommation industrielle



## GISEMENT TECHNIQUE<sup>1)</sup> TERTIAIRE [GW]

Pour un effacement de 30 min

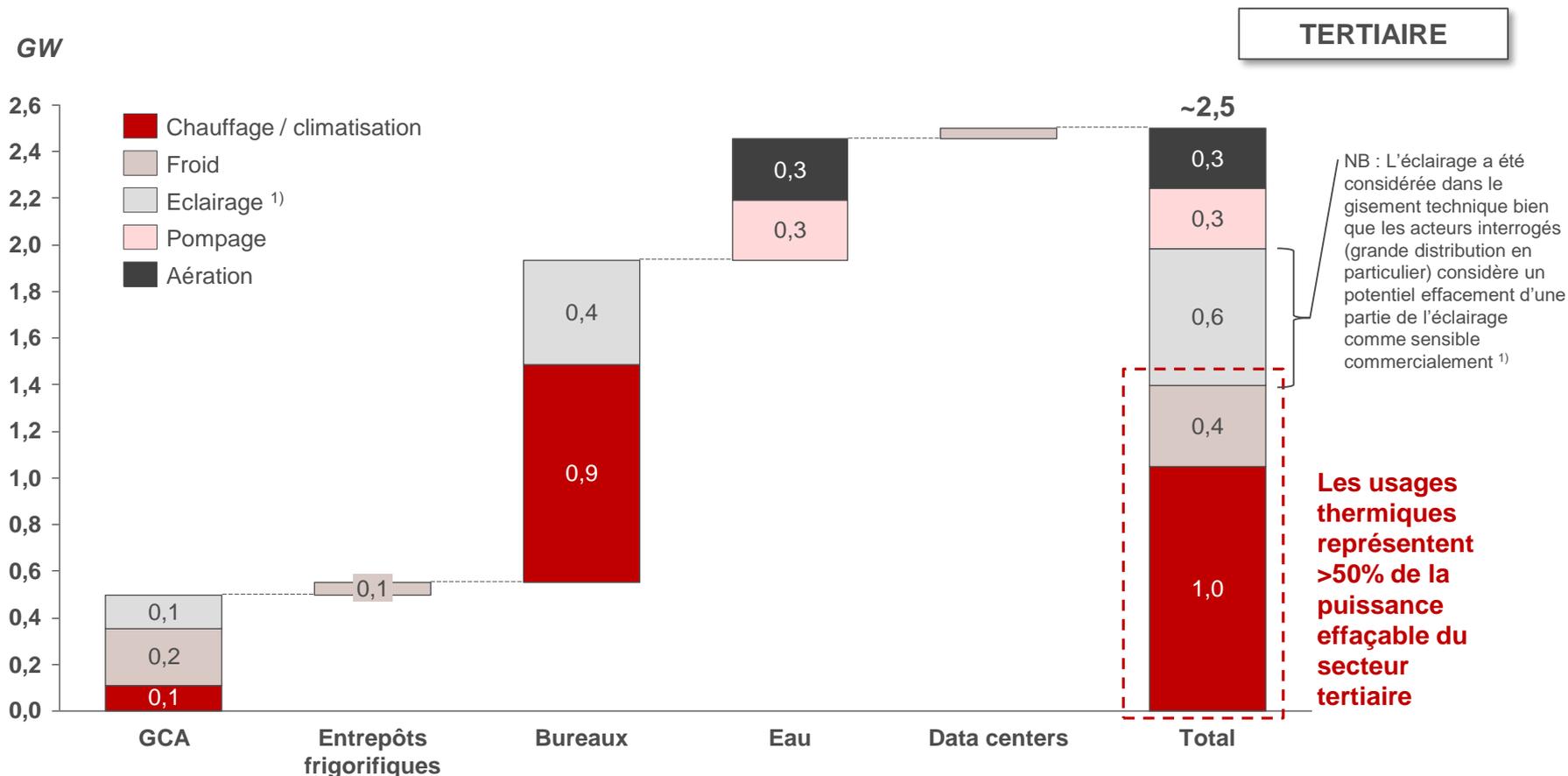
Légende



- 1) Scénario haut et bas estimés sur la base d'hypothèses de variation autour de la part de puissance effaçable par usage de +/-10 points (40% et 60% pour un hypothèse de référence à 50% pour le froid dans le grand commerce alimentaire par exemple)
- 2) Scénarios haut et bas estimés sur la base d'estimation, usage par usage, d'une hypothèse haute et basse sur la part de puissance effaçable (cf annexes)
- 3) Gisement accessible hors contraintes économiques

Les usages thermiques (froid, chauffage et climatisation) représentent ~50% du gisement technique des secteurs tertiaires étudiés, le reste du gisement étant composé de l'éclairage<sup>1)</sup> et du secteur de l'eau (pompage & aération)

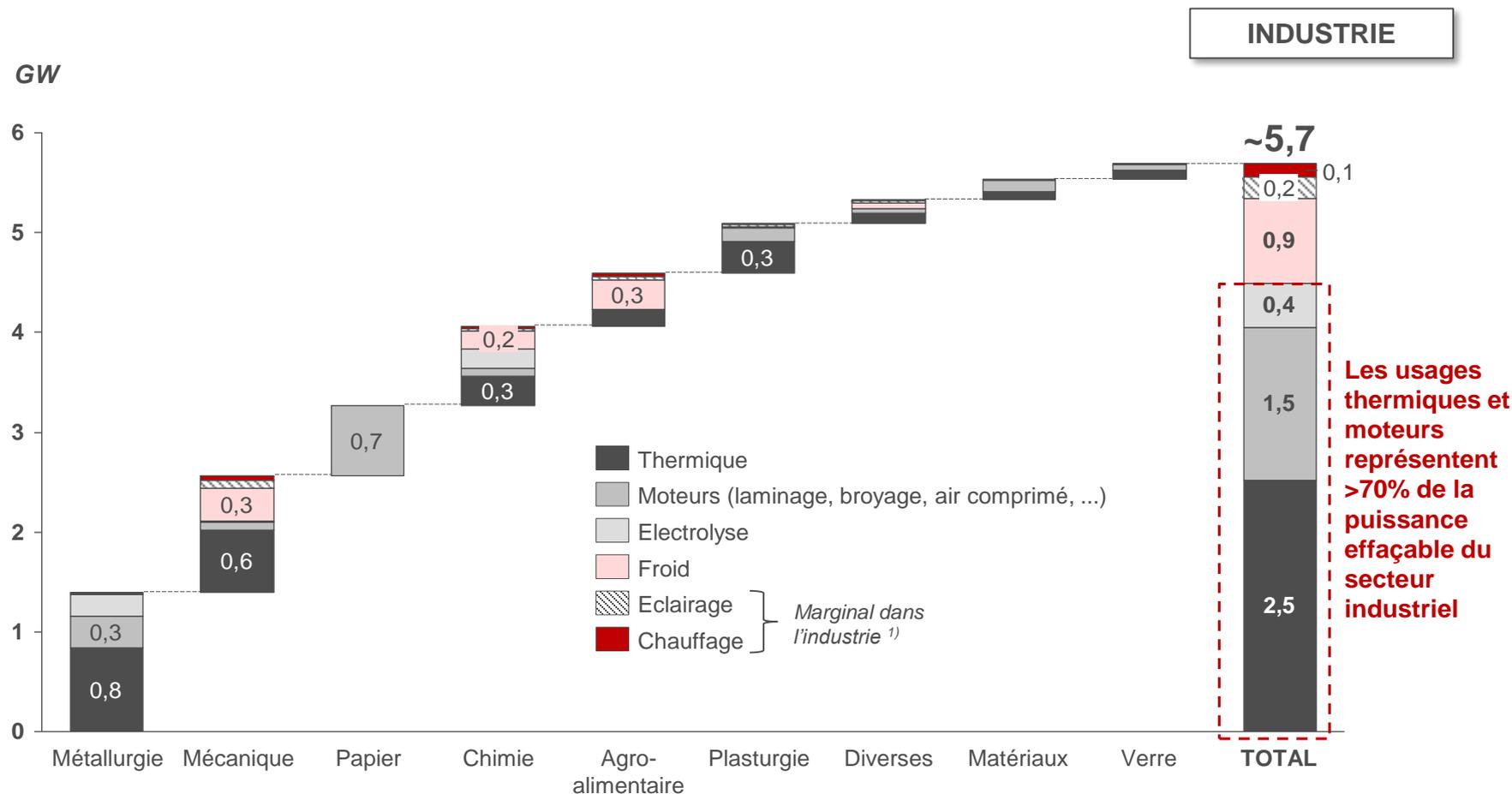
GISEMENT TECHNIQUE PAR SECTEUR ET PAR USAGE DANS LE TERTIAIRE – HYPOTHESES DE REFERENCE [GW]



1) Seul 25% des consommations d'éclairage ont été considérées comme effaçables (ordre de grandeur du niveau de puissance d'éclairage effacé dans la grande distribution aux USA)

Sur un gisement technique industriel estimé à ~5,7 GW, 40% du gisement est constitué d'usages thermiques (fours principalement) et ~30% d'usages « moteurs » (broyage, laminage, air comprimé, ...)

GISEMENT TECHNIQUE PAR SECTEUR ET PAR USAGE DANS L'INDUSTRIE – HYPOTHESES DE REFERENCE [GW]



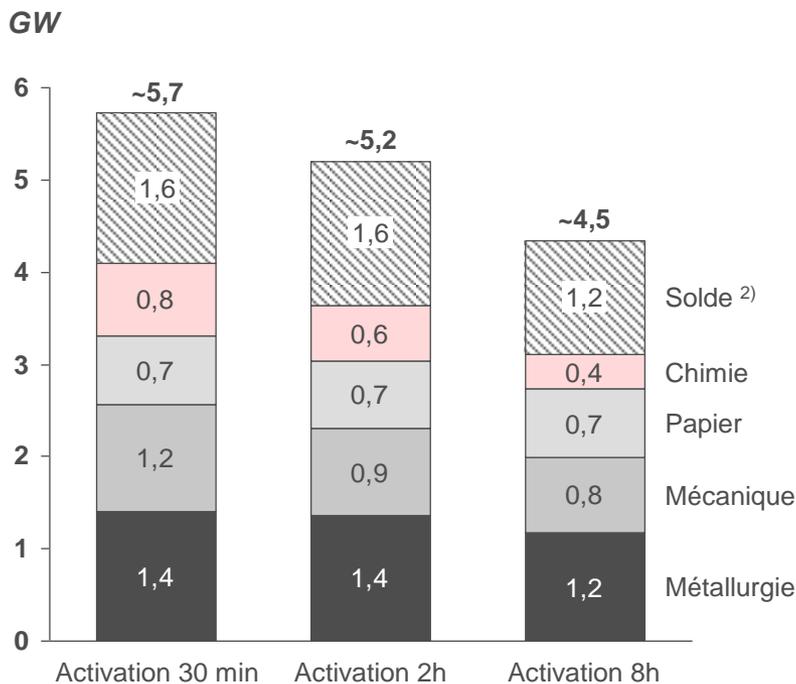
1) Ont été considérées uniquement les consommations de chauffage de confort et éclairage non liés au process industriels en lui-même

# Les usages effaçables dans le tertiaire sont limités en durée (froid, chauffage) et le gisement technique décroît donc plus fortement pour des exigences d'activation de longues durées (→foisonnement); Cet aspect a moins d'impact sur l'industrie

## INDUSTRIE

Gisements techniques estimés selon la durée d'activation exigée [GW]

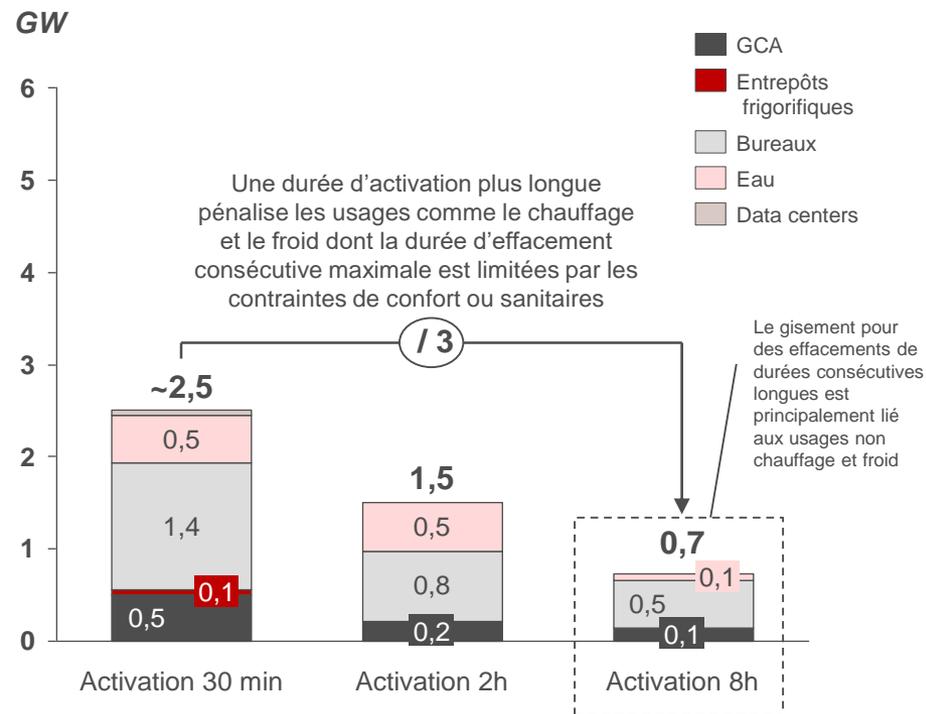
Avec les hypothèses de référence <sup>1)</sup>



## TERTIAIRE

Gisements techniques estimés selon la durée d'activation exigée [GW]

Avec les hypothèses de référence

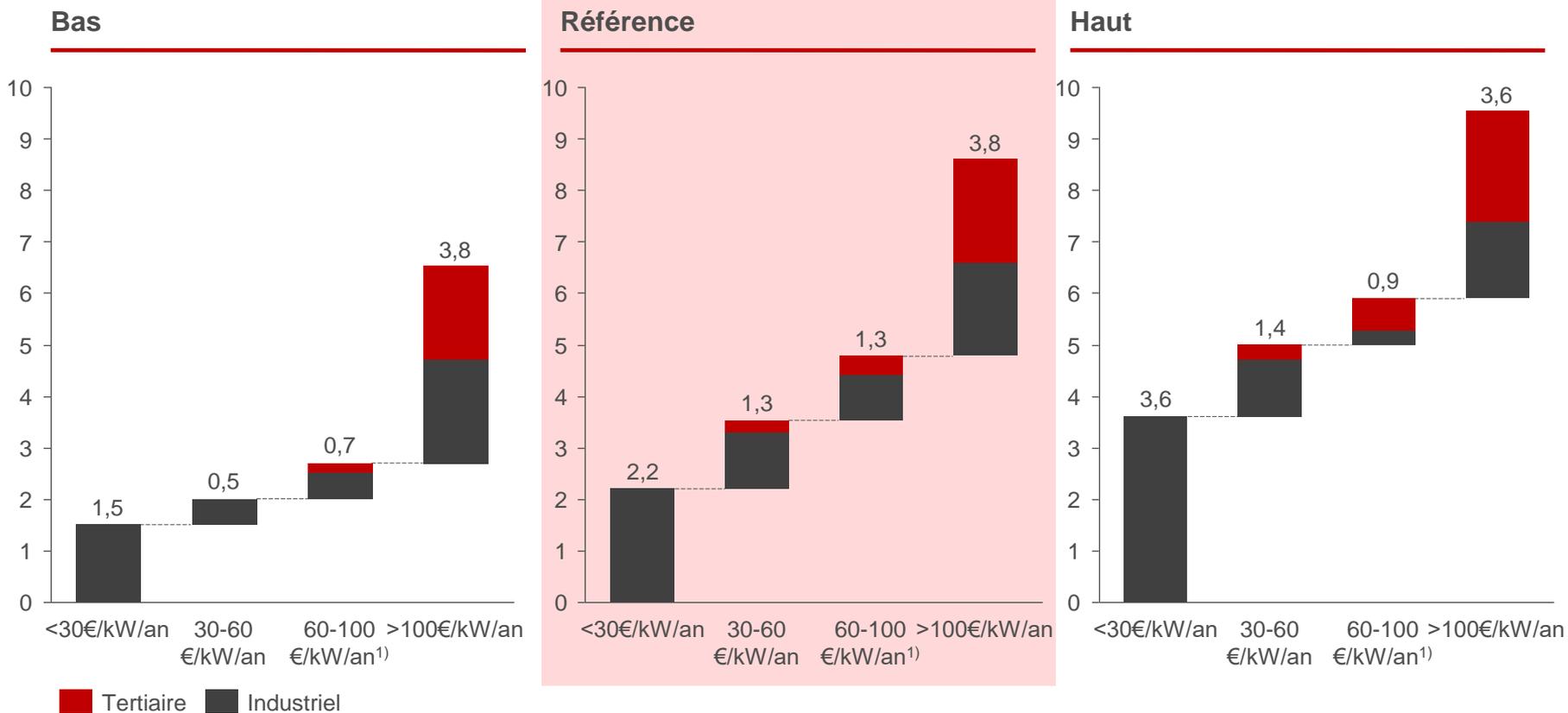


1) Les scénarios haut et bas d'estimation du gisement technique ne sont ici pas représentés

2) IAA, Verre, Plasturgie & Caoutchouc, Matériaux, Divers

# Le gisement accessible à des niveaux de rémunération actuels est concentré sur l'industrie et est estimé entre ~1,5 et ~4 GW avec un scénario de référence à ~3GW

GISEMENT TECHNICO-ÉCONOMIQUE DES SECTEURS INDUSTRIELS ET TERTIAIRES (SCÉNARIOS DE RÉFÉRENCE, BAS ET HAUT) [GW]



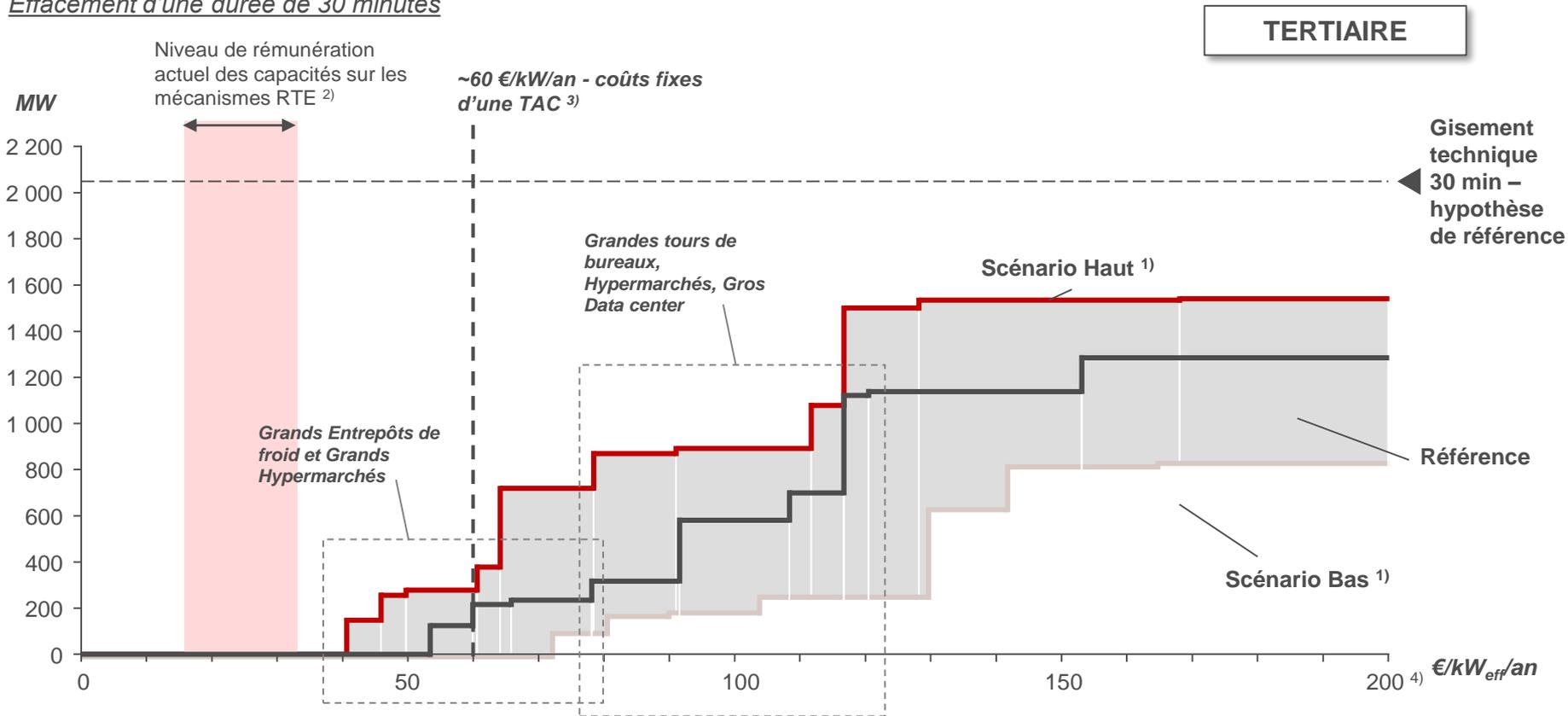
1) 60 €/kW/an est pris ici comme seuil de référence car cette valeur correspond en ordre de grandeur aux coûts fixes annuels d'une Turbine à Combustion et représente donc d'un point de vue théorique un plafond de valeur pour les capacités d'effacement

Source: Entretiens cas d'études, données CEREN, bases de données E-CUBE, CRE, Insee, analyses E-CUBE Strategy Consultants & CEREN

Dans le secteur tertiaire, nos analyses montrent que, sur la base des coûts actuels, la majorité du gisement technique n'est aujourd'hui pas économiquement accessible (seul un maximum de ~300 à 400 MW à moins de 60 €/kW/an)

**GISEMENT TECHNIQUE-ÉCONOMIQUE DU SECTEUR TERTIAIRE [MW] EN FONCTION DE LA RÉMUNÉRATION**

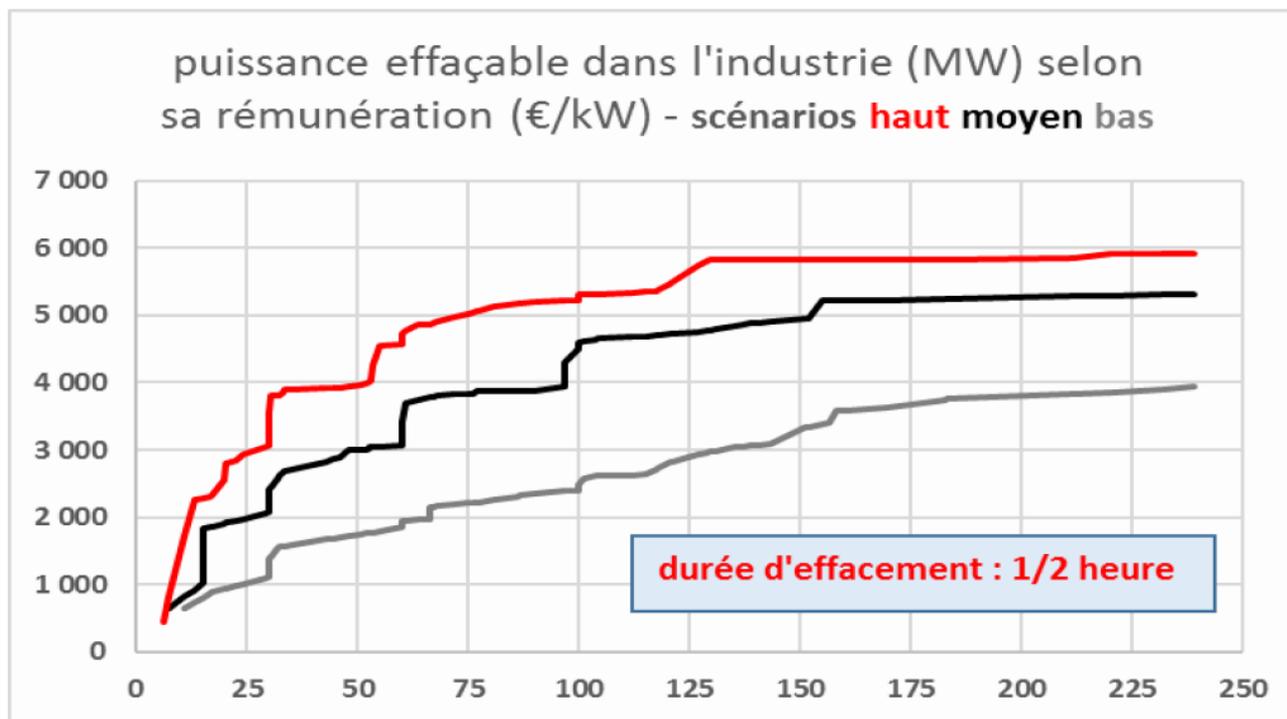
*Effacement d'une durée de 30 minutes*



- 1) Les scénarios hauts et bas sont estimés sur la base d'hypothèses min et max à la fois sur le gisement technique (+/-10% de part effaçable sur les différents usages) et sur le gisement économique (attentes de rémunération et coûts de mise en œuvre des effacements)
- 2) ~14 €/kW/an -> Estimation de la rémunération pour l'AO effacement 2016 (30 M€ de budget pour 1900 MW industriels + 200 MW diffus (source RTE)) / ~36 €/kW/an Rémunération pour la RR 2015-2016 (source RTE)
- 3) 60 €/kW/an est pris ici comme seuil de référence car cette valeur correspond en ordre de grandeur aux coûts fixes annuels d'une Turbine à Combustion (TAC) et représente donc d'un point de vue théorique un plafond de valeur pour les capacités d'effacement
- 4) Le graphique est ici volontairement limité à 200 €/kW/an, le reste du gisement n'est pas représenté

Le potentiel technico-économique estimé est d'environ 3 GW pour une rémunération de 30 €/kW, d'un peu moins de 3,5 GW à 60 €/kW et d'un peu plus de 4 GW à 100 €/kW (scénario médian)

**INDUSTRIE**



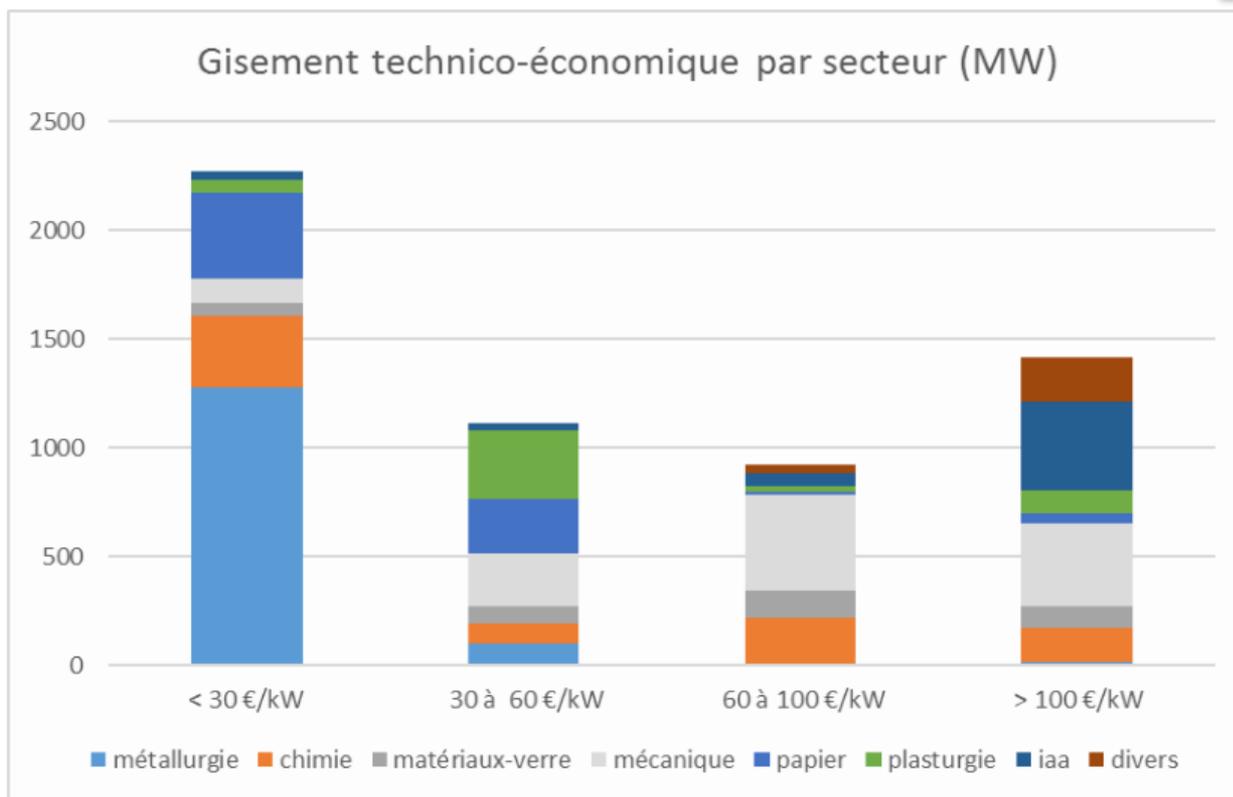
Critère de mise en place	Scénario :	Scénario :	Scénario :
	Référence	Bas	Haut
Plancher minimal	20 k€/an	20 k€/an	20 k€/an
% attendu sur la facture électrique	5%	7%	3%
Plafond maximal	200 k€/an	300 k€/an	100 k€/an

NB : Ces potentiels ont une incertitude de 1 à 1,5 GW autour du potentiel médian

# Le gisement « économique » (~2,3 GW < 30€/kW/an), est principalement concentré sur la métallurgie, le papier et la chimie

GISEMENT TECHNICO-ÉCONOMIQUE DU SECTEUR INDUSTRIEL PAR SECTEUR [MW] EN FONCTION DE LA RÉMUNÉRATION – SCENARIO DE REFERENCE 2)

INDUSTRIE



1) 60 €/kW/an est pris ici comme seuil de référence car cette valeur correspond en ordre de grandeur aux coûts fixes annuels d'une Turbine à Combustion et représente donc d'un point de vue théorique un plafond de valeur pour les capacités d'effacement  
 2) Les scénarios haut et bas d'estimation du gisement technico-économique ne sont ici pas représentés

**Les barrières technologiques étant faibles, les principales barrières au développement d'effacements sont économiques et organisationnelles. Enfin, les freins réglementaires résiduels sont relativement limités et en cours de traitement**

---

## 1 Peu de barrières technologiques...

---

- **Dispositifs de pilotage existants** : équipements et logiciels
- **GTB / GTC** permettant de contrôler les équipements et de réaliser des effacements

## 2 Actuellement un frein économique important...

---

- **Coûts de mise en œuvre des effacements** importants (installations de **dispositifs de mesure, de pilotage des équipements** ; coûts d'installation d'équipements significatifs sur les **sites à faible valeur unitaire dans le tertiaire diffus**)
- **Faible valeur de rémunération** accessible :
  - La **surcapacité du secteur électrique en France**, donc une faible valeur de capacité pour la sécurité d'approvisionnement (la valeur de capacité pour l'équilibrage court terme restant non négligeable)
  - Une **baisse des prix des combustibles**
  - Une **baisse de la valeur de la flexibilité** des effacements (liée à une diminution de la volatilité des prix spot)

**Principaux freins :  
économiques et  
organisationnels**

## 3 Des barrières organisationnelles fortes ...

---

- **Manque de connaissance** de l'effacement pour certains acteurs présentant des gisements d'effacement
- Manque de souplesse des process industriels avec notamment des **contraintes sanitaires, commerciales**, d'organisation de la chaîne de production ou de qualité de service
- **Multiplicité des interlocuteurs** : Les **parties prenantes consommatrices d'électricité** peuvent être différentes de celle **gérant les installations** et celle **supportant les investissements**
- **Résistance au changement** et difficultés à convaincre les opérateurs

## 4 ... Enfin, une barrière réglementaire aujourd'hui faible

---

- Grâce à un **cadre réglementaire particulièrement favorable en France** et des **freins résiduels en cours de traitement** notamment concernant : l'ouverture de la **réserve primaire aux effacements**, le **contrôle du réalisé**, la mise en place d'un **marché de capacité**

# L'analyse du benchmark montre que le cadre réglementaire de valorisation des effacements français est bien avancé et globalement favorable au développement de capacités additionnelles d'effacement par rapport à d'autres géographies

## SYNTHÈSE DES MÉCANISMES DE VALORISATION DES PAYS ANALYSÉS

Pays	Gestion centralisée	Réserves tertiaires	Réserves 1aires/2ndaires	Marchés énergie	Mécanisme de capacité	Volumes valorisés	Evolutions attendues
<b>FRANCE</b> 		 RR et RC, AOE	 <i>Services système</i>	 <i>NEBEF</i>	 (2017)	~3,5 GW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place du <b>marché de capacité en 2017</b></li> <li>Contractualisation <b>marché pour la réserve primaire</b></li> </ul>
<b>ROYAUME-UNI</b> 		 STOR	 <i>Frequency Response</i>		 (2014)	~2 GW	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Power Responsive Campaign</b> : campagne de National Grid pour le développement des solutions de flexibilité dont l'effacement</li> </ul>
<b>PJM</b> 		 <i>Reserves</i>	 <i>Regulation</i>		 (2007)	~11 GW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Règles de <b>participation des effacements au marché de capacité plus contraignantes</b> (disponibilité...)</li> </ul>
<b>CAISO</b> 	 Décentralisé (utilities)	 <i>Reserves</i>				Au total ~2 GW en 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Centralisation de la participation des effacements</b> sur les marchés énergie à <b>horizon 2018</b></li> </ul>
<b>JAPON</b> 	n.a. 9 GRT régionaux					~10 GW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mise en place d'un <b>mécanisme marché explicite favorisant la valorisation des effacements</b></li> </ul>

←----->  
*Marché émergent, en cours de réflexion*

**S'il existe peu de leviers pouvant modifier la valeur économique des effacements pour le système électrique (hors subventions), différents leviers d'actions peuvent être envisagés pour stimuler le développement de capacités additionnelles**

---

- 1** Intensifier la communication et la sensibilisation des consommateurs au sujet « effacement »
- 2** Favoriser, dans le secteur tertiaire en particulier, une démarche de mutualisation des investissements en incitant lors des rénovations ou nouvelles constructions à rendre les sites « smart grid ready »
- 3** Apporter plus de stabilité et de visibilité dans les règles / mécanismes de valorisation des effacements
- 4** Renforcer la collaboration en amont entre fabricants d'équipements et utilisateurs pour améliorer la flexibilité des équipements consommateurs d'électricité

# ANNEXES

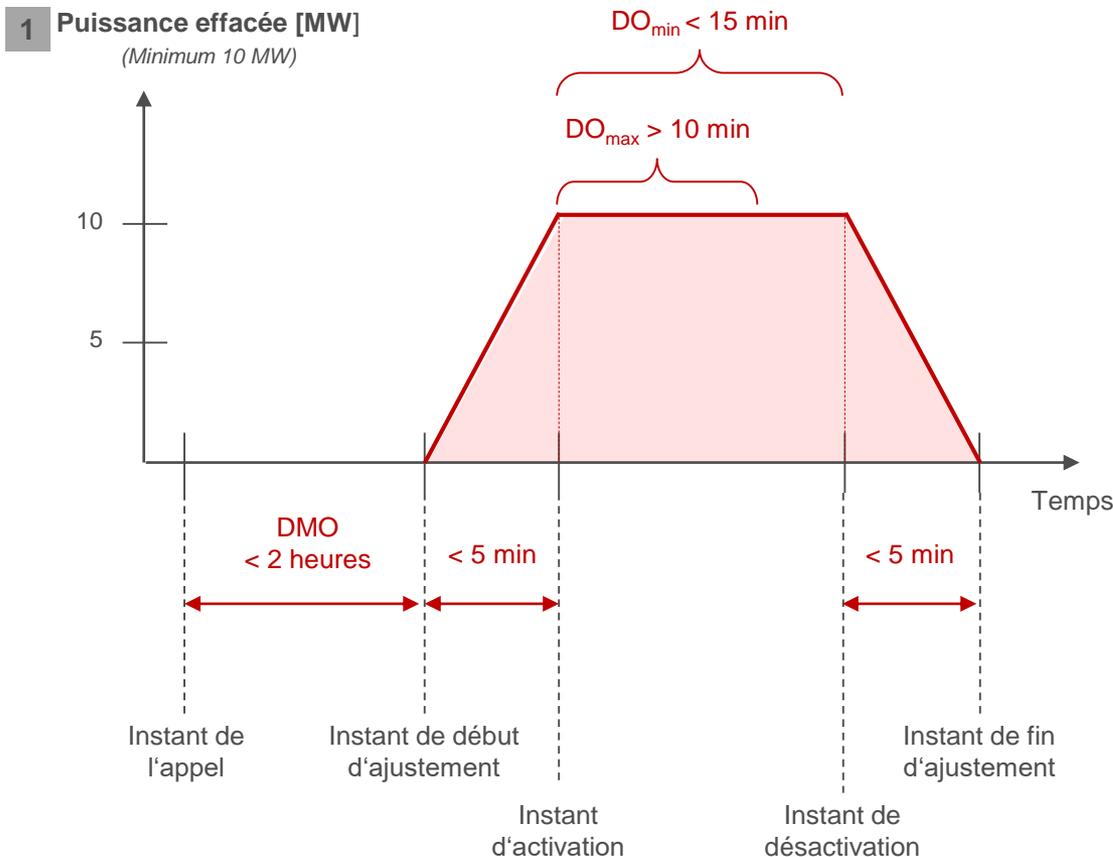
Deux grandes catégories d'effacement peuvent être distinguées : les effacements fondés sur l'autoproduction & les effacements fondés sur la modulation (voire l'interruption) des process consommateurs (avec des rationnels économiques différents)

		Rationnel économique	Exemples de secteurs	Processus clé	
Effacement « Autoproduction »		Coût de production d'électricité avec un générateur diesel	Gén. diesel	Gén. diesel	
	Effacement via modulation ou interruption de process	« Diffus »	Economie de l'Energy Box contrôlant le chauffage électrique	Résidentiel	Chauffage électrique
Part des coûts d'une GTB avancée et coûts d'étude			Tertiaire	Chauffage, ventilation, AC	
« Industriel »		<b>Avec stocks intermédiaires</b>			
		Effacement d'opportunité (utilisation de stock existant, positionnement d'une maintenance)	Industrie du ciment	Broyage de granulat	
			Sidérurgie	Four à arc	
		<b>« Purs » (renoncement à la production)</b>			
Marge sur coût variable, c'est-à-dire la perte d'opportunité à ne pas produire	Industrie du papier	Broyage du bois			
	Industrie chimique	Electrolyse			

# L'objectif de la phase 1 (via les entretiens et couplés à une approche analytique) sera d'analyser les caractéristiques techniques et économiques clés pour chacun des cas d'étude

## UN EFFACEMENT EST CARACTERISE PAR UNE DOUZAINNE DE CRITERES TECHNIQUES CLES

*Illustration sur des produits courts*



## CRITERES

- 2 Délai de mobilisation (DMO)**
  - < 2 heures
- 3 Durée minimale d'utilisation (DO<sub>min</sub>)**
  - < 15 min
- 4 Durée maximale d'utilisation (DO<sub>max</sub>)**
  - > 10 min
- 5 Durées d'Activation / Désactivation**
  - < 5 min
- 6 Plage de disponibilité**
  - Communiquées par RTE ; exemple : 7h-23h
- 7 Répétitivité de l'effacement**
  - Pas de contrainte ; exemple : maximum une fois par jour
- 8 Stock d'effacement**
  - 4 fois au maximum durant le mois d'expérimentation
- 9 Fiabilité technique**
  - Pas de contrainte mais mécanisme de pénalité en cas de défaillance ; exemple : taux de 95%
- 10 Conditions de mise à disposition**
  - Disponibilité requise par RTE sur plage de disponibilité fixée par RTE + postage obligatoire d'une offre sur marché d'ajustement
- 11 Conditions de mise en œuvre des effacements**
  - Manuel (vs. asservissement via automatisme)
- 12 Effet report**
  - Pas de contrainte ; exemple : fraction de l'énergie effacée consommée ex-post

## L'évolution réglementaire du marché électrique a permis l'ouverture de nombreux mécanismes de gestion du système électrique aux effacements et positionne la France parmi les marchés les plus matures en termes d'ouverture aux effacements

Mécanismes de valorisation		Description / Fonctionnement / Utilité	Date de mise en place <sup>1)</sup>	Effacements valorisés	
Mécanismes directement gérés par RTE	<b>Réglage fréquence</b> (Réserves primaires et secondaires R1 et R2) <sup>2)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asservissement des moyens de production (et participation désormais possible pour l'effacement pour le réglage en fréquence) pour gérer les déséquilibres très-court-terme du réseau</li> </ul>	Juillet 2014	70 MW	
	Réserves tertiaires	Mécanisme d'ajustement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour gérer les déséquilibres court-terme (en intraday) du réseau, RTE fait appel tous les jours à des sources de flexibilité (capacités de production et d'effacement) qui sont rémunérées (en €/MWh) si leurs offres sont acceptées par RTE</li> </ul>	2003	12 GWh en 2016
		Réserves rapides (RR) <sup>3)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pour s'assurer de la disponibilité de capacités flexibles en cas de déséquilibre importants sur le réseau, RTE contractualise des capacités de production et d'effacement pour une ou plusieurs années via un mécanisme d'appel d'offre</li> </ul>	2003	500 MW en 2017
		Réserves complémentaires (RC) <sup>3)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La production et les effacements sont en concurrence sur ces réserves</li> </ul>		~0 MW
		Appels d'offre Effacement	<ul style="list-style-type: none"> <li>En plus des réserves rapides et complémentaires, RTE contractualise des capacités d'effacement uniquement chaque année. Il n'y a ici pas concurrence avec la production</li> </ul>	2011	Entre 750 et 1400 MW sur l'année 2017
	<b>Interruptibilité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ce mécanisme rémunère les capacités d'effacement (&gt; 40 MW) de gros industriels dont les process de consommation peuvent être asservis et donc activés en 5 secondes max</li> </ul>	2012	1,5GW en 2017	
	<b>(NEBEF) Activation d'effacement sur le marché énergie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ce mécanisme permet aux opérateurs d'effacement de pouvoir valoriser leurs effacements sur le marché de gros (via la ventes de blocs d'effacement - NEBEF) et non plus uniquement sur le marché d'ajustement géré par RTE</li> </ul>	2013	10,5 GWh en 2016	
<b>Mécanisme de capacité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mécanisme qui rémunère la disponibilité des capacités d'effacement et de production lors des périodes de pointe (hiver)</li> </ul>	2017 (certification dès 2015)	1,7 GW certifiés à date		

Source: RTE, E-CUBE Strategy Consultants

1) Ou date d'ouverture à l'effacement

2) R1 = FCR (Frequency Control Reserve) ; R2 = aFRR (automatic Frequency Restoration Reserve)

3) RR = mFRR (manual Frequency Restoration Reserve) ; RC + autres réserves tertiaires = RR (Replacement Reserves)

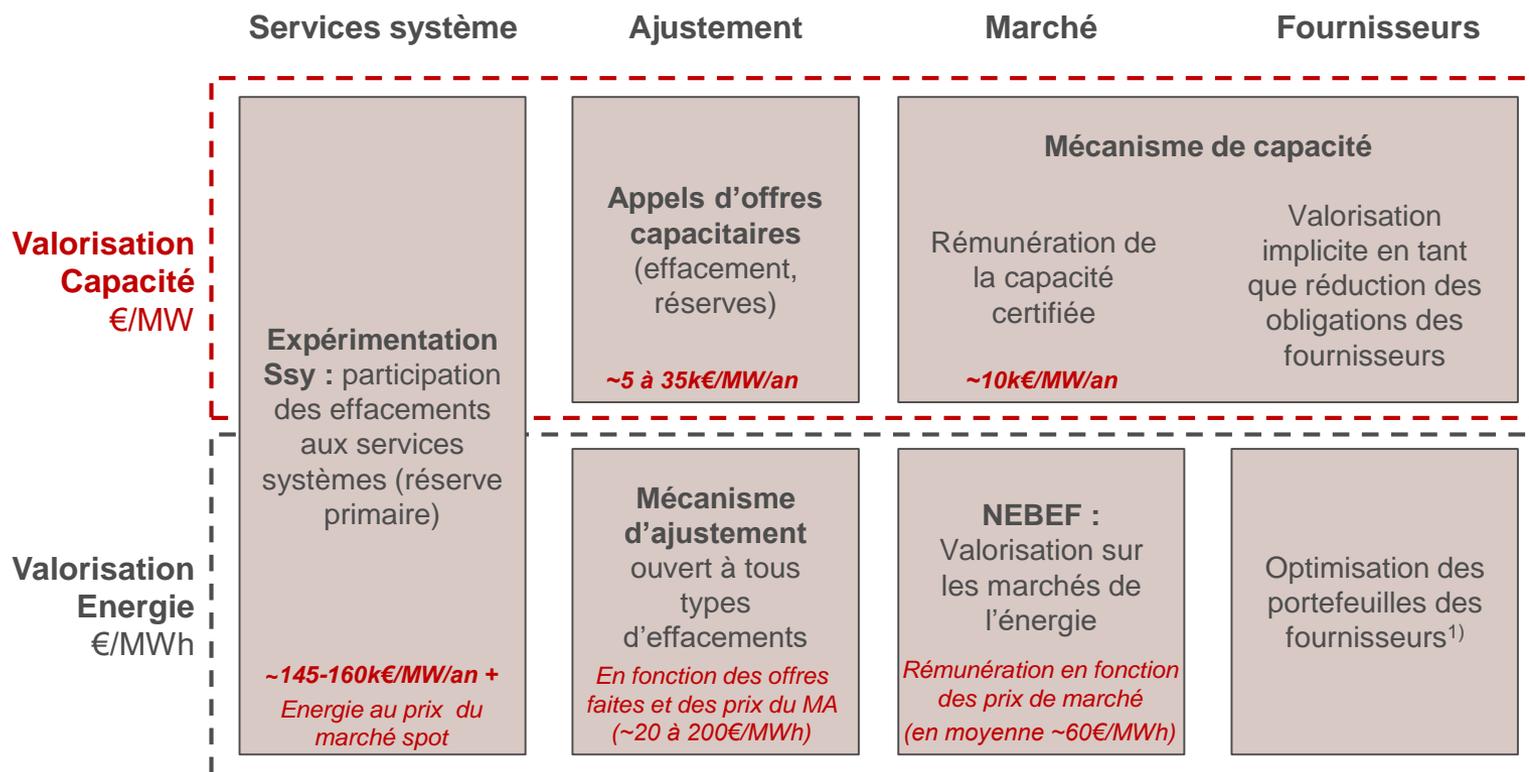
# Le gestionnaire du réseau de transport gère aujourd'hui plusieurs mécanismes de réserves permettant notamment de contractualiser des capacités d'effacement

Moyens à disposition de RTE	Puissance totale concernée	Sens	Délai d'action	Acteurs concernés	Participation	Niveau de rémunération 4)		
						Capacité	Energie	
<b>1</b> Réserve primaire (automatique)	~ 700 MW	↑↓	< 30 s	L'ensemble des <u>producteurs</u> français <sup>1)</sup> et <u>consommateurs</u>	Historiquement obligatoire Passage à un système de marché en 2017 (pour la réserve primaire)	Historiquement fixée par RTE (~145 €/kW/an)	Energie effacée au prix spot EPEX	
<b>2</b> Réserve secondaire (automatique)	500 ~ 1000 MW	↑↓	< 15 min	L'ensemble des <u>producteurs</u> français <sup>2)</sup>		Passage à un système de marché en 2017 (pour la réserve primaire)	Passage à un système de marché en 2017 (pour la réserve primaire)	
<b>3</b> Réserve tertiaire (manuelle)	CONTRATS	R. Rapide 1000MW	↑	<13 min	Producteurs et <u>Consommateurs</u> français	Volontariat pour la participation aux Appel d'offres – disponibilité sur le MA obligatoire pour les capacités retenues <sup>3)</sup>	~5 à 35 €/kW/an	+ revenus éventuels énergie (MA ou NEBEF)
		R. Complémentaire 500 MW	↑	<30 min				
		AO Effacement ~ 750-1400 MW (2017)	↑	< 2 h	<u>Consommateurs</u> français			
Mécanisme d'ajustement (MA)	AUTRES	Variables	↑↓	Variable	Producteurs français	Obligatoire		A l'énergie vendue, au prix de l'offre sur le MA
					<u>Consommateurs</u> Acteurs étrangers GRT anglais	Volontaire		

1) Tous les nouveaux groupes de production de plus de 40 MW et tous les anciens groupes de production de plus de 120 MW connectés au réseau de transport français ont l'obligation de réserver une partie de leur puissance pour la réserve primaire  
 2) Tous les producteurs de la zone France possédant des groupes de production de plus de 120 MW ont l'obligation d'affecter une partie de leur puissance à la réserve secondaire.  
 3) Les acteurs possédant un contrat de réserve rapide ou complémentaire s'engagent à déposer tous les jours la puissance contractualisée sur le mécanisme d'ajustement. Contraintes R. Rapides = min 50 MW activables 2 fois par jour pdt 1h. Contraintes R. complémentaires = min 25 MW activables 1 fois par jour pdt 6h.  
 4) Sur la base des niveaux de rémunération récents et publiés par RTE (pour 2015-2016)

Source: CRE, RTE

# Les mécanismes de valorisation des effacements en France valorisent à la fois la capacité disponible (€/MW) et l'énergie effectivement effacée (€/MWh)



1) En contractualisant des capacités d'effacement avec leurs clients afin d'optimiser la demande sur leur périmètre d'équilibre

De nombreuses évolutions réglementaires favorables au développement de capacités d'effacement ont été mises en œuvre progressivement ces dernières années

*DATES CLES LIEES AU DEVELOPPEMENT DES CAPACITES D'EFFACEMENT EN FRANCE*

