



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

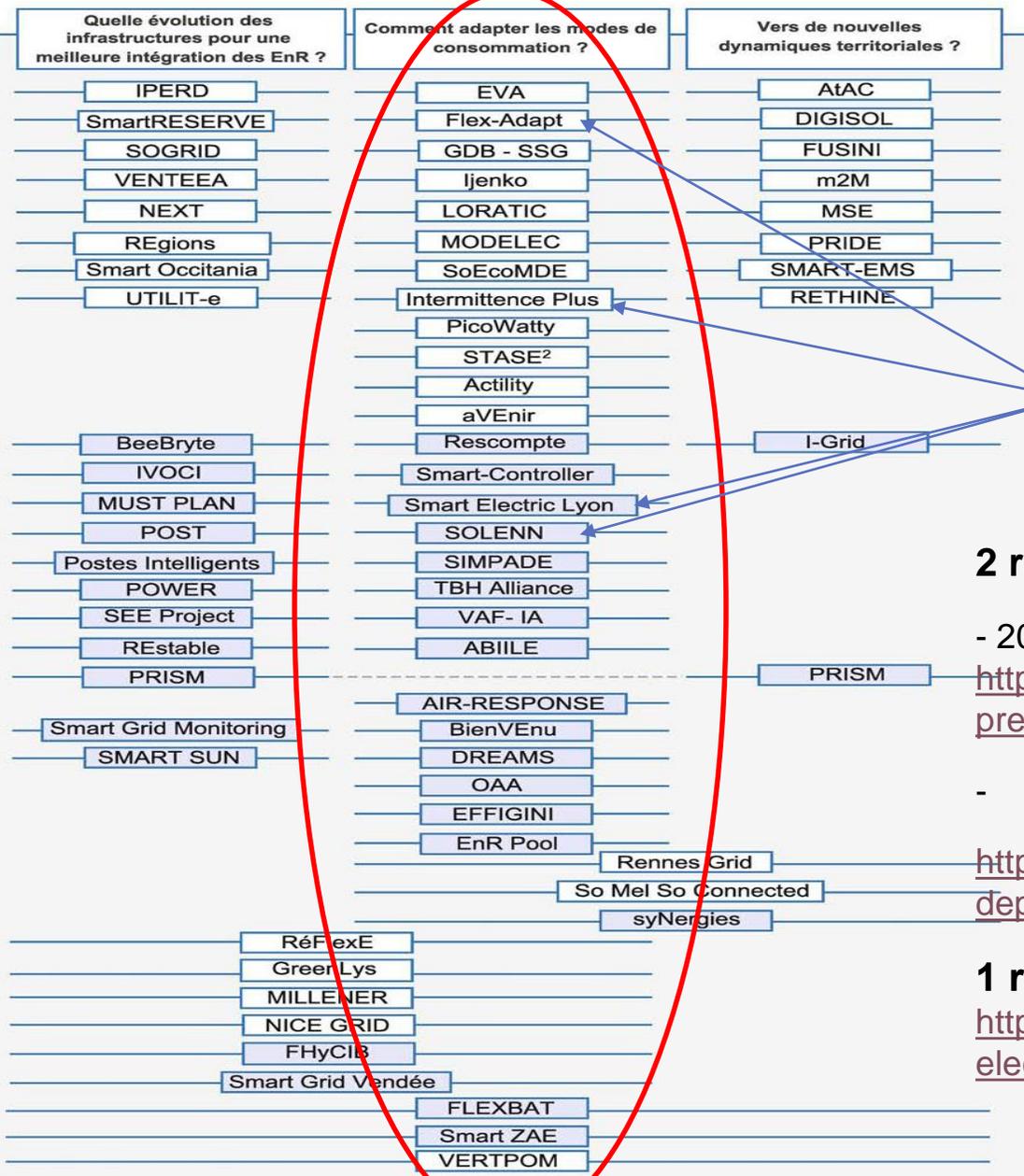
*Liberté
Égalité
Fraternité*



La flexibilité de la demande diffus et tertiaire

Enseignements des projets lauréats des Investissements d'Avenir

Les projets Investissements d'Avenir soutenus depuis 2015



Près de **30 projets** de pilotage de la charge & adaptation des modes de consommation

Focus sur ces projets

2 rapports ADEME sur les projets lauréats et les enseignements :

- 2012 à 2015 :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/systemes-electriques-intelligents-premiers-resultats-demonstrateurs-010039-rapport.pdf>

- 2015 à 2019 :

<https://www.ademe.fr/systemes-electriques-intelligents-soutien-lademe-a-linnovation-depuis-2010>

1 rapport sur les effacements en tertiaire et dans l'industrie :

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/effacement-consommation-electrique-france_2017-rapport.pdf

Les principaux enseignements du pilotage de la demande dans le diffus

1. Maîtrise de la demande ou Maîtrise de l'énergie? :

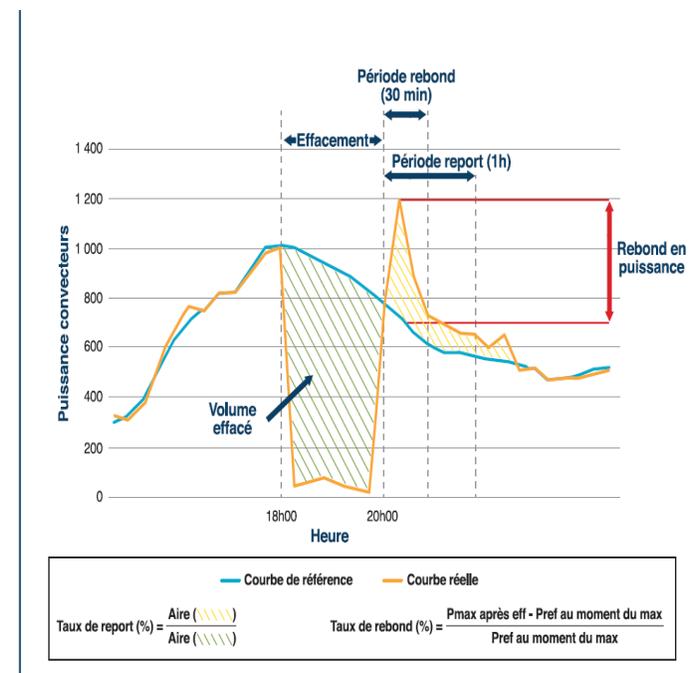
2 injonctions à *priori* contradictoires : plus on minimise ses besoins, moins le gisement de flexibilités est conséquent

Néanmoins, les outils de pilotage qui optimisent les consommations ou répondent à une sollicitation tierce peuvent être identiques. Une isolation renforcée amenuise les besoins de pointe et la saisonnalité de la demande. Enfin, les décalages de consommation sont indépendants des gisements d'économie d'énergie.

→ 2 approches plus complémentaires que contradictoires

Enseignements projets IA :

- Des économies d'énergies chiffrées entre 1 à 10% sur les usages thermiques
- Pour les activations de limitation de puissance sur pointe hivernale : reports entre 40 et 80% des usages effacés



Comportement usager soumis à effacement

Les principaux enseignements du pilotage de la demande dans le diffus

2. Qu'est-ce qui favorise l'acceptabilité?

○ Résidentiel :

Accompagner les demandes de pilotage externe par des services de lecture détaillée et facilitée des consommations : affichage déporté, usage par usage et non courbe globale – pas de temps fin

Meilleure acceptabilité si l'activation n'est pas automatique – difficulté majeure : impose un contrôle de ses consommations et de comprendre les gestes à adopter → nécessite un accompagnement coûteux de l'utilisateur - **amenuise le gisement**

→ **solution** : laisser la possibilité à l'utilisateur de reprendre le contrôle de ses consommations : désactivation de l'application OU calendrier fournisseur

○ Tertiaire :

Une fois les actions de MDE les plus significatives mises en place, les clients deviennent réceptifs à celles visant à optimiser leur courbe de charge via du pilotage à distance

→ les acteurs tertiaires préféreront associer Maîtrise de la Demande à Economies d'Énergie – **il faudrait que l'offre de l'agrégateur soit intégrée à l'offre d'exploitant**

Et sur l'inconfort thermique? :

résidentiel : pas d'inconfort ressenti pour des interruptions de 10mn renouvelées toutes les 30mn

tertiaire : très différent d'un bâtiment à l'autre, effacements de 1h acceptables



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

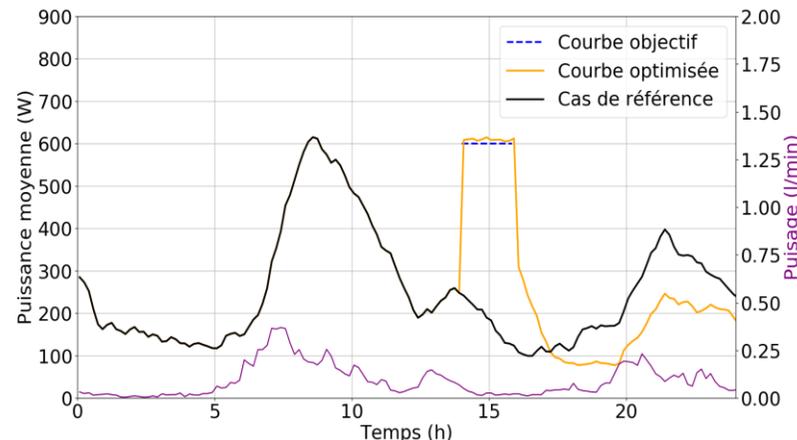
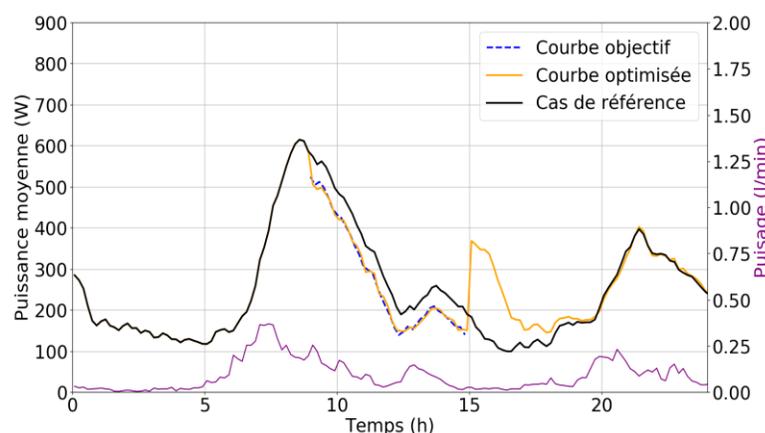


La flexibilité de la demande

Focus sur certains projets

Fleximax – Pilotage Chauffe eau

- Sur un parc de Chauffes Eau qui passerait à 60% CET et 40% CE classique et qui appellerait 1,4GW en talon de consommation (HC/HP), la flexibilité permettrait :
 - **à la hausse (surstockage) : 5 GW** de puissance activable (sélection des CE en fonction de leur état thermique) (entre 14h et 16h00)
 - **à la baisse : 677MW d'effacement en continu** (entre 8 et 15h)



temps d'activation totaux de l'ordre de quelques minutes par TCFM+ (technologie ENEDIS)

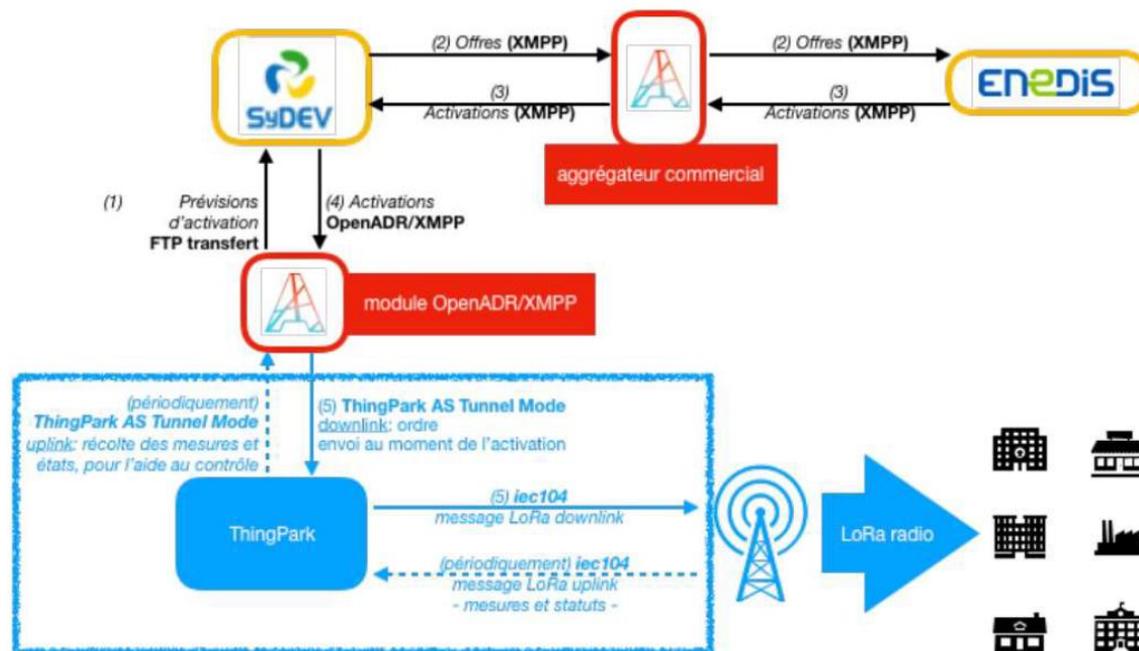
- La granularité permise par le gestionnaire de modulation développé dans le projet autorise un pilotage fin du parc de CE pour réaliser différents produits de flexibilité (énergie, capacité, fréquence), tout en contrôlant les effets de bord (rebond).
- **le surstockage apparaît pertinent pour participer au réglage primaire de la fréquence tout au long de l'année**
 - les pertes sont seulement supérieures en moyenne de 2% dans la plupart des profils de consommation (ECS utilisée sur 24h glissants, T°C max de 85°C)

Smart Grid Vendée : activations pilotage de la demande en J-1 – bâtiments publics

- Le réseau de communication **LoRa** longue portée (15km) est **un bon candidat dans le pilotage de la demande** : bidirectionnel, bonne couverture territoriale, peu de puissance et peu de consommations des données (20mW).
- Souplesse du dispositif : pose de contacts relais pour piloter ECS et chauffages depuis les tableaux électriques OU Smarts Plugs reliés au réseau LoRa
- Tests : 750kW effacés pendant 30 mn sur 107 sites agrégés sur un pool de 354 sites appartenant à la collectivité

→ prendre une marge x3 à x5 sur le nb de sites disponibles

- Contrôle de la disponibilité de la ressource (toutes les mn dans le projet)
→ peut être assez coûteux si fait sur chaque process et non justifié économiquement : coût estimé pour un point de mesure entre 1 et 10€/an
- Application trouvée du produit : effacement dans le tertiaire de commerce (groupes froids de plus 300 sites d'une grande enseigne) : **fourniture de la réserve primaire**



Smart Electric Lyon : action sur le chauffage résidentiel et tertiaire

- Résidentiel : volume effacé plus conséquent par coupure franche qu'un abaissement de température et inconfort similaire
- la gestion ON/OFF suffirait – avantage : elle est facile à mettre en œuvre
- La préchauffe minimise le rebond mais dépend beaucoup de l'inertie du bâtiment
- **Enseignement : rencontre d'un cas critique en tertiaire** : bâtiment orienté Nord / Sud : système avec chauffage PAC et gestion centralisée : le report de consommation des effacements des bureaux Nord compense complètement les effacements des bureaux Sud et **annulerait les économies d'énergie**. Les effets rebonds atteignent également de très fortes proportions.
- la gestion du chauffage dans les grands bâtiments tertiaires avec CTA est ainsi complexe. Le ON/OFF ne suffit pas – la modélisation s'impose

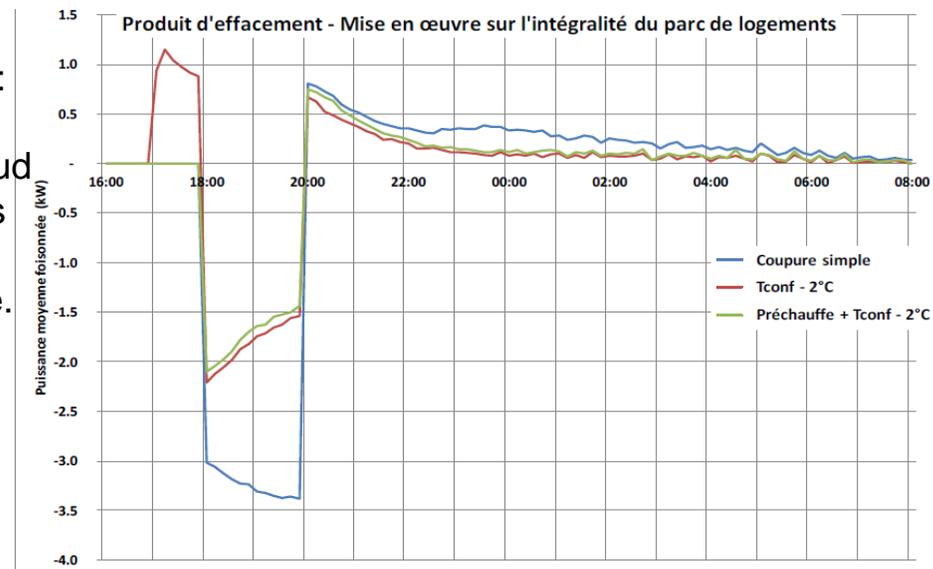


Figure 7 : Produits d'effacement sur le parc de logements du Grand Lyon

Cas extrême dans le résidentiel :

Type d'effacement de chauffage en résidentiel	Simulation Coupure franche : 2h en continu 18h à 20h00 jours ouvrés de Nov à Mars (133h)	Simulation choix des 133 h les plus lucratives
Efficacité de l'effacement (%)	13,4	12,3
Puissance de rebond / Puissance moyenne jour	x 2,57	x 5,05
Conso économisée à l'année (Wh/m2)	598	582
Consommation effacée (Wh/m2)	4483	4733,2

→ Selon le modèle utilisé, lorsque les flexibilités sont placées sur les signaux prix et non des grilles tarifaires prédéfinies, elles pourraient engendrer légèrement moins d'économies d'énergie. La différence est très peu sensible. C'est la puissance de rebond qui en revanche apparaît plus conséquente, **elle peut néanmoins être facilement maîtrisée efficacement par des effets cycliques**

SOLENN – MDE et écrêttements chez le particulier

- Les ménages les moins coupés (respect de la consigne de puissance) sont ceux qui ont suivi une visite individuelle et bénéficient de comptages détaillés

→ l'accompagnement des usagers est essentiel

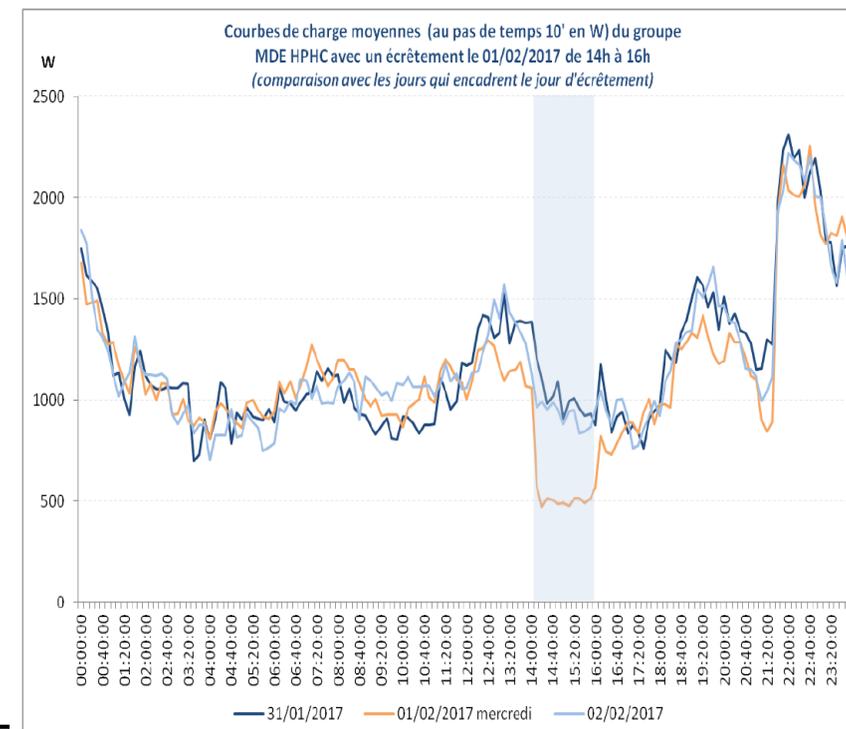
Tableau 13 : Répartition des clients écrêtés selon les groupes

Groupe	Fréquence	Pourcentage d'écrêtés	Regroupement
CM1 (Animation Collective Base)	33	17 %	49
IAM1 (Visite individuelle Base)	16	8 %	
CM2 (Animation Collective HP/HC)	19	10 %	31
IAM2 (Visite individuelle HP/HC)	12	6 %	
IDM2 (Delta Dore HP/HC)	6	3 %	15
IVM2 (Vity HP/HC)	9	5 %	
IVM1 (Vity Base)	13	7 %	13
EM1 (Témoin Base)	61	32 %	61
EM2 (Témoin HP/HC)	24	12 %	24

- Report des consommations :** 40 à 70% de l'énergie de chauffage est reportée dans les premières heures qui suivent l'écrêtement

- L'écrêtement n'a un effet sur la consommation que s'il est activé sur 60% de la puissance souscrite

→ La sensibilité de l'écrêtement à la puissance souscrite est faible



Flex adapt : effacements grands tertiaires en J-1 sur marché EPEX Spot

- Modéliser le comportement du bâtiment et permettre de respecter le confort usager en mettant en place des modèles d'apprentissages de la réponse thermique du bâtiment par instrumentation : → **satisfaisant mais coûteux : besoin d'avoir des modèles préétablis pour choix judicieux de capteurs à poser**
- **Difficulté de gérer des CTA** : les consignes de coupures franches ne sont pas toujours exécutées car les régulations des CTA et du groupe sont de type PID, ce qui signifie qu'elles régulent également la dérivée de leur variable. De plus, elles disposent de seuils d'hystérésis.
 - choix fait **d'optimiser la température de consigne** en intégrant la courbe des prix :
 - « Le résultat à optimiser est la fonction de cout énergétique calculée de la manière suivante : puissance consommée x cout de l'énergie intégré au pas 10mn sur 24h
Contrainte du modèle : température ambiante +/- 1°C par rapport à une valeur de référence »

Résultats : gain économique inférieur aux attentes initiales sur la partie de l'optimisation relevant du signal tarifaire (~5-10%). Néanmoins l'optimisation globale très intéressante (de l'ordre de ~25-30% d'économies de facture grâce à une gestion plus fine du bâtiment)

→ **la maîtrise de la demande permet d'embarquer la maîtrise de l'énergie**

Chiffres avancés par RTE de la flexibilité chez le particulier dans les trajectoires 2050

	Gisement accessible en 2050	% ménages (parmi les ménages équipés)	Durée d'activation	Équipement nécessaire	Coût d'équipement
Véhicules électriques	~ 16 GW	80%	Modélisée finement sur la base des périodes de connexion et les besoins de mobilité des utilisateurs	Compteur communicant pour pilotage simple des recharges (HP/HC), application smartphone pour pilotage proche du temps réel + convertisseur courant alternatif/continu pour le V2G	Infrastructure SI pilotage temps réel : ~10€/an/véhicule (pour la collectivité) Convertisseur : ~ 20 €/an/véhicule*
Chauffage	~ 3 GW	50%	Deux activations non consécutives d'une heure sur une journée	Compteur communicant + déplacement d'un technicien, boîtier dédié pour pilotage proche temps réel	Intervention technicien : ~ 15 €/foyer/an** Boîtier : ~ 75€/foyer/an***
Climatisation	~ 0,5 GW	45%	Deux activations non consécutives d'une heure sur une journée	Compteur communicant + déplacement d'un technicien, boîtier dédié pour pilotage proche temps réel	Intervention technicien : ~ 15 €/foyer/an** Boîtier : ~ 75€/foyer/an***
Eau chaude sanitaire	~ 3 GW	90%	Possibilité de reporter la consommation de 10 heures	Possibilités de pilotage tarifaire intégrées par défaut à l'installation du compteur Linky	-
Usages blancs	~ 0,5 GW	35%	Possibilité de reporter la consommation de 10 heures	Boîtier dédié (écran d'information)	Boîtier : ~ 75€/foyer/an***
Cuisson	~ 1 GW	20%	Deux activations de 30 minutes sur une journée	Boîtier dédié (écran d'information)	« Boîtier » : ~ 75 €/foyer/an***

* CAPEX 200€/véhicule. Durée de vie : 15 ans.

** CAPEX 100€/foyer. Durée de vie : 10 ans.

*** CAPEX 300 €/foyer + OPEX 30 €/foyer/an. Durée de vie : 10 ans.

Remarques ADEME

- Faire apparaître le surstockage de froid ou de chaud
- Le boîtier *LINKY* permet de piloter 7 usages (en s'appuyant sur le bornier TIC). Néanmoins, ce pilotage est assez robuste (on/off), et ne pourra pas satisfaire à l'ensemble des équilibres attendus sur le réseau (réserves dites rapides et complémentaires). Un pilotage plus fin par boîtier sera alors nécessaire.



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

[https://www.ademe.fr/systemes-electriques-intelligents-
soutien-lademe-a-linnovation-depuis-2010](https://www.ademe.fr/systemes-electriques-intelligents-soutien-lademe-a-linnovation-depuis-2010)

