

• ENSEMBLE
ignes
DONNONS VIE
AU BÂTIMENT



■ BÉNÉFICES CHIFFRÉS
**D'UN SYSTÈME DE
PILOTAGE CONNECTÉ**
EN MAISON INDIVIDUELLE

Issus des résultats de l'étude CSTB / IGNES

PRÉFACE

Face à l'urgence climatique et la nécessité de décarboner notre société, la **réduction des consommations énergétiques du logement constitue un axe prioritaire**. Ce combat doit être porté à la lumière de données scientifiques permettant tant d'objectiver l'enjeu que l'efficacité des réponses apportées.

L'étude réalisée par le CSTB pour IGNES apporte ici une contribution précieuse en évaluant le **pilotage global des équipements** du logement sous l'angle des consommations énergétiques, du confort thermique, et de l'impact carbone.

Les résultats montrent l'intérêt du pilotage pour baisser ses consommations énergétiques et confirment en particulier **l'intérêt de la gestion pièce par pièce du chauffage** et les orientations réglementaires traduites dans le décret « thermostat » dont l'entrée en vigueur intervient au 1er janvier 2027.

Un autre enseignement de cette étude est l'apport du pilotage en matière de **confort d'été**, avec une **réduction non négligeable de l'intensité des inconforts en été** grâce à la gestion automatique des protections solaires.

Ces résultats apportent **un éclairage nouveau et utile, étayé scientifiquement**, pour orienter les acteurs, publics comme privés, dans l'objectif poursuivi collectivement de diminution de l'empreinte carbone du bâtiment. Le pilotage vient compléter – sans les opposer – les outils de la rénovation énergétique pour améliorer la performance des logements.

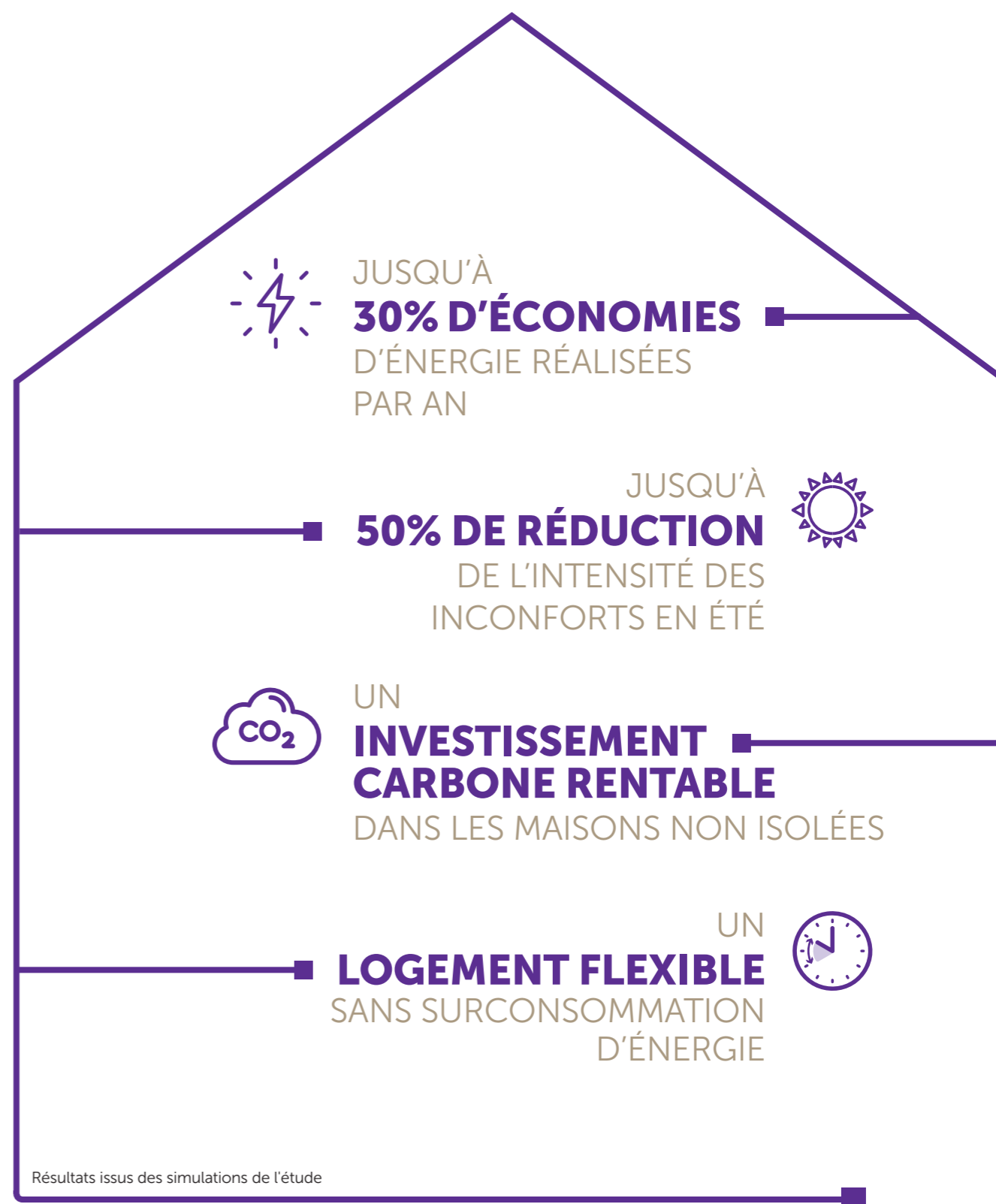
Le corollaire de ce pilotage transversal des équipements est la nécessaire facilitation de l'intégration des dispositifs dans l'habitat. Cela passe par le développement d'expériences utilisateurs qui facilitent leur bonne appréhension par les professionnels installateurs comme par les particuliers de manière à les massifier. Leur déploiement supposera toutefois inévitablement **une montée en compétences des installateurs et professionnels du bâtiment sur ces sujets parfois complexes, et le cas échéant des occupants**, pour les accompagner dans la maîtrise de ces nouveaux outils, en permettre l'appropriation et offrir les gains attendus.

Cela passe enfin par le développement de l'interopérabilité des systèmes de pilotage, ainsi qu'une vigilance particulière sur les enjeux de cybersécurité voire de souveraineté, conditions indispensables pour préserver la confiance des usagers.

Simon Huffeteau
Coordinateur interministériel
du plan de rénovation énergétique des bâtiments
DGALN / DGE

Glossaire	6
Introduction	7
Méthodologie et périmètre de l'étude	8
Scenarii de pilotage	9
L'impact d'un système de pilotage connecté sur les consommations d'énergie	10
<ul style="list-style-type: none"> • Un gain énergétique dans les maisons anciennes ou récentes • Un gain énergétique dans toutes les régions • Un gain énergétique sur le chauffage et l'ECS • Un gain énergétique quel que soit le mode de vie 	
L'impact d'un système de pilotage connecté sur le confort	14
<ul style="list-style-type: none"> • Plus de confort en été 	
L'impact d'un système de pilotage connecté sur les émissions de gaz à effet de serre	16
<ul style="list-style-type: none"> • Un investissement carbone rentable dans les maisons non isolées 	
L'efficacité d'un système de pilotage connecté pour décaler les consommations	20
<ul style="list-style-type: none"> • Un gain en flexibilité sans surconsommation d'énergie 	
Conclusion	22

L'EFFICACITÉ D'UN SYSTÈME DE PILOTAGE CONNECTÉ DANS UNE MAISON INDIVIDUELLE



ACV :	Analyse du cycle de vie
CE :	Chauffe-eau
CET :	Chauffe-eau thermodynamique
CO₂eq :	Équivalent CO ₂
DH :	Degré-heure
ECS :	Eau chaude sanitaire
EJ :	Effet joule
GES :	Gaz à effet de serre
GW :	Gigawatt
H1 / H2 / H3 :	Zones climatiques définies par la RE2020
HC / HP :	Heures creuses / heures pleines
kWhEP :	Kilowatt-heure d'énergie primaire
NEBCO :	Notification d'échanges de blocs de consommation
PAC :	Pompe à chaleur
PEP :	Profil Environnemental Produit
PNACC :	Plan national d'adaptation au changement climatique
RE :	Réglementation environnementale

En 2014, une étude¹ menée par Carbone 4 et le CSTB avait permis de mettre en lumière les gains énergétiques significatifs rendus possibles par l'installation de solutions de pilotage dans un logement. Un résultat avait alors émergé, largement relayé depuis : **un thermostat programmable permet de réaliser jusqu'à 15% d'économie d'énergie sur le chauffage seul.**

Huit ans plus tard, le premier Plan de sobriété énergétique national fut dévoilé, visant à réduire collectivement la consommation d'énergie et à limiter le rejet de CO₂ sans réduire le confort de vie.

La réglementation² commença à s'orienter progressivement vers une gestion de la consommation d'énergie pièce par pièce pour inciter au « consommer moins » et préparer le nécessaire « consommer mieux » grâce à la flexibilité électrique.

Il apparut nécessaire d'actualiser ce chiffre de « 15% » pour tenir compte des progrès technologiques autour des solutions connectées et du pilotage global.

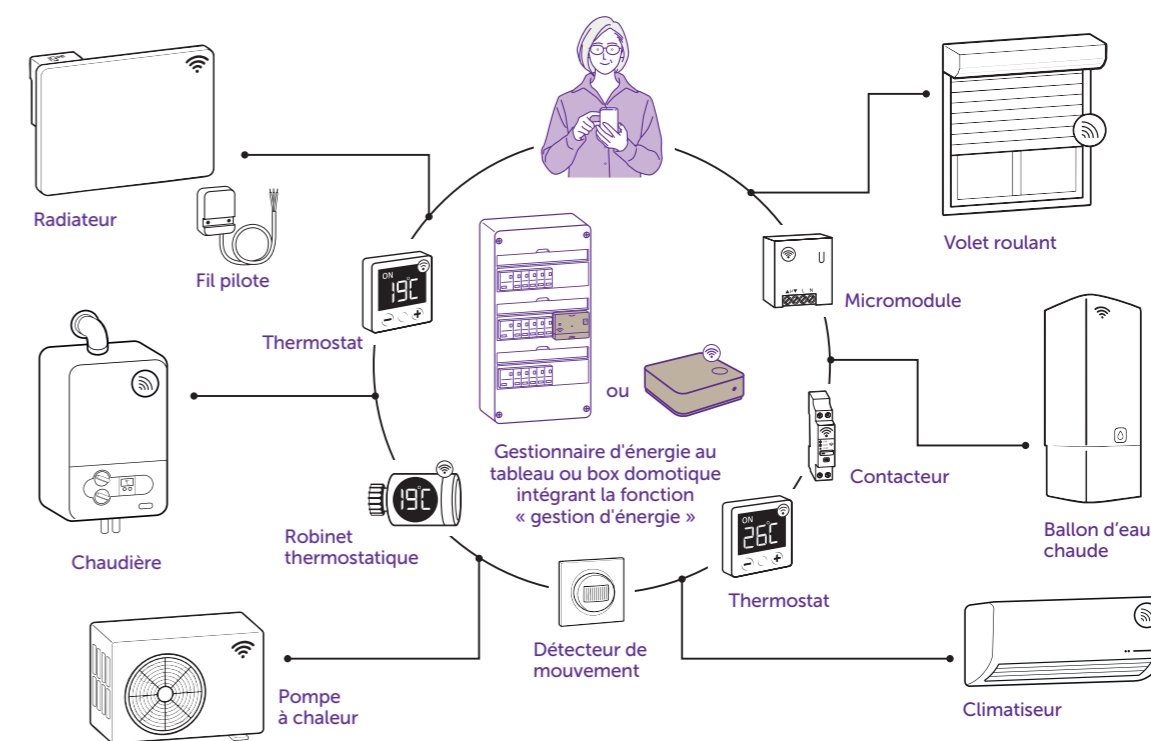
C'est dans ce contexte que fut lancée la présente étude « *Évaluation multicritère des solutions de pilotage connecté pour la maison individuelle* », menée par le CSTB pour IGNES avec plusieurs objectifs :

- Objectiver les **gains énergétiques**
- Mesurer l'impact sur le **confort thermique**
- Évaluer l'impact sur les **émissions de GES** ou encore la **flexibilité du logement**

Ce document vise à restituer les principaux résultats de cette étude.

LE SYSTÈME DE PILOTAGE CONNECTÉ ÉTUDIÉ

Cette étude multicritère porte sur l'évaluation d'un système global de pilotage reposant sur un gestionnaire d'énergie ou une box domotique relié à des équipements connectés (de façon intégrée ou déportée).



NB : D'autres usages pilotables comme la recharge de véhicule électrique ou la production locale d'énergie peuvent être intégrés dans un système global de pilotage. Ils ont été pris en compte dans l'étude « flexibilité ».

¹ Étude Carbone 4 / CSTB, *Les solutions d'efficacité active et complémentarité des solutions actives-passives d'efficacité énergétique*, 2014

² Décret du 7 juin 2023 introduisant l'obligation pour tous les bâtiments résidentiels et tertiaires de s'équiper de thermostats programmables à partir du 1^{er} janvier 2027

MÉTHODOLOGIE

PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE

PLUS DE 1 500 SIMULATIONS NUMÉRIQUES ont été effectuées dans le but d'évaluer les bénéfices d'un système de pilotage connecté dans une maison individuelle.

Cette évaluation vise plus précisément à déterminer l'impact annuel d'un système global de pilotage sur :

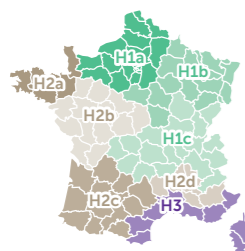


MÉTHODOLOGIE

Les simulations ont porté sur l'étude d'une maison de plain-pied avec 4 pièces principales, d'une surface habitable de 100 m².

Ce logement a été simulé dans différentes configurations :

8 zones climatiques²



4 systèmes de chauffage

- Convecteurs électriques effet joule (EJ)
- Chaudière gaz avec radiateurs à eau chaude
- PAC air/eau avec radiateurs à eau chaude
- PAC air/air réversible pour la climatisation (en zone H3)

2 systèmes de production d'eau chaude sanitaire (ECS)

- Chauffe-eau électrique (CE)
- Chauffe-eau thermodynamique (CET)

8 périodes de construction

caractéristiques de différents niveaux d'isolation des parois

avant 1948	1990-2000
1949-1974	2001-2005
1975-1981	2006-2012
1982-1989	après 2012

2 types de ménages



3 scénarii d'occupation pour chaque type de ménage

- Semaines classiques
- Semaines avec télétravail
- Semaines classiques avec davantage de vacances
- Semaines classiques
- Semaines avec absences
- Semaines avec les petits-enfants

SCENARII DE PILOTAGE

3 SCENARII ONT ÉTÉ DÉFINIS afin de comparer une maison intégrant un système global de pilotage (scénario « Pilotage connecté ») à une maison sans pilotage connecté dans deux situations différentes (scénarii « Base » et « Base + »).

Le pilotage porte sur les équipements de chauffage / climatisation, la production d'ECS et les volets roulants avec des niveaux de précision, d'automatisme et d'intelligence différents.

	SCENARII		
	« Base »	« Base + »	« Pilotage connecté »
Chauffage	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de thermostat programmable : chauffage allumé en permanence à 19°C • Pas de régulation du chauffage au niveau des émetteurs (ou seulement on/off) ou régulation centrale (variation temporelle de 1,8°C ou 2°C) • Toutes les pièces du logement sont à la même température de consigne : 19°C ou 16°C • Le chauffage est réglé à 16°C durant la semaine de vacances en hiver 	<ul style="list-style-type: none"> • Le thermostat programmable permet d'abaisser la température à 16°C en cas d'absence • Régulation au niveau des émetteurs, plutôt ancienne (ex : robinet thermostatique avec variation temporelle de 1°C ou 1,2°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le thermostat programmable avec détection de présence permet de régler le chauffage pièce par pièce • Régulation au niveau des émetteurs : <ul style="list-style-type: none"> - Radiateurs électriques : 0,2°C - Autres émetteurs : 0,4°C • Les consignes de température sont : <ul style="list-style-type: none"> En cas de présence : <ul style="list-style-type: none"> - Salon / cuisine : 20°C - Chambres : 19°C – réduit de nuit à 17°C En cas d'absence : <ul style="list-style-type: none"> - Salon / cuisine : 17°C - Chambres : 16°C Hors-gel / vacances : 12°C • La fonction d'auto-apprentissage permet une programmation automatique pièce par pièce selon les habitudes de vie
ECS	<ul style="list-style-type: none"> • Le ballon d'eau chaude est à 65°C • Le ballon remonte en température la nuit (de 23h à 5h) et fonctionne toute l'année (y compris pendant les vacances) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le ballon d'eau chaude est à 60°C 	<ul style="list-style-type: none"> • Le ballon d'eau chaude est à 55°C • Le ballon remonte en température la nuit (de 23h à 5h) • Le ballon s'arrête pendant les vacances et peut être relancé à distance
Volets roulants	<ul style="list-style-type: none"> • Les volets roulants sont gérés manuellement 		<ul style="list-style-type: none"> • Les volets roulants sont gérés automatiquement
Climatisation	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de thermostat programmable : climatisation allumée en permanence à 26°C • Régulation au niveau des émetteurs (variation temporelle de -1,8°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le thermostat programmable permet de monter la température à 30°C en cas d'absence • Régulation au niveau des émetteurs (variation temporelle de -1°C) 	<ul style="list-style-type: none"> • Le thermostat programmable avec détection de présence permet de régler la climatisation pièce par pièce • Les consignes de température sont : <ul style="list-style-type: none"> En cas de présence : 26°C En cas d'absence : 30°C Vacances : éteint • La fonction d'auto-apprentissage permet une programmation automatique pièce par pièce selon les habitudes de vie

NB : Pour les logements récents (après 2012), la comparaison se fera nécessairement par rapport au scénario « Base + ».

¹En kWhEP (énergie primaire)/m².an : chauffage, climatisation, ECS, éclairage, ventilation et auxiliaires
²Telles que définies par la RE2020

UN GAIN ÉNERGÉTIQUE

dans les maisons anciennes ou récentes

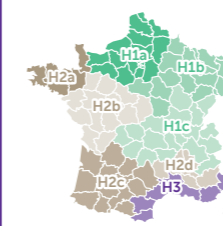
jusqu'à **30%** d'économies d'énergie par an

Un système de pilotage connecté permet de réaliser jusqu'à 30% d'économies d'énergie par an¹.

UN GAIN ÉNERGÉTIQUE

dans toutes les régions

Quel que soit le climat

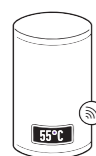


Le système de pilotage connecté est efficace pour réaliser des économies d'énergie. Le gain énergétique est similaire¹ dans toutes les régions².

UN PILOTAGE GLOBAL EFFICACE POUR DIMINUER LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

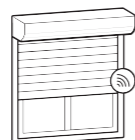
Les différentes fonctionnalités du système global de pilotage permettent simultanément de :

- réguler précisément la température pièce par pièce,
- programmer des heures de chauffe,
- ajuster automatiquement la température grâce au détecteur de présence et les relances à distance,



- gérer la température du ballon d'eau chaude et ses heures de fonctionnement,

- gérer automatiquement l'ouverture des volets roulants pour profiter des apports solaires gratuits en hiver.



Je baisse



J'éteins



Je décale

« Je baisse, j'éteins, je décale » : une mobilisation nationale efficace

En France, les efforts de sobriété ont déjà permis de réduire la consommation énergétique de 12% au cours de la période 2023-2024².

LES RÉSULTATS EN DÉTAIL

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE RÉALISÉES GRÂCE AU PILOTAGE CONNECTÉ

Dans une maison non isolée (< 1974)

- vs scénario « Base » :
 - de 16 à 30,5% d'économies d'énergie soit de 50 à 246 kWhEP/m².an

- vs scénario « Base + » :
 - de 8 à 19% d'économies d'énergie soit de 26 à 128 kWhEP/m².an

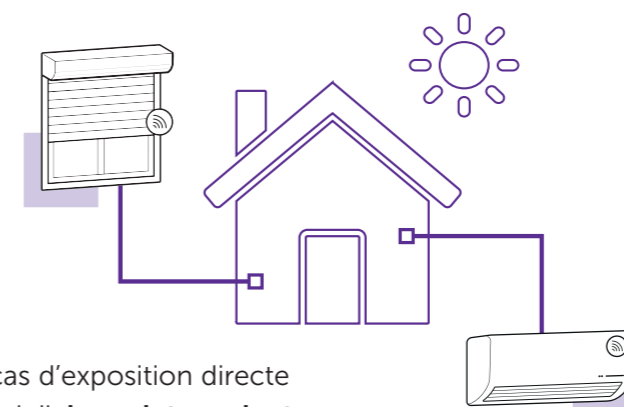
Dans une maison isolée (> 2012)

- vs scénario « Base + » :
 - de 7,5 à 16% d'économies d'énergie soit de 6 à 18 kWhEP/m².an

NB : Le gain énergétique varie selon le niveau d'isolation thermique de la maison, le système de chauffage (convecteur, chaudière, PAC) et le type de ballon d'eau chaude (CE/CET).

L'EFFICACITÉ DU PILOTAGE GLOBAL SUR LES SOLUTIONS DE REFROIDISSEMENT

Dans le cas particulier d'une maison climatisée en zone chaude H3, les économies d'énergie peuvent atteindre 35% grâce au système global de pilotage agissant à la fois sur la climatisation et la gestion automatique des volets roulants.



En cas d'exposition directe au soleil, les volets roulants limitent le risque de surchauffe de la maison.

Le pilotage automatique des volets roulants permet d'optimiser leur efficacité : ils s'ouvrent et se ferment automatiquement pour limiter les apports solaires aux heures les plus chaudes de la journée.

Le pilotage connecté permet d'ajuster automatiquement la température de la climatisation et de programmer les plages horaires d'utilisation selon la présence ou l'absence des occupants.

NB : Le système global de pilotage pourrait intégrer des brasseurs d'air plafonniers pour encore plus d'économies d'énergie.

¹En pourcentage, pour une même maison, avec chauffage et production d'ECS identiques
²Zones climatiques telles que définies par la RE2020

ZOOM SUR LES RÉSULTATS POUR UNE MAISON CLIMATISÉE EN ZONE H3

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE RÉALISÉES GRÂCE AU PILOTAGE CONNECTÉ

Dans une maison non isolée (< 1974)

- vs scénario « Base » :
 - 29% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau électrique
 - 35% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau thermodynamique soit de 91 à 94 kWhEP/m².an

- vs scénario « Base + » :
 - 17% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau électrique
 - 21% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau thermodynamique soit environ 48 kWhEP/m².an

Dans une maison isolée (> 2012)

- vs scénario « Base + » :
 - 19% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau électrique
 - 31% d'économies d'énergie avec un chauffe-eau thermodynamique soit de 6 à 18 kWhEP/m².an

UN GAIN ÉNERGÉTIQUE

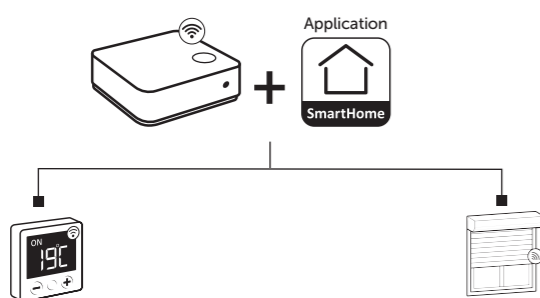
sur le chauffage et l'ECS

Un pilotage global

pour plus d'économies d'énergie sur le poste chauffage.

THERMOSTATS ET VOILETS ROULANTS : UNE COMBINAISON GAGNANTE

Un système global de pilotage permet de réaliser **jusqu'à 38% d'économies d'énergie de chauffage** grâce à :



- une **régulation plus fine** de la température ambiante
- une **commande** de la température **pièce par pièce**
- une **baisse programmée** de la température dans les chambres la nuit
- une **gestion automatisée** des volets roulants



L'installation d'un thermostat programmable permet d'atteindre **jusqu'à 15% d'économie d'énergie de chauffage**¹.

DES GAINS SUR LES CONSOMMATIONS DE PRODUCTION D'ECS

Les économies d'énergie sur les consommations d'ECS sont directement liées aux fonctionnalités de pilotage avec la baisse de la température de consigne du ballon et l'arrêt du ballon pendant les absences prolongées.

¹ADEME

ZOOM SUR LES RÉSULTATS DES CONSOMMATIONS DE CHAUFFAGE ET DE PRODUCTION D'ECS

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE RÉALISÉES GRÂCE AU PILOTAGE CONNECTÉ

Sur les consommations de chauffage

- vs scénario « Base » :
 - de **19 à 33%** d'économies d'énergie dans les régions froides / tempérées (H1a/H2)
 - de **25 à 38%** d'économies d'énergie dans les régions chaudes (H3)soit de 6 à 240 kWhEP/m².an

- vs scénario « Base + » :
 - de **9 à 21%** d'économies d'énergie dans les régions froides / tempérées (H1a/H2)
 - de **13 à 22%** d'économies d'énergie dans les régions chaudes (H3)soit de 2 à 124 kWhEP/m².an

Sur les consommations de production d'ECS

- vs scénario « Base » :
 - de **5,7 à 7%** d'économies d'énergie avec un CE
 - de **28 à 31%** d'économies d'énergie avec un CETsoit de 3,6 (avec CE) à 7,2 (avec CET) kWhEP/m².an
- vs scénario « Base + » :
 - de **3,4 à 4%** d'économies d'énergie avec un CE
 - de **16 à 18%** d'économies d'énergie avec un CETsoit de 2 (avec CE) à 3,6 (avec CET) kWhEP/m².an

UN GAIN ÉNERGÉTIQUE

quel que soit le mode de vie

Quelle que soit la fréquence d'occupation du logement

Le système de pilotage connecté réduit les consommations d'énergie. Le gain énergétique est même **relativement équivalent pour une famille avec enfants ou un couple de retraités**.

LE PILOTAGE PIÈCE PAR PIÈCE ADAPTE LE FONCTIONNEMENT DES ÉQUIPEMENTS AU RYTHME DE VIE DE LA MAISON

Les gains apportés par le système global de pilotage concernent principalement le chauffage, premier poste de dépense énergétique des ménages. Avec un pilotage de la température pièce par pièce, **seules les pièces occupées sont chauffées, et la consommation d'énergie globale du logement est réduite**. On constate alors des gains similaires entre :



Une famille avec enfants, absente les jours de semaine ou en télétravail 2 jours par semaine.



Un couple de retraités, plus souvent présent, mais qui occupe moins de pièces (les pièces inoccupées étant régulées à une température plus basse grâce au pilotage connecté du chauffage).

POUR UNE FAMILLE OU UN COUPLE DE RETRAITÉS QUI S'ABSENTE PLUS SOUVENT DANS L'ANNÉE

les économies sont légèrement plus élevées. **Plus il y a d'absences, plus il y a d'opportunités de faire des économies de chauffage, avec le pilotage connecté pièce par pièce.**

ZOOM SUR LES RÉSULTATS POUR UNE MAISON EN ZONE H1A, TOUT SYSTÈME DE CHAUFFAGE, BALLON D'EAU CHAUDE ÉLECTRIQUE, HORS CLIMATISATION

ÉCONOMIES D'ÉNERGIE RÉALISÉES GRÂCE AU PILOTAGE CONNECTÉ

Dans une maison non isolée (< 1974)

- vs scénario « Base » :
 - pour une famille de 4 pers.
 - de **19 à 25%** d'économies d'énergiesoit de 81 à 253 kWhEP/m².an
 - pour un couple de retraités
 - de **21 à 26%** d'économies d'énergiesoit de 87 à 261 kWhEP/m².an

- vs scénario « Base + » :
 - pour une famille de 4 pers.
 - de **11 à 15%** d'économies d'énergiesoit de 44 à 137 kWhEP/m².an
 - pour un couple de retraités
 - de **16 à 20%** d'économies d'énergiesoit de 61 à 185 kWhEP/m².an

Dans une maison isolée (> 2012)

- vs scénario « Base + » :
 - pour une famille de 4 pers.
 - de **8 à 11%** d'économies d'énergiesoit de 9 à 17 kWhEP/m².an
 - pour un couple de retraités
 - de **10 à 16%** d'économies d'énergiesoit de 11 à 22 kWhEP/m².an

L'IMPACT D'UN SYSTÈME DE PILOTAGE CONNECTÉ SUR LE CONFORT

CHAUD EN HIVER, FRAIS EN ÉTÉ : le confort thermique d'un logement est un facteur clé du bien-être de ses occupants, et une notion au cœur de nombreuses préoccupations sanitaires, économiques et environnementales.


Dans le contexte actuel d'accélération du réchauffement climatique, l'adaptation des logements aux fortes chaleurs, de plus en plus fréquentes et intenses, devient même cruciale.

Dans cette étude, une attention particulière a donc été portée à l'évaluation de l'impact du pilotage connecté sur la température du logement, afin de déterminer s'il peut s'agir d'une solution efficace pour réduire la surchauffe des bâtiments et retarder l'utilisation de la climatisation.

MÉTHODOLOGIE

Le confort thermique est évalué en hiver et en été :

 INCONFORT FROID :
température < température de consigne -0,5°C
(consigne à 19°C, 20°C ou 17°C selon les pièces)

 INCONFORT CHAUD :
température > température de consigne +0,5°C
(consigne à 26°C)

Indicateur utilisé : le « DEGRÉ-HEURE D'INCONFORT »

Le DH mesure l'inconfort ressenti par les habitants à l'intérieur d'un bâtiment. Il exprime de manière cumulée la durée et l'intensité des périodes d'inconfort. Plus concrètement, cet indicateur s'apparente à un compteur qui cumule chaque degré inconfortable de chaque heure.

Calcul du DH

= somme des différences de température par rapport à un seuil de confort (19°C en hiver / 26°C en été) cumulées sur une période donnée (en heures).

NB : Les inconforts de faible intensité (< 0,5°C d'écart) n'ont pas été évalués. Les inconforts de courte durée (< 30 min) sont considérés négligeables.

PAR EXEMPLE :

- Si pendant 10 heures, la température intérieure est à 30°C : il y a un dépassement de 4°C par rapport à 26°C soit un indicateur DH de 4°C x 10h = 40 DH
- Si pendant 4 heures, la température intérieure est à 36°C : il y a un dépassement de 10°C par rapport à 26°C soit un indicateur DH de 10°C x 4h = 40 DH



déclarent subir la chaleur dans leur logement en été¹.

D'ici 2030, en France, **21 millions de logements seront exposés à des vagues de chaleur de plus de 20 jours²**, contre 9,4 millions actuellement.



Le confort d'été au cœur du PNACC-3

« Adapter les logements au risque de forte chaleur » est la mesure n°9 du 3^e Plan National d'Adaptation au Changement Climatique, publié le 10 mars 2025.

PLUS DE CONFORT

en été

jusqu'à **50%** de réduction de l'intensité des inconforts en été

Le pilotage connecté des volets roulants permet de **réduire les inconforts chauds** quel que soit le niveau d'isolation de la maison (maison ancienne ou récente).

LE PILOTAGE CONNECTÉ DES PROTECTIONS SOLAIRES OPTIMISE LE CONFORT THERMIQUE DU LOGEMENT EN ÉTÉ

En été, les protections solaires jouent un rôle de « bouclier thermique » : elles permettent de limiter le rayonnement solaire qui pénètre dans le logement et de réduire la montée en température à l'intérieur des pièces.

Avec une gestion automatique des protections solaires (volets roulants) permettant de **programmer leurs ouvertures et fermetures selon le rayonnement solaire**, l'intensité de l'inconfort chaud se trouve alors fortement réduite.



Au-delà des volets roulants, d'autres types de protections solaires (stores, brise-soleil orientables) **sont également très efficaces lorsque qu'elles sont pilotées.**

UN INCONFORT FROID RELATIVEMENT MAÎTRISÉ ET DE COURTE DURÉE

En hiver, le pilotage des protections solaires permet d'optimiser les apports de chaleur et de réduire les besoins de chauffage.

La fonction de détection de présence pièce par pièce du chauffage entraîne toutefois une augmentation de l'inconfort froid le temps que la température remonte, lorsque les occupants entrent dans une pièce précédemment inoccupée. Cet inconfort est néanmoins **majoritairement de courte durée** (< 30 min).

LES RÉSULTATS EN DÉTAIL

BAISSE DE L'INCONFORT CHAUD EN ÉTÉ LORS D'UN ÉPISODE CANICULAIRE

Dans une maison non isolée non climatisée (< 1974)

→ dans une région froide (H1a), l'inconfort chaud est de 448 DH, soit une baisse de :

- 26% vs scénario « Base » (DH = 609) ou scénario « Base + » (DH = 610)

→ dans une région chaude (H3), l'inconfort chaud est de 1 077 DH, soit une baisse de :

- 39% vs scénario « Base » (DH = 1 770)
- 40% vs scénario « Base + » (DH = 1 821)

Dans une maison isolée non climatisée (> 2012)

→ dans une région froide (H1a), l'inconfort chaud est de 674 DH, soit une baisse de :

- 50% vs scénario « Base + » (DH = 1 367)

→ dans une région chaude (H3), l'inconfort chaud est de 3 293 DH, soit une baisse de :

- 49,5% vs scénario « Base + » (DH = 6 525)

NB : Les volets sont considérés fermés à 95% durant la journée en été, sans dérogation manuelle par les occupants.

NB : Les DH de l'étude ne sont pas comparables aux DH de la méthode RE2020 en raison des différences méthodologiques (modélisation pièce par pièce, à un pas de temps fin, par exemple).

¹Sondage IFOP / Actibaie, Les Français, la chaleur et leur logement, juin 2023

²Étude Pouget Consultant IGNES, État des lieux de l'exposition du parc résidentiel français aux fortes chaleurs à horizon 2030 et 2050, mai 2023

L'IMPACT D'UN SYSTÈME DE PILOTAGE CONNECTÉ SUR LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

AU CŒUR DES OBJECTIFS NATIONAUX DE DÉCARBONATION, le secteur du bâtiment est aujourd'hui particulièrement concerné par la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et la recherche de pratiques visant à améliorer la performance environnementale des bâtiments.

La présente étude proposant une évaluation chiffrée des gains énergétiques générés par un système global de pilotage (cf pages 10 à 13), il convient également de se demander quel peut être l'impact de l'ajout de ces équipements connectés sur les émissions carbone d'une maison individuelle.

Les simulations effectuées cherchent ici à mettre en regard **la réduction d'impact carbone permise par la baisse des consommations d'énergie** avec les impacts ajoutés **des composants** nécessaires au dispositif connecté et **l'impact de l'utilisation des services numériques** pour le pilotage.



Le secteur du bâtiment représente **43% des consommations énergétiques annuelles françaises** et il génère **23% des émissions françaises de gaz à effet de serre¹**.

L'analyse du cycle de vie (ACV) d'un produit pour comprendre les émissions de GES

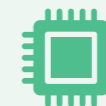


MÉTHODOLOGIE

L'évaluation porte sur **3 catégories de contributions d'émission de gaz à effet de serre**, dans une maison individuelle avec un système de pilotage connecté :



Contribution énergie



Contribution composants



Contribution services numériques

L'impact carbone total est calculé à partir de la mise en place des solutions de pilotage, en comptabilisant les éventuels remplacements d'équipements sur une période de 20 ans.

NB : Cette méthode d'Analyse du Cycle de Vie statique diffère de la méthode ACV dynamique utilisée dans le cadre de la RE2020.

⚡ Contribution énergie

Il s'agit de l'impact carbone des consommations d'énergie en exploitation pour les 5 usages de la RE2020 : chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires.

Comment est-elle calculée ?

Les résultats des simulations de consommations d'énergie (cf pages 10 à 13) sont convertis en impact carbone.

Critères retenus :

- Facteurs d'émission des énergies : identiques à ceux de la RE2020.
- Coefficient de conversion de l'énergie finale en énergie primaire pour l'électricité : 2,3.

🔧 Contribution des composants

Il s'agit de l'impact carbone des équipements nécessaires au pilotage connecté.

Comment est-elle calculée ?

À partir des valeurs d'impact et de durée de vie des équipements déclarés dans les fiches de déclarations environnementales (PEP).

🌐 Contribution des services numériques

Il s'agit de l'impact carbone des smartphones, réseaux, datacenters, etc. utilisés par le pilotage connecté.

Comment est-elle calculée ?

Évaluation simplifiée sur la base de données publiées par l'ADEME-Arcep, iNum2020 et NegaOctet.

LIMITES DES HYPOTHÈSES DE L'ÉTUDE

- L'évaluation repose sur les **impacts moyens** calculés par famille d'équipements.
- L'impact carbone est évalué sur 20 ans et ne tient compte d'aucune modification ou rénovation du bâtiment. Il ne considère pas non plus l'évolution de la technologie des équipements, du facteur d'émission de l'électricité, du coût de l'énergie ou du climat français.
- Le nombre de données environnementales (PEP) disponibles reste limité pour les équipements destinés à la rénovation.

UN INVESTISSEMENT CARBONE RENTABLE

dans les maisons non isolées

jusqu'à

1t de CO₂

économisée par an

Le système global de pilotage représente un investissement carbone. Néanmoins, il génère, à travers les économies d'énergie en phase d'usage, une réduction des émissions carbone. L'investissement est rentable dans les maisons non isolées.

PILOTER LES ÉQUIPEMENTS DE LA MAISON PERMET DE MAÎTRISER SES ÉMISSIONS CARBONE

Plus les consommations sont carbonées (gaz) et importantes (maison non isolée), plus le système de pilotage connecté contribue à réduire les émissions de GES.



Empreinte carbone moyenne des Français : **9,4 tonnes CO₂eq/pers/an¹**

Empreinte carbone du secteur du bâtiment en France : **153 Mt CO₂eq/an²**



Parmi les maisons individuelles, les énergies fossiles restent prépondérantes : **40% des maisons individuelles utilisent le gaz et le fioul³** comme énergie de chauffage.



ZOOM SUR LES RÉSULTATS
POUR UNE MAISON DE 1980 SELON DIFFÉRENTS TYPES DE CHAUFFAGE EN ZONE H1A

GAINS CARBONE RÉALISÉS GRÂCE AU PILOTAGE CONNECTÉ

Émissions de GES sur 20 ans ramenées sur 1 an :

■ Poids carbone de l'énergie consommée en phase d'usage
■ Poids carbone des équipements ajoutés ou remplacés et des services numériques



DANS LES MAISONS RÉCENTES BIEN ISOLÉES

consommant peu et fonctionnant avec des systèmes énergétiques décarbonés, le système de pilotage connecté n'apporte pas de bénéfice carbone direct dans le logement. Cependant, le système global de pilotage est essentiel pour réaliser la flexibilité électrique.

LA CONTRIBUTION DES SERVICES NUMÉRIQUES

est faible (utilisation du smartphone, des serveurs et des réseaux) : moins de 9% du poids carbone des solutions de pilotage connecté installées.



Qu'est-ce qu'un PEP ?

Le **Profil Environnemental Produit** est la carte d'identité environnementale des équipements électriques et électroniques. Le PEP :

- recense des indicateurs environnementaux (dont l'indicateur carbone) calculés sur l'ensemble du cycle de vie du produit, de la fabrication au recyclage en passant par le transport et l'utilisation
- repose sur une démarche de déclaration qualitative et quantitative, et un processus de vérification basés sur des normes ISO relatives à l'analyse de cycle de vie (ISO 14 040, 14 044 et 14 025)
- garantit une information environnementale fiable



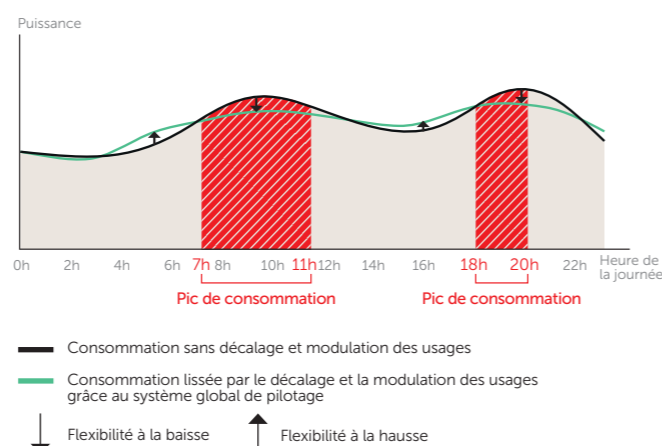
¹SDES (Statistique publique de l'énergie, des transports, du logement et de l'environnement), juillet 2025
²Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires, "Feuille de route décarbonation du cycle de vie du bâtiment", janvier 2023
³Données Ceren 2023

L'EFFICACITÉ D'UN SYSTÈME DE PILOTAGE CONNECTÉ POUR DÉCALER LES CONSOMMATIONS

DANS UN CONTEXTE GLOBAL DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, alors que les usages de consommation d'électricité évoluent et que les moyens de production d'énergies éolienne et photovoltaïque progressent, la flexibilité électrique joue un rôle majeur **pour limiter les pics de consommation et optimiser l'utilisation de l'électricité bas-carbone produite.**

Décaler pour « consommer mieux »

La flexibilité, qui consiste à décaler ou moduler la consommation d'électricité, s'est longtemps traduite par le seul pilotage du ballon d'eau chaude, afin qu'il se déclenche la nuit, en heures creuses. Désormais, d'autres usages du quotidien peuvent aussi être programmés, comme la recharge d'un véhicule électrique ou le chauffage. Il est devenu possible de **différer ou moduler sa consommation électrique, à la baisse comme à la hausse en dehors des heures de pointe (7h-11h / 18h-20h)**, afin de tirer parti de l'électricité disponible tout en contribuant à l'équilibre du système électrique.



La flexibilité du logement repose sur un système de pilotage connecté qui agit à la fois sur le chauffage, la climatisation, la production d'ECS et la borne de recharge. Programmer l'usage des équipements aux moments opportuns permet une **optimisation globale de la consommation énergétique du logement**, tout en tenant compte des besoins des occupants et de leurs préférences de confort.

Un fort potentiel de flexibilité dans les logements d'ici 2030¹ :

- **Plusieurs GW pour le chauffage modulés** selon les heures,
- **3 GW évités** à la pointe de 19h et **7 GW déplacés** pour l'ECS,
- **5 GW différés** pour la recharge des véhicules électriques.

MÉTHODOLOGIE

Plusieurs modèles de flexibilité ont été testés en complément du scénario « **Pilotage connecté** » : des modèles classiques type HC / HP² ou Tempo, au modèle plus dynamique, avec un tarif évoluant chaque heure en fonction des prix de marché de l'électricité.

Dans tous les cas, les solutions de pilotage connecté ont appliqué des ordres définis selon **les besoins du réseau électrique** et ont agi sur tous les **équipements électriques pilotables** :

- radiateurs électriques ou PAC
- ballon d'eau chaude
- recharge du véhicule électrique

¹RTE, Enedis, IGENES, GIMELEC, ThinkSmartGrid, « Baromètre des flexibilités de consommation d'électricité », octobre 2024
²Heures Creuses / Heures Pleines

UN GAIN EN FLEXIBILITÉ

sans surconsommation d'énergie



Grâce au système de pilotage connecté permettant un réel **décalage automatique des consommations électriques**, la maison devient flexible et ne génère pas de surconsommation d'énergie.

DÉCALER PERMET DE « CONSOMMER MIEUX » SANS IMPACTER LE « CONSOMMER MOINS »

Les différents modèles de flexibilités testés n'engendrent pas de surconsommation, car la flexibilité consiste à décaler les usages. Dans le cas particulier du scénario de flexibilité avec des tarifs de l'électricité pénalisants pour le consommateur lors des jours de pointe (type Tempo en période rouge), il y a même une diminution des consommations en raison de l'adaptation à la baisse de la température de consigne du chauffage, ce qui impacte ponctuellement le confort.

LORS DES FLEXIBILITÉS À LA BAISSÉ, LES GAINS CARBONE SUPPLÉMENTAIRES SONT NÉGLIGEABLES OU TRÈS FAIBLES

Dans le cas de flexibilités HC / HP, le report des consommations s'effectue dans l'heure ou les premières heures qui suivent. Or, ces heures ont souvent une intensité carbone de l'électricité similaire. La réduction carbone avec ce modèle est donc limitée.

Dans le cas d'une flexibilité dynamique basée sur les tarifs horaires, l'optimisation tarifaire (ou la sélection des heures les moins chères dans la journée) permet un recours à une électricité décarbonée.

LA FLEXIBILITÉ PERMET DES GAINS ÉCONOMIQUES

Les scénarii de flexibilité engendrent des gains sur la facture grâce au décalage d'une partie des consommations électriques aux heures les moins chères du tarif de l'électricité.

Les gains peuvent être supérieurs grâce à la réduction des consommations pendant quelques heures avec les tarifs valorisant l'effacement les jours de pointe (type Tempo les jours rouges).



Focus sur le nouveau dispositif NEBCO (anciennement NEBEF)

Le **mécanisme NEBCO** (Notification d'Échanges de Blocs de Consommation) permet de valoriser non seulement les baisses de consommation (effacements), mais aussi les hausses volontaires de consommation lorsque le réseau en a besoin, par exemple en cas de forte production renouvelable. Dans ce cadre, la flexibilité à la hausse consiste à augmenter temporairement sa consommation par rapport à une trajectoire de référence. Pour que cela soit crédible et mesurable, le dispositif prévoit un contrôle du report : l'augmentation constatée doit correspondre à un décalage d'une consommation prévue plus tard.

CONCLUSION

Cette étude inédite du CSTB objective, pour la première fois, **les bénéfices d'un système de pilotage connecté**, tant en termes de consommations énergétiques, de confort thermique, d'impact carbone que de flexibilité.

Les résultats mettent en lumière **trois leviers essentiels** pour maximiser les gains liés au pilotage :

1. **La régulation de la température pièce par pièce** pour le chauffage et la climatisation ainsi que **la précision de la régulation** ;
2. **La gestion intelligente des protections solaires**, associée au chauffage en hiver et à la climatisation en été ;
3. **Le pilotage global des équipements d'un foyer (chauffage, production d'ECS, gestion des protections solaires, borne de recharge, etc.)**.

L'utilisation de ces leviers permet d'atteindre des **économies significatives atteignant jusqu'à 30% de baisse de la consommation**. L'autre apport majeur de l'étude est de démontrer le **bénéfice du pilotage pour améliorer le confort d'été**, avec une baisse jusqu'à 50% de l'intensité de l'inconfort en période estivale, enjeu qui va devenir de plus en plus prégnant avec l'accélération des dérèglements climatiques.

Ainsi, au-delà du pilotage du seul chauffage, bien identifié et encouragé par la réglementation, cette étude démontre **l'intérêt d'une approche globale et intelligente du pilotage**, ouvrant à de nouveaux gisements d'économies d'énergie.

Les systèmes de pilotage connecté maximisent d'autant plus les gains qu'ils **automatisent – et donc systématisent – les « éco-gestes »**, allégeant la charge mentale des utilisateurs. De plus, ils offrent une capacité de contrôle à distance et une ergonomie en constante amélioration facilitant leur appropriation par les utilisateurs.

Les résultats de cette étude assoient le **caractère incontournable de ces systèmes** dans le logement pour « **consommer moins** », et demain le « **consommer mieux** » alors qu'ils permettront de décaler ou de moduler automatiquement la consommation des équipements, dans le cadre de la flexibilité électrique.

Cette étude ne doit pas rester un simple exercice technique ou scientifique : elle a vocation pour IGNES à nourrir **l'orientation de nos politiques publiques** en matière d'efficacité énergétique, alors que le pilotage connecté et global reste peu pris en compte dans la RE2020 et très marginal dans le DPE.

Nous appelons à la meilleure intégration du pilotage connecté et global dans nos dispositifs publics en faveur du **pouvoir d'achat et du confort des Français, du système électrique et de la transition énergétique**.

Pascal Portelli
Président d'IGNES

ÉTUDE RÉALISÉE AVEC LE SOUTIEN DE :



IGNES REMERCIE

Pierre Boisson et Simon Bailhache
de la Direction Énergie et Environnement du CSTB

et les membres du comité consultatif :
Ademe, Alec Lyon, Agence Parisienne du Climat, Associations Familiales Laiques (AFL),
COEDIS, Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages (DHUP),
Direction générale de l'énergie et du climat (DGEC), Effinergie,
EDF, ENEDIS, RTE, Pôle Habitat FFB, UFE.

• ENSEMBLE
ignes
DOMINONS VIE
AU BÂTIMENT

ignes.fr

X @IGNES_FR

in @IGNES
Industriels des solutions électriques
et numériques du bâtiment