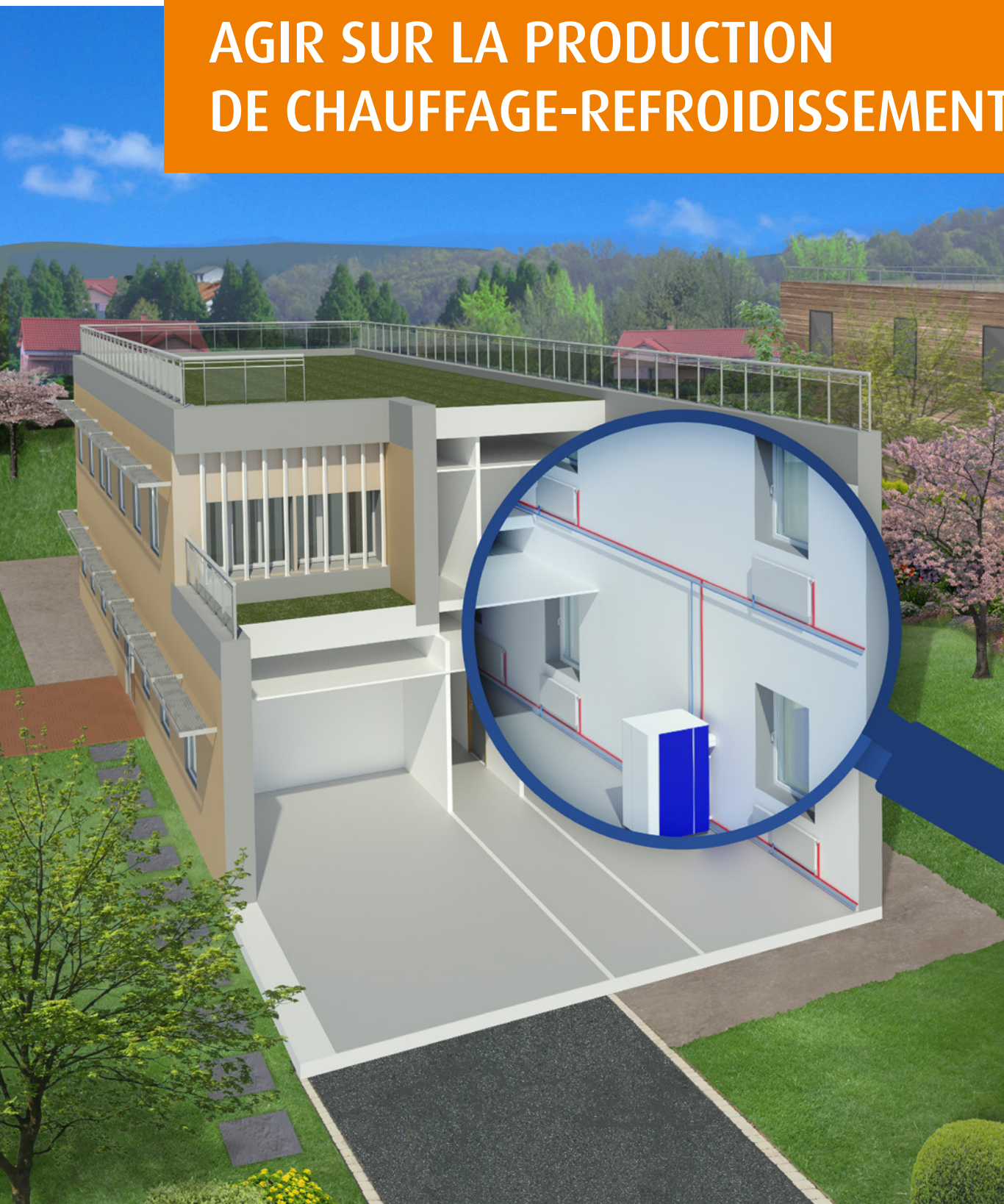




Enseignements des bâtiments  
performants en énergie

# AGIR SUR LA PRODUCTION DE CHAUFFAGE-REFROIDISSEMENT



## Série de livrets « Bâtiments performants en énergie – Agir »

Agir sur les parois opaques	Agir sur les parois vitrées	<b>Agir sur la production de chauffage-refroidissement</b>	Agir sur la production d'eau chaude sanitaire	Agir sur la ventilation mécanique contrôlée
Agir sur la production d'électricité	Agir sur l'installation d'éclairage	Agir sur les autres équipements immobiliers	Agir sur les équipements mobiliers	Agir pour le confort thermique *

\* À paraître en 2022

### Enseignements opérationnels tirés de 166 constructions et rénovations du programme PREBAT Bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie

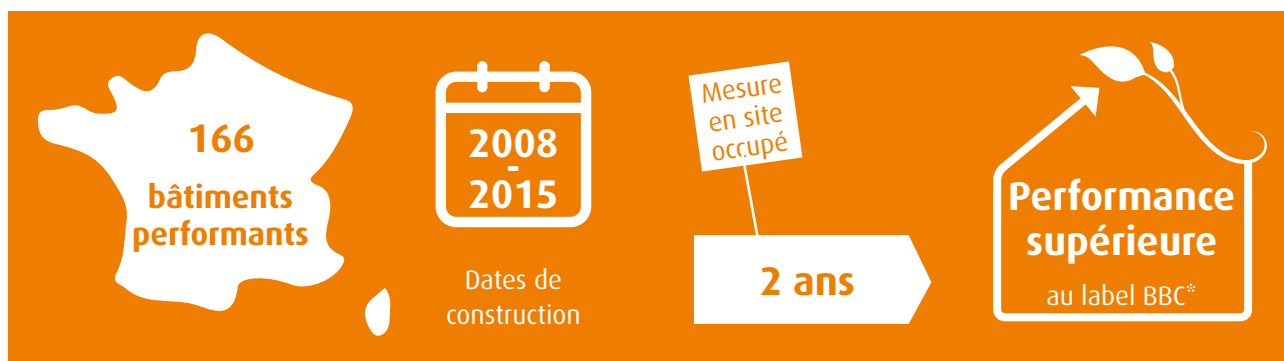
De 2006 à 2015, ce programme national de la Plate-forme de recherche et d'expérimentation sur l'énergie dans le bâtiment (PREBAT), soutenu par les régions conjointement avec les directions régionales de l'Ademe, a permis la réalisation de près de 3 000 bâtiments d'un niveau de **performance** énergétique équivalent à celui de la **réglementation thermique 2012**, dans le but d'apporter aux professionnels et aux particuliers des solutions performantes de réduction des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

Cent soixante-six d'entre eux, résidentiels et tertiaires, dont les caractéristiques générales sont présentées ci-contre, ont fait l'objet d'une campagne sans précédent de **mesure**, d'expérimentation, d'observation et d'enquête, pendant leurs deux premières années d'occupation, avec

**évaluation technico-socio-économique** sur tous les postes de consommation, menée de 2012 à 2019 par le Cerema et des BET.

À partir des résultats des mesures de consommation, de performance et de confort, des pratiques des acteurs, des modes d'occupation, de l'appropriation des systèmes et de l'appréciation du confort par les utilisateurs, des **enseignements** en ont été tirés et consignés dans un **rapport** et une **synthèse** à destination de tous les acteurs de la chaîne de la performance énergétique (cf. références en fin de livret). Ils sont à la base des recommandations dégagées dans cette série de livrets.

Les typologies constructives de ces démonstrateurs et leurs principales performances sont données en fin de livret.



(\*) Bâtiment basse consommation énergétique en chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, ventilation et éclairage.

Cette série de livrets a été réalisée collectivement sous la direction de Pascal Cheippe (Cerema Territoires et ville) et sous le pilotage de Constance Lancelle (Cerema Ouest).

Ont participé à l'élaboration de ce livret :

- en tant que rédacteurs au sein du Cerema : Constance Lancelle (Ouest) et Pierrick Nussbaumer (Est), avec la contribution de Noélie Carretero (Normandie-Centre), Teddy Connan (Centre Est) et François Marconot (Île-de-France) ;
- en tant que relecteurs : Aloïs Thiébaud et Baptiste Jeannet (DGALN), Pierre-Edouard Vouillamoz (Ademe), Benoît Rozel (Enertech), Samuel Daucé (AQC) ainsi qu'au Cerema, Jordan Gauvrit (Ouest), Myriam Humbert (Ouest), Rémy Pugeat, Noémie Simand, Sarah Talandier-Lespinasse et Anne Vial (Territoires et ville).

# INTRODUCTION

De très nombreux corps de métiers sont acteurs des performances énergétiques, économiques et de confort, à chacune des phases de conception, de réalisation, puis d'exploitation-maintenance. Mais nous le sommes également tous, en tant qu'utilisateurs de locaux, dans la façon de les occuper, de les gérer, de piloter leurs équipements ou de les entretenir. Notre impact est immédiat et capital quand il s'agit de bâtiments performants en énergie, à savoir, fortement isolés thermiquement, étanches à l'air et dotés d'équipements à hauts rendements.

C'est pourquoi les enseignements tirés des évaluations des bâtiments performants PREBAT (cf. la présentation du programme en page précédente) ont été traduits en aide plus directement opérationnelle, sous forme d'**actions principales sur les différents composants du bâtiment ou pour le confort thermique**. Ces actions s'adressent à tous les contextes de bâtiments, de métier ou de moment d'intervention, et à tous les niveaux de pratique ou de connaissance. Elles sont présentées en fiches au sein de livrets par composant du bâti ou équipement technique. Neuf livrets traitent des consommations et performances de tous les équipements (production de chaleur, ventilation, éclairage, mais aussi ascenseurs ou encore bureautique et électroménager...) ainsi que de la production d'électricité photovoltaïque. Un dixième livret les complète sur le confort thermique.

Chaque fiche d'action donne d'abord le contexte des bâtiments concernés, et notamment si l'action est **spécifique aux bâtiments performants ou non**, puis les constats motivant les actions, et les actions elles-mêmes. Celles-ci sont ensuite précisées à travers les **pratiques** observées, qui sont alors, soit à éviter, soit à reproduire, et ce, pour chacune des **trois phases** suivantes de la vie

du bâtiment, dans lesquelles chaque acteur pourra se retrouver :

- conception (programme de l'ouvrage et conception de l'œuvre) ;
- réalisation (fabrication, chantier et réception) ;
- utilisation (occupation, pilotage et entretien).

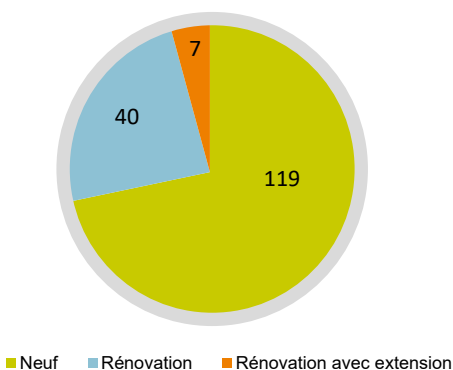
**!** La liste des recommandations proposées, d'action ou de pratique, n'est **pas exhaustive**. Ne figurent ici que celles qui émanent des constats remontés des évaluations du panel PREBAT.

Enfin, pour éviter tout conflit entre consommation et confort, et réciproquement... les actions sont accompagnées d'une indication de leur **impact**, à la fois, **sur la consommation** énergétique, et **sur le confort** lié à l'équipement concerné, sur une échelle à cinq niveaux (plus ou moins positifs ou négatifs autour de l'impact neutre). Le cas échéant, d'autres impacts directs sont mentionnés, notamment au **croisement d'autres besoins à satisfaire** (qualité de l'air, confort visuel, acoustique, fonctionnalité, sûreté, coûts, durabilité...). Néanmoins, pour les exigences ou contraintes non directement liées, il y a lieu de se reporter aux guides relatifs à la démarche de programmation.

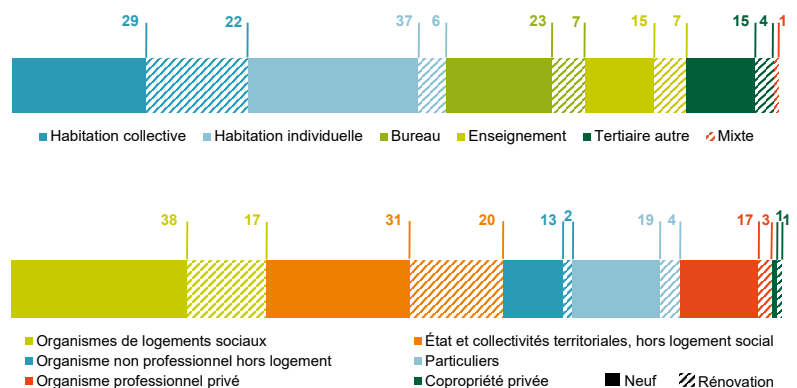
Le présent livret porte sur la production de **chauffage-refroidissement**, dont les différents systèmes rencontrés sont présentés ci-après. Les fiches d'actions s'en suivent, après avoir précisé leurs conventions de présentation.

**!** Compte tenu des données disponibles, les actions proposées peuvent être basées sur des échantillons restreints de bâtiments dont le nombre est alors précisé.

## Nature des travaux



## Destination d'usage et maîtrise d'ouvrage diversifiées



# LES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DE PRODUCTION DE CHAUFFAGE

Dans ce livret, différents équipements de production pour le chauffage sont cités.

- Les **chaudières**, dont le combustible peut aussi bien être le **gaz** ou le **bois** avec l'utilisation de granulés ou de plaquettes (pas de chaudière au fioul dans l'échantillon). Pour la plupart, il s'agira de chaudières double service qui produisent aussi l'eau chaude sanitaire.

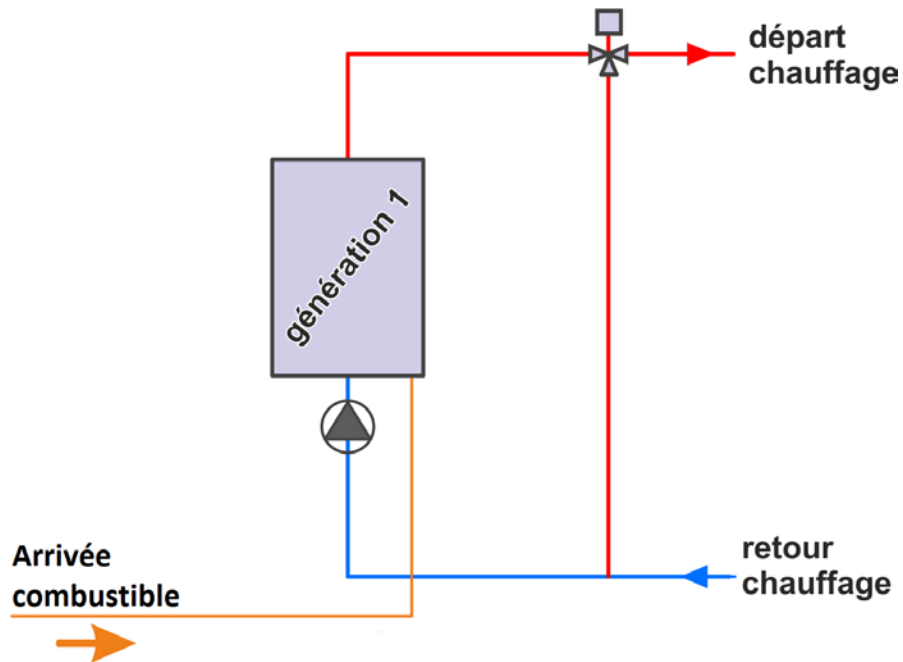


Illustration 1 - Schéma d'une installation avec chaudière

- Les **pompes à chaleur (PAC)** fonctionnant sur le principe de la thermodynamique. La source amont de la PAC peut être variée (air extérieur, PAC géothermique...). La source aval peut être l'air ou l'eau. Dans l'échantillon sont présentes majoritairement des PAC électriques et deux PAC à absorption gaz.

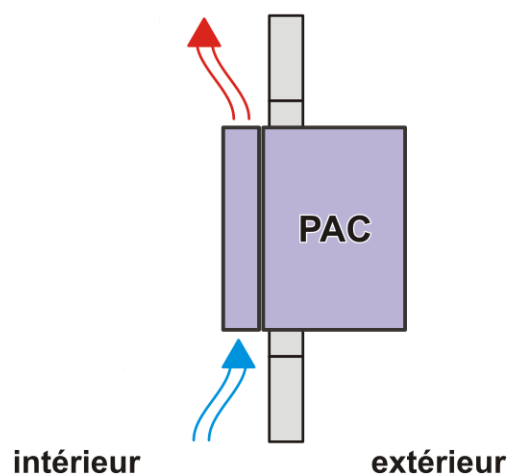


Illustration 2 - Schéma d'une PAC air/air

- Les **radiateurs électriques**, des **convecteurs électriques** ou des **panneaux rayonnants**.
- Les **réseaux de chaleur urbains**.
- Dans une moindre mesure, les **poêles à bois**, **microgénérations** et **batteries chaudes** ou **résistances électriques** qui permettent de chauffer l'air insufflé.

L'installation peut être :

- individuelle, aussi bien dans les habitations individuelles que certaines habitations collectives ;
- centralisée.

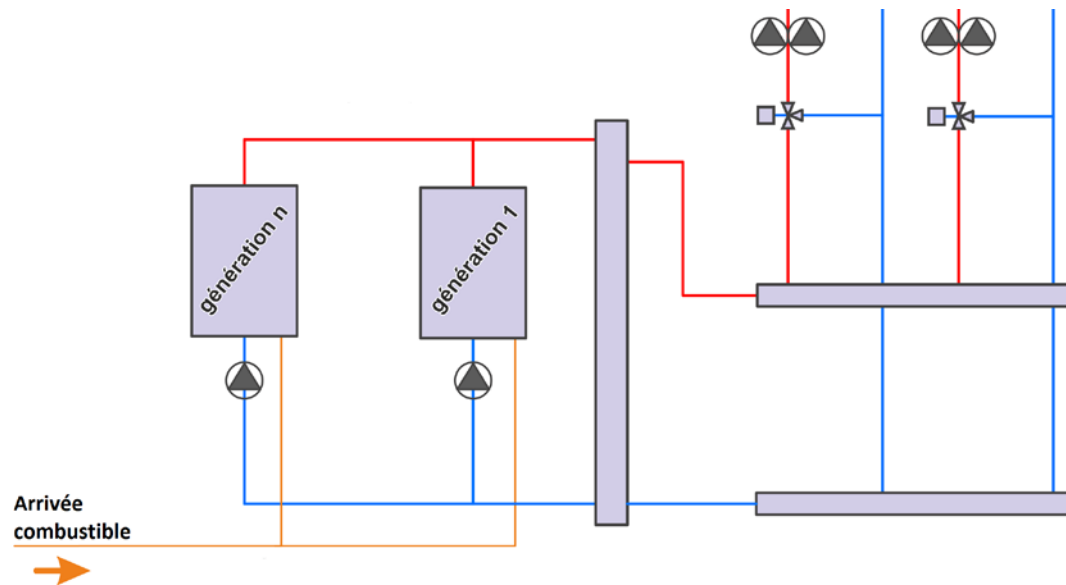


Illustration 3 - Schéma d'une installation de chauffage centralisée avec deux chaudières en cascade



# FICHES ACTIONS



## Fiche 01

Privilégier la performance de l'installation à la nature du générateur

## Fiche 02

Limiter la complexité dans la conception des chaufferies

## Fiche 03

Étudier l'intérêt d'associer un récupérateur de chaleur sur air extrait

## Fiche 04

Limiter le surdimensionnement des générateurs de chauffage en estimant au mieux les besoins

## Fiche 05

Associer générateurs et émetteurs de façon adaptée l'un à l'autre pour des bâtiments performants

## Fiche 06

Isoler sans interruption les réseaux d'eau chaude

## Fiche 07

Maîtriser la puissance et le fonctionnement des circulateurs

## Fiche 08

Optimiser la régulation afin de satisfaire le confort thermique

## Fiche 09

Utiliser les réduits de température à bon escient

## Fiche 10

Maîtriser l'arrêt du refroidissement quand il n'est plus requis

# CONVENTIONS DE PRÉSENTATION DES FICHES

Dans ce document, les consommations sont données en énergie primaire et par surface hors œuvre nette (SHON), sauf indication contraire. Pour simplifier, cette unité sera notée  $\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2/\text{an}$ .

Les coefficients de conversion en énergie primaire retenus sont de 2,58 pour l'électricité et de 1 pour les autres énergies.

## Destination d'usage des bâtiments et performance

### Habitation



Toute habitation



Habitation énergétiquement performante

### Tertiaire



Tous



Bâtiment énergétiquement performant

## Description des pratiques

Les pratiques sont présentées à l'origine du constat réalisé.

- Pratique à **éviter** signalée par
- Pratique à **reproduire** signalée par

Cette rubrique permet de faire le lien, à la fois avec les acteurs et avec leurs actions ou tâches principalement concernées, via les **trois phases de travail/vie suivantes** :

### Conception

- Tâches de définition intellectuelle de l'ouvrage et de l'œuvre :
  - par la maîtrise d'ouvrage : programme de l'ouvrage (conception de l'ouvrage), notamment ici, les programmes techniques d'avant-projet sommaire, puis d'avant-projet définitif ;
  - et par le maître d'œuvre (architecte et bureau d'études) : plans et descriptifs (conception de l'œuvre) en réponse au programme.
- En cas d'acteurs différents, les citer impérativement.

### Réalisation

- Tâches principalement des entreprises de chantier et des industriels.
- Jusqu'à la réception (comprise).
- En cas d'acteurs différents, les citer impérativement.

### Utilisation

- Actions des occupants, gestionnaires, exploitants ou mainteneurs.

## Description des impacts de l'action

- Impact sur la **consommation**.
- Impact sur le **confort**.

Ces deux impacts sont estimés sur une échelle à cinq niveaux :



Plus le curseur est dans le vert, plus l'action a un impact positif, et inversement plus le curseur est dans le rouge, plus l'impact est négatif. Au milieu, en jaune, l'impact est neutre.

## Point de vigilance ou point réglementaire



Ce sigle signale un point de vigilance ou un point réglementaire.

# 01

## Privilégier la performance de l'installation à la nature du générateur

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



### Constats

Deux grandes familles de générateurs de chaleur assurent le chauffage dans les bâtiments de l'échantillon : les chaudières gaz à condensation (60 % en habitation collective, 44 % en habitation individuelle et 30 % en tertiaire) et les pompes à chaleur (39 % en tertiaire et 16 % en habitation).

Tous les équipements de chauffage utilisés dans les bâtiments performants rencontrés permettent d'atteindre les meilleurs niveaux de consommation de chauffage (situés entre 15 et 45 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an), aux conditions climatiques et d'occupation près.

La majorité des consommations de chauffage (51 %) se situe entre 20 et 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an et 37 % des opérations ont une consommation de chauffage de plus de 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an (123 opérations).

Les rendements (sur PCI<sup>1</sup>) saisonniers évalués sur des chaudières gaz sont majoritairement supérieurs à 80 % (36 opérations sur 48).

Le COP<sup>2</sup> moyen saisonnier évalué est de 2,6 pour les PAC air/eau et 3,7 pour les PAC eau/eau (23 opérations).

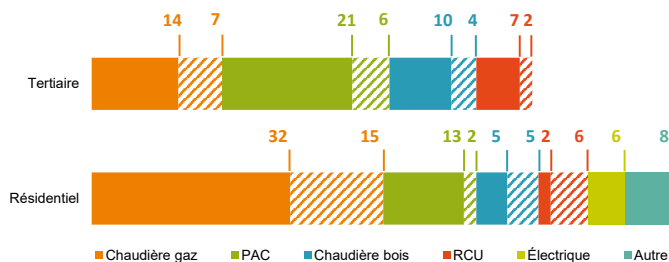


Illustration 4 - Les opérations du panel sont principalement chauffées par des chaudières gaz ou des PAC

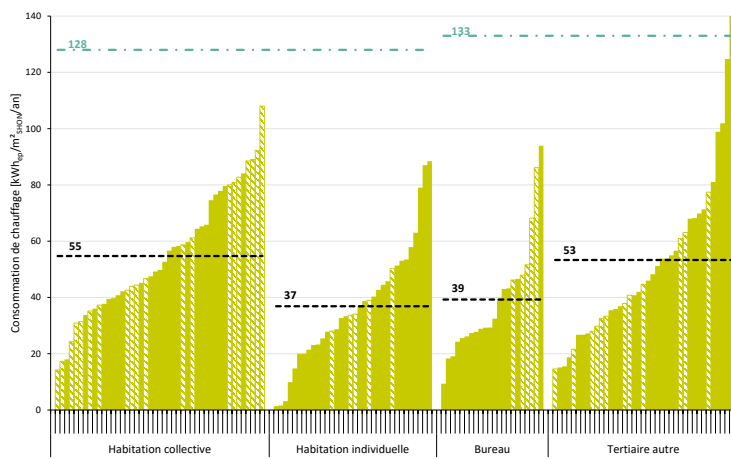


Illustration 5 - Les consommations moyennes de chauffage se situent entre 35 et 55 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an

### Actions

- Orienter prioritairement le choix du générateur sur son niveau de rendement ou de COP le plus élevé possible dans sa catégorie.
- Veiller ensuite à maintenir le plus possible ce niveau de performance au fil de la conception de l'installation de chauffage, puis lors des phases suivantes de travaux et d'exploitation.

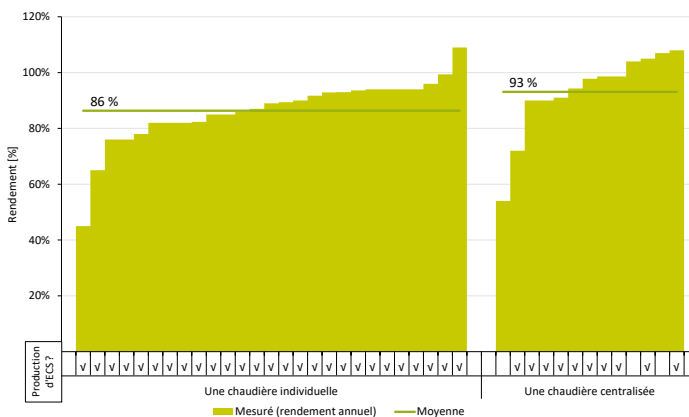


Illustration 6 - Les rendements évalués sont supérieurs à 80 %

1. PCI : Pouvoir calorifique supérieur : quantité d'énergie dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée.  
 2. COP : Coefficient de performance des pompes à chaleur défini par le rapport entre la production totale d'énergie produite par la PAC et la consommation de la PAC sur une même période.



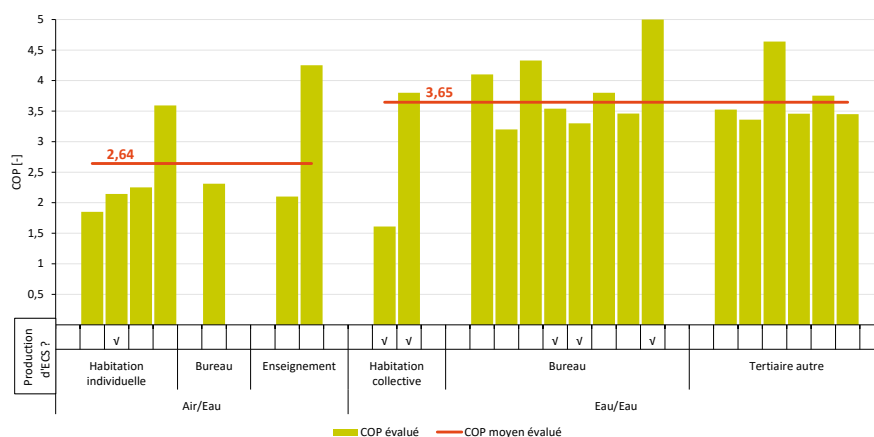


Illustration 7 – Les COP saisonniers moyens sont de 2,6 et 3,7 en fonction de la technologie de la PAC

## Pratiques constatées

### CONCEPTION

- ✓ Recherche d'une meilleure performance via des équipements énergétiquement performants.
- ✓ Choix d'équipements performants et adaptés à l'usage, aux occupants et à la future équipe d'exploitation/maintenance (cf. action n° 2).

### RÉALISATION

- ✓ Bonne mise en œuvre des équipements.

### UTILISATION

- ✓ Réglage adéquat des équipements.

## Impacts

### Consommation



Le choix d'équipements ayant de bonnes performances associé à une mise en œuvre de qualité, de réglages adéquats et entretiens, permet de réduire significativement les **consommations de chauffage**.

Outre le choix de l'équipement, la consommation de chauffage est dépendante d'une multitude de paramètres, dont les effets ne sont pas toujours dissociables, tels que: la météo, l'occupation, le réglage des équipements, la performance de l'enveloppe (cf. livrets sur les parois dans la même collection), l'exploitation/maintenance, l'appropriation des équipements par les occupants.

### Confort



Le choix de l'équipement de production est neutre sur le **confort thermique en période de chauffe** (excepté pour les productions associées à des émetteurs convectifs qui peuvent dégrader le confort par rapport aux autres types d'émission). Toutefois, dans le cas de dysfonctionnement ou de difficulté d'appropriation, les occupants mettront en place des solutions alternatives pour assurer leur confort (radiateurs mobiles...).

Le **confort thermique d'hiver** n'est pas impacté par le choix du niveau de performance du générateur.

# 02

## limiter la complexité dans la conception des chaufferies

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



### Constats

Dans un certain nombre de cas, la conception des chaufferies avec un montage complexe a conduit à des difficultés de régulation.

La mission de régulation/maintenance est souvent réduite aux obligations réglementaires. La régulation fine des chaufferies qui permettrait d'optimiser les consommations est rarement réalisée.

Il y a souvent inadéquation entre les compétences ou le temps donné au gestionnaire et la complexité des systèmes.



Illustration 8 - Chaufferie au montage complexe ayant entraîné des difficultés lors de la gestion et de la maintenance

### Actions

- Limiter la complexité des équipements et du montage dans les chaufferies au regard de la compétence et de la disponibilité du futur exploitant.
- Rendre accessibles les appareils nécessaires ou nécessitant de l'entretien.

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

- ✔ Association des futurs acteurs en charge de l'exploitation/maintenance lors de cette phase.
- ✔ Réalisation d'une analyse fonctionnelle pour expliciter le fonctionnement du système de chauffage.

#### RÉALISATION

- ✔ Installation des équipements afin qu'ils restent accessibles pour la maintenance.

#### UTILISATION

- ✘ Temps/coûts de la régulation et de l'entretien-maintenance sous-estimé.
- ✘ Absence d'historique du fonctionnement du système pour accompagner l'exploitation (notamment si changement d'acteur).
- ✘ Maintien de l'utilisation des solutions palliatives à un inconfort (augmentation de la température de consigne, installation de radiateurs complémentaires...) plutôt que la recherche de solutions à appliquer au système général.

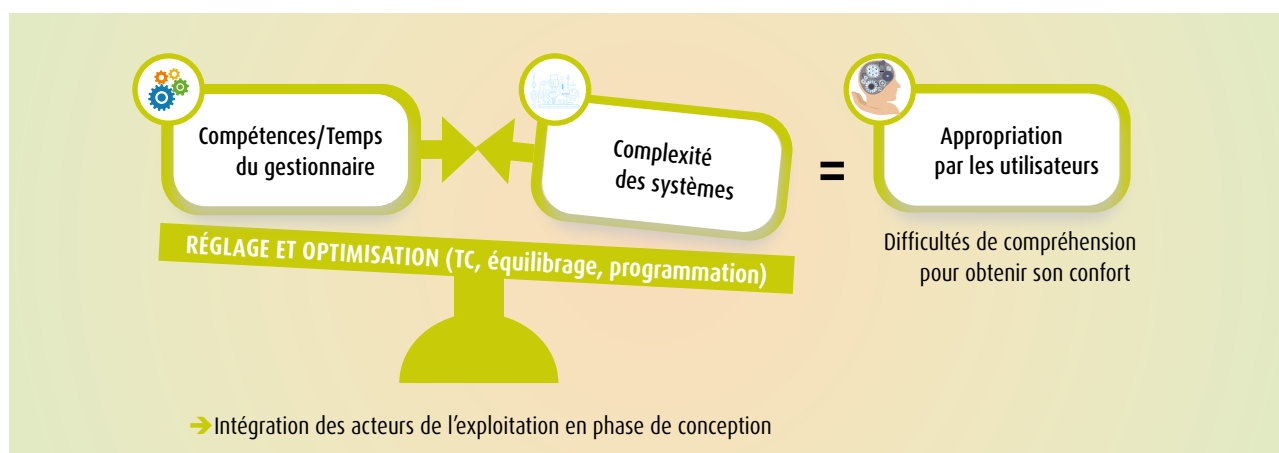


Illustration 9 - Il est important d'intégrer l'ensemble des acteurs de l'exploitation dès la phase de conception (occupants compris) afin d'optimiser le fonctionnement du chauffage ainsi que les consommations

## Impacts

### Consommation



La mise en œuvre de chaufferies et systèmes de chauffage simples permet une meilleure appropriation du système par le gestionnaire, qu'il soit occupant ou non, et permet de limiter l'apparition de solutions palliatives (exemple: ajout de convecteur électrique portable, fonctionnement du générateur en marche forcée continue, suppression des réduits...). La **consommation de chauffage** en sera d'autant plus réduite.

### Confort



Le **confort thermique en période de chauffe** peut être dégradé mais, souvent, les difficultés de régulation d'une chaufferie complexe ne sont pas ressenties par l'occupant qui met alors en place des dispositifs palliatifs (radiateurs mobiles...). L'impact est donc plutôt neutre sur le confort thermique en période de chauffe.

### Autre

**Durée de vie des équipements**: le montage d'une chaufferie trop complexe engendre des difficultés d'appropriation par les gestionnaires et les mainteneurs. Les équipements ne fonctionnent alors pas à leur point optimum et peuvent présenter une usure prématurée.

**Économie**: le coût de l'entretien d'une chaufferie peut rapidement augmenter avec sa complexité.

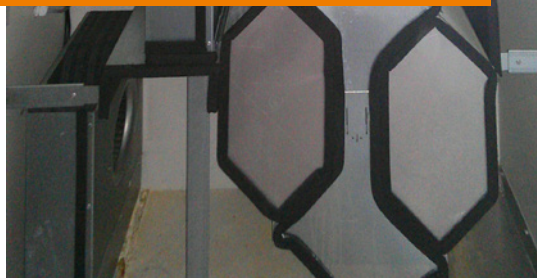
# 03

## Étudier l'intérêt d'associer un récupérateur de chaleur sur air extrait

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



### Constats

Les besoins de chauffage évités par la mise en œuvre d'une ventilation double flux avec échangeur de chaleur se situent, pour le panel, entre 6 et 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an. Les gains liés à l'installation d'une VMC double avec échangeur de chaleur représentent 10 à 54 % du besoin de chauffage (12 opérations).

### Actions

- Étudier au cas par cas le choix d'une ventilation double-flux avec échangeur de chaleur, notamment au regard du bilan énergétique global incluant le gain en chauffage et la consommation électrique (cf. livret de la même collection sur la ventilation mécanique).
- Prévoir un entretien régulier de la VMC (cf. livret de la même collection sur la ventilation mécanique).

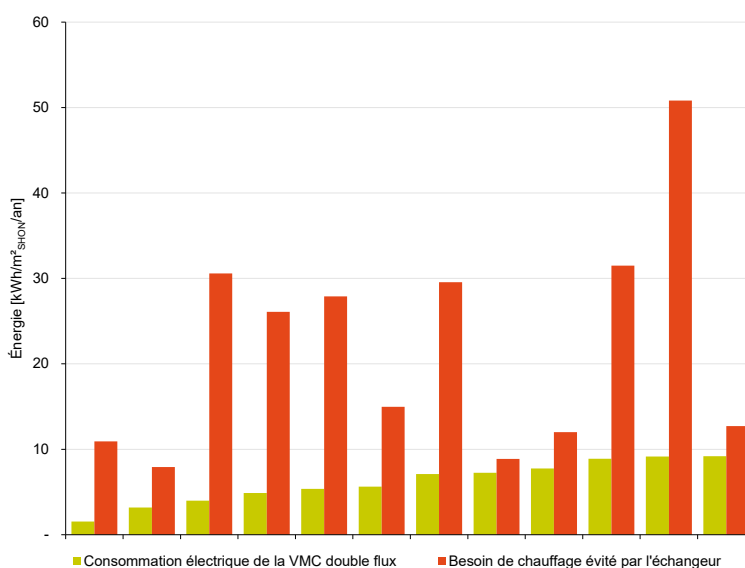


Illustration 10 - Les besoins de chauffage évités par la mise en œuvre d'une VMC double flux avec échangeur de chaleur se situent entre 6 et 50 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an, sur le panel étudié

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

- ✓ Choix d'un système de ventilation double flux avec échangeur.
- ✓ Recherche d'une meilleure performance énergétique via la récupération de la chaleur de l'air extrait.

#### RÉALISATION

- ✓ Installation prévue pour assurer l'intervention de maintenance.

#### UTILISATION

- ✓ Réglage approprié de l'échangeur double flux et de son by-pass, ainsi qu'une bonne régulation des débits de ventilation (cf. livret de la même collection sur la ventilation mécanique).

## Impacts

### Consommation



Le choix d'un système de ventilation double flux permet de réduire les **consommations de chauffage** lorsque celui-ci ne présente pas de dysfonctionnements (cf. livret de la même collection sur la ventilation mécanique).

Cette baisse de consommation de chauffage doit être mise en regard de la **consommation liée aux ventilateurs** du système double flux et au coût de l'entretien de ce système (cf. livret de la même collection sur la ventilation mécanique).

### Confort



Le **confort thermique en période de chauffe** est amélioré par une arrivée d'air plus tempérée que par un système simple flux.

Un système double flux permet aussi d'améliorer le **confort d'été** lorsque l'air extrait est plus frais que l'air soufflé.

### Autre

**Qualité de l'air** : la mise en œuvre d'un système double flux entraîne la nécessité de changer régulièrement les filtres et d'entretenir régulièrement caissons, conduits et bouches, ainsi que de maintenir les débits. La qualité de l'air, avec un entretien régulier, est améliorée car l'air neuf est filtré par le système. La qualité de l'air peut être d'autant améliorée que les débits avec un système double flux sont souvent dimensionnés pour être plus importants que pour un système simple flux.

**Acoustique** : le bruit au soufflage et la vibration des caissons peuvent engendrer une gêne, en particulier dans les chambres (impact sur le sommeil) et dans les bureaux (impact sur la concentration).

**Qualité d'usage** : les interventions palliatives des occupants pour assurer leur confort (en particulier suppression des sensations de courant d'air) peuvent créer de nouvelles nuisances (défaut d'aération, humidité, moisissures...).

**Économie** : l'installation d'une VMC double flux avec échangeur permet d'un côté de réduire les consommations de chauffage, mais entraîne de l'autre des surcoûts de matériel et de pose pour les linéaires de réseau et les bouches par rapport à une VMC simple flux.



# 04

## limiter le surdimensionnement des générateurs de chauffage en estimant au mieux les besoins

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



### Constats

Les chaudières gaz fonctionnent globalement à des puissances inférieures à 10 % de la puissance nominale (22 opérations sur 32). Les chaudières sont globalement surdimensionnées.

Ce même constat est fait pour les autres équipements tels que les PAC et les chaudières bois.

Ces problèmes sont très souvent liés à une mauvaise estimation des besoins de chauffage.

Pour assurer le confort en période hivernale, l'ensemble des acteurs de la conception et de la réalisation prennent des marges par rapport à l'estimation du besoin, ce qui entraîne un surdimensionnement des équipements.

Par ailleurs, de fortes puissances sont nécessaires pour la production d'ECS régulièrement assurée par l'équipement qui produit le chauffage.

### Actions

- Dimensionner les chaudières et les PAC en tenant compte des besoins réduits de chauffage des bâtiments performants.
- Éventuellement, associer aux PAC un ballon tampon.

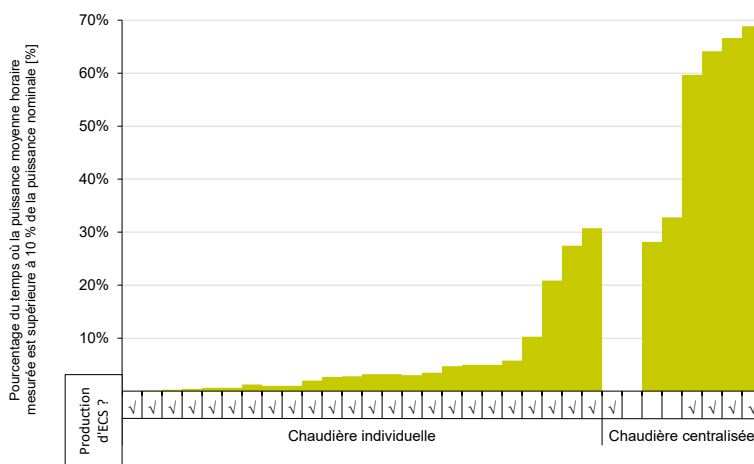


Illustration 11 - Les chaudières gaz fonctionnent globalement à des puissances inférieures à 10 % de leur puissance nominale

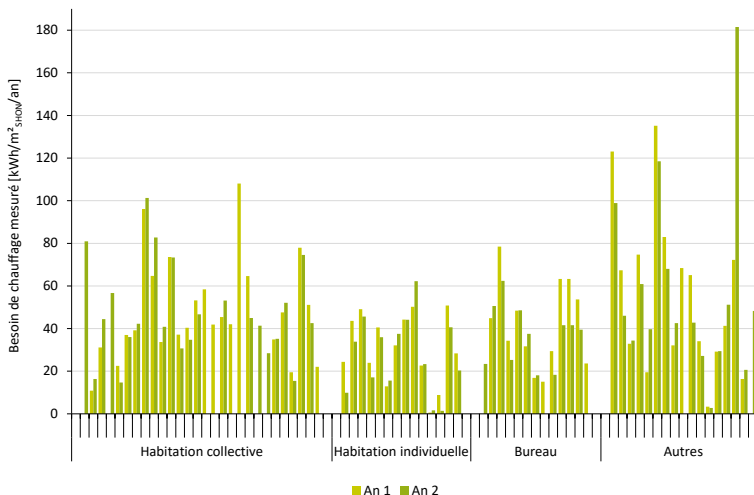


Illustration 12 - Les besoins en énergie de chauffage sont très variables quelle que soit la destination d'usage variant de 2 à 180 kWh/m²/an toute destination d'usage confondue

## Pratiques constatées

## CONCEPTION

- ✔ Choix et conception d'installation de puissance adaptée aux faibles besoins des bâtiments basse consommation.
- ✔ Installation éventuelle d'un ballon tampon.
- ✘ Peu de commercialisation d'appareils de petite puissance adaptée aux bâtiments performants.

## RÉALISATION

- ✔ Installation de la puissance prévue lors de la conception.

## UTILISATION

- ✔ Amélioration des réglages pour s'adapter à des besoins très variables d'un bâtiment à l'autre.

## Impacts

## Consommation



Le dimensionnement d'une installation (équipement de production éventuellement associé à un ballon tampon) au plus juste par rapport aux besoins estimés permet de réduire les **consommations de chauffage** par rapport aux surdimensionnements couramment appliqués.

## Confort



Le **confort thermique d'hiver** n'est pas impacté par le dimensionnement des installations. Seul un sous-dimensionnement peut être à l'origine d'un inconfort qui sera contré par les occupants avec l'utilisation de solutions palliatives.

## Autre

**Économie**: la réduction du surdimensionnement par rapport aux pratiques courantes permet d'améliorer les cycles de fonctionnement. Ainsi les équipements ont une durée de vie plus longue, car ils fonctionnent plus régulièrement à des puissances qui leur sont favorables et les fonctionnements on/off, usant prématurément l'équipement, sont évités.

# 05

## Associer générateurs et émetteurs de façon adaptée l'un à l'autre pour des bâtiments performants

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



### Constats

Le **radiateur à eau standard** reste le premier type d'émetteur installé dans l'échantillon (35 % des cas). Bien que pouvant être utilisé à de faibles températures, il y est moins bien adapté qu'un radiateur **basse température** ou **plancher chauffant**, solution mise œuvre dans 30 % de l'échantillon.

Dans 18 opérations, pour répondre aux faibles besoins en chauffage, notamment en mi-saison, des **équipements à faible inertie** (radiateur ou batterie électrique) ont été installés.



### Actions

- Associer des radiateurs basse température ou des planchers chauffants aux chaudières gaz à condensation et aux PAC fonctionnant à des températures de départ faibles.
- Penser aux équipements de chauffage réactifs, notamment avec émetteurs à faible inertie, pour mieux répondre aux besoins de chauffage plus faibles et ponctuels propres aux bâtiments à basse consommation.



Illustration 13 - Le radiateur à eau standard est l'émetteur le plus souvent installé dans les bâtiments du panel, mais les planchers chauffants répondent au fonctionnement basse température et les radiateurs électriques aux faibles besoins

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

✓ Choix de la technologie des émetteurs en fonction de la température de l'eau de chauffage ou des besoins.

✗ De mauvaises associations générateur/émetteur engendrent un inconfort thermique.

#### RÉALISATION

○ Aucun constat.

#### UTILISATION

○ Aucun constat.

## Impacts

### Consommation



La **consommation de chauffage** sera d'autant plus réduite que les équipements de production pourront fonctionner à des températures adéquates souvent basses. Le choix des émetteurs basse température ou le choix d'émetteurs à faible inertie permet cette optimisation de fonctionnement.

### Confort



L'installation d'émetteurs basse température ou d'émetteurs à faible inertie n'impacte pas le **confort thermique d'hiver**.

Les émetteurs convectifs peuvent être à l'origine d'une dégradation du confort par rapport aux autres types d'émetteurs (la chaleur émise par ces équipements reste bloquée en hauteur, créant un gradient de température important entre le bas et le haut de la pièce).

### Autre

**Qualité d'usage** : lors de l'installation de radiateurs basse température, les occupants constatent que les radiateurs ne sont pas chauds et augmentent alors la température de consigne. Cet effet rebond observé dans le panel peut être limité par l'accompagnement des occupants.

# 06

## Isoler sans interruption les réseaux d'eau chaude

### Bâtiments concernés



Bâtiments d'habitation ou tertiaires



### Constats

Les linéaires de réseaux sont bien calorifugés.

Des progrès sont possibles sur le calorifugeage des organes de régulation.

Le calorifugeage des organes de régulation est plus complexe à réaliser que celui des linéaires. Des matériaux souvent moulés répondent à ce calorifugeage spécifique.

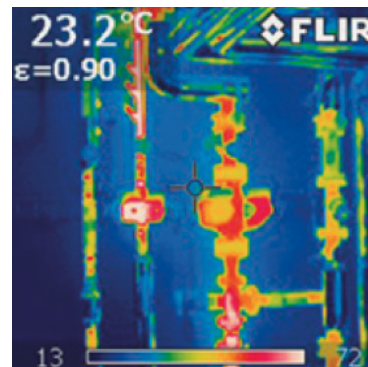


Illustration 14 - Les déperditions thermiques des organes de régulation sont mises en avant par les images infrarouges

### Actions

Isoler les réseaux de distribution de chauffage sans discontinuité, notamment au niveau des organes de régulation et pour les circulations en boucle.

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

❌ Pas de prescription de calorifugeage des organes dans les CCTP.

#### RÉALISATION

❌ Calorifugeage des organes non ou mal réalisé.

#### UTILISATION

○ Aucun constat.

### Impacts

#### Consommation



L'isolation de l'ensemble du réseau de chauffage permet de réduire les pertes de chaleur dans les espaces non chauffés ainsi que la consommation de chauffage.

#### Confort



Le confort thermique d'hiver n'est pas impacté par le calorifugeage des réseaux de chauffage.



# 07

## Maîtriser la puissance et le fonctionnement des circulateurs

### Bâtiments concernés



Bâtiments d'habitation ou tertiaires



### Constats

Les consommations des circulateurs (105 opérations) varient d'un bâtiment à un autre et peuvent fortement dériver suite à différents dysfonctionnements: durée de fonctionnement trop longue par rapport aux besoins, puissance installée trop importante, pompes à débit variables non paramétrées.

Les consommations observées dans notre échantillon se situent globalement autour de  $7 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2/\text{an}$  mais peuvent dériver jusqu'à 14, voire  $22 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2/\text{an}$ .

### Actions

- Optimiser les durées de fonctionnement des auxiliaires.
- Ne pas surdimensionner les puissances à installer.
- Programmer et paramétrer les pompes à débit variable.

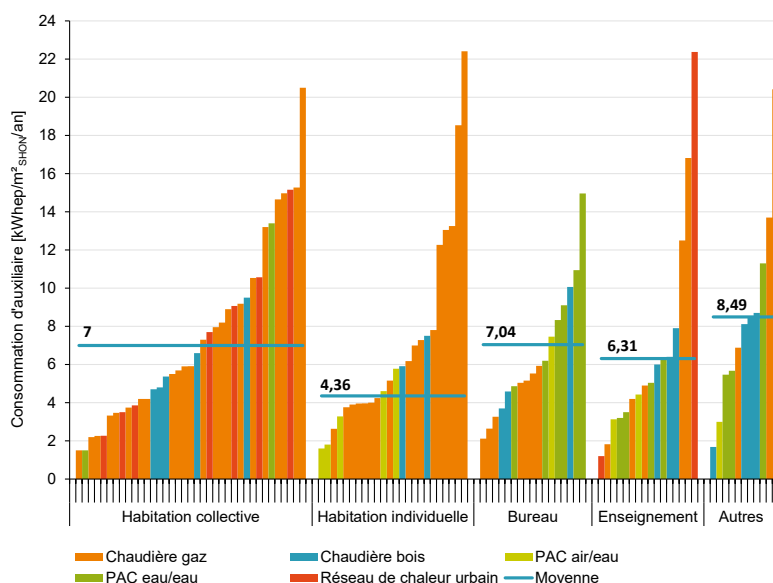


Illustration 15 - Les consommations moyennes des auxiliaires du panel se situent autour de  $7 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2/\text{an}$  sauf dérives liées à un dysfonctionnement (durée de fonctionnement, absence de paramétrage, puissance installée trop élevée...)

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

❌ Prescription d'une pompe de trop grande puissance.

#### RÉALISATION

❌ Mauvais réglage des circulateurs par rapport au besoin (vitesse maximale très souvent choisie par défaut).

#### UTILISATION

❌ Circulateur non paramétré.

### Impacts

#### Consommation



L'attention portée au choix et au réglage des auxiliaires permet d'atteindre une consommation optimale.

#### Confort



Le confort thermique d'hiver n'est pas impacté par le choix des auxiliaires.

## Bâtiments concernés



Bâtiments d'habitation ou tertiaires



## Constats

Les températures de consignes pratiquées sont plus élevées dans les habitations collectives qu'individuelles (22,2 °C contre 20,9 °C en moyenne) car l'occupant peut généralement plus facilement régler son installation en maison (22 habitations collectives et 25 individuelles).

En bureaux, la température de consigne moyenne est de 21,6 °C et de 21,3 °C pour les bâtiments d'enseignement (14 bâtiments de bureaux et 12 d'enseignement).

Ces températures de consignes pratiquées sont globalement supérieures à celles de l'étude thermique réglementaire<sup>3</sup>, de 0 à 3 °C, sans lien avec le système de chauffage (couple émetteur et régulation).

La régulation qui assure la température de consigne est principalement réalisée via des programmeurs fixes (76 opérations sur 120).

Les utilisateurs ou gestionnaires sont confrontés à différents problèmes de régulation, comme la mauvaise compréhension du système, des difficultés d'équilibrage des réseaux, un mauvais réglage des systèmes, un problème de conception de la régulation... (cf. fiche n° 7).

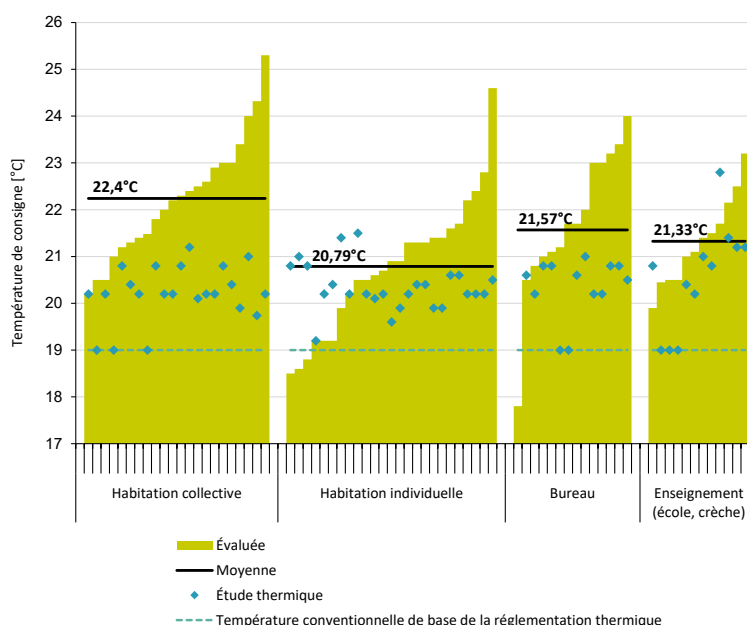


Illustration 16 - Les températures moyennes de consigne évaluées sont comprises entre 21 et 22 °C

## Actions

- Concevoir un système de réglage de la température de consigne facile à appréhender et à utiliser, afin que la température de consigne puisse être réglée toujours le plus bas possible, en occupation et en inoccupation, au degré près, en satisfaisant néanmoins les attentes de confort des occupants.
- Connaître précisément la variation du besoin en énergie de chauffage, afin de régler au mieux son système.

3. La température de consigne de l'étude réglementaire est toujours supérieure (de 0 à 2,5 °C dans notre échantillon) à la température minimale de confort conventionnelle de base de confort (généralement 19 °C) afin que le local chauffé ne soit jamais en défaut de confort. L'écart de température est lié à la régulation mise en place et à son utilisation par les occupants.

Pratiques constatées	CONCEPTION	RÉALISATION	UTILISATION
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Choix de systèmes de régulation en adéquation avec l'usage.</li> <li>✔ Système de régulation en adéquation avec les futurs utilisateurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Positionnement adéquat des sondes de température gérant la consigne.</li> <li>✘ Thermostat avec réglage d'usine.</li> <li>✘ Mauvais équilibrage des réseaux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✔ Accompagnement des occupants pour l'utilisation de leur système de régulation.</li> <li>✘ Température de consigne pratiquée supérieure à la température réglementaire avec ambiance jugée trop chaude.</li> <li>✘ Difficultés de compréhension pour l'utilisation du matériel de régulation.</li> </ul>

## Impacts

### Consommation



La gestion optimisée de la température de consigne en occupation et en inoccupation des bâtiments permet de réduire les **consommations de chauffage**.

### Confort



Le confort thermique en période de chauffe est garanti.

## Bâtiments concernés



Bâtiments performants, d'habitation ou tertiaires



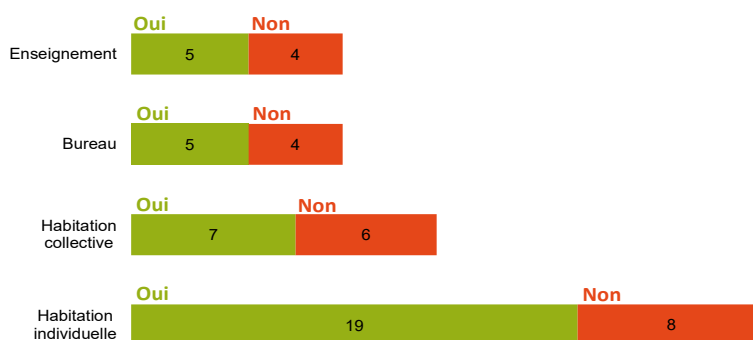
## Constats

En résidentiel, le réduit de température la nuit<sup>4</sup> est observé dans 19 des 27 habitations individuelles étudiées et peu dans les habitations collectives.

En bureau, en cohérence avec l'occupation intermittente, 7 des 13 bâtiments de bureaux analysés ont mis en place un réduit de température de nuit et de week-end.

Dans les bâtiments d'enseignements, le réduit de nuit est observé dans 5 bâtiments sur 9. Les réduits durant le week-end sont présents dans les bureaux mais moins dans les bâtiments d'enseignement.

## Présence d'un réduit de nuit



## Présence d'un réduit de week-end

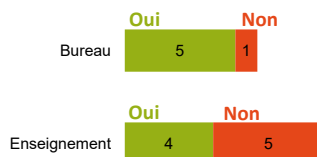


Illustration 17 - Le réduit de température la nuit est régulièrement observé en habitation individuelle ; les réduits de température le week-end sont moins courants dans les bâtiments de bureaux et d'enseignement

## Actions

Étudier de plus près le choix d'un réduit de température, la nuit ou le week-end selon la destination d'usage. Son intérêt pourrait être limité en bâtiment performant en particulier du fait des faibles pertes thermiques au niveau de l'enveloppe. Une analyse de la chute de température mesurée en fonctionnement pourrait également aider à conclure plus définitivement.

Prendre en compte le temps de relance, afin d'assurer le confort dès la reprise de l'activité dans le bâtiment.

## Pratiques constatées

## CONCEPTION

- ✓ Réflexion sur la pertinence d'un réduit en fonction de la destination d'usage, de la réponse du bâtiment (température et consommation) à différentes durées de réduit.

## RÉALISATION

- ✗ Régulation avec réglage d'usine.

## UTILISATION

- ✓ Optimisation des choix réalisés en conception pendant la vie du bâtiment.
- ✗ Mauvaise maîtrise du système de régulation (relance).

4. Les réduits sont observés à partir des mesures de température intérieure et des évolutions du besoin de chauffage.

## Impacts

### Consommation



Étudier au plus près l'impact de la mise en place d'un réduct, qu'il soit en place pour la nuit, le week-end ou les vacances, en fonction de chaque destination permet d'optimiser les **consommations de chauffage**.

### Confort



Si le choix se porte sur la mise en place d'un réduct, l'impact sur le **confort thermique en période de chauffe** est neutre, à condition que la relance soit optimisée pour que la température de consigne soit atteinte lors de l'arrivée des occupants.

Si le choix conduit à ne pas mettre en place de réduct, l'impact sur le **confort thermique en période de chauffe** est neutre.

### Autre

**Économie**: la mise en place d'un réduct peut entraîner l'installation d'une puissance supérieure, et donc un surcoût à l'achat de l'équipement.



# 10

## Maîtriser l'arrêt du refroidissement quand il n'est plus requis

### Bâtiments concernés



Bâtiments performants, tertiaires de bureaux



### Constats

23 bâtiments sur 141 sont climatisés. Les consommations mesurées oscillent entre 5 et 19 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an.

Dans certains cas, des consommations de refroidissement sont mesurées, alors que le bâtiment n'a pas besoin d'être refroidi (période d'inoccupation ou de chauffe, ventilateurs à l'arrêt...). Dans ces cas, la consommation augmente jusqu'à doubler par rapport à un fonctionnement optimisé.

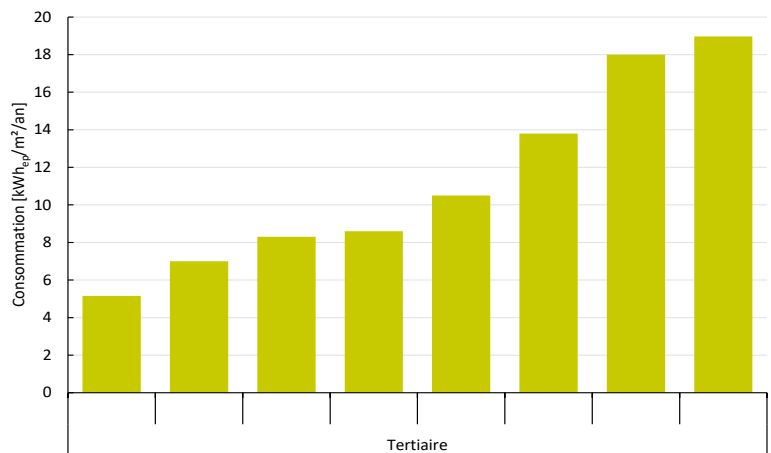


Illustration 18 - Les consommations de refroidissement observées oscillent entre 5 et 20 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an et sont fortement liées à l'usage

### Actions

- ✓ Vérifier l'asservissement effectif de la production de froid à la ventilation ou à la programmation, ainsi que son arrêt manuel éventuel après départ de l'occupant et hors saison.
- ✓ S'assurer de la régulation du refroidissement dans les périodes où elle n'est pas nécessaire.

### Pratiques constatées

#### CONCEPTION

- ✗ Appareil sans système de régulation, ou système trop complexe.

#### RÉALISATION

- Aucun constat.

#### UTILISATION

- ✗ Un pilotage par l'occupant non maîtrisé.
- ✗ Un groupe froid non asservi au fonctionnement de l'émission.
- ✗ Une climatisation encore active en hiver ou hors occupation.

### Impacts

#### Consommation



L'arrêt du refroidissement lorsqu'il n'est plus requis permet de réduire les **consommations de refroidissement**.

#### Confort

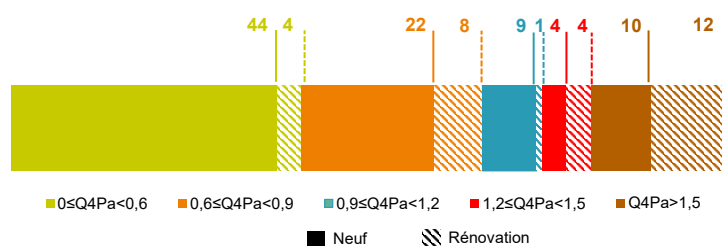
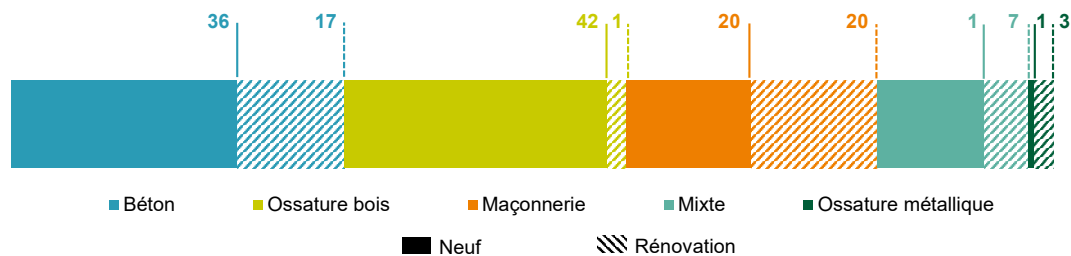


L'impact sur le **confort thermique d'été** est neutre, à condition que la relance soit correctement programmée.

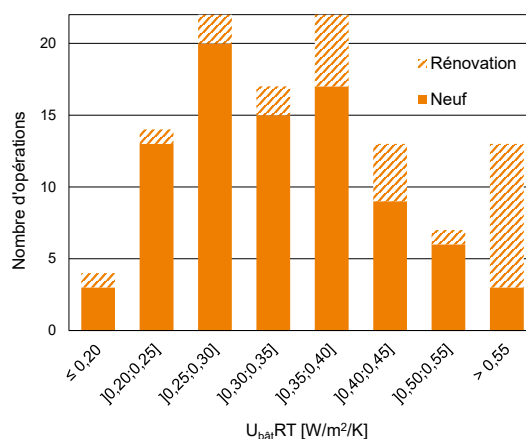


# LE PANEL DE BÂTIMENTS DÉMONSTRATEURS ÉVALUÉS

## Système constructif et qualité de l'enveloppe

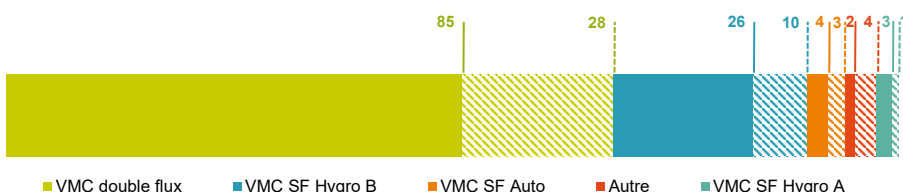
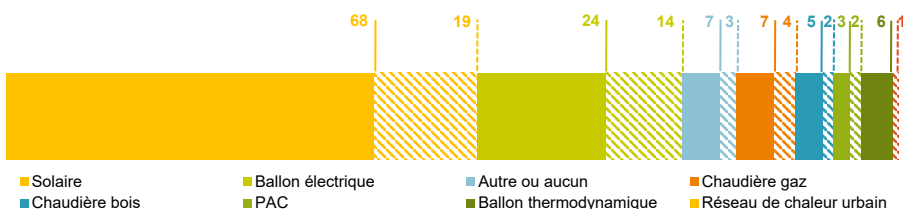
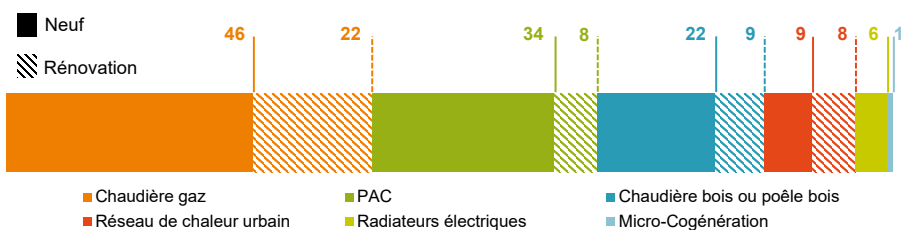


Mesure de la perméabilité à l'air à réception ou en phase chantier

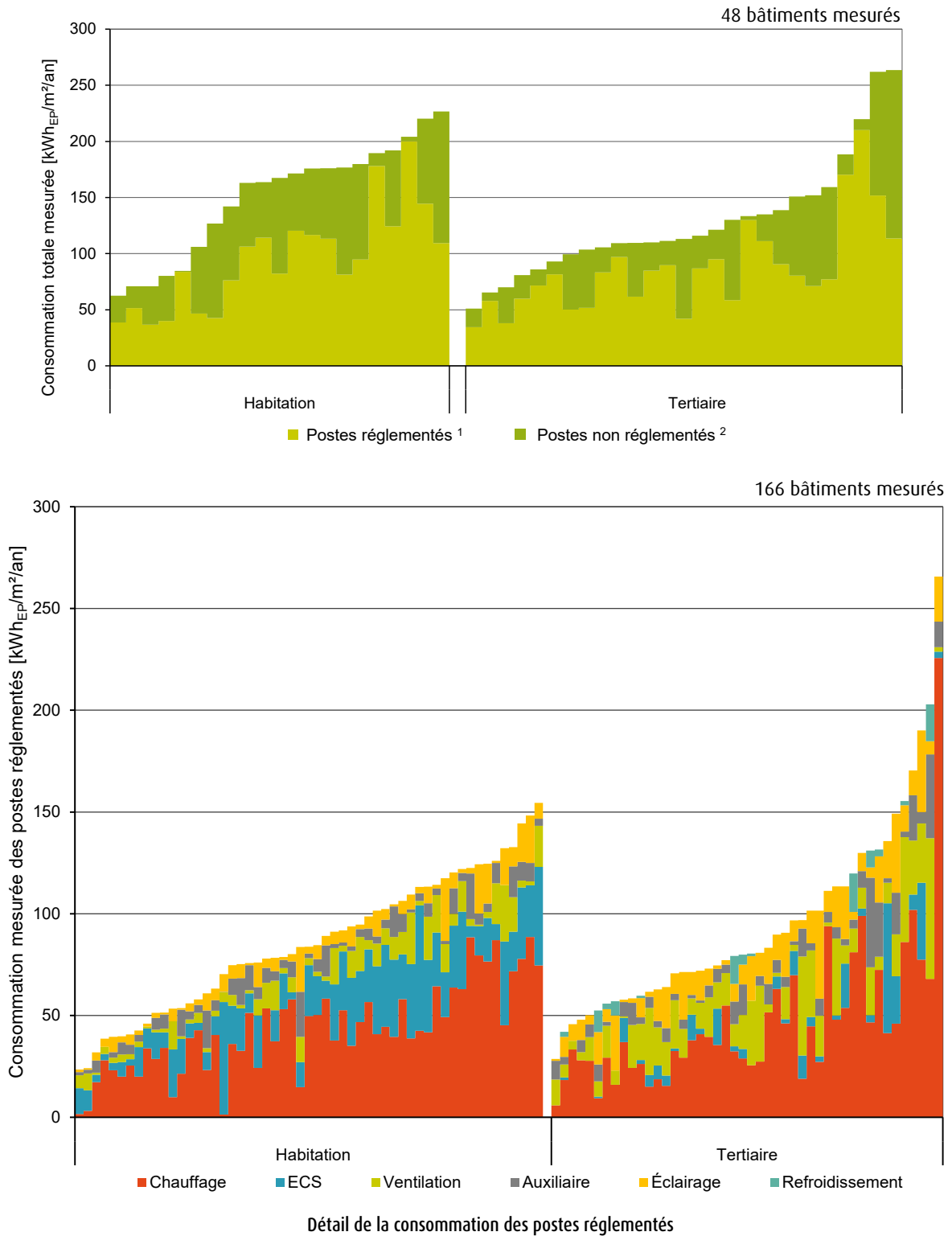


U<sub>bât</sub> théorique saisi dans le calcul RT

## Équipements de chauffage, production ECS et ventilation



## Consommation mesurée



1. Postes de consommation réglementés : chauffage, refroidissement, production d'eau chaude sanitaire, auxiliaires des systèmes thermiques, ventilation et éclairage.

2. Postes non réglementés : autres équipements immobiliers (ascenseurs, éclairage de sécurité, portes automatiques, pompes de relevage, gestion des accès...) et équipements mobiliers (bureautique, éclairage d'appoint, audiovisuel, électroménager...).

## Pour aller plus loin

En téléchargement gratuit sur [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

### ■ Bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie

Enseignements opérationnels tirés de 166 constructions et rénovations du programme Prebat – 2012-2019 (2021)  
Fiche de synthèse (2021)

### ■ Diminuer la consommation énergétique des bâtiments

Des actions simples et concrètes pour la gestion du patrimoine immobilier (2019)

### ■ 500 maisons rénovées basse consommation

Enseignements opérationnels des programmes « Je rénove BBC » en Alsace (2017)

### ■ Centre de ressources pour la réhabilitation responsable du bâti ancien (CREBA)

[www.rehabilitation-bati-ancien.fr](http://www.rehabilitation-bati-ancien.fr)

### ■ Réduire l'impact environnemental des bâtiments

Agir avec les occupants (2013)

### ■ Prise en compte des usages dans la gestion patrimoniale des bâtiments : expériences internationales - Série de fiches

### ■ Les missions et les métiers de l'exploitation et de la maintenance des bâtiments publics - Série de fiches

- Fiche n° 01 : La maîtrise des consommations d'énergie
- Fiche n° 02 : L'entretien et l'exploitation des installations de chauffage CVC
- Fiche n° 03 : Des repères pour optimiser ses contrats
- Fiche n° 04 : Le contrat de performance énergétique
- Fiche n° 05 : L'instrumentation : quels enjeux ?
- Fiche n° 06 : La Gestion technique du bâtiment - GTB

## Accompagnement du Cerema

<https://www.cerema.fr/fr/activites/services/mieux-gerer-votre-patrimoine-immobilier>

## Contacts

Constance.Lancelle@cerema.fr

Pascal.Cheippe@cerema.fr

Nicolas.Dore@ademe.fr

qc1.dgaln@developpement-durable.gouv.fr

**Le Cerema**, l'expertise publique pour la transition écologique et la cohésion des territoires.

Le Cerema est un établissement public qui apporte un appui scientifique et technique renforcé dans l'élaboration, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques publiques de l'aménagement et du développement durables. Centre de ressources et d'expertise, il a pour vocation de produire et de diffuser des connaissances et savoirs scientifiques et techniques ainsi que des solutions innovantes au cœur des projets territoriaux pour améliorer le cadre de vie des citoyens. Alliant à la fois expertise et transversalité, il met à disposition des méthodologies, outils et retours d'expérience auprès de tous les acteurs des territoires : collectivités territoriales, services de l'État et partenaires scientifiques, associations et particuliers, bureaux d'études et entreprises. [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)

**À l'ADEME** – l'Agence de la transition écologique –, nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse. Dans tous les domaines – énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... – nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions. À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

Aménagement et cohésion des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - infrastructures de transport - Habitat et bâtiment