

## 500 maisons rénovées basse consommation

*Enseignements opérationnels des programmes  
« Je rénove BBC » en Alsace*



## Fascicule C : les systèmes de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de ventilation



Fascicule C - juin 2017

**U**n des objectifs des programmes « Je rénove BBC » (JRBB) était de prioriser les travaux sur l’enveloppe, quitte à différer l’investissement sur les systèmes de chauffage et d’ECS. Ceci permettait, pour une opération donnée, de concentrer les efforts sur la réduction du besoin énergétique et d’optimiser ainsi les travaux dans une enveloppe budgétaire contrainte. Néanmoins, en pratique, un grand nombre de générateurs de chaleur ont été renouvelés ou installés, ce qui a entraîné une modification des énergies utilisées, aussi bien pour les systèmes de chauffage principaux, ceux d’appoint que de production d’ECS. Au cours de ces évolutions, il a été observé l’apparition de nouvelles problématiques portant sur un aspect sanitaire, à travers l’installation ou la conservation de poêles à bois dans un bâti rénové, étanche à l’air et ventilé.

La ventilation, quant à elle, constitue un point sensible de la rénovation. Elle assure en effet simultanément une fonction sanitaire pour les occupants et une fonction de préservation du bâti. Il s’agit cependant d’un poste fréquemment négligé, en raison d’une méconnaissance courante du fonctionnement des systèmes, de leur dimensionnement ou de leur entretien, qui peut s’avérer particulièrement problématique dans les bâtiments étanches à basse consommation.

Ce fascicule aborde en premier lieu l’évolution des énergies et des types de systèmes de génération. Par la suite, un point d’attention sur les poêles à bois est développé. Enfin, un bilan de la qualité des installations de ventilation est réalisé.

# SOMMAIRE

<b>COMPARAISON AVANT/APRÈS TRAVAUX DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET D’ECS ...</b>	<b>3</b>
Évolution des énergies de chauffage et d’ECS.....	3
Évolution des systèmes de chauffage et d’ECS .....	8
<b>FOCUS SUR LES POÊLES À BOIS .....</b>	<b>11</b>
La problématique .....	11
Les facteurs d’influence.....	12
<b>LA QUALITÉ DES SYSTÈMES DE VENTILATION .....</b>	<b>13</b>
Les systèmes de ventilation mis en œuvre .....	13
Points de vigilance sur la ventilation.....	14
<b>ANNEXES TECHNIQUES.....</b>	<b>18</b>



## COMPARAISON AVANT/APRÈS TRAVAUX DES SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET D'ECS

### Évolution des énergies de chauffage et d'ECS

L'objet de cette partie est de constater comment ont évolué les énergies de chauffage et d'ECS entre l'avant et l'après-travaux. Pour cela, les données statistiques utilisées incluent les programmes « 50 chantiers pionniers » (56 logements) et « Je rénove BBC » (243 logements) pour un total de 299 occurrences. Les objectifs des « 50 chantiers pionniers » portant sur les consommations d'énergie primaire, les émissions de CO<sub>2</sub> et la facture énergétique, les « 50 chantiers pionniers » (50 CP) sont plus susceptibles d'avoir réalisé des travaux sur les systèmes que les chantiers « Je rénove BBC » (JRBB).

Les proportions de changement et de non-changement de système de production de chaleur se répartissent comme indiqué dans les deux figures ci-dessous.

Nous constatons qu'une plus grande part d'opérations JRBB ont eu lieu sans changement des systèmes au regard des opérations 50 CP. Cela s'explique par la possibilité, laissée dans le programme JRBB, de différer l'investissement sur les systèmes pour privilégier les investissements sur l'enveloppe. Une grande majorité des opérations des deux programmes (respectivement 89 % pour 50 CP et 63 % pour JRBB) ont fait des travaux concernant les systèmes.

Le grand nombre de changements de modes de production de chaleur ou d'ECS, partiels ou globaux, amène à des évolutions des énergies et des équipements utilisés, lesquelles seront développées dans les paragraphes suivants.

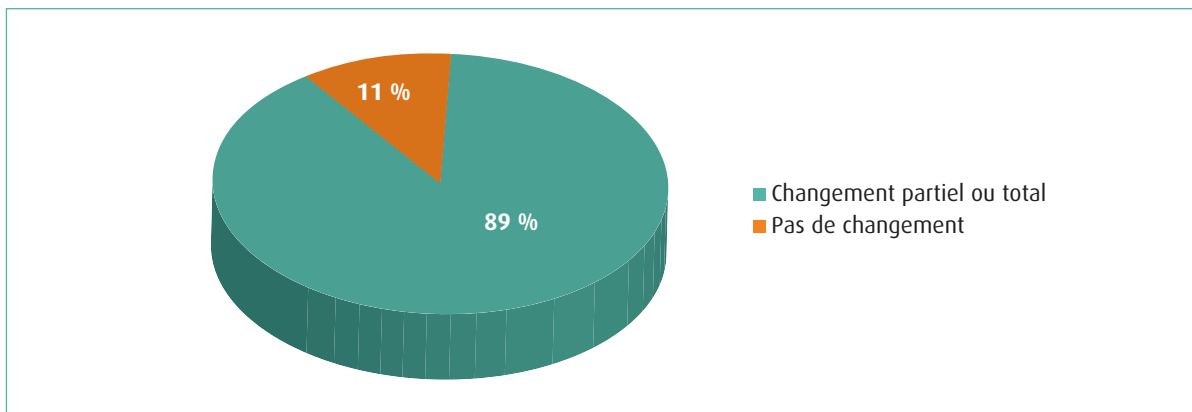


Figure 1 : Répartition des rénovations 50 CP, avec ou sans changement des générateurs de chaleur (chauffage et ECS).

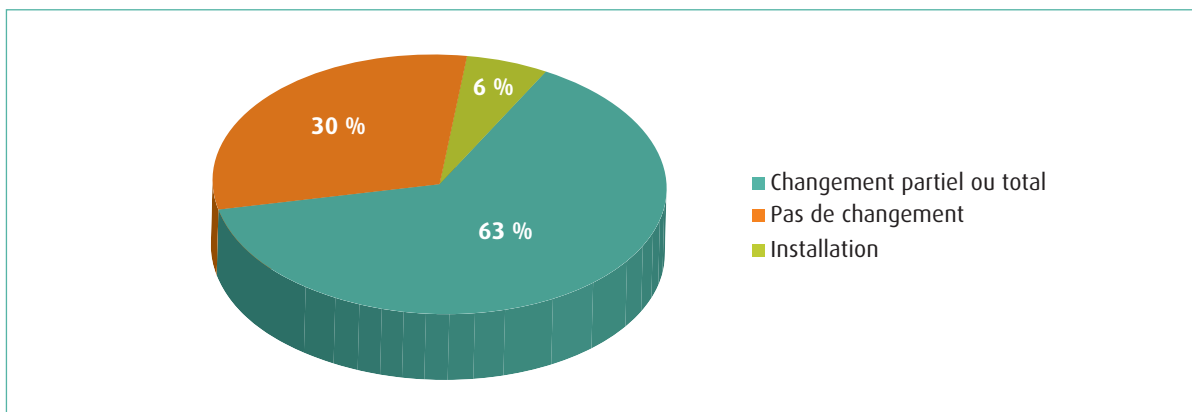
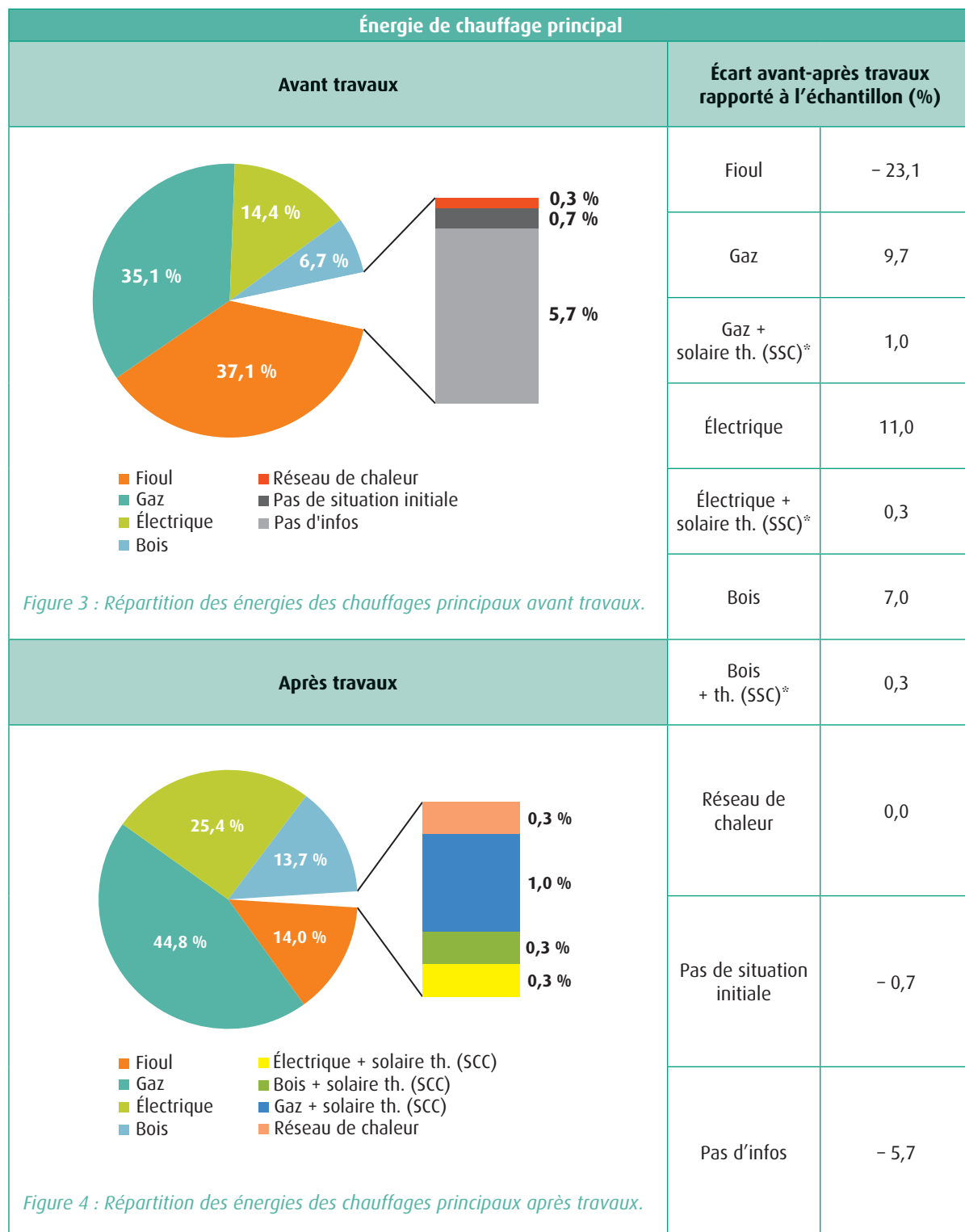


Figure 2 : Répartition des rénovations JRBB, avec ou sans changement des générateurs de chaleur (chauffage et ECS).

## ■ Évolution des énergies de chauffage

D'après les renseignements recueillis durant le suivi des opérations, il est possible d'observer l'évolution des énergies de chauffage principal.



\* Solaire thermique (système solaire combiné).

Après rénovation, le gaz devient majoritaire (134 ; 44,8 %), suivi par l'électricité (76 ; 25,4 %), puis le bois et le fioul qui se retrouvent dans les mêmes proportions (respectivement 41 ; 13,7 % et 42 ; 14 %). Les trois énergies en forte croissance sont l'électricité (+ 11 %), le gaz (+ 10 %) et le bois (+ 7 %), ceci au détriment du fioul (- 23 %). Les couplages énergie solaire thermique - autre énergie se développent, mais demeurent négligeables (+ 2 %).

Les occurrences nommées « Pas de situation initiale » correspondent à des opérations de transformation (ex. : grange).

En parallèle des systèmes de génération de chauffage principal, les chauffages d'appoint ont connu un développement notable, explicité dans le tableau ci-dessous.

Énergie de chauffage d'appoint			
Avant travaux	Après travaux	Écart avant-après travaux rapporté à l'échantillon (%)	
<p>■ Sans énergie d'appoint ■ Bois ■ Électrique ■ Gaz</p> <p>Figure 5 : Répartition des énergies de chauffages d'appoint avant travaux.</p>	<p>■ Sans énergie d'appoint ■ Bois ■ Électrique ■ Gaz</p> <p>Figure 6 : Répartition des énergies de chauffages d'appoint après travaux.</p>	Bois	9,0
		Électrique	0,0
		Gaz	- 0,3
		Pas d'infos	- 0,7
		Sans énergie d'appoint	- 8,1

D'une manière générale, l'utilisation de procédés de chauffage d'appoint passe de 10,3 % avant travaux à 19,1 % après travaux et se traduit par une évolution sur l'échantillon de + 8,8 %. Cette évolution réside dans l'utilisation du bois comme appoint, qui reste majoritaire après rénovation.

L'usage de l'électricité comme appoint reste stable. L'appoint bois est utilisé principalement avec les énergies de chauffage électrique (100 %), gaz (95 %) et fioul (90 %). À l'inverse, l'appoint électrique est utilisé dans le cas d'un chauffage principal électrique (71,4 %).

## ■ Évolution des énergies de production d'ECS

Énergie des générateurs d'ECS			
Avant travaux		Écart avant-après travaux rapporté à l'échantillon (%)	
<p>Figure 7 : Proportions des énergies de production d'ECS. avant travaux.</p>	Gaz	3,0	
	Électrique	11,7	
	Fioul	-20,7	
	Bois	2,3	
	Réseau de chaleur	0,0	
Après travaux			
<p>Figure 8 : Proportions des énergies de production d'ECS après travaux.</p>	Solaire (dont scc) + gaz	2,0	
	Solaire (dont scc) + électrique	7,7	
	Solaire (dont scc) + bois	0,3	
	Pas d'infos	- 0,7	
	Pas de situation initiale ou de système d'ECS	- 5,7	
	Gaz	34,4	
	Électrique	40,8	

Comme pour les énergies de chauffage, les énergies utilisées pour la production d'ECS ont vu une augmentation du recours à l'électricité (+ 11,7 %), au gaz (+ 3,0 %) et au bois (+ 2,3 %), toujours au détriment du fioul (- 20,7 %). Le couplage solaire thermique-électricité connaît également une forte progression (+ 7,7 %).

Ainsi, l'électricité devient majoritaire (40,8 %), suivie du gaz (34,4 %). Le couplage solaire thermique-électricité occupe la troisième place, avec une part de 8,7 % des cas.

### ■ Évolution des liaisons de générations chauffage / ECS

Lors d'une rénovation avec changement total ou partiel des systèmes de production de chaleur, la génération de chauffage et d'ECS peut être liée (i.e. assurée par le même système) ou non, selon les opportunités économiques. Ce taux de liaison fait l'objet du développement suivant.

Liaisons générations chauffage / ECS			
Avant travaux	Après travaux	Écart avant-après travaux rapporté à l'échantillon (%)	
<p>Figure 9 : Proportions de liaison des systèmes de chauffage et d'ECS avant travaux.</p>	<p>Figure 10 : Proportions de liaison des systèmes de chauffage et d'ECS après travaux.</p>	Non	6,4
		Oui	- 0,7
		Pas de situation initiale	- 5,0
		Pas d'infos	- 0,7

Le nombre de cas avec liaison n'a pas évolué, c'est dans les cas sans situation initiale (e.g. réhabilitation d'une grange) qu'ont été installés des systèmes séparés pour le chauffage et la production d'ECS. L'évolution du taux de liaison s'explique aussi par l'augmentation de la part du chauffage au bois (poêle).

Un développement particulier des évolutions après rénovation par énergie de chauffage principal et de production d'ECS est présenté en annexe. Outre l'évolution des usages des énergies, il est possible de constater une évolution des équipements de génération qui fait l'objet du paragraphe suivant.

## Évolution des systèmes de chauffage et d'ECS

### ■ Évolution des systèmes de chauffage principal

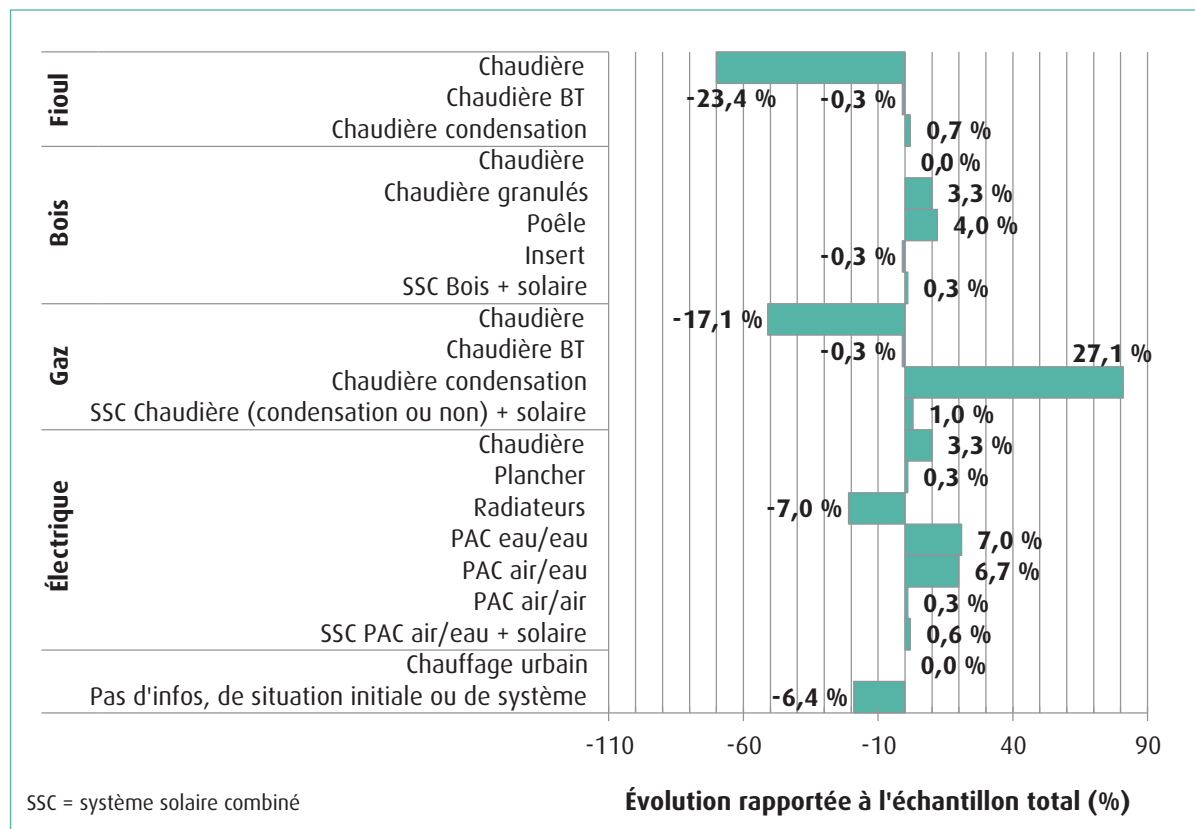


Figure 11 : Évolution des systèmes de chauffage principal en occurrences et en différences rapportée à l'échantillon total (299).

Les chaudières gaz à condensation ont connu un fort développement (+ 27,1 %), absorbant a priori en partie les installations fioul, mais également en renouvelant les anciennes générations de chaudières gaz (- 17,1 %). Les installations électriques progressent grâce à l'installation de PAC eau/eau (+ 7 %), air/eau (+ 6,7 %) et, dans une moindre mesure, de chaudières électriques (3,3 %) alors que les radiateurs électriques sont globalement en recul (- 7,0 %). Les générations bois ont également connu

une progression notable avec les poêles à bois (+ 4 %) et les chaudières à bois (+ 3,3 %). Enfin, les systèmes par SSC évoluent, mais de manière négligeable (entre + 0,3 et 1 %). En cohérence avec l'évolution des énergies de chauffage, on constate un fort retrait des chaudières fioul (- 23,4 %) au bénéfice d'autres systèmes. La même approche est reproduite vis-à-vis des générateurs de chauffage d'appoint dans le paragraphe suivant.



## ■ Évolution des systèmes de chauffage d'appoint

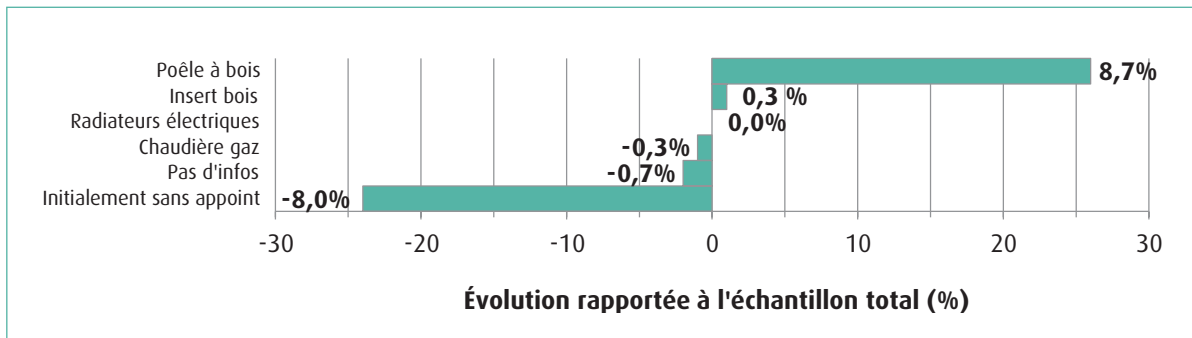


Figure 12 : Évolution des systèmes de chauffage d'appoint en occurrences et différences rapportées à l'échantillon équipé après travaux (299).

En cohérence avec les constats de la première partie, les travaux sur les chauffages d'appoint sont dominés par l'installation de poêles à bois, alors que le nombre d'appoints électriques n'évolue pas.

## ■ Évolution des systèmes de production d'ECS

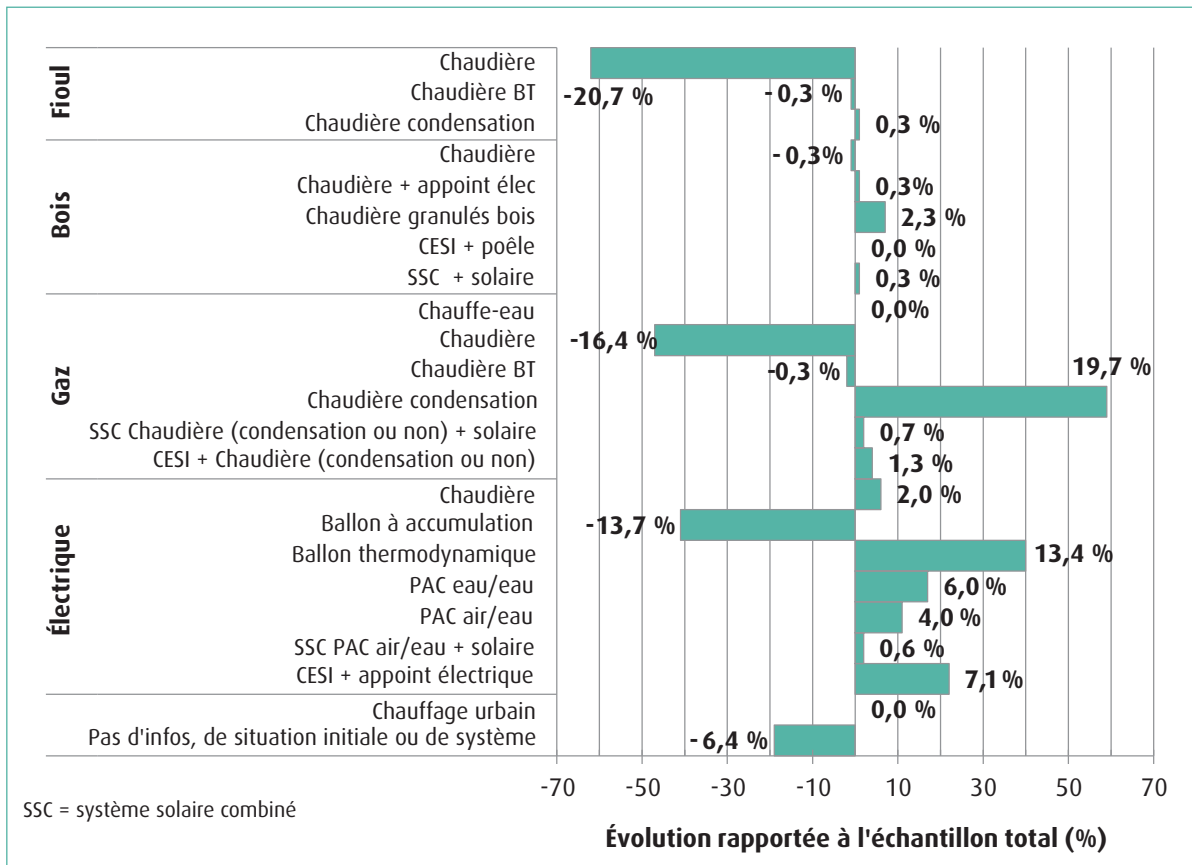


Figure 13 : Évolution des générateurs d'ECS en occurrences et différences rapportées à l'échantillon (299).

La production d'ECS, dans la majorité des cas, est effectuée par le système de chauffage principal. Ainsi nous retrouvons les mêmes constats d'évolution que pour ce dernier. En ce qui concerne les systèmes non liés, les ballons électriques accusent globalement un fort retrait (- 13,7 %) alors que les ballons thermodynamiques (+13,4 %) et les chauffe-eau solaires individuels (CESI) + appoint électrique connaissent des augmentations significatives (+7,1 %). Les évolutions observées sont bien en accord avec le constat d'une augmentation de l'électricité et du couplage solaire thermique-électricité dans les énergies de production d'ECS (cf. paragraphe 1.1).

**En conclusion sur l'évolution des énergies de chauffage, le fioul connaît un fort recul alors que le gaz, l'électricité et le bois connaissent des augmentations significatives.**

**Pour les énergies de production d'ECS, le constat est identique pour le fioul et ce sont l'électricité ainsi que le couplage solaire thermique-électricité qui présentent les accroissements les plus significatifs.**

En termes de système de chauffage, **les chaudières fioul et gaz sont en forte baisse, suivies par les radiateurs électriques alors que les chaudières à condensation sont en augmentation de manière importante, suivies par les PAC puis les systèmes bois (chaudières et poêles).**

Pour les systèmes de production d'ECS, parmi les baisses on retrouve les chaudières fioul et gaz double usage ainsi que les ballons électriques, tandis que, parmi les accroissements, sont présents les chaudières gaz à condensation et les PAC double usage ainsi que les ballons thermodynamiques et les CESI + appoint électrique. Enfin, **les installations de chauffage d'appoint progressent et restent dominées par les poêles à bois.**

Dans l'analyse de l'évolution des systèmes, nous avons constaté qu'un nombre important de poêles à bois ont été mis en place. Cependant, durant le suivi des deux programmes, il s'est avéré que l'installation de tels systèmes sans précautions spécifiques a pu entraîner des risques sanitaires importants pour l'occupant. Ce point d'attention fait l'objet de la partie suivante.



## FOCUS SUR LES POÊLES À BOIS

Dans le cadre des projets des « 50 chantiers pionniers » et de « Je Rénove BBC », les maisons rénovées bénéficient d'une attention particulière au niveau de leur étanchéité à l'air et doivent, à la fin des travaux, respecter, lors du test d'infiltrométrie final, une mesure du coefficient Q4 inférieure à  $0,8 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ , l'objectif étant d'obtenir une valeur la plus faible possible. En effet, l'étanchéité à l'air des logements est maintenant incontournable pour atteindre de meilleures performances thermiques, mais peut cependant perturber le fonctionnement de certains équipements si cela n'est pas anticipé.

### La problématique

L'étanchéité à l'air associée à une ventilation mécanique peut perturber le fonctionnement de certains équipements tels que le chauffage d'appoint à combustible solide si ce dernier n'est pas étanche à l'air intérieur.

En effet, dans les bâtiments non étanches à l'air, les systèmes de combustion non étanches utilisent souvent l'air intérieur du logement comme air comburant. Ce dernier est renouvelé par les fuites d'air ou bien par une ventilation.

En revanche, dans les bâtiments étanches rénovés équipés d'une VMC, il peut y avoir une mise en concurrence des deux systèmes de tirage quand

une dépression où une surpression se crée (VMC, hotte aspirante, aspiration centralisée...). C'est lors de la création de cette dépression qu'il y a un risque de retour de fumées dans l'air du logement ou une inversion de tirage. Deux impacts se distinguent alors : une surconsommation, car la combustion est de mauvaise qualité, et un risque sanitaire, car les occupants sont susceptibles d'inhaler des gaz de combustion ( $\text{CO}_2$ , CO, COV).



**Ce dernier impact constitue un risque mortel de l'introduction de monoxyde carbone, incolore et inodore, dans l'air intérieur du logement.**



## Les facteurs d'influence

Les facteurs d'influence amenant à cette situation de dépression sont répertoriés en quatre groupes et analysés ci-dessous.

### Appareils de combustion

Appareil « ouvert » (prise d'air ambiant)	L'air comburant est pris à l'intérieur du logement. Il y a alors un risque de retour de fumée, selon le système de ventilation mis en place. Cet appareil nécessite une étude spécifique, voire est à proscrire pour certains systèmes de ventilation (VMC hygro réglable notamment).
Appareil à raccordement direct (prise d'air extérieur)	L'air comburant est directement pris à l'extérieur via un conduit qui n'est pas nécessairement étanche. Un risque de retour de fumée existe si ce conduit n'est pas bien dimensionné.
Appareil à circuit de combustion étanche	Un appareil à circuit de combustion étanche à l'air possède un fonctionnement totalement indépendant de l'air intérieur du bâtiment. Seuls les échanges thermiques sont possibles avec l'air ambiant. Les risques sont ici évités.

### VMC

VMC double flux	Une VMC double flux correctement calibrée fait entrer autant d'air qu'elle en extrait du logement. Cependant, le filtre sur l'air neuf peut s'encrasser, s'il n'est pas régulièrement nettoyé ou changé. Le débit d'entrée d'air va alors diminuer, alors que l'extracteur va essayer de maintenir son débit d'extraction constant. Cela provoque une mise en dépression du logement provoquant un risque d'un retour de fumées.
VMC simple flux hygro réglable	Le même problème que celui décrit avec la VMC double flux peut intervenir si les entrées d'air ne sont pas parfaitement ouvertes ou entretenues. Le bâti rentre donc en dépression, ce qui provoque un risque de retour de fumées. Note : Les systèmes de combustion ont tendance à assécher l'air intérieur et à provoquer la fermeture des entrées d'air hygroréglables, réduisant de ce fait le débit d'air.
VMC simple flux auto réglable	Les bouches nécessitent ici d'être bien entretenues. Le danger demeure présent, malgré une moindre probabilité car le débit ne s'adapte pas aux besoins d'air du foyer. L'intérêt thermique est cependant moins intéressant.

### Hottes

Hottes aspirantes	Lorsqu'elles sont en fonctionnement, les hottes aspirantes présentes dans les cuisines ont un débit très important (de 400 m <sup>3</sup> /h à plus de 1000 m <sup>3</sup> /h) qui peut mettre très fortement en dépression le logement. Quand ce facteur est couplé à une VMC, le risque de retour de fumée existe si l'appareil de combustion est ouvert ou si l'amenée d'air dédiée n'est pas correctement dimensionnée.
Hottes à recyclage	Celles-ci ne posent à priori pas de problème puisqu'elles relâchent autant d'air qu'elles en aspirent. La pression n'est donc pas modifiée et le bâtiment ne rentre pas en dépression.

### Conditions atmosphériques

Vents et températures	En plus du vent et des pressions extérieures, la température joue un rôle important : plus la température extérieure est faible, plus le tirage du feu sera important, ce qui améliorera la qualité de la combustion. Lorsque les températures extérieures sont douces, le tirage peut être faible et les risques de mauvaises combustions sont alors bien plus importants.
-----------------------	---

Ainsi, les cas les plus défavorables apparaissent lorsque plusieurs de ces facteurs perturbateurs interviennent en même temps (appareil ouvert, VMC hygroréglable, hotte aspirante...).

Des recommandations professionnelles pour la conception et l'installation des poêles à bois sont disponibles dans les guides du programme RAGE : « *les appareils*

*de chauffage divisé à bûches en habitat individuel* » et « *les appareils de chauffage divisé à granulés en habitat individuel* », publiés en septembre 2015.

L'installation d'un détecteur de monoxyde de carbone est recommandée par ailleurs pour prévenir ce risque sanitaire aux conséquences potentiellement mortelles.



## LA QUALITÉ DES SYSTÈMES DE VENTILATION

### Les systèmes de ventilation mis en œuvre

#### ■ Présentation des systèmes de ventilation rencontrés

Nous présentons tout d'abord les différents types de systèmes de ventilation rencontrés dans les logements analysés, avant et après rénovation :

- la ventilation naturelle, par ouverture des fenêtres ;
- la ventilation mécanique simple flux par extraction, qui peut être autoréglable ou hygroréglable (type A ou type B) ;
- la ventilation mécanique double flux.

*NB : La VMC hygroréglable type A associe des bouches hygroréglables (débit variable) et des entrées d'air autoréglables (débit fixe).*

*La VMC hygroréglable type B associe des bouches hygroréglables et des entrées d'air hygroréglables permettant un gain thermique plus important que la VMC hygro A.*

Il est à noter que la mise en place d'un système de ventilation était obligatoire dans le cadre des programmes « 50 CP » et « JRBBC » : le cahier des charges imposait a minima la mise en place d'une ventilation mécanique simple flux type hygroréglable B.

En effet, les travaux d'isolation modifient la perméabilité à l'air des parois et la performance du système de ventilation influence par ailleurs les consommations énergétiques des bâtiments. Ces deux phénomènes justifient donc de revoir les installations en place pour éventuellement les remplacer par des systèmes plus adaptés. Ainsi, lors des rénovations du programme, la plupart des systèmes de ventilation ont été changés.

#### ■ Les systèmes de ventilation dans le panel étudié, avant rénovation

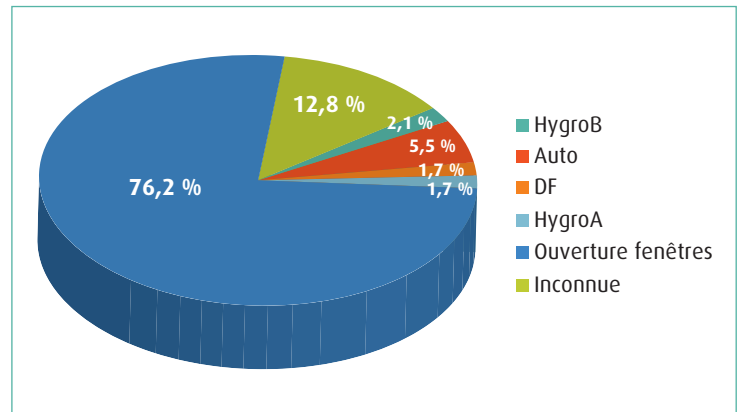


Figure 14 : Systèmes de ventilation avant travaux (308 bâtiments).

#### Avant travaux de rénovation, seuls 11 % des logements étaient déjà équipés de ventilation mécanique.

Environ 76 % des logements n'avaient aucun système de ventilation. Le renouvellement de l'air était alors uniquement assuré par aération (ouverture des fenêtres). Il faut souligner que seuls 5 % des logements du programme ont été construits après 1982, date de l'obligation de la ventilation générale et permanente. Ceci peut expliquer la faible part de ventilation mécanique avant travaux. Il est à noter environ 13 % des logements pour lesquels les systèmes préexistants n'étaient pas connus.

### ■ Les systèmes de ventilation dans le panel étudié, après rénovation

Après travaux, les logements (si l'on excepte la part de 3 % pour laquelle nous n'avons pas d'information) ont été dans leur ensemble équipés en ventilation mécanique (VMC double flux, VMC simple flux hygroréglable).

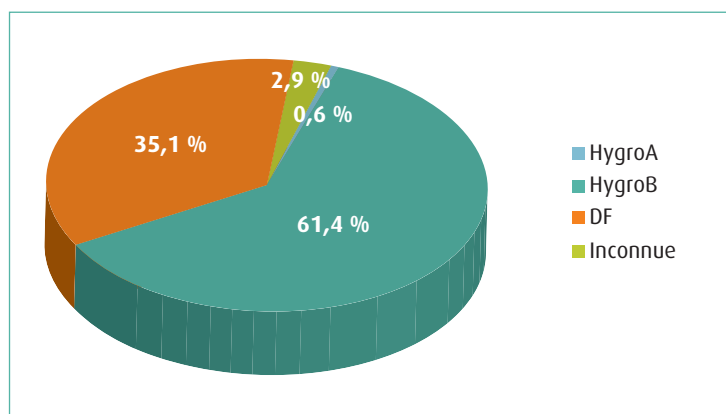


Figure 15 : Systèmes de ventilation après travaux (308 bâtiments).

**Le système le plus souvent mis en place est la ventilation simple flux hygroréglable B (environ 61 % des cas).**

**Le système double flux représente quant à lui environ 35 % des installations.** Il s'agit sans doute d'une volonté des maîtres d'œuvre de maîtriser les pertes énergétiques par renouvellement d'air. En effet, le double flux avec échangeur permet de réduire ces pertes en récupérant les calories sur l'air extrait.

*NB : Dans le cahier des charges du programme JRBBC, le rendement nominal de récupération pour les VMC double flux était fixé à 85 % minimum.*

La ventilation simple flux hygroréglable A, moins performante du point de vue thermique, est presque absente des nouvelles installations (moins de 1 %, dérogations accordées pour des chantiers équipés de poêles à bois).

### Points de vigilance sur la ventilation

Nous synthétisons ci-après les résultats de campagnes de contrôles et de mesures réalisées sur les systèmes de ventilation par Promotelec.

Sont successivement présentés :

- l'évaluation de la mise en œuvre des installations (approches statistique et qualitative) ;
- les aspects liés à la maintenance et à l'usager ;
- des préconisations générales à prendre.

### ■ Mise en œuvre des installations de ventilation

#### Approche statistique de la conformité des installations

Les contrôles effectués par Promotelec permettent d'évaluer le niveau de conformité des installations de ventilation, après rénovation.

Une installation est déclarée « non conforme » dans les cas suivants :

- le contrôle visuel met en évidence un défaut d'installation (bouche d'extraction absente, incohérence entre les types d'entrée et d'extraction d'air...);

ou

- les débits / pressions mesurés au niveau des bouches d'extraction sont insuffisants.

NB : S'agissant des mesures effectuées, il convient de faire quelques rappels :

Les mesures de débits sont représentatives du fonctionnement des bouches de VMC double flux. Par contre, pour ce qui concerne les bouches des VMC hygroréglables, dont les débits fluctuent selon les conditions ambiantes, la méthode la plus judicieuse consiste à mesurer la pression au niveau de la bouche.

Le graphique ci-dessous illustre les proportions d'installations conformes et non conformes, sur un panel de 60 logements.

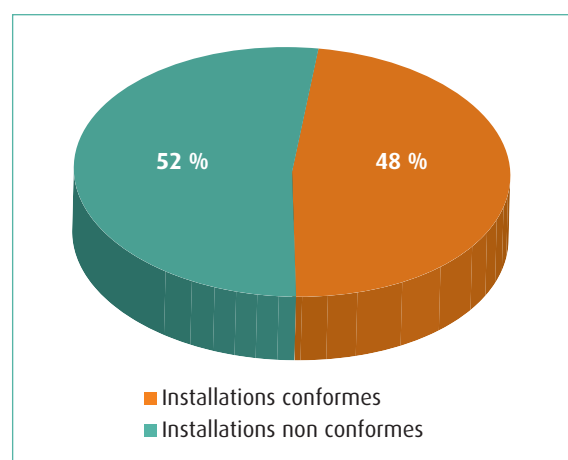


Figure 16 : Conformité des installations de ventilation (60 logements contrôlés).

Il apparaît que, sur 60 logements contrôlés, 31 (soit 52 %) se révèlent « non conformes » en matière de ventilation.

Parmi ces 31 cas :

- peu d'entre eux (4) relèvent d'un défaut d'installation repéré par un seul contrôle visuel sur les bouches d'entrée et d'extraction ;
- la très grande majorité (27) relèvent de débits / pressions mesurés qui se sont avérés insuffisants.

**Ces résultats statistiques montrent toute l'importance du contrôle de la mise en œuvre des installations de ventilation au cours du chantier et la nécessité d'effectuer des mesures de vérification des pressions/débits à la réception des travaux.**

Le point suivant illustre, de manière qualitative, les principaux défauts rencontrés.

### Approche qualitative des installations

#### – Cas des VMC simple flux hygroréglables

Comme mentionné précédemment, la plupart des systèmes mis en place lors des rénovations sont des VMC simple flux hygroréglables B.



Figure 17 : Réserve mortaise insuffisante - perçage sur chantier (source : Cerema).

Lors de la campagne de contrôles, divers dysfonctionnements ont été relevés pour ce type de VMC :

- des cas de bouches de ventilation (entrées ou extractions) non hygroréglables ont été relevés ;
- des entrées d'air, et même des bouches d'extraction, peuvent aussi manquer dans certaines pièces.

D'autres défauts touchent la mise en œuvre des bouches (figure 17), voire l'usage de occupants (figure 18).

#### – Cas des VMC double flux

La ventilation double flux, quant à elle, est un système relativement récent qui n'est pas toujours bien maîtrisé. Lors de la campagne de contrôles, divers dysfonctionnements ont été relevés :

- bouches mal placées : derrière un meuble par exemple (erreur qu'on retrouve également dans les systèmes de ventilation simple flux) ;
- remplacement des filtres à une fréquence insuffisante ;
- débits inversés entre extraction et insufflation : erreur lourde de conséquences qui occasionne des taux de CO<sub>2</sub> très élevés, notamment dans la chambre ;
- une VMC double flux fonctionnant sur minuterie a également été relevée contraire au principe réglementaire d'aération générale et permanente de l'arrêté du 24 mars 1982.



Figure 18 : Obstruction de la bouche d'extraction (source : Cerema).

#### *- Cas des réseaux aérauliques*

Les conduits pour acheminer l'air sont un composant essentiel pour la qualité du système, mais restent souvent négligés ou mal mis en œuvre. On peut ainsi observer :

- des problèmes de raccordement ;
- des étranglements de la gaine (figure 19) ;
- de mauvais calorifugeages, pouvant favoriser la condensation, donc les moisissures ;
- une mauvaise étanchéité des raccordements ;
- ou encore un entretien insuffisant.



Figure 19 : Écrasement de gaine  
(source : contrôles Promotelec).

#### **Maintenance et usage des systèmes de ventilation**

En ce qui concerne les défauts d'usage, on peut souligner l'obstruction des bouches par des meubles ou des radiateurs.

Par ailleurs, alors que le nouveau système de ventilation mis en place est une VMC double flux, certains usagers ont gardé l'habitude d'aérer continuellement par l'ouverture de fenêtres, ce qui a pour effet de déséquilibrer le réseau.

Enfin, le cas de non-remplacement de filtre, pour des systèmes de VMC double flux, a été rencontré. Ce défaut de maintenance entraîne l'encrassement du filtre, donc une perte d'efficacité énergétique et sur la qualité de l'air intérieur.

#### **Préconisations issues du retour d'expérience JRBBBC pour une bonne ventilation du bâtiment**

##### *- Préconisations au regard de l'installation et de l'entretien des systèmes*

Il est préconisé de faire appel à un artisan RGE (reconnu garant de l'environnement) pour la mise en œuvre de tous les éléments du système de ventilation (entrées d'air, bouches d'extraction et groupe de ventilation) afin d'assurer sa bonne mise en œuvre.

Il est également préconisé de respecter les avis techniques des systèmes posés en cours de validité disponibles sur le site du CSTB (<http://www.cstb.fr/evaluations/atec-et-dta/rechercher.html>) et de se rapprocher de son assureur.

Lors de l'installation des systèmes, il convient de veiller à la qualité de pose des différents éléments (bouches, gaines...) et, dans la mesure du possible, de préférer l'utilisation de gaines semi-rigides ou rigides dont l'entretien est plus facile.

Il faut s'assurer par ailleurs de la conformité des entrées et sorties d'air avec le nouveau système mis en place, notamment pour le simple flux hygroréglable.

Avant la livraison d'un bâtiment, les réseaux aérauliques doivent être réglés et équilibrés (avec des mesures de débits ou de pressions), même si la réglementation ne l'impose pas.

Il est important d'assurer un entretien régulier des systèmes, en particulier par le nettoyage régulier du bloc moto-ventilateur, des conduits et des bouches de ventilation, le maintien des sorties d'air en bon état de fonctionnement et un entretien général afin d'éviter leur encrassement.

Pour la VMC double flux, il faut ajouter le remplacement des filtres en entrée d'air et dans les blocs moto-ventilateurs.

##### *- Préconisations au regard de la pratique des occupants*

Les occupants jouent un rôle primordial dans la limitation des sources de pollution intérieure, le bon fonctionnement des systèmes et le renouvellement suffisant de l'air intérieur.

L'aération ponctuelle (en moyenne 10 minutes par jour) par ouverture des fenêtres et le nettoyage des entrées d'air et des bouches d'extraction sont une composante indispensable de la qualité de l'air intérieur.

Il est nécessaire également d'informer les habitants sur les systèmes mis en place dans leur logement et de leur en expliquer le fonctionnement afin d'éviter les comportements déviants.





## À retenir du fascicule

En ce qui concerne les systèmes de chauffage et d'ECS :

- après rénovation, la première énergie de chauffage principal est le gaz (environ 45 %), suivi par l'électricité (25 %) et, dans une moindre mesure, mais non négligeable, par le fioul et le bois (14 %). Les usages du fioul sont en forte réduction ;
- après rénovation, la proportion de chauffage d'appoint progresse principalement sous forme de poêles à bois (+ 9 %) ;
- après rénovation, la première énergie de production d'ECS est l'électricité (41 %) ; suivie par le gaz, le couplage solaire électrique, le fioul et le bois, dans des proportions proches ;
- les chaudières à condensation, les PAC, les ballons thermodynamiques, les chauffe-eau solaires individuels et les poêles à bois (majoritairement en appoint) ont été les principaux systèmes installés lors des travaux ;
- l'évolution des systèmes est à considérer au niveau de chaque cas, l'optimum technico-économique dépendant du système initial, des caractéristiques du bâti, du comportement du ménage et des possibilités financières de celui-ci.

En ce qui concerne spécifiquement les poêles à bois :

- ils ont fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre des programmes JRBBC, en raison de leurs interactions fortes avec les systèmes de ventilation et avec le renforcement de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe. Ainsi, un risque de retour de fumées peut apparaître lorsque plusieurs facteurs perturbateurs interviennent en même temps (appareil ouvert, VMC hygroréglable, hotte aspirante...) ;
- des recommandations professionnelles sont disponibles dans les guides du programme RAGE : « les appareils de chauffage divisé à bûches en habitat individuel » et « les appareils de chauffage divisé à granulés en habitat individuel », publiés en septembre 2015 ;
- l'installation d'un détecteur de monoxyde de carbone est recommandée pour prévenir ce risque sanitaire aux conséquences potentiellement mortelles.

En ce qui concerne les systèmes de ventilation :

- après rénovation, le système majoritairement mis en place est la ventilation mécanique simple flux hygroréglable B (61 %), suivie de la ventilation mécanique double flux (35 %) ;
- environ la moitié des installations de ventilation présentent des non-conformités : défauts d'installation relevés au niveau des bouches, mauvais raccordement des gaines, débits mesurés insuffisants...
- des contrôles visuels en cours de chantier et des mesures à la réception permettent d'éviter ces non-conformités ;
- l'usager doit également être sensibilisé au bon fonctionnement et à la maintenance de son système de ventilation.



## ANNEXES TECHNIQUES

### Rappel des dispositions réglementaires liées à la ventilation

Les **arrêtés du 24 mars 1982** et du **28 octobre 1983** définissent des débits extraits devant pouvoir être atteints en hiver, fixés en fonction du nombre de pièces principales du logement. Ces débits sont exigés pour les logements neufs. Il est recommandé de les suivre en rénovation.

Nombre de pièces principales	Débits d'air extraits (exprimés en m <sup>3</sup> /h)				
	Cuisine	Salle de bains	Autres salles d'eau	Cabinet d'aisance	
1	50	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	15	15
5 et +	135	30	15	30	15

Les dispositifs individuels de réglage (par exemple VMC double vitesse) permettent de **réduire les débits en respectant des valeurs minimales** pour l'air extrait en cuisine et le débit extrait total :

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal (en m <sup>3</sup> /h)	35	60	75	90	105	120	135
Débit minimal en cuisine (en m <sup>3</sup> /h)	20	30	45	45	45	45	45

Si le dispositif de modulation de débit est automatique, en fonction de la pollution dans la pièce ou de l'humidité (par exemple hygroréglable), les débits minimaux sont encore réduits :

	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal (en m <sup>3</sup> /h)	10	10	15	20	25	30	35

## Évolution après rénovation par énergie de chauffage principal et de production d'ECS

Évolution après rénovation par énergie de chauffage principal :

	Energie de chauffage après travaux							
Energie de chauffage avant travaux	Fioul (14 %)	Electrique (25,4 %)	Electrique + solaire (0,3 %)	Gaz (44,8 %)	Gaz + solaire (1,0 %)	Bois (13,7 %)	Bois + solaire (0,3 %)	réseau de chaleur (0,3 %)
Fioul (37,1 %)	37,8%	25,2%	0,0%	26,1%	0,9%	9,9%	0,0%	0,0%
Electrique (14,4 %)	0,0%	62,8%	2,3%	18,6%	0,0%	16,3%	0,0%	0,0%
Gaz (35,1 %)	0,0%	9,5%	0,0%	84,8%	1,9%	3,8%	0,0%	0,0%
Bois (6,7 %)	0,0%	15,0%	0,0%	5,0%	0,0%	80,0%	0,0%	0,0%
Autres (6,7 %)	0,0%	40,0%	0,0%	35,0%	0,0%	15,0%	5,0%	5,0%

L'évolution après rénovation des énergies de chauffage principal permet d'observer que les systèmes initialement à gaz le demeurent dans une très grande majorité des cas (84,8 %). L'électricité connaît la même tendance, mais dans une moindre mesure (62,8 %).

La conservation du système fioul après rénovation est beaucoup plus faible (37,8 %), au bénéfice principal de l'électricité (25,2 %) et du gaz (26,1 %). Le bois, utilisé initialement plus minoritairement (6,7 %), est généralement conservé (80 %).

Évolution après rénovation par énergie de production d'ECS :

	Energie de production d'ECS après travaux							
Energie de chauffage avant travaux	Fioul (7,7 %)	Electrique (40,8 %)	Electrique + solaire (8,7 %)	Gaz (34,4 %)	Gaz + solaire (2,3 %)	Bois (5,0 %)	Bois + solaire (0,7 %)	réseau de chaleur (0,3 %)
Fioul (28,4 %)	27,1%	37,6%	11,8%	17,6%	1,2%	4,7%	0,0%	0,0%
Electrique (29,1 %)	0,0%	70,1%	9,2%	16,1%	1,1%	3,4%	0,0%	0,0%
Electrique + solaire (1,0 %)	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Gaz (31,4 %)	0,0%	19,1%	3,2%	72,3%	4,3%	1,1%	0,0%	0,0%
Gaz + solaire (0,3 %)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Bois (2,7 %)	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%	75,0%	0,0%	0,0%
Bois + solaire (0,3 %)	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
Autres (6,7 %)	0,0%	45,0%	10,0%	30,0%	0,0%	5,0%	5,0%	5,0%

Les évolutions après rénovation des énergies de production d'ECS connaissent globalement les mêmes tendances que pour le chauffage. L'utilisation du gaz est conservée dans 72,3 % des cas. Dans le cas d'un remplacement, celui-ci se fait majoritairement au profit de l'électricité. Cette dernière énergie est également inchangée dans une proportion similaire (70,1 %). En cas de changement, l'électricité est préférentiellement remplacée par le gaz (16,1 %) et, plus ponctuellement, par l'ajout d'un appoint solaire (9,2 %). Le fioul connaît une réduction de son utilisation

encore plus marquée que pour les évolutions des énergies de chauffage, avec une conservation dans 27,1 % des cas considérés. Son remplacement se fait majoritairement par l'électricité, avec ou sans appoint solaire (respectivement 37,6 % et 11,8 % des cas), le gaz étant choisi dans 17,6 % des cas. Outre les choix du maître d'ouvrage et des différents systèmes de production disponibles, cette tendance plus prononcée en faveur de l'électricité peut s'expliquer par la possibilité ou non d'un raccordement du logement à un réseau gaz.

A - La performance énergétique globale et le confort thermique

B - La performance de l'enveloppe

C - Les systèmes de chauffage, d'ECS et de ventilation

D - Le bilan carbone des rénovations énergétiques

E - La qualité de l'air intérieur

F - La mise en œuvre

G - Les enseignements économiques

H - Les enseignements sociologiques

Directeur de publication  
Bernard Larrouturnou

Directeur délégué de publication  
Christian Curé

Maquettage  
PAO Concept

Impression  
JOUVE 53100 Mayenne

© 2017 - Cerema  
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

Collection  
Connaissances  
ISSN 2417-9701  
Dépôt légal : juin 2017



Fascicule réalisé sous la coordination de  
Sabine Mirtain-Roth (EDF) et Julien Burgholzer (Cerema)

### Rédacteurs

Vianney Leroy (EDF)  
Noëlie Daviau Pellegrin, Céline Duhau (Cerema)

### Contributeurs

Maxime Raynaud (EDF)  
Ludovic Parisot (BET HD2E)  
Julien Burgholzer (Cerema)

### Relecteurs

Matthieu Flahaut (Région Grand Est)  
Éric Gaspard (Ademe)  
Bertrand Chauvet (AQC)  
Marina Gaspard (Energivie.pro)  
Olivier Eber (ES)  
Fabien Auriat (DGALN)  
Philippe Jary, Cyril Pouvesle, Pascal Cheippe (Cerema)  
Laurent Grignon-Massé, Nadège Chatagnon (EDF)

### Contacts

sabine.mirtain@edf.fr  
julien.burgholzer@cerema.fr

**Boutique en ligne: [catalogue.territoires-ville.cerema.fr](http://catalogue.territoires-ville.cerema.fr)**

### La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées..

Aménagement et développement 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