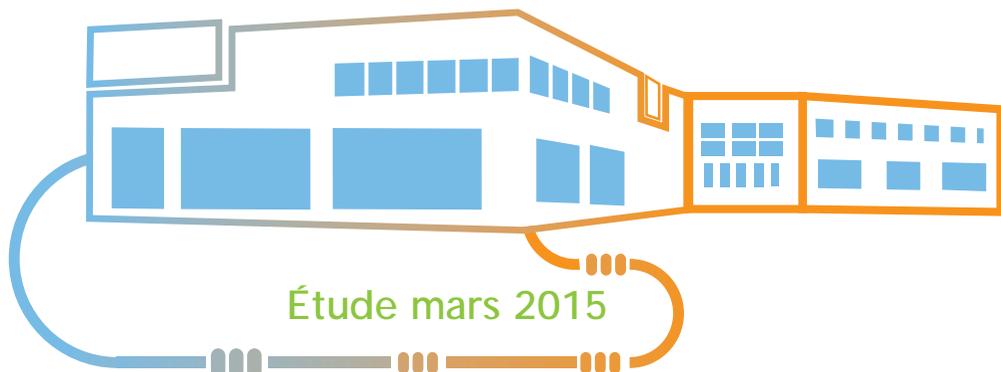




ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

La rénovation énergétique des bâtiments d'enseignement

Performance et potentiel des systèmes à eau chaude

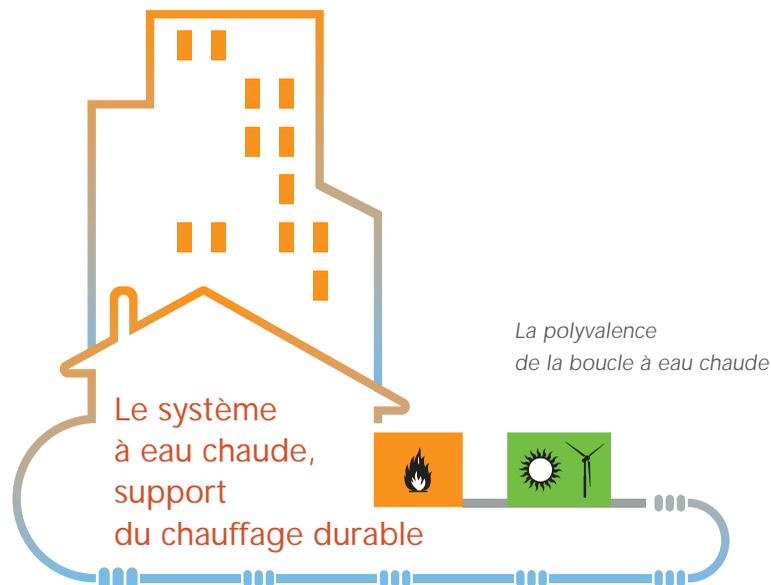


La polyvalence du système de chauffage à eau chaude

Le système de chauffage à eau chaude est porteur d'utilisation d'énergies renouvelables : géothermie, solaire thermique, les biocombustibles intégrant les bio-gazeux, liquides et solides. En tant que système évolutif, il permet d'intégrer des solutions performantes au fur et à mesure et d'améliorer la performance énergétique.

La boucle à eau chaude est un système performant avec des réductions d'émissions de CO₂ directement proportionnelles aux économies d'énergie. L'intégration d'un capteur solaire dans le système de la boucle à eau chaude permet d'obtenir 30% d'économie de CO₂, alors que l'utilisation d'une pompe à chaleur réduit de 50% les émissions de CO₂.

Les réseaux de chauffage urbain à eau chaude constituent un excellent vecteur pour les énergies renouvelables. Ils utilisent déjà plus de 20% d'énergies renouvelables pour chauffer 3 millions d'équivalents habitants et génèrent plus de 32% de la chaleur distribuée à partir de la cogénération.



Les matériels innovants économes

		Gain CO ₂ /énergie
Basse température		25 à 30%
Condensation		30 à 40%
Pompe à chaleur		> à 50%
Cogénération		35 à 40%

Les énergies renouvelables

Géothermie	
Aérothermie	
Solaire	
Bois - Biomasse	
Agrocombustibles	
Biocombustibles	

et demain...

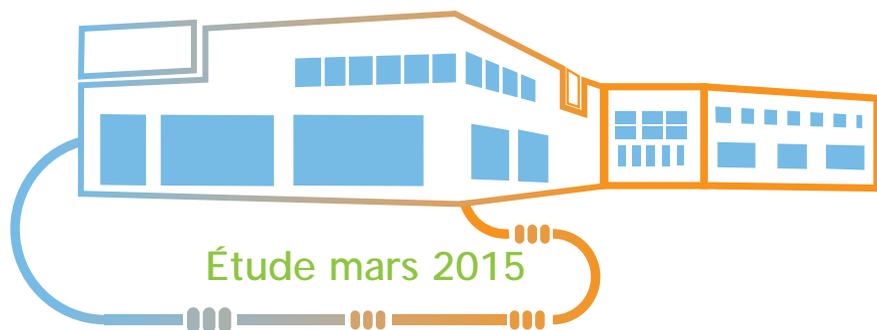
- Micro-cogénération
- Pile à combustible
- Hydrogène



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

La rénovation énergétique des bâtiments d'enseignement

Performance et potentiel des systèmes
à eau chaude



Sommaire

Éditorial	4
1. Contexte de l'étude	6
1.1. Contexte réglementaire	6
1.2. Le secteur tertiaire et celui des bâtiments d'enseignement	7
2. La méthodologie de l'étude	8
2.1. Typologies et bâtiments types retenus	8
2.2. Caractéristiques techniques initiales	9
2.3. Travaux pris en compte et niveaux de performance visés	12
2.4. Calculs	15
2.5. Zones climatiques	15
2.6. Investissements	15
2.7. Rentabilité	15
3. Enseignements de l'étude	16
3.1. Les niveaux de performance énergétique qu'il est possible d'atteindre	16
3.2. Structure des consommations énergétiques	18
3.2.1. Impact des zones climatiques dans les consommations	18
3.2.2. Structure des consommations énergétiques	19
3.2.3. Structure des investissements	20

4. Autres points clés d'une rénovation énergétique d'un bâtiment d'enseignement	22
4.1. Conception, réalisation, mise en service et maintenance	22
4.2. Le pilotage et la gestion des installations	24
4.3. L'importance de l'occupant	25
4.4. Une approche en Analyse du Cycle de Vie des bâtiments	27
5. Les propositions d'Énergies et Avenir	28
Annexes	31
La réglementation thermique pour les bâtiments existants du secteur tertiaire ..	32
Typologie du parc des bâtiments tertiaire	38
Caractéristiques synthétiques des bâtiments	40
Fiches méthodologiques	44
1. Bâtiment d'enseignement primaire	45
2. Bâtiment d'enseignement secondaire	50
Glossaire	55



La loi sur la transition énergétique pour la croissance verte fixe des objectifs ambitieux en matière de politique énergétique nationale à l'horizon 2050 : division par quatre des émissions des gaz à effet de serre, et réduction de 50% de la consommation énergétique. Dans ce contexte, la rénovation énergétique du parc existant est au cœur des solutions pour relever le défi de l'excellence énergétique et environnementale. Le Grenelle de l'environnement fixe d'ailleurs à 38% la réduction des consommations énergétiques du parc existant (résidentiel et tertiaire) avant 2020.

Pour sa part, le secteur tertiaire public et privé qui représente 912 millions de m² est à l'origine de plus de 30% de la consommation finale d'énergie du parc global des bâtiments résidentiel et tertiaire. C'est donc un très important gisement d'économies d'énergie, qui nécessite une attention toute particulière.

Si la loi relative à la transition énergétique prévoit des mesures rendant obligatoires certains travaux de rénovation énergétique dans le parc résidentiel, cette obligation légale existe d'ores et déjà dans le secteur tertiaire mais les modalités ne sont pas connues à la date de parution du présent Guide.

Au-delà de ces exigences réglementaires et des contraintes de performance qui y sont associées, une action volontaire d'un certain nombre d'acteurs, au moyen d'une Charte pour l'efficacité énergétique des bâtiments tertiaires publics et privés, a été lancée en octobre 2013 par le Plan Bâtiment Durable.

Pour réaliser cette transition énergétique souhaitée par tous, il est crucial d'identifier les travaux de rénovation énergétique les plus pertinents et offrant le meilleur compromis entre investissement et gains énergétiques.

Éditorial

Dans cette perspective, ce guide constitue le deuxième ouvrage d'Énergies et Avenir consacré aux établissements tertiaires¹, réalisé avec ses partenaires Énergies Demain, ADRET et en collaboration avec le CRIGEN (Centre de Recherche et d'Innovation Gaz et Énergies nouvelles).

Identifiant les solutions de travaux les plus performantes du point de vue de la faisabilité technique, économique et de l'excellence environnementale, la présente étude démontre le potentiel de la modernisation du système de chauffage pour l'atteinte de gains énergétiques jusqu'à 50%.

Parallèlement, et comme cela a pu être constaté dans l'analyse du secteur résidentiel, cette étude souligne la nécessité de favoriser des actions d'amélioration de la performance énergétique du parc tertiaire qui soient séquencées et ordonnées. A l'inverse des rénovations lourdes dont le temps de retour sur investissement est long, Énergies et Avenir préconise de privilégier un phasage des travaux « BBC compatibles ». Ce phasage permet de réduire le coût des investissements initiaux tout en générant des économies financières et énergétiques importantes et pérennes dès les premières étapes.

En d'autres termes, il s'agit de faire le choix de la complémentarité et de la hiérarchisation des solutions, n'obérant pas la réalisation de travaux futurs sur l'enveloppe, indispensable pour réussir la transition énergétique.

Hervé THELINGE
Président d'Énergies et Avenir

1. La rénovation énergétique des bâtiments de bureaux climatisés. Étude 2013.



1.1. Contexte réglementaire

Identifiée comme un levier déterminant de maîtrise des consommations d'énergie, la rénovation énergétique des bâtiments, en particulier du secteur tertiaire, fait l'objet d'importantes dispositions législatives et réglementaires issues du Grenelle de l'environnement, de directives européennes et bientôt de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

Plus précisément, il convient de rappeler que les secteurs résidentiel et tertiaire sont responsables de 44% des consommations d'énergie finale et de plus de 20% des émissions de gaz à effet de serre. Alors que le parc tertiaire est quant à lui comptable d'un tiers de ce bilan, les besoins de chauffage, bien qu'en baisse depuis plusieurs années, y demeurent élevés et ceux en climatisation et en électricité spécifique ne cessent de s'accroître, soulignant la nécessité d'engager rapidement des actions de rénovation énergétique.

Dans ce cadre, la France avec le Grenelle de l'environnement s'est fixée comme objectif de réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38% d'ici à 2020. Pour y arriver, le secteur tertiaire est au cœur du dispositif avec, notamment, la mise en place d'une obligation de travaux.

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Grenelle 2 », prévoit en effet dans son article 3 que « *des travaux d'amélioration de la performance énergétique seront réalisés dans les bâtiments existants à usage tertiaire ou dans lesquels s'exerce une activité de service public dans un délai de 8 ans à compter du 1^{er} janvier 2012* ». Cette mesure, tout « *en tenant compte de l'état initial et de la destination du bâtiment, de contraintes techniques exceptionnelles, de l'accessibilité des personnes handicapées ou à mobilité réduite ou de nécessités liées à la conservation du patrimoine historique* », impose des travaux destinés à réduire les consommations énergétiques des bâtiments tertiaires.

1. Le contexte de l'étude



1.2. Le secteur tertiaire et celui des bâtiments d'enseignement

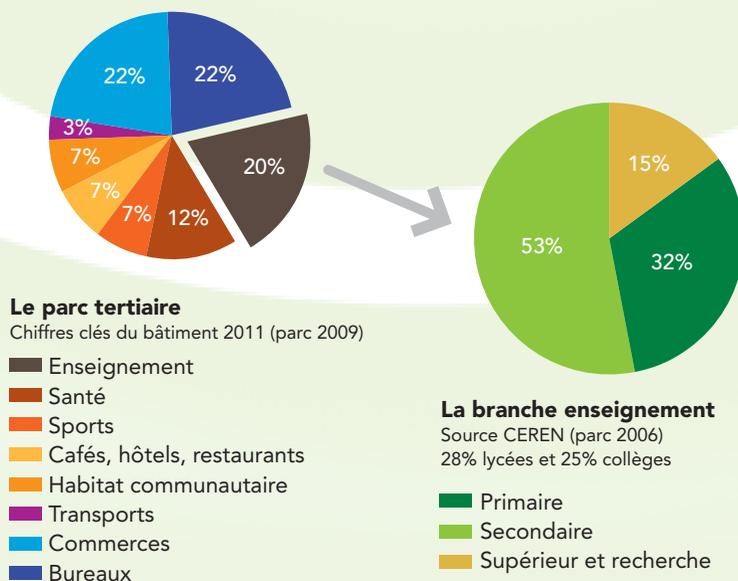
En France, le parc tertiaire représentait environ 912 millions de m² en 2009, soit environ 30% de la surface du parc résidentiel. Il est constitué de 8 branches, par ordre de surface décroissante (voir Figure 1) :

- Commerces,
- Bureaux,
- Enseignement,
- Santé,
- Sport, loisirs, culture,
- Café, hôtels, restaurants (CaHoRe),
- Habitat communautaire,
- Transports.

La croissance du secteur tertiaire se fait surtout par les constructions neuves (plus de 10 millions de m² par an en moyenne ces 10 dernières années).

Cette étude porte sur le parc de bâtiments d'enseignement qui représente 20% du total du parc tertiaire soit environ 180 millions de m².

Figure 1 : Segmentation du parc tertiaire et de bâtiments d'enseignement



Remarque : les établissements sont très majoritairement publics



2.1. Typologies et bâtiments types retenus

Suite à un travail de segmentation et de description du parc français de bâtiments d'enseignement réalisé par Énergies Demain, deux typologies de bâtiments ont été sélectionnées pour cette étude (voir Figure 2) :

- les bâtiments représentatifs du secteur d'enseignement primaire,
- les bâtiments représentatifs du secteur d'enseignement secondaire.

Ces deux typologies de bâtiment représentent près de 90% des bâtiments d'enseignement existants en France.

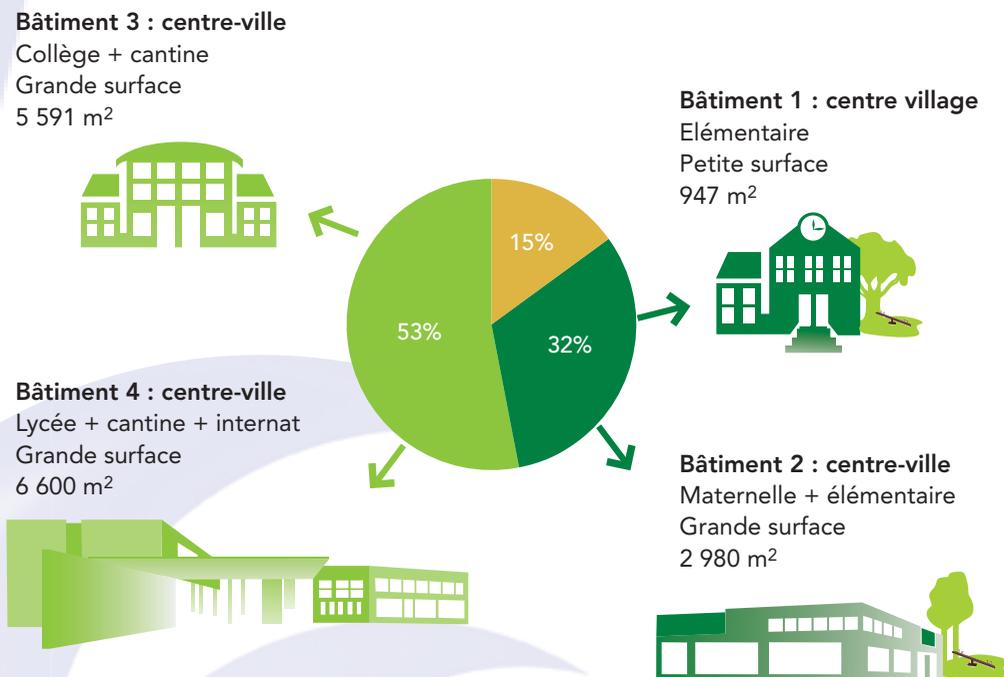
Sur la base des caractéristiques architecturales et techniques des typologies, quatre bâtiments types ont été étudiés :

- deux pour la typologie « bâtiments d'enseignement primaire »,
- deux pour la typologie « bâtiments d'enseignement secondaire ».

La surface et l'usage étant des facteurs déterminants pour le type de solution à mettre en œuvre, ces quatre bâtiments ont été choisis pour représenter une grande diversité de surfaces utiles, allant de moins de 1000 m² pour l'école élémentaire simple à plus de 6000 m² pour le lycée avec cantine et internat.

2. La méthodologie de l'étude

Figure 2 : Les typologies et les bâtiments types retenus pour l'étude



2.2. Caractéristiques techniques initiales

La plupart des bâtiments d'enseignement ont fait l'objet de rénovations depuis leur construction, mais il s'agit plutôt du changement de systèmes de chauffage ou de l'éclairage. Par conséquent, dans le cadre de cette étude, nous avons considéré les hypothèses suivantes :

- › Bâti : les caractéristiques sont celles de l'état initial, et n'atteignent pas les niveaux de performance du neuf actuel.
- › Systèmes : les équipements installés sont standards mais non obsolètes.

2. La méthodologie de l'étude

Les caractéristiques architecturales principales de ces bâtiments sont décrites dans le Tableau 1 et les caractéristiques des systèmes sont indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 1 : Caractéristiques initiales du bâti

Bâtiment 1 : École primaire de centre de village

Ubât = 1.103 W/m².K – Svitrages/SHON = 9% – SHON = 947 m²



École primaire début XX^e
Centre de village
Isolé sur parcelle R+2

Elle comprend une zone administration (bureau et salle des enseignants), une zone demi-pension et une zone d'enseignement sur 2 niveaux.

- › Murs extérieurs : pierres lame d'air + cloison brique
- › Menuiseries : bois simple vitrage
- › Plancher haut : combles 100 mm laine minérale + BA13
- › Plancher bas : sur vide sanitaire non isolé

Bâtiment 2 : École maternelle et élémentaire de centre-ville

Ubât = 1.904 W/m².K – Svitrages/SHON = 26% – SHON = 2980 m²



École maternelle et élémentaire 1985
Centre-ville
Isolé sur parcelle R+1

Elle comprend une zone administrative au RDC, une zone de restauration, des classes sur 2 niveaux et un gymnase à l'étage supérieur. Construction non mitoyenne en béton.

- › Murs extérieurs : structure béton ITI 60 mm PSE+BA10
- › Menuiseries : aluminium simple vitrage
- › Plancher haut : toiture-terrasse 60 mm PSE
- › Plancher bas : sur terre-plein non isolé

Bâtiment 3 : Collège de centre-ville

Ubât = 1.776 W/m².K – Svitrages/SHON = 10% – SHON = 5591 m²



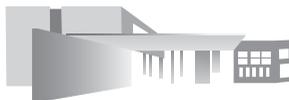
Collège avec cantine 1960
Centre-ville
Isolé sur parcelle R+3

Il comprend une zone administrative au RDC, une zone de restauration, et des classes sur 4 niveaux. Les façades en panneaux préfabriqués avec reliefs sont une des caractéristiques principales de ce collège en termes de bâti et sont à conserver. Construction non mitoyenne en béton.

- › Murs extérieurs : structure béton ITI 60 mm PSE+BA10
- › Menuiseries : aluminium simple vitrage
- › Plancher haut : toiture-terrasse 60 mm PSE
- › Plancher bas : sur terre-plein non isolé

Bâtiment 3 : Lycée de centre-ville

Ubât = 1.352 W/m².K – Svitrages/SHON = 13% – SHON = 6600 m²



Lycée avec cantine et internat 1970
Centre-ville
Isolé sur parcelle R+4

Il comprend une zone administrative au RDC, une zone de restauration, et des classes sur 4 niveaux. Les façades en panneaux préfabriqués avec reliefs sont une des caractéristiques principales de ce collège en termes de bâti et sont à conserver. Construction non mitoyenne en béton.

- › Murs extérieurs : structure béton ITI 50 mm TH48
- › Menuiseries : aluminium simple vitrage
- › Plancher haut : toiture-terrasse 40 mm PSE
- › Plancher bas : sur vide sanitaire non isolé

Tableau 2 : Caractéristiques initiales des systèmes de chauffage, ventilation, éclairage et d'ECS

Bâtiment 1 : École primaire de centre de village**Gaz/Fioul**

1 Chaudière Pn= 80 kW, rendement = 88% (PCS)

Électricité

Convecteurs électriques.

RCU

Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.

- › Distribution : réseau bitube calorifugé
- › Émission : radiateurs basse température
- › Éclairage : 10 W/m² + interrupteurs
- › Ventilation : VMC simple flux
- › ECS : ballon électrique

Bâtiment 2 : École maternelle et élémentaire de centre-ville**Gaz/Fioul**

2 Chaudières Pn= 180 kW, rendement = 89% (PCS)

Électricité

Convecteurs électriques.

RCU

Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.

- › Distribution : réseau bitube calorifugé
- › Émission : radiateurs acier
- › Éclairage : 15 W/m² + interrupteurs
- › Ventilation : naturelle
- › ECS : en chaufferie

Bâtiment 3 : Collège de centre-ville**Gaz/Fioul**

2 Chaudières Pn= 460 kW, rendement = 88% (PCS)

Électricité

Convecteurs électriques.

RCU

Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.

- › Distribution : réseau bitube calorifugé
- › Émission : radiateurs acier
- › Éclairage : 15 W/m² + interrupteurs
- › Ventilation : naturelle
- › ECS : en chaufferie

Bâtiment 3 : Lycée de centre-ville**Gaz/Fioul**

2 Chaudières Pn= 500 kW, rendement = 88% (PCS)

Électricité

Convecteurs électriques.

RCU

Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.

- › Distribution : réseau bitube calorifugé
- › Émission : radiateurs basse température
- › Éclairage : 15 W/m² + interrupteurs
- › Ventilation : VMC simple flux
- › ECS : en chaufferie

2. La méthodologie de l'étude



2.3. Travaux pris en compte et niveaux de performance visés

Trois scénarios de rénovation ont été testés pour chaque typologie retenue (voir Figure 3). Ils correspondent à des objectifs croissants de performance énergétique observés dans la pratique.

Figure 3 : Synthèse des travaux effectués dans chaque scénario de rénovation

SCÉNARIO 1 (SYST) Pas de niveau visé	SCÉNARIO 2 (SYST+ENV) Atteinte du niveau RT globale	SCÉNARIO 3 (BBC) Atteinte du niveau BBC rénovation
Remplacement des systèmes techniques	Remplacement des systèmes techniques	Remplacement des systèmes techniques
	Bâti initial rénové ($Ubât \approx Ubât\ ref$)	Bâti initial lourdement rénové ($Ubât \approx Ubât\ ref - 25\%$)
		Ajout de panneaux photovoltaïques si nécessaire

Les travaux d'isolation nécessitant un site inoccupé, ils sont rarement réalisés seuls, et dans la pratique sont couplés à d'autres travaux sur les équipements. C'est pourquoi un scénario « rénovation seule de l'enveloppe » n'a pas été étudié.

SCÉNARIO 1 : SYSTÈMES

Ce premier scénario de rénovation vise à étudier l'impact du changement des systèmes de production de chaleur sur la performance globale du bâtiment. Pour cela, l'énergie de chauffage du bâtiment est conservée et seul le système énergétique initial est remplacé par un ou des équipements performants (plusieurs solutions sont envisagées – elles concernent la génération, la distribution, l'émission et la programmation/régulation); les autres postes sont laissés dans leur état initial.

SCÉNARIO 2 : SYSTÈMES + ENVELOPPE

L'objectif de ce deuxième scénario de rénovation est d'obtenir des bâtiments respectant les exigences de la RT existant. Pour atteindre cet objectif :

- les mêmes systèmes énergétiques du scénario 1 sont étudiés,
- le bâti est rénové de manière à ce que l'isolation thermique de l'enveloppe ($Ubât^2$) soit environ égale à la référence de la RT existant,
- la rénovation des systèmes de ventilation, d'éclairage et des ouvrants en incluant la programmation/régulation associée est intégrée,
- des travaux annexes sont réalisés.

2. $Ubât$ est la mesure du niveau de performance de l'enveloppe utilisée dans le cadre de la RT existant et est exprimé en $W/m^2.K$. Plus le $Ubât$ est faible, plus l'enveloppe est performante en termes de pertes thermiques.

SCÉNARIO 3 : RÉNOVATION BBC

Les bâtiments sont ici rénovés dans le but d'atteindre le niveau BBC rénovation. Pour atteindre cet objectif :

- les systèmes énergétiques des scénarios 1 et 2 sont testés,
- des améliorations supplémentaires sont apportées par rapport au scénario 2 afin que l'isolation thermique de l'enveloppe (Ubât) soit plus performante d'environ 25% par rapport à la référence de la RT existant. Par expérience, nous estimons que ce niveau de performance permet généralement d'atteindre le niveau BBC rénovation,
- des travaux annexes sont réalisés (optimisation du pilotage de l'éclairage, de la ventilation...).

Ajout de panneaux photovoltaïques pour l'atteinte du niveau BBC rénovation : lorsque, malgré toutes les améliorations présentées précédemment, le niveau BBC rénovation n'est pas atteint, des panneaux photovoltaïques ont été ajoutés. Cet ajout est systématique dès lors que la consommation conventionnelle d'énergie primaire (le Cep) global n'atteint pas l'exigence du niveau label BBC rénovation.

Travaux sur les systèmes chauffage/refroidissement

Certains systèmes n'ont pas été étudiés car jugés peu pertinents pour ce type ou cette taille de bâtiment. Les bâtiments d'enseignement ont besoin de systèmes fiables, robustes et économiques, ne nécessitant pas ou peu de maintenance. De plus, la typologie de bâtiments étudiée ne nécessite pas de besoin de rafraîchissement, donc les systèmes réversibles sont défavorisés par leur coût élevé. Ces solutions coûteraient trop chers pour du chauffage seul.

La taille du bâtiment a influencé le choix de certains systèmes. Les systèmes étudiés correspondent aux matériels disponibles pour les puissances nécessaires. De plus, la multiplication des équipements en cascade a été évitée.

Les solutions utilisant une émission par soufflage d'air sont moins adaptées aux petites dimensions des salles de classe de l'enseignement primaire et secondaire. Dans les bâtiments existants, on les trouve surtout pour les salles de grand volume, comme les amphithéâtres de l'enseignement supérieur. Ces bâtiments ne sont pas intégrés dans cette étude, ces solutions n'ont donc pas été testées.

Gaz/Fioul

- › Chaudière à condensation et ventilo-convecteurs (CD),
- › Pompe à chaleur à moteur à combustion couplée à des ventilo-convecteurs (PAC moteur combustible).

2. La méthodologie de l'étude

Électricité

- › Pompe à chaleur électrique air/eau réversible et ventilo-convecteurs (PAC élec),
- › Système à détente directe type DRV.

Réseau de chaleur

- › Raccordement à un réseau de chaleur et ventilo-convecteurs (RCU).

Régulation de l'installation

- › Régulation de température pièce par pièce liée à la régulation de la production d'énergie,
- › Système de supervision et analyse des consommations énergétiques.

Détail des travaux annexes : les principaux travaux des scénarios de rénovation concernent le remplacement des systèmes de chauffage et l'amélioration du bâti. Cependant, des travaux dits annexes sont entrepris dans chaque scénario et contribuent (parfois fortement) à l'amélioration de la performance énergétique globale.

Ce qui est remplacé

- › Scénario 1 : changement de l'hydraulique et de la régulation associée aux systèmes.
- › Scénario 2 : mise en place d'une détection de présence pour l'éclairage et modification de la ventilation (hors solution double-flux non pris en compte dans le cadre de cette étude), avec système de régulation adéquat.
- › Scénario 3 : rénovation de l'éclairage consistant à remplacer les luminaires existants par des luminaires plus performants et à installer une gradation de l'éclairage, avec un système de régulation adéquat.

Ce qui est conservé

Dans toute l'étude, la distribution (bitube en cuivre ou acier calorifugé) est conservée.

Les caractéristiques des solutions de rénovation sont données en annexe par bâtiment et par scénario (Annexe – Caractéristiques synthétiques des bâtiments).



2.4. Calculs

Les consommations énergétiques ont été calculées avec la méthode de calcul Th-C-E ex. Elle est applicable à la RT existant et demandée par les organismes certificateurs dans le cas d'une demande de labellisation. Cette méthode dite « globale » de la RT existant ne s'applique que lorsque le montant des travaux est supérieur à un seuil d'environ 300 € HT/m² pour un bâtiment de plus de 1000 m² postérieur à 1948. Elle a été néanmoins utilisée pour les 4 bâtiments étudiés même si certains d'entre eux n'y sont pas soumis (surface inférieure à 1000 m² ou coût des travaux inférieur au seuil).



2.5. Zones climatiques

Deux zones climatiques ont été traitées, afin de couvrir un large panel de climats : H1a (Paris), et H3 (Nice).



2.6. Investissements

Les investissements sont issus de coûts moyens venant de l'expérience du BET et du CRIGEN. Ils incluent les frais de rénovation thermique avec ses coûts annexes ; en revanche les finitions ou les autres travaux pouvant être effectués au même moment sont exclus.



2.7. Rentabilité

Le prix des énergies pouvant varier dans le futur, il a été décidé de caractériser l'investissement nécessaire pour économiser 1 kilowattheure d'énergie primaire (kWep) plutôt que de calculer les temps de retour sur investissement.

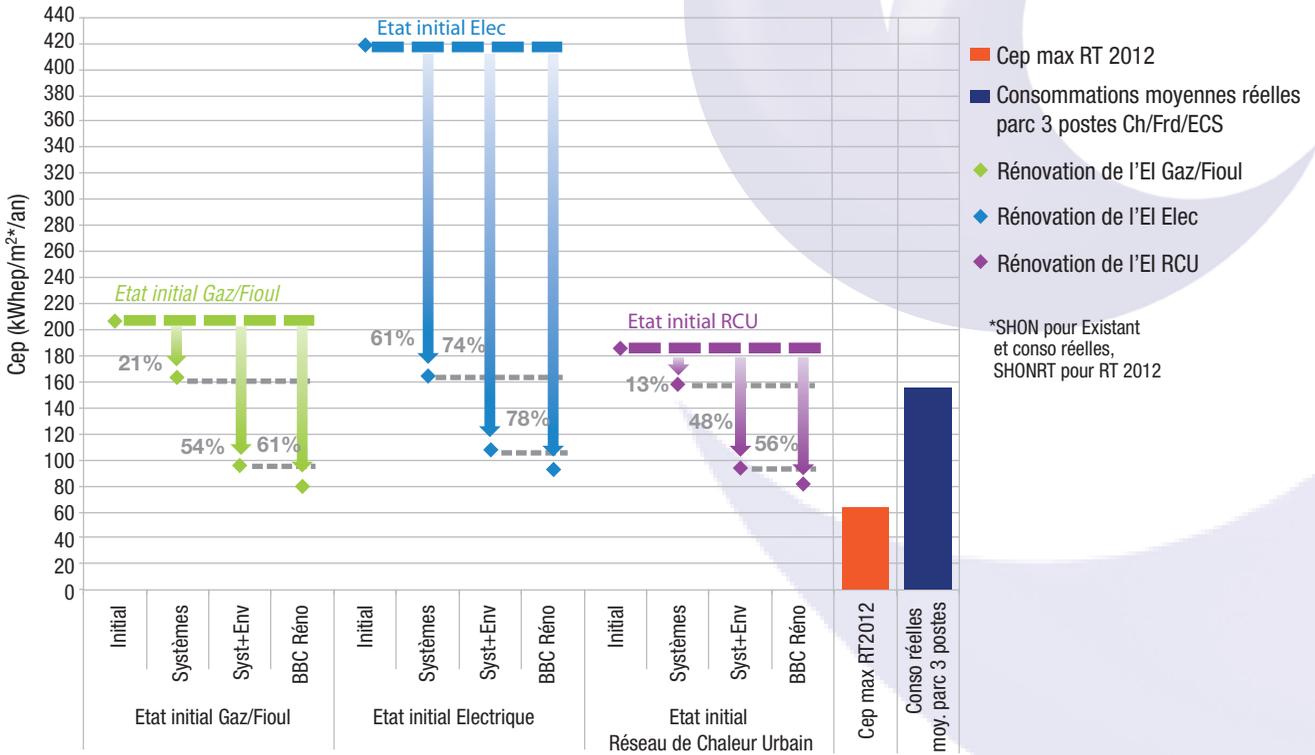
Deux bâtiments sont pris en exemple pour commenter les résultats en zone climatique H1a car ils sont représentatifs des grandes tendances observées :

- le bâtiment 2, école maternelle et élémentaire de centre-ville,
- le bâtiment 4, lycée de centre-ville avec cantine et internat.

➔ 3.1. Les niveaux de performance énergétique qu'il est possible d'atteindre

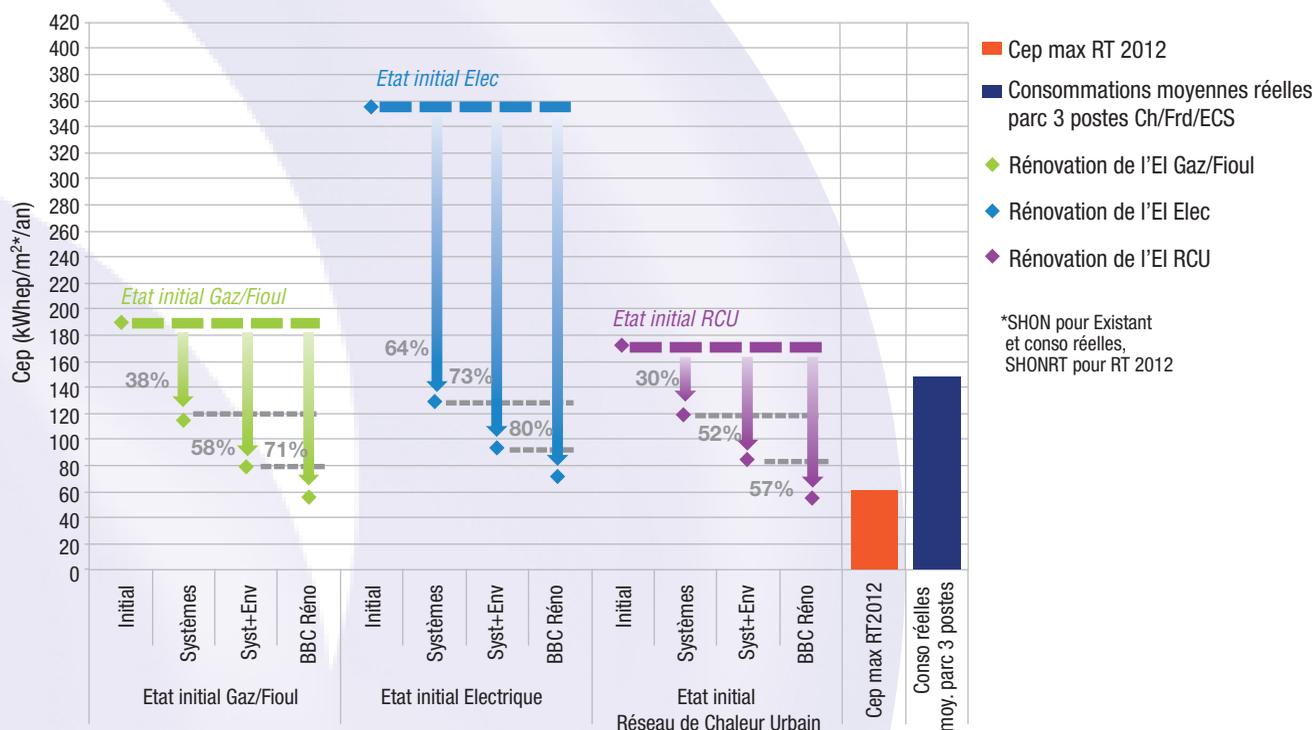
Figure 4 : Consommations énergétiques pour les bâtiments d'enseignement

Rénovation d'une école primaire (maternelle et élémentaire)
Niveaux de performance énergétique atteints en H1a



3. Enseignements de l'étude

Rénovation d'un Lycée de centre ville avec cantine et internat
Niveaux de performance énergétique atteints en H1a



Il faut noter que :

- les gains énergétiques sont élevés (entre 20 et 60%) dès le remplacement du système de chauffage,
- les bâtiments tertiaires d'enseignement peuvent être rénovés à de hauts niveaux de performance proches des niveaux de performance de la RT 2012 (les méthodes de calcul et les surfaces de référence sont différentes, mais les ordres de grandeur sont conservés) avec des bouquets de travaux portant sur la rénovation du système thermique et le traitement au moins partiel de l'enveloppe.

On remarque une très grande différence entre les gains pour les cas initiaux électrique et combustible. Toutefois, les niveaux de performance finaux sont quasi-identiques. Dans le cas électrique, le bâtiment est initialement chauffé par des convecteurs électriques très consommateurs et peu performants. Par conséquent, le remplacement par un système de boucle à eau chaude permet de générer des gains très importants et de profiter des possibilités d'évolutivité du système notamment au niveau du générateur.

Dans les autres cas, le niveau de performance initial est deux fois meilleur. Les gains générés par les solutions performantes du marché sont alors moins importants mais montrent un progrès significatif du rendement thermique et de régulation des générateurs de chauffage avec des gains de l'ordre de 20%.

3. Enseignements de l'étude

Pour l'atteinte du BBC rénovation, il est nécessaire de traiter de manière complète le bâti voire dans certains cas d'ajouter des panneaux photovoltaïques (cf. annexe 2). Ce niveau de performance pourrait aussi être atteint par la mise en place de travaux « par étapes » (une étape chaufferie et une étape bâti par exemple afin de ne pas induire trop de nuisances pour les occupants). Dans le cas de bâtiment d'enseignement, il y a une contrainte forte sur la durée des travaux qui doivent tenir dans la durée des vacances scolaires. Ce séquençage des travaux pourrait ainsi répondre à cette contrainte. En revanche, dans les cas d'une rénovation globale, il pourra s'avérer nécessaire de fermer l'établissement ou de mettre des préfabriqués provisoires pour réaliser l'ensemble des travaux simultanément.

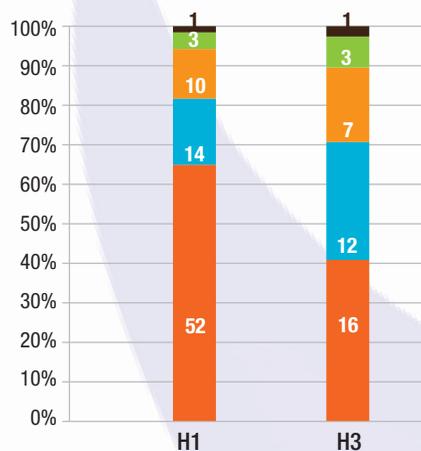


3.2. Structure des consommations énergétiques

3.2.1. Impact des zones climatiques dans les consommations

Les solutions techniques et le niveau d'investissement sont impactés par la typologie mais aussi par la zone climatique. Les tendances en termes de répartition de la consommation par poste sont identiques dans toutes les zones climatiques sauf pour les besoins en chauffage et en climatisation. Les premiers diminuent en allant de la zone H1a à la zone H3 et les seconds suivent une tendance inverse.

Rénovation d'une école primaire (maternelle et élémentaire)



Rénovation d'un lycée de centre-ville avec cantine et internat

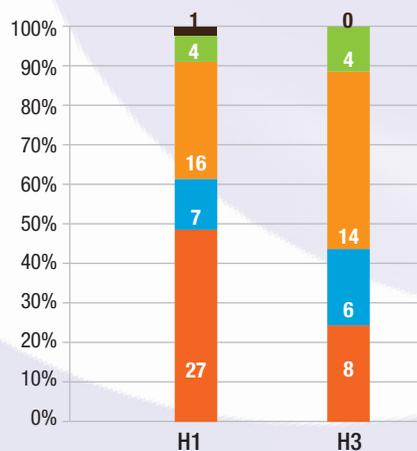
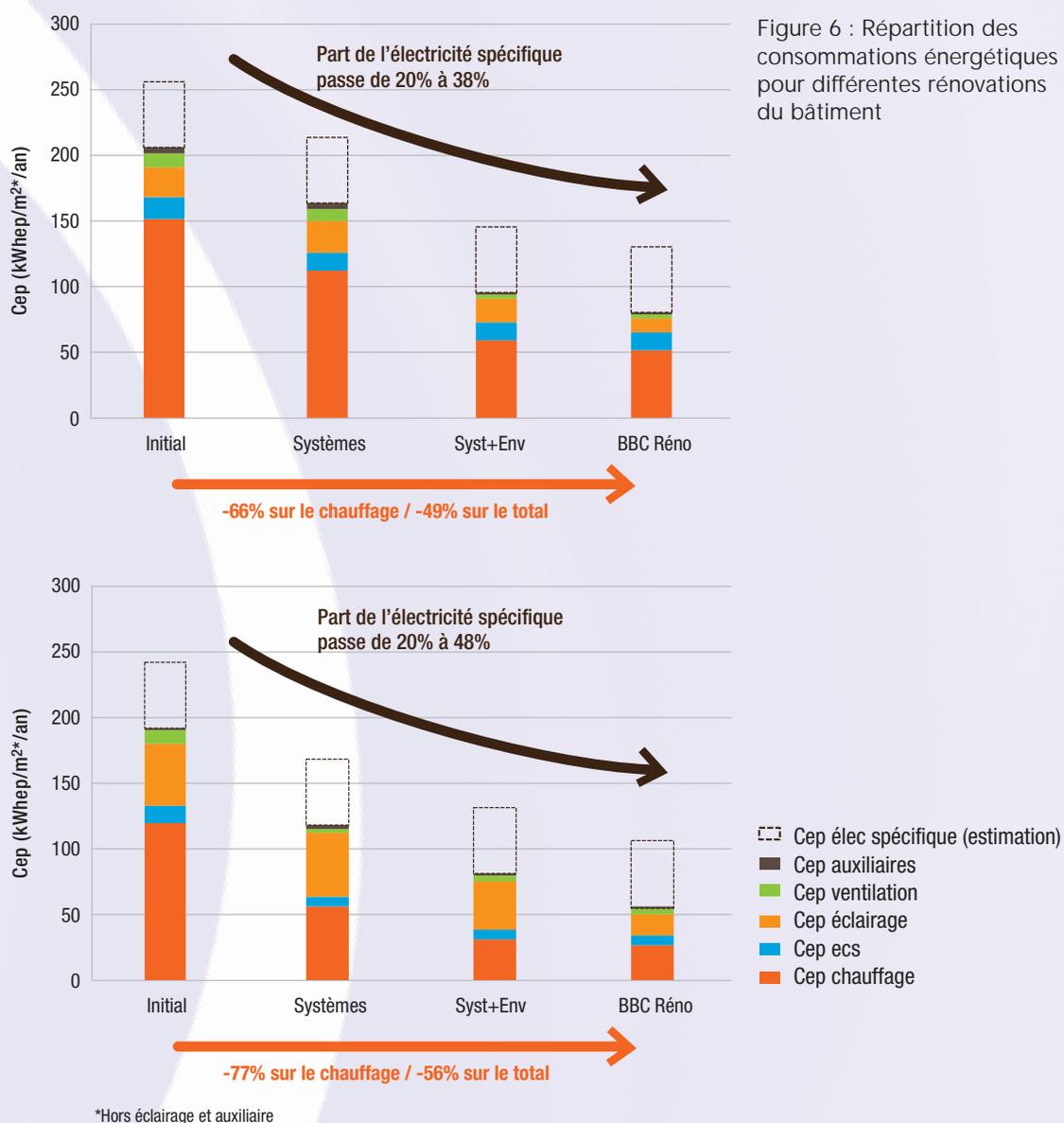


Figure 5 : Répartition des consommations énergétiques pour différentes zones climatiques

■ Cep auxiliaires
 ■ Cep ventilation
 ■ Cep éclairage
 ■ Cep ecs
 ■ Cep chauffage

Les besoins de chauffage diminuent fortement entre la zone H1 et H3. En revanche, les autres besoins (éclairage et ECS entre autre) restent quasiment identiques. Leurs impacts sur la consommation générale augmentent donc fortement. Par exemple, dans le cas du lycée, l'influence de l'éclairage sur la consommation totale du bâtiment passe de 30% à presque 50%.

3.2.2. Structure des consommations énergétiques



Ces graphiques permettent de visualiser la diminution des consommations d'énergie pour les usages réglementés alors que la consommation d'électricité spécifique se maintient. Dans un scénario de rénovation BBC, les usages spécifiques peuvent représenter la moitié des consommations énergétiques du bâtiment.

3. Enseignements de l'étude

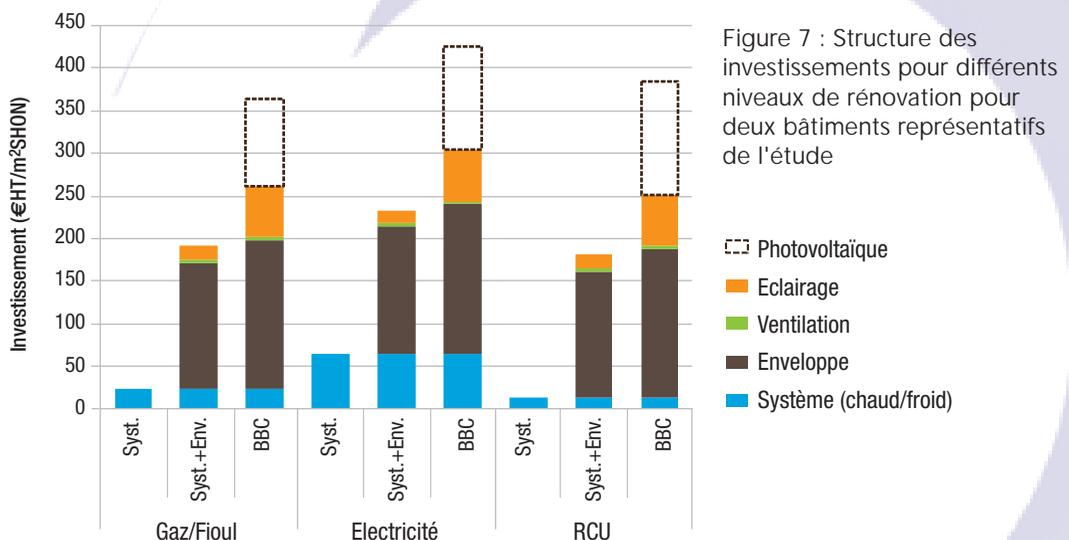
Ceci apparaît encore plus clairement sur les Diagnostics de Performance Énergétique (DPE – voir Annexe) qui tiennent compte de l'ensemble des usages. La classe de performance énergétique atteinte par un bâtiment BBC sera la classe C (111 – 210 kWhep/m² SU). Cela représente un saut de 1 classe pour un bâtiment utilisant le gaz, le fioul ou la chaleur d'un réseau, et de 2 classes pour un bâtiment chauffé à l'électricité. Notons que le DPE, qui se fonde sur les factures d'énergie pour définir la consommation d'énergie primaire, ne permet pas de donner une consommation normalisée et opposable comme la RT existant et peut refléter l'impact de variables exogènes au bâtiment (rigueur climatique, variation de l'ensoleillement, taux d'occupation, vacance de locaux, changements d'activités...).

Étant donnée la part croissante de l'électricité spécifique dans les consommations énergétiques des bâtiments, celle-ci deviendra le principal gisement d'économies d'énergie. Les réglementations thermiques ne prenant en compte à ce jour qu'une partie de l'électricité spécifique (éclairage et auxiliaires), ce poste devrait donc être un enjeu majeur des futures réglementations.

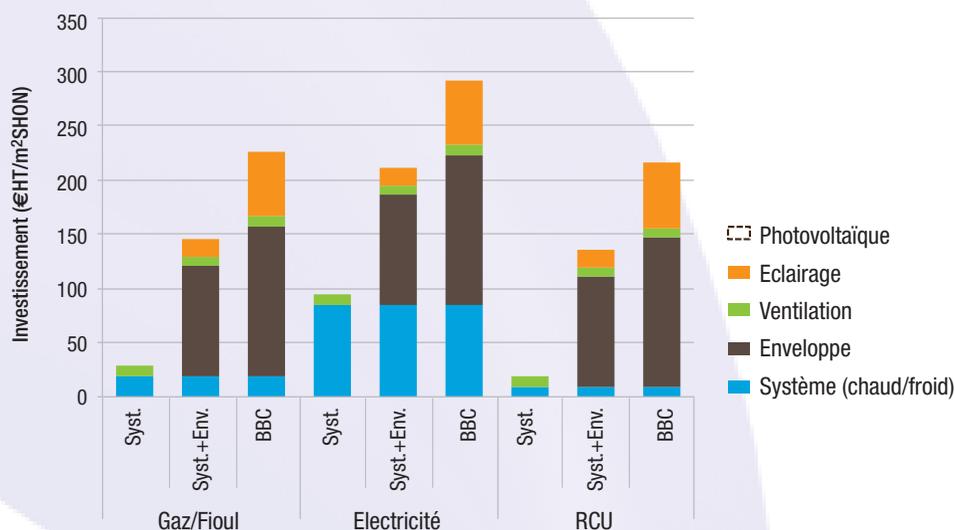
3.2.3. Structure des investissements

Pour chaque type de rénovation, les coûts d'investissements ont été calculés, et sont illustrés ci-dessous en zone H1a.

Rénovation d'une école primaire (maternelle et élémentaire)



Rénovation d'un lycée de centre-ville avec cantine et internat



En matière de structure des investissements, quelques points clés apparaissent dans la Figure 7 :

- le traitement de l'enveloppe est un poste important qui pourrait cependant être réduit avec l'industrialisation du processus de rénovation,
- l'amélioration de l'éclairage nécessite des investissements conséquents pour l'atteinte du BBC, proportionnellement plus élevés que ceux nécessaire à la rénovation des systèmes thermiques,
- le photovoltaïque, lorsqu'il est nécessaire pour atteindre le niveau BBC (en pointillés sur la Figure 7), induit un surinvestissement important. Pour le cas de l'école primaire 30% des investissements pour atteindre le niveau BBC correspondent aux panneaux photovoltaïques,
- les systèmes représentent moins de 30% de l'investissement total dès que l'on passe à une rénovation globale (sauf dans le cas du lycée en état initial électrique où cet investissement représente presque 40%).
- les niveaux d'investissement sont relativement proches quelle que soit l'énergie. Les différences d'investissement se font sur les postes traités. Le cas initial électrique engendre un investissement supérieur dès le changement de système car le réseau de distribution et les émetteurs doivent être installés car non présents avant la rénovation.



4.1. Conception, réalisation, mise en service et maintenance

Le maître d'ouvrage a pour objectif de livrer, dans les délais et le budget imparti, un bâtiment dont les performances réelles s'approchent de celles annoncées et des attentes durables de son client (s'il n'est pas le futur occupant). Pour cela, il a la responsabilité de prévoir une mission de maîtrise d'œuvre adaptée qui doit permettre à l'architecte d'intégrer les solutions de rénovation dans le bâtiment et au BET de définir précisément les lots en identifiant les tâches liées à la mise en service, au suivi du chantier et à la définition du contrat d'exploitation.

Les marchés « travaux » doivent permettre à l'installateur de mettre en œuvre des dispositifs garants de la durabilité des équipements dans le temps (ex. traitements d'eau, prévention de l'embouage, secours), de procéder aux phases de réglages et de documenter la réalisation. Une prise en main de l'exploitant dès le jour de la réception est une garantie supplémentaire de prise en charge efficace. La détection précoce des réglages et finitions permet d'éviter des phases de contentieux longues, coûteuses, et dommageables en termes d'image pour tous les intervenants du chantier.

L'expérience montre, malheureusement, que certaines de ces précautions sont souvent négligées pour des raisons financières et de respect des délais. Les qualités « invisibles » mais fondamentales d'une installation performante sont pourtant rappelées ci-dessous :

La mise en service, qui doit inclure :

- des opérations de rinçage, qui visent à nettoyer les réseaux après travaux de soudure,
- des opérations d'équilibrage hydraulique qui sont facilitées à présent par des équipements automatiques sur ces réseaux et qui visent à régler sur le terrain le débit calculé pour chaque branche des réseaux chauffage et eau chaude sanitaire,
- des opérations d'optimisation des réglages des équipements, facilitées à présent par des équipements pouvant s'adapter facilement aux besoins réels de l'installation.

4. Autres points clés d'une rénovation énergétique d'un bâtiment d'enseignement

La prévention de l'embouage et de l'entartrage, qui consiste à :

- organiser les réseaux chauffage/climatisation et eau chaude sanitaire pour chasser l'air et vidanger si besoin ; protéger les installations de chauffage, de climatisation ou de refroidissement contre l'embouage par élimination en continu des matières en suspension, via des systèmes performants,
- traiter l'eau du réseau de chauffage pour empêcher la corrosion par l'eau, et suivre la qualité de l'eau dans la durée,
- prévoir un traitement sur l'alimentation en eau froide de la production d'eau chaude sanitaire dans les zones à risque (eau à dureté élevée) et selon les matériaux des réseaux,
- prévoir les contrôles de dégazage sur les réseaux notamment lors des bascules chauffage/climatisation, avec vérification du bon écoulement sur les bacs à condensats.

Le contrat d'exploitation, qui doit :

- être défini sur la base d'une installation documentée, « remise » par l'installateur à l'exploitant,
- être souscrit dès la mise en service : seuls certains composants sont « garantis » contractuellement ; les opérations d'entretien courant sont à réaliser par un professionnel dans le cadre d'un référentiel adapté au site et définissant la périodicité des tâches élémentaires,
- préciser les éléments couverts par les clauses de maintenance préventive (remplacement systématique de petits composants, ex. purgeur) et de maintenance curative (remplacement sur casse, ex. pompe),
- comporter des éléments de suivi quantitatif par le donneur d'ordre : vérifications périodiques, relevés d'index, mesures sur les équipements, analyses des eaux de chauffage et d'ECS, etc.,
- comporter les clauses de contrôle réglementaire périodique des équipements : chaudières, pompes à chaleur, groupes frigorifiques.

4. Autres points clés d'une rénovation énergétique d'un bâtiment d'enseignement



4.2. Le pilotage et la gestion des installations

Lors de la phase de conception, le maître d'ouvrage devra analyser le mode de pilotage et de gestion souhaité pour les équipements de production et les émetteurs. On rappelle la gradation possible dans les systèmes de pilotage :

- Régulation/programmation pièce par pièce (communicante) certifiée eubac,
- Régulation/programmation numérique de la production d'énergie (communicante),
- Gestion Technique du Bâtiment (GTB) avec poste central,
- Intégration d'autres fonctionnalités (ex : sécurité incendie),
- Logiciel d'analyse de la consommation.

Le recours à un système numérique facilite sa programmation, son évolutivité, la centralisation de données de comptages, etc. La mise en œuvre d'une télésurveillance ou d'une GTB permet d'améliorer la qualité de service avec une anticipation possible du ressenti des pannes (l'exploitant a été prévenu à distance). Les systèmes de GTB proposent aujourd'hui des interfaces conviviales et des utilitaires d'affichage et/ou de traitement des indices de performance.

Dans le cadre de travaux menés par le CRIGEN, l'importance d'une gestion et d'un pilotage adaptés a été soulignée. En effet, les consommations énergétiques sont très fortement majorées dans le cas de systèmes encrassés ou pilotés avec des scénarios inadaptés (fonctionnement en continu de la ventilation ou de l'éclairage même hors occupation, etc.). Plusieurs pistes peuvent être exploitées, en fonction de la gestion actuelle du bâtiment :

- si le bâtiment a déjà un système de gestion, il faudra travailler sur son optimisation, améliorer les scénarios, proposer des réduits ou des extinctions lorsque le bâtiment n'est pas utilisé,
- sinon, on s'orientera vers la mise en place d'un système de régulation et de gestion qui gèrera l'ensemble du bâtiment. On veillera alors à définir des consignes adaptées à la vie du bâtiment,
- vérifier l'équilibrage hydraulique de l'installation, un déséquilibre peut rapidement conduire à des surconsommations de chauffage ou climatisation.

De plus, pour les bâtiments d'enseignement une régulation pièce par pièce est particulièrement adaptée. Elle permet de gérer au mieux l'intermittence d'occupation des locaux dans la journée entre les salles de cours, la cantine ou le gymnase. Elle assure aussi la modularité en fonction de la présence et du nombre d'élèves ou de la taille des salles.

Une formation des personnes assurant l'entretien du bâtiment permettra d'assurer sa performance dans le temps, sans dérive des scénarios ou des consignes, par méconnaissance des systèmes ou perte des informations.

Particularité des bâtiments d'enseignement : comment éviter la détérioration des robinets thermostatiques ?

La régulation des bâtiments d'enseignement doit être traitée en tenant compte de la population jeune et éventuellement non respectueuse du matériel qui l'entoure. La dégradation des robinets thermostatiques est un phénomène réel qui entraîne des problèmes de maintenance des installations. Il existe, aujourd'hui, des robinets thermostatiques adaptés aux collectivités (plus résistants et avec des antivols). Sinon, une autre solution de gestion du débit variable peut être l'installation de vannes 2 voies sur le réseau hydraulique. Mais cette solution ne peut pas être installée pour toutes les architectures hydrauliques et son coût est élevé. Ces deux solutions ont chacune leurs avantages/inconvénients et le choix se fera au cas par cas en fonction de l'établissement rénové.

Quelle que soit la solution choisie, il est important de mettre en œuvre un débit variable au réseau hydraulique pour adapter le chauffage au taux d'occupation très spécifique et variable des écoles. Il faut repenser la régulation en choisissant des systèmes adaptés, robustes, résistants et fiables ou difficilement accessibles par les occupants.

4.3. L'importance de l'occupant

La sensibilisation des utilisateurs aux économies d'énergie et au fonctionnement de leur bâtiment sera aussi une étape indispensable afin d'assurer leur adhésion et leur acceptation des consignes : température plus basse, absence de climatisation, ne pas ouvrir les fenêtres aux heures les plus chaudes.

En effet, les actions qui se concentrent sur la rénovation « technique » du parc ne sauraient, à elles seules, permettre d'atteindre les objectifs de réduction des consommations. Ainsi, les premiers retours d'expériences montrent que le niveau de consommation réel des immeubles performants – neufs ou rénovés – dépasse bien souvent le niveau de consommation escompté et ceci souvent en raison d'un écart entre le comportement réel des usagers du bâtiment et le comportement théorique renseigné dans les moteurs de calcul qui ont servi à l'évaluation préalable.

Le comportement des occupants constitue donc un rouage majeur des projets d'économie d'énergie. Or, la mise en œuvre et la mobilisation autour de ces projets visant l'efficacité énergétique se heurte à un manque de connaissance des mécanismes comportementaux. Comment les usagers vont-ils se comporter et utiliser ces nouveaux bâtiments, ces nouveaux dispositifs techniques ? Comment améliorer leur acceptabilité et faciliter leur appropriation ?

4. Autres points clés d'une rénovation énergétique d'un bâtiment d'enseignement

Quels sont les leviers sur lesquels jouer pour initier la conduite du changement auprès des occupants des immeubles ? L'explication des comportements des occupants doit rendre compte de la diversité des logiques en jeu (recherche de confort, d'efficacité au travail...) et des interactions sociales qui constituent le cadre d'action des occupants.

Pour se donner les moyens d'atteindre une faible consommation réelle, les questions qui se posent sont notamment les suivantes :

- Quelles sont les attentes des occupants en matière de confort de l'espace de travail ? Quels sont les postes (confort thermique, espace, mobilier...) où les attentes sont les plus fortes ?
- Quelles sont les conditions d'adhésion à la démarche de développement durable ? A quelles conditions peut-on obtenir une modification des usages ?
- Quels sont les freins à l'appropriation des technologies ? Quels sont les avantages perçus et vécus des différents systèmes, et notamment des systèmes intelligents ? Est-ce vu comme une aide ou une confiscation de prérogatives ?
- Comment les occupants se sont-ils approprié l'espace (taux d'occupation des salles, du gymnase, de la bibliothèque...) ?
- Comment susciter – grâce à la communication des porteurs de projet – l'adhésion des occupants ? Quels sont les arguments avancés ? Quels sont les plus convaincants ? Quel type de communication faut-il mettre en œuvre pour accompagner le projet ? Quelles sont les questions posées, les réticences des occupants ? Comment les porteurs de projet peuvent y répondre ?
- Quelles sont les interactions entre le pilotage du projet de rénovation et les occupants ?

Particularité des bâtiments d'enseignement : intermittence de l'occupation...

La régulation des bâtiments d'enseignement est indispensable pour gérer au mieux l'intermittence d'occupation. Au-delà de l'inoccupation la nuit, le week-end et durant les vacances scolaires, il y a un foisonnement de l'occupation des locaux dans la journée entre les salles des cours, la cantine ou le gymnase. L'inertie du bâtiment ne suffit pas à optimiser le chauffage de ce type de bâtiment et l'idéal est de bien réfléchir au système de régulation pour bien prendre en compte les inoccupations. Se rapprocher d'un BET spécialisé pourra permettre de trouver le système le plus adapté en prenant en compte sa fiabilité, sa robustesse et la variation de l'occupation.

4.4. Une approche en Analyse du Cycle de Vie des bâtiments

L'impact des consommations liées aux seuls usages réglementaires représente une part de plus en plus faible des impacts globaux, les phases de construction et de consommation d'électricité spécifique augmentant en proportion. En outre, les impacts environnementaux des différents postes ne sont pas les mêmes et il est nécessaire d'adopter une approche multicritère pour évaluer l'impact environnemental global d'un bâtiment. Le recours à l'approche cycle de vie dans les indicateurs permet d'avoir une meilleure représentativité des différentes étapes et des différents postes. En effet, l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) repose sur deux principes fondamentaux :

- l'intégration de toutes les phases du cycle de vie, qui permet de prendre en compte l'ensemble de la vie du bâtiment (de la construction à la déconstruction),
- la présentation d'une évaluation multicritère, qui permet d'éviter les transferts de pollution d'un impact à un autre.

En étudiant la part relative des différents postes d'une ACV (consommations réglementées, fabrication/transport des matériaux, etc.) pour différents indicateurs environnementaux importants, il apparaît que les consommations réglementaires représentent moins d'un tiers des consommations énergétiques globales. Celles-ci sont « concurrencées » par la fabrication et le transport des composants ainsi que par les consommations énergétiques dites « non réglementées » (électricité spécifique en majorité).

Le rôle de chaque phase ou de chaque poste consommateur d'énergie est différent selon l'indicateur observé. Ainsi, la part de la fabrication et du transport est très élevée dans la génération des déchets inertes par exemple.

La réduction des consommations énergétiques des bâtiments dans les années à venir rend l'approche ACV de plus en plus pertinente. La démarche HQE Performance est ainsi la probable préfiguration des futures réglementations environnementales dans le secteur du bâtiment. Ceci permettra de limiter réellement l'impact environnemental global des bâtiments. L'approche ACV a aussi des conséquences en termes de solutions techniques. Outre l'amélioration de l'isolation et de la performance des systèmes de chaleur et de froid, l'ACV montre qu'il est nécessaire de tenter de réduire les consommations d'électricité spécifique et de favoriser un approvisionnement en matériaux ayant un faible impact en termes de GES, c'est-à-dire notamment des composants produits le plus localement possible.

Particularité des bâtiments d'enseignement : pas de retour ACV...

Les bâtiments d'enseignement ne rentrent pas dans le cadre de la première version de la certification HQE Performance lancée par l'association HQE. Ils seront intégrés dans un deuxième temps après les premières phases de tests. 

La rénovation du parc existant des bâtiments, qui contribue à 43% des consommations énergétiques et à plus de 20% des émissions de gaz à effet de serre, est un enjeu important pour la France dans sa démarche volontariste de mettre en œuvre une politique environnementale efficace et de maîtriser la facture énergétique. Le parc tertiaire représente le tiers du bilan et ne doit donc pas être négligé. Il fait d'ailleurs l'objet d'une obligation de travaux dans le cadre des lois du Grenelle de l'environnement.

Le présent guide s'est donné comme objectif d'identifier les travaux d'économie d'énergie optimum du point de vue énergétique et économique pour les bâtiments d'enseignement.

L'efficacité énergétique et économique de la rénovation des systèmes de chauffage

En terme d'efficacité énergétique, la rénovation du chauffage est le premier poste d'économies d'énergie ; elle permet, à elle seule, de réduire la consommation, et ce quelle que soit l'énergie de chauffage utilisée, de plus de 35% pour des coûts d'investissements de l'ordre de 30 €/HT/m² SHON (en énergie primaire et pour les 5 usages réglementés, à savoir : chauffage, eau chaude sanitaire, climatisation, éclairage, auxiliaires de chauffage et de ventilation). Le système de chauffage et de ventilation doit impérativement être piloté par un système de régulation adapté (liaison entre le besoin et la génération de chaleur).

Ainsi, cette économie d'énergie se retrouve immédiatement sur la facture – toutes consommations confondues, soit les 5 usages réglementaires et la consommation d'électricité spécifique – mais permet également d'améliorer la classe de performance énergétique du bâtiment :

- pour un bâtiment utilisant le gaz, le fioul ou la chaleur d'un réseau, la performance énergétique, qui avant rénovation s'établissait autour de 250 kWhep/m² SU, se trouvera améliorée pour s'établir autour de 170 kWhep/m² SU. En termes de classe de performance énergétique, le bâtiment passe ainsi d'une classe de performance D (211 – 350 kWhep/m² SU) à une classe de performance C (111 – 210 kWhep/m² SU).
- pour un bâtiment utilisant l'électricité, la performance énergétique s'élève à plus de 400 kWhep/m² SU avant rénovation et à autour de 190 kWhep/m² SU après rénovation. Le bâtiment passe ainsi d'une classe de performance E (351 – 540 kWhep/m² SU) à une classe de performance C (111 – 210 kWhep/m² SU).

5. Les propositions d'Énergies et Avenir

Le poids des consommations d'électricité spécifique

Ce saut d'une à deux classes de performance peut paraître relativement modeste ; il s'explique par le poids de la consommation d'électricité spécifique qui représente un poste important et difficilement compressible. Ainsi, dans un bâtiment BBC, la consommation d'énergie, tous usages confondus, s'établit à un peu plus de 150 kWhep/m² SU dont plus de la moitié concerne la consommation d'électricité spécifique. La classe de performance énergétique de ce bâtiment BBC sera au mieux en C (111 – 210 kWhep/m² SU) pour des investissements qui sont considérables, de l'ordre de 200 €HT/m² SHON.

Cela veut dire également que la part des usages réglementés d'un bâtiment BBC est réduite à environ 80 kWhep/m² SU et que le principal poste de consommations d'énergie, qui était auparavant le chauffage, devient celui de l'éclairage. Cela met en exergue la nécessité à moyen terme, une fois la rénovation du système et du bâti réalisée, de réorienter les priorités en se concentrant sur la réduction de la consommation d'électricité pour l'éclairage et les usages spécifiques.

180 kWhep/m² SU : le meilleur compromis entre gains énergétiques et investissements

Un objectif de rénovation qui permet de faire passer un bâtiment d'une classe de performance D ou E à une consommation de l'ordre 180 kWhep/m² représente le meilleur compromis entre gains d'efficacité énergétique (35%) et coûts d'investissement (30€HT/m²). Aller au-delà exige de mobiliser 6 fois plus d'investissement (225 €HT/m²) pour un gain énergétique supplémentaire réduit (30%).

Les outils de la rénovation : audit énergétique et simulation thermique dynamique

La classe de performance énergétique est un élément d'appréciation de la performance énergétique d'un bâtiment mais reste imparfaite. Basée sur les factures d'énergie, elle est sensible au climat (pour le chauffage), à la vacance des locaux, à leur niveau d'occupation ou encore aux changements d'activités. Une réelle expertise, c'est-à-dire un audit énergétique, doit donc être réalisé afin d'identifier la performance énergétique intrinsèque du bâtiment en s'abstrayant des paramètres externes au bâtiment qui ne sont pas maîtrisés.

5. Les propositions d'Énergies et Avenir

Cet audit, en identifiant la performance réelle du bâtiment, permettra d'identifier le poids des différents usages énergétiques, de proposer les meilleurs bouquets de travaux et d'optimiser ainsi les investissements.

Pour des bâtiments d'une taille importante, il pourra être intéressant de recourir à une simulation thermique dynamique afin d'identifier au plus près les phénomènes physiques et d'optimiser thermiquement et économiquement la rénovation énergétique.

La rénovation urbaine : éco-quartier et ACV

Pour aller plus loin, des ACV pourront également être mis en œuvre, notamment lorsque la rénovation du bâtiment s'intègre dans la rénovation d'un quartier ou d'une ville. Elles permettent d'analyser l'impact des choix énergétiques à l'échelle d'un territoire (énergie centralisée ou décentralisée, énergie locale ou de réseau...) et les synergies d'usages ou de production d'énergie qui peuvent être partagées avec les autres bâtiments (boucle locale à eau chaude, production d'électricité photovoltaïque...).

Maintenance, pilotage, suivi des consommations énergétiques

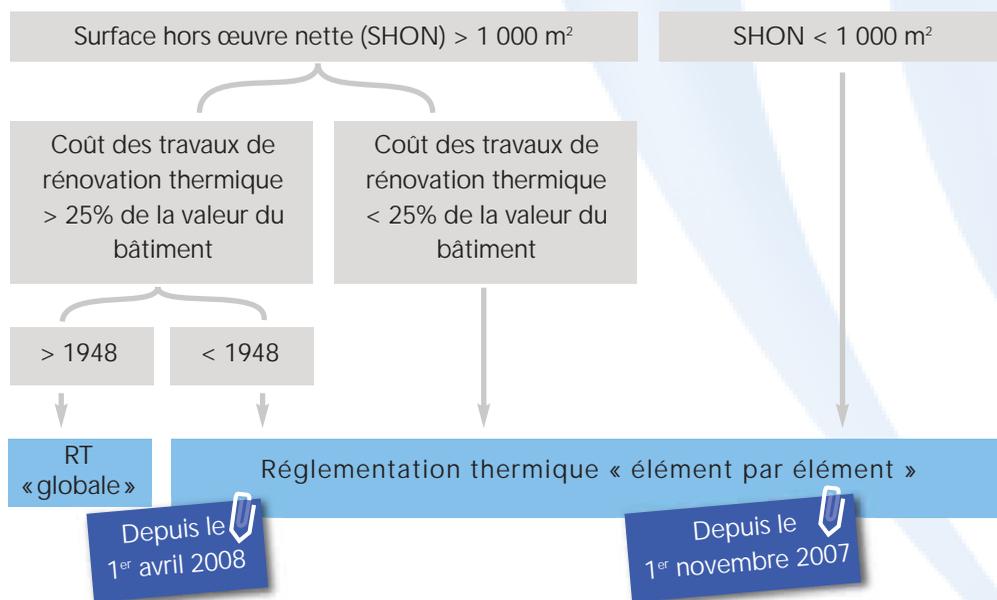
Enfin, un paramètre à ne pas négliger est celui de la maintenance, qui assure la durabilité des équipements, leur performance, ainsi que l'optimisation du système de régulation des installations climatiques et qui permet également d'adapter le fonctionnement du bâtiment au mode d'occupation et aux activités. En outre, le suivi des consommations d'énergie donne un retour d'expérience sur la sensibilité de celles-ci aux paramètres externes du bâtiment.

Annexes

La réglementation thermique pour les bâtiments existants du secteur tertiaire ...	32
Typologie du parc des bâtiments tertiaire.....	38
Caractéristiques synthétiques des bâtiments	40
Fiches méthodologiques	44
1. Bâtiment d'enseignement primaire.....	45
2. Bâtiment d'enseignement secondaire.....	50
Glossaire.....	55

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage. L'objectif général de cette réglementation est d'assurer une amélioration significative de la performance énergétique d'un bâtiment existant lorsqu'un maître d'ouvrage entreprend des travaux susceptibles d'apporter une telle amélioration.

Elle est complétée par un Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), obligatoire lors des ventes des locaux ou bâtiments.



Source : ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

→ **RT globale** : pour les rénovations très lourdes de bâtiments de plus de 1 000 m² de Surface Hors Œuvre Nette (SHON), achevés après 1948, dont le coût des travaux de rénovation énergétique dépasse 25% du coût de la construction, la réglementation définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové. Ces bâtiments doivent aussi faire l'objet d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.

Ce premier volet de la RT est applicable pour les permis de construire déposés après le 31 mars 2008.

La réglementation thermique pour les bâtiments existants du secteur tertiaire

Source : www.rt-batiment.fr

- **RT élément par élément** : pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé. Ce second volet de la RT est applicable pour les marchés ou les devis acceptés à partir du 1^{er} novembre 2007.
- **DPE** : pour les ventes de locaux.

La RT globale (ou RT existante)

En raison de l'importance des travaux et de la taille des surfaces traitées, la rénovation des bâtiments d'enseignement s'inscrit la plupart du temps dans la RT globale.

- **L'évaluation de l'état initial du bâtiment** : la consommation d'énergie initiale du bâtiment est estimée par calcul grâce au moteur de calcul Th-C-E-ex. Celui-ci permet d'évaluer la performance initiale du bâtiment, d'orienter les choix de rénovation et d'estimer l'économie d'énergie réalisée grâce aux travaux par rapport à la situation antérieure.
- **L'économie d'énergie** : après les travaux, la consommation globale d'énergie du bâtiment pour les postes de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de refroidissement, les auxiliaires, ainsi que l'éclairage doit être inférieure à la consommation de référence de ce bâtiment. Le niveau de consommation en énergie primaire de référence (Cep ref) correspond à la consommation en énergie primaire qu'aurait ce même bâtiment pour des performances imposées des ouvrages et des équipements qui le composent.
- **Les bâtiments non résidentiels doivent également vérifier la condition suivante** : les travaux doivent conduire à un gain de 30 % sur la consommation d'énergie par rapport à l'état antérieur.

Les autres exigences :

- **Le confort d'été** : afin de limiter l'inconfort des occupants et l'utilisation de la climatisation, le bâtiment rénové doit assurer un confort d'été acceptable, dans la mesure de ce qui est possible compte tenu du bâti existant.
La température intérieure conventionnelle (Tic) atteinte en été doit donc être inférieure à une température de référence.
- **Les « garde-fous »** : des performances minimales sont requises pour une série de composants (isolation, ventilation, système de chauffage...), lorsque ceux-ci sont modifiés par les travaux de rénovation.

EN RÉSUMÉ

Dans les bâtiments tertiaires, quatre conditions sont à respecter pour être réglementaire au sens de la RT globale :

Performance du bâti : $U_{\text{bât projet}} < U_{\text{bât max}}$ (avec $U_{\text{bât max}} = 1,5 \times U_{\text{bât ref}}$)

Niveaux de consommation énergétique :

$Cep_{\text{projet}} \leq Cep_{\text{initial}} - 30\%$

$Cep_{\text{projet}} \leq Cep_{\text{référence}}$

Confort d'été : $Tic_{\text{projet}} \leq Tic_{\text{référence}}$

La réglementation thermique pour les bâtiments existants du secteur tertiaire

Le label BBC rénovation dans le secteur tertiaire

Pour atteindre le niveau BBC rénovation, un bâtiment tertiaire doit présenter une consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment pour le chauffage, le refroidissement, la ventilation, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage des locaux inférieure de 40% à la consommation conventionnelle de référence définie dans la réglementation thermique.

EN RÉSUMÉ

Pour atteindre le niveau BBC rénovation, un bâtiment du secteur tertiaire doit respecter les conditions suivantes :

Ubât projet < Ubât max

Tic projet ≤ Tic référence

Cep projet ≤ Cep référence - 40%

Le Diagnostic de Performance Énergétique Vente pour le secteur Tertiaire

Le champ d'application et les modalités pratiques du DPE Vente sont établis dans le décret du 14 septembre 2006 « relatif au diagnostic de performance énergétique et à l'état de l'installation intérieure de gaz dans certains bâtiments », précisé par l'arrêté du 15 septembre 2006 « relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine » et modifié par l'arrêté du 8 février 2012 « modifiant l'arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine ».

REMARQUE Les principales modifications dues à l'arrêté du 8 février 2012 figurent au paragraphe 4.2.5.

- **Champ d'application** : Le DPE vente en Tertiaire concerne tous les bâtiments mis en vente en France métropolitaine (arrêté du 15 septembre 2006), qu'ils soient en copropriété ou non, à l'exception des bâtiments exclus par les textes de référence.
- **Principes** : Les informations contenues dans le DPE vente sont recensées par un diagnostiqueur certifié et indépendant qui se déplace sur le terrain. Elles sont réglementées et un modèle de restitution doit être suivi, qui dépend du type de bâtiment (notamment différence entre Résidentiel et Tertiaire). Il est décrit par l'arrêté du 15 septembre 2006. Le DPE Tertiaire contient notamment :
 - les consommations globales en kWh d'énergie finale et en kWh d'énergie primaire par m² de surface utile et un classement de cette consommation d'énergie primaire sur une échelle de 9 classes « énergie »,
 - les frais énergétiques annuels globaux en € par m² de surface utile,
 - les émissions équivalentes globales de CO₂ en kgCO₂ par m² de surface utile et un classement de ces émissions en équivalence de CO₂ sur une échelle de 9 « classes climat »,
 - la quantité d'énergie primaire d'origine renouvelable produite et consommée à demeure,

- un descriptif du lot proposé à la vente et de ses équipements,
 - des recommandations sur l'usage de l'énergie et les travaux d'énergie réalisables (non chiffrés en Tertiaire).
- **Factures** : Dans le cas du DPE vente en Tertiaire, les consommations énergétiques sont relevées (compteurs ou factures) et moyennées sur les trois dernières années, les trois derniers exercices ou sur la durée effective de fourniture de chauffage ou d'eau chaude. Dans la mesure où il s'agit de consommations relevées, il n'est pas possible de distinguer les différentes utilisations de l'énergie. Toutes les utilisations de l'énergie sont donc prises en compte.
- **Validité** : Le DPE est valable 10 ans, il doit être annexé à l'avant-contrat (promesse de vente, compromis de vente) ou, à défaut, à l'acte authentique de vente. Il est établi aux frais du vendeur, qui doit le tenir à la disposition de tout candidat acquéreur dès la mise en vente du bien.
- **Principales modifications du DPE tertiaire (arrêté du 8 février 2012)** : cet arrêté est applicable depuis le 1^{er} janvier 2013 et, pour les bâtiments tertiaires, il introduit plusieurs modifications, à savoir :
- **Electricité produite à demeure**, désormais valorisée en énergie primaire dans l'étiquette « énergie » pour tous les bâtiments Résidentiel et Tertiaire : la quantité d'énergie électrique primaire produite à demeure peut désormais être déduite de la consommation totale d'énergie primaire dans les bâtiments résidentiel et tertiaire.
 - **Champ d'application et étiquettes pour le tertiaire, plusieurs modifications** : les centres commerciaux sont exclus du DPE, les classes H et I sont supprimées et les limites de classe des étiquettes énergie et climat sont revues dans de nombreux cas (probable lien avec l'obligation de travaux).
 - **Désormais 3 catégories d'étiquettes énergie et climat pour le tertiaire, adaptées aux différentes occupations** : Etiquette « Bureaux, Enseignement, Administration », Etiquette « Bâtiments à occupation continue : Hôpitaux, Hôtels, Internats... », Etiquette « Autres : sport, restauration, commerces individuels » ; les étiquettes Énergie & Climat sont supprimées s'il y a une absence justifiée de relevé de consommations.
 - **Fin de la surface utile (SU) dans le tertiaire** : la SU ne sera plus utilisée dans les DPE des immeubles tertiaires. Les diagnostiqueurs devront parler de kWh par m² de surface thermique = surface utile x 1,1. Les consommations rapportées à la surface du nouveau DPE vont donc « baisser » de 10%.
 - **Fiabilisation du DPE** : obligation de visite du bâtiment, d'informations et d'explications personnalisées.
 - **Obligation de visite du bâtiment par la personne certifiée qui élabore le DPE.**
 - **Obligation de remplir une fiche technique pour les DPE réalisés selon la méthode conventionnelle.**
 - **Obligation de fournir des explications personnalisées sur les écarts entre factures et consommations conventionnelles**, en cas d'estimation des consommations par méthode conventionnelle.

La réglementation thermique pour les bâtiments existants du secteur tertiaire

Modèle du DPE Vente « bureaux, services administratifs, enseignement »
(en vigueur jusqu'au 31 décembre 2012)

Diagnostic de performance énergétique – tertiaire (6.3)				
N° : Valable jusqu'au : Type de bâtiment : Type d'activités : Année de construction : Surface utile : Adresse :		Date : Diagnostiqueur : Signature :		
Propriétaire : Nom : Adresse :		Gestionnaire ou syndic (s'il y a lieu) : Nom : Adresse :		
Consommations annuelles par énergie				
obtenues au moyen des factures d'énergie des années, prix des énergies indexés au				
	Moyenne annuelle des relevés ou factures	Consommations en énergies finales	Consommations en énergie primaire	Frais annuels d'énergie
	par énergie dans l'unité d'origine (s'il est disponible)	par énergie en kWh _{EP}	en kWh _{EP}	
CONSUMMATION TOTALE D'ÉNERGIE tous usages		kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Consommations énergétiques (en énergie primaire) pour les consommations totales d'énergie		Émissions de gaz à effet de serre (GES) pour les consommations totales d'énergie		
Consommation réelle : kWh _{EP} /m ² .an		Estimation des émissions : kgCO ₂ /m ² .an		
<p>Bâtiment économe</p> <p>≤ 50 A</p> <p>51 à 90 B</p> <p>91 à 150 C</p> <p>151 à 230 D</p> <p>231 à 330 E</p> <p>331 à 450 F</p> <p>451 à 590 G</p> <p>591 à 750 H</p> <p>> 750 I</p> <p>Bâtiment énergivore</p>	<p>Bâtiment</p> <p>kWh_{EP}/m².an</p>	<p>Faible émission de GES</p> <p>≤ 5 A</p> <p>6 à 10 B</p> <p>11 à 20 C</p> <p>21 à 35 D</p> <p>36 à 55 E</p> <p>56 à 80 F</p> <p>81 à 110 G</p> <p>111 à 145 H</p> <p>> 145 I</p> <p>Forte émission de GES</p>	<p>Bâtiment</p> <p>kgCO₂/m².an</p>	

Modèle du DPE Vente « bureaux, services administratifs, enseignement »
(obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2013)

Diagnostic de performance énergétique <i>Une information au service de la lutte contre l'effet de serre</i> (6.3.a) bureaux, services administratifs, enseignement			
N° :		Date :	
Valable jusqu'au :		Diagnostiqueur :	
Le cas échéant, nature de l'ERP :		Signature :	
Année de construction :			
Adresse :			
<input type="checkbox"/> Bâtiment entier		<input type="checkbox"/> Partie de bâtiment (à préciser) :	
S _{ch} :			
Propriétaire :		Gestionnaire (s'il y a lieu) :	
Nom :		Nom :	
Adresse :		Adresse :	
Consommations annuelles d'énergie			
<i>Période de relevés de consommations considérée :</i>			
	<i>Consommations en énergies finales</i>	<i>Consommations en énergie primaire</i>	<i>Frais annuels d'énergie</i>
	<i>détail par usage en kWh_{EP}</i>	<i>détail par usage en kWh_{EP}</i>	
Eclairage	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Bureautique	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Chauffage	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Eau chaude sanitaire	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Refroidissement	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Ascenseur(s)	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Autres usages	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Production d'électricité à demeure	kWh _{EP}	kWh _{EP}	C TTC
Abonnements			C TTC
TOTAL		kWh _{EP}	C TTC
Consommations énergétiques (en énergie primaire) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages, déduction faite de la production d'électricité à demeure		Émissions de gaz à effet de serre (GES) pour le chauffage, la production d'eau chaude sanitaire, le refroidissement, l'éclairage et les autres usages	
Consommation estimée : kWh _{EP} /m ² .an		Estimation des émissions : kgCO ₂ /m ² .an	
<p>Bâtiment économe</p> <p>≤ 50 A</p> <p>51 à 110 B</p> <p>111 à 210 C</p> <p>211 à 350 D</p> <p>351 à 540 E</p> <p>541 à 750 F</p> <p>> 750 G</p> <p>Bâtiment énergivore</p>	Bâtiment	<p>Faible émission de GES</p> <p>≤ 5 A</p> <p>6 à 15 B</p> <p>16 à 30 C</p> <p>31 à 60 D</p> <p>61 à 100 E</p> <p>101 à 145 F</p> <p>> 145 G</p> <p>Forte émission de GES</p>	Bâtiment

Suite à un travail de segmentation et de description du parc tertiaire français réalisé par Énergie Demain, trois typologies de bâtiments d'enseignement ont été identifiées. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Les 3 typologies de bâtiment d'enseignement

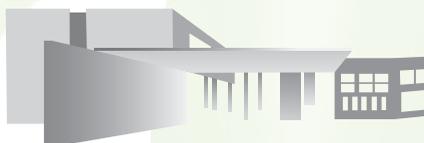
Type d'enseignement	Descriptif
1. Primaire	 <p>Regroupe les établissements élémentaires et préélémentaires ainsi que les cantines qui leurs sont associées.</p> <p>Plus de la moitié de ces bâtiments (59%) a été réalisée avant 1980.</p> <p>En termes de typologie de façade, les bâtiments ayant été construits avant 1980 sont principalement réalisés avec une ossature métallique et un remplissage de panneau de béton non isolé (façade type semi rideau).</p>

Typologie du parc des bâtiments tertiaire

Type d'enseignement

Descriptif

2. Secondaire



Regroupe les collèges, les lycées professionnels et d'enseignement général et technique, ainsi que les cantines et internats qui leur sont associés. Près des deux tiers de ces bâtiments (61%) ont été réalisés avant 1980. En termes de typologie de façade, les bâtiments ayant été construits avant 1960 sont principalement réalisés avec de la pierre de taille non isolée.

3. Supérieur



Regroupe les écoles d'enseignement supérieur (grandes écoles, universités...)
Près des deux tiers de ces bâtiments (67%) ont été réalisés après 1980. En termes de typologie de façade, les bâtiments ayant été construits après 1960 (92%) sont principalement réalisés avec des blocs de béton creux. L'isolation de la façade n'apparaît qu'à partir de 1980.



Bâtiment 2 : école maternelle et élémentaire

		CVC		
		Solutions de chauffage	Emission	Eclairage : détection de présence
	Etat initial Gaz/Fioul	2 Chaudières Pn= 180 kW, rendement = 89% (PCS)	radiateurs BT	Non
	Etat initial Electrique	Convecteurs électriques	Convecteurs	
	Etat initial RCU	Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé situé dans une sous-station	radiateurs BT	
Energie de départ				
Scénario 1 SYSTÈME	Gaz/fioul	2 Chaudières condensation Pn=195kW, rdt=97.3% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	oui
		4 PAC moteur gaz Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11		
		Ch. BOIS - Pchaud=150kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend Pn=230kW rdt=91.7% (PCI) à 100% de charge		
Electricité	PAC électrique A/E Pchaud=351kW, COP=3.25	régulation et installations électriques		
RCU	Échangeur Pn=400kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique		
Scénario 2 SYST+ENV RT GLOBALE	Gaz/fioul	2 Chaudières condensation Pn=195kW, rdt=97.3% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	
		4 PAC moteur gaz Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11		
		Ch. BOIS - Pchaud=150kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend Pn=230kW, rdt=91.7% (PCI) à 100% de charge		
Electricité	PAC électrique A/E Pchaud=351kW, COP=3.25	régulation et installations électriques		
RCU	Échangeur Pn=400kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique		
Scénario 3 BBC réno	Gaz/fioul	2 Chaudières condensation Pn=195kW, rdt=97.3% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	
		4 PAC moteur gaz Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11		
		Ch. BOIS - Pchaud=150kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend Pn=230kW rdt=91.7% (PCI) à 100% de charge		
Electricité	PAC électrique A/E Pchaud=351kW, COP=3.25	régulation et installations électriques		
RCU	Échangeur Pn=400kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique		

Caractéristiques synthétiques des bâtiments

			Enveloppe				Panneaux photovoltaïques	
Ventilation	Eclairage	ECS	Murs	Plancher haut	Menuiseries extérieures	Plancher bas	H1	H3
VMC simple flux	10 W/m ² + interrupteurs		Béton + ITI 60 mm PSE + BA10	Toiture terrasse + 60 mm PSE	Aluminium simple vitrage	Sur TP, non isolé		
Remplacement caissons d'extraction et bouches	Remplacement des luminaires 8 W/m ² + gradation		ITI murs extérieurs (100 mm TH32 + BA13)	Isolation rampants (100 mm PUR)	Alu 4/12/4 air	Isolation plancher sur VS, 250 mm Thane		
								405 m ²
			ITE /Sur-isolation murs extérieurs (100mm PSE + béton +60 mm PSE + BA10)		Alu 4/16/4 Argon		340 m ²	
						485 m ²		
							527 m ²	

Caractéristiques synthétiques des bâtiments



Bâtiment 4 : lycée

		CVC		
		Solutions de chauffage	Emission	Eclairage : détection de présence
Etat initial Gaz/Fioul		2 Chaudières Pn= 500 kW, rendement = 88% (PCS)	radiateurs BT	Non
Etat initial Electrique		Convecteurs électriques	Convecteurs	
Etat initial RCU		Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé situé dans une sous-station	radiateurs BT	
Energie de départ				
Scénario 1 SYSTÈME	Gaz/fioul	2 chaudières condensation Pn=489 kW, rdt=97.5% (PCI) à 100% de charge 9 PAC moteur Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11 Ch. BOIS - Pchaud=360kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend. Pn=700kW, rdt=91.8% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	Oui
	Electricité	2 PAC électriques A/E Pchaud=431kW, COP=3.22	régulation et installations électriques	
	RCU	Échangeur Pn=750kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique	
Scénario 2 SYST+ENV RT GLOBALE	Gaz/fioul	2 chaudières condensation Pn=489 kW, rdt=97.5% (PCI) à 100% de charge 9 PAC moteur Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11 Ch. BOIS - Pchaud=360kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend. Pn=700kW, rdt=91.8% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	Oui
	Electricité	2 PAC électriques A/E Pchaud=431kW, COP=3.22	régulation et installations électriques	
	RCU	Échangeur Pn=750kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique	
Scénario 3 BBC réno	Gaz/fioul	2 chaudières condensation Pn=489 kW, rdt=97.5% (PCI) à 100% de charge 9 PAC moteur Pnchaud=80kW, COP=1.49, COP(7°C)=1.11 Ch. BOIS - Pchaud=360kW, Rdt chauff =92% (PCI) Ch. Haut rend. Pn=700kW, rdt=91.8% (PCI) à 100% de charge	Hydraulique	Oui
		2 PAC électriques A/E Pchaud=431kW, COP=3.22	régulation et installations électriques	
	RCU	Échangeur Pn=750kW Alimentation RCU : gaz naturel	Hydraulique	

Fiches méthodologiques

Les fiches typologiques ci-dessous présentent les solutions techniques mises en œuvre et leurs niveaux de performance et d'investissement.

Elles ont vocation à informer les acteurs de la filière des différentes solutions techniques envisageables pour réaliser des rénovations de bâtiments d'enseignement performantes en les illustrant pour différents types de bâtiments.

Elles ne se substituent en revanche en aucune manière au travail de conception et de conseil des acteurs de la filière, les chiffres sont communiqués à titre purement indicatif et ne doivent pas conduire à des conclusions générales sur les avantages ou les inconvénients de telle ou telle solution.

Signalons enfin, que les chiffrages n'intègrent pas les coûts de maintenance et de durabilité des systèmes.

➔ 1. BÂTIMENT D'ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

Part du parc de la branche 32%

Principales caractéristiques

Nb étages école 2 - cantine 1

Taux d'ouvertures 30%

Superficie moyenne

Ecole 612 m² par niveau

Cantine 425 m²

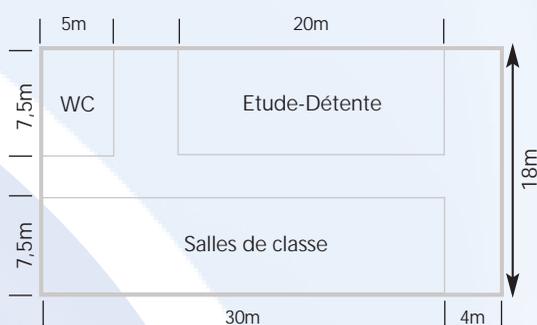
Description et exemples de bâtiments

Regroupe les établissements élémentaires et préélémentaires ainsi que les cantines qui leur sont associées.

Plus de la moitié de ces bâtiments (59%) a été réalisée avant 1980.

En termes de typologie de façade, les bâtiments ayant été construits avant 1980 sont principalement réalisés avec une ossature métallique et un remplissage de panneau de béton non isolé (façade type semi rideau).

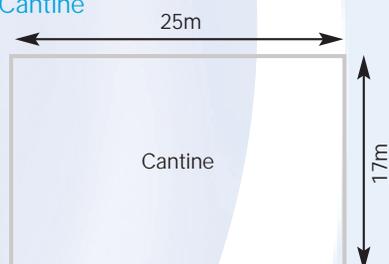
Rez-de-chaussée



R+1



Cantine



DESCRIPTIF BÂTIMENT 2 : MARIE BORDAS

Ecole maternelle et élémentaire

Ubât = 1.904 W/m².K

Svitrages/SHON = 26%

SHON = 2980 m²



Ecole maternelle et primaire, située en centre-ville d'une ville importante, d'une surface SHON d'environ 2980 m²; datant de 1985. Elle comprend une zone administrative au RDC, une zone de restauration, des classes sur 2 niveaux et un gymnase à l'étage supérieur.

Construction en béton non mitoyenne.

- > 1985, centre-ville, isolé sur parcelle, R+1
- > Murs extérieurs : structure béton - ITI 60 mm PSE+BA10
- > Menuiseries : aluminium simple vitrage
- > Plancher haut : toiture-terrasse : 60 mm PSE
- > Plancher bas : sur terre-plein, non isolé

Fiches méthodologiques

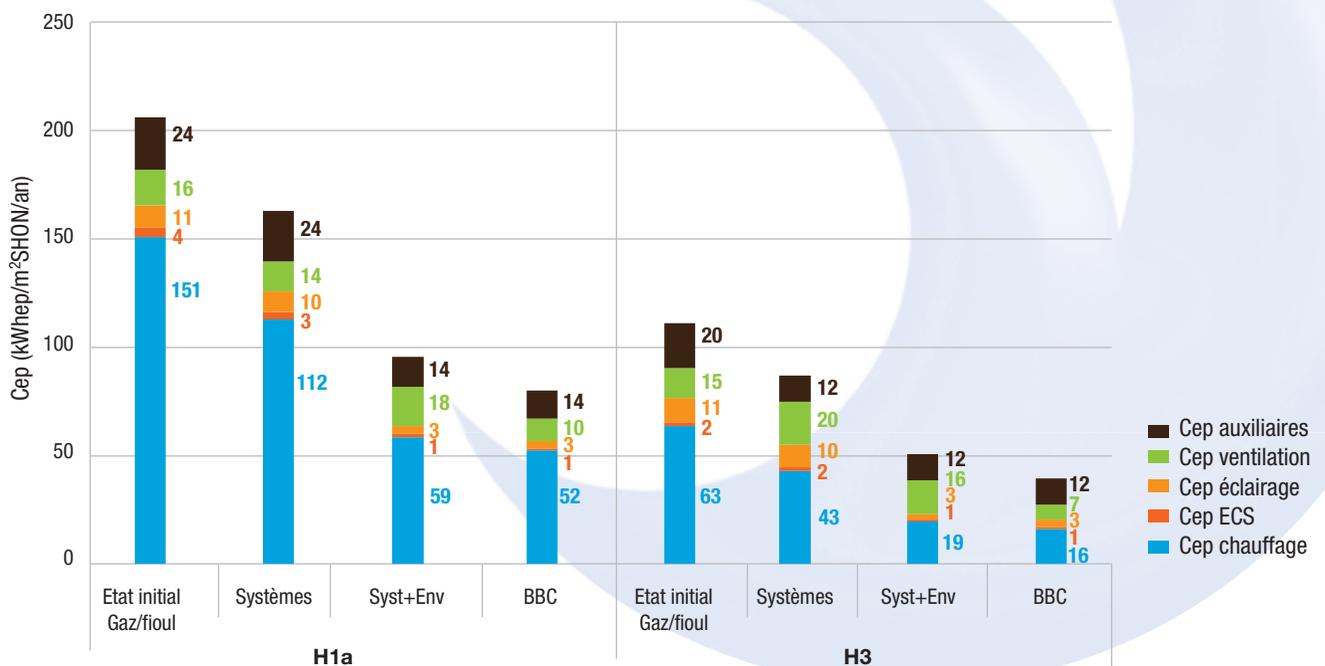
Systèmes initiaux		Niveau de Cep (kWh _{ep} /m ² SHON/an)		
		H1a	H2b	H3
Gaz/Fioul	2 Chaudières Pn = 180 kW, rendement = 89% (PCS)	206	157	111
Élec	Convecteurs électriques	418	310	207
RCU	Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.	185	142	100

H1a	Cep initial	Cep chauffage	Cep ECS	Cep auxiliaires	Cep ventilation	Cep éclairage
Gaz/Fioul	206	151	16	4	11	24
Élec	418	354	30	0	11	24
RCU	185	135	12	4	11	24

- › Travaux scénario 1 : système + hydraulique + régulation et installations électriques
- › Travaux annexes du scénario 2 : travaux scénario 1 + détection de présence + ventilation
- › Travaux annexes du scénario 3 : travaux scénario 2 + éclairage

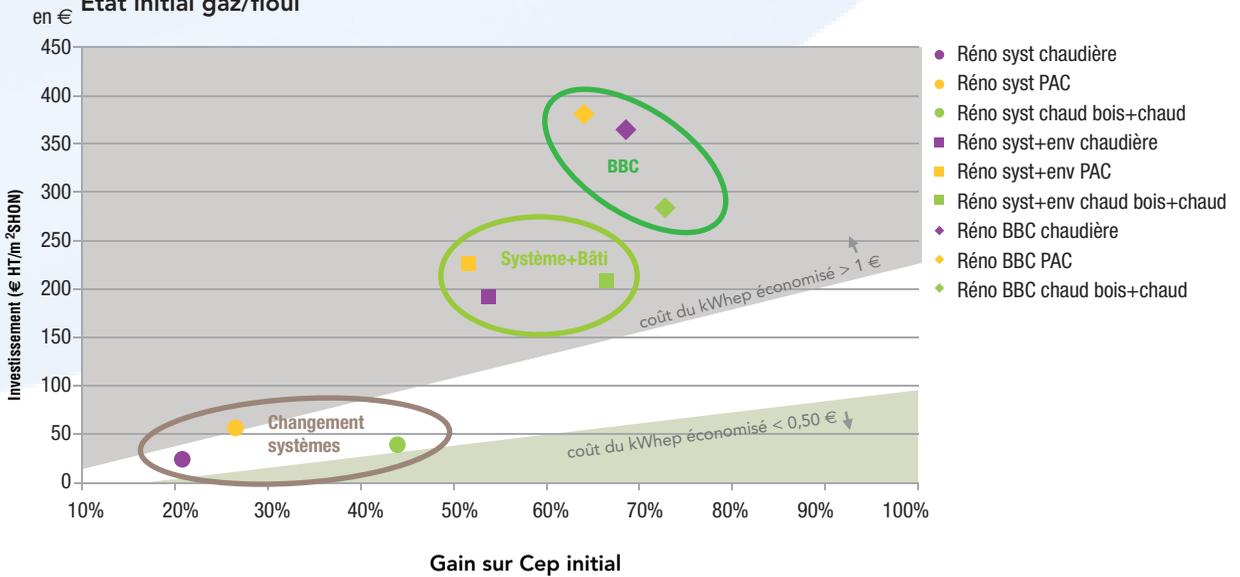
Structure des consommations pour un bâtiment représentatif

Bâtiment 2 - Structure des consommations RT avant et après rénovation - Cas de la chaudière à condensation



Positionnement des solutions en zone H1a

Etat initial gaz/fioul

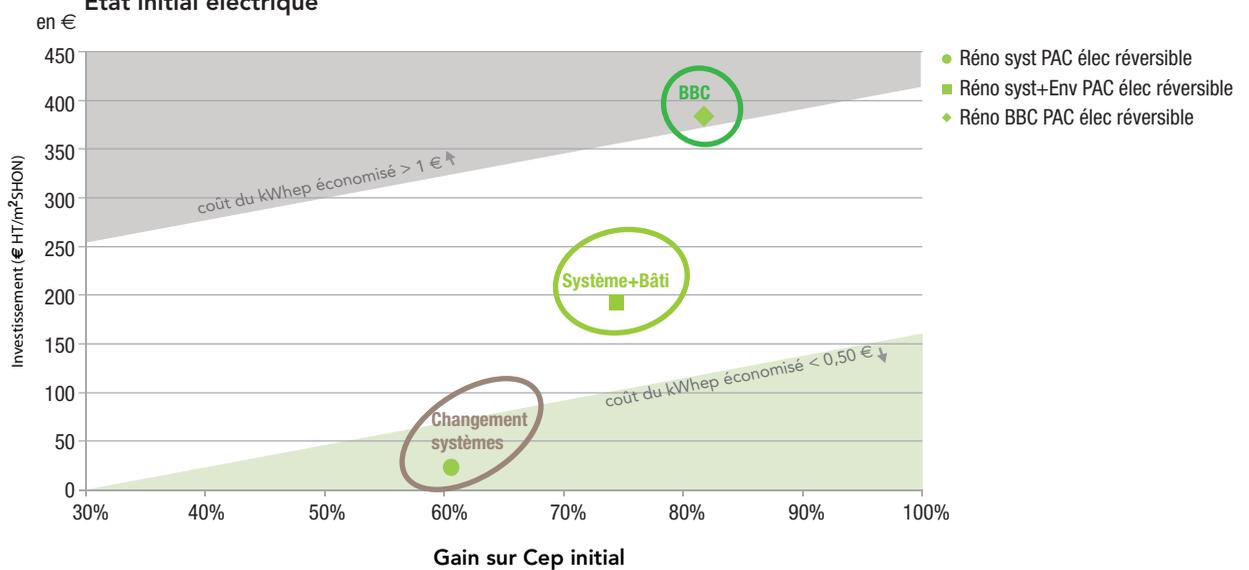


Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation

CD: 405m²

PAC Gaz moteur : 340m²

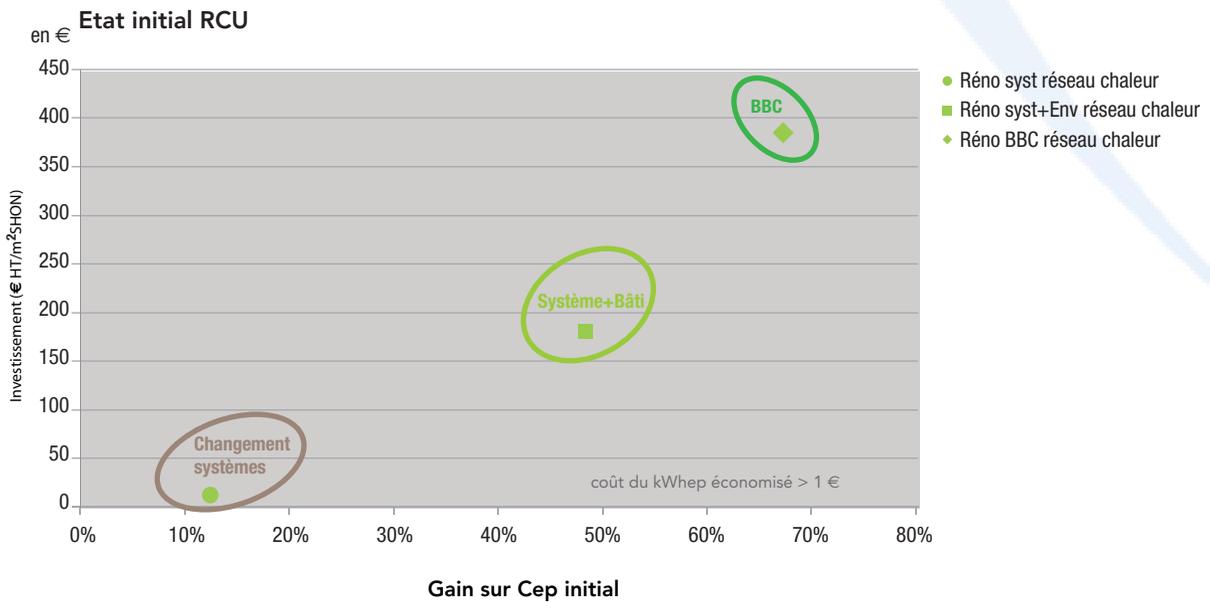
Etat initial électrique



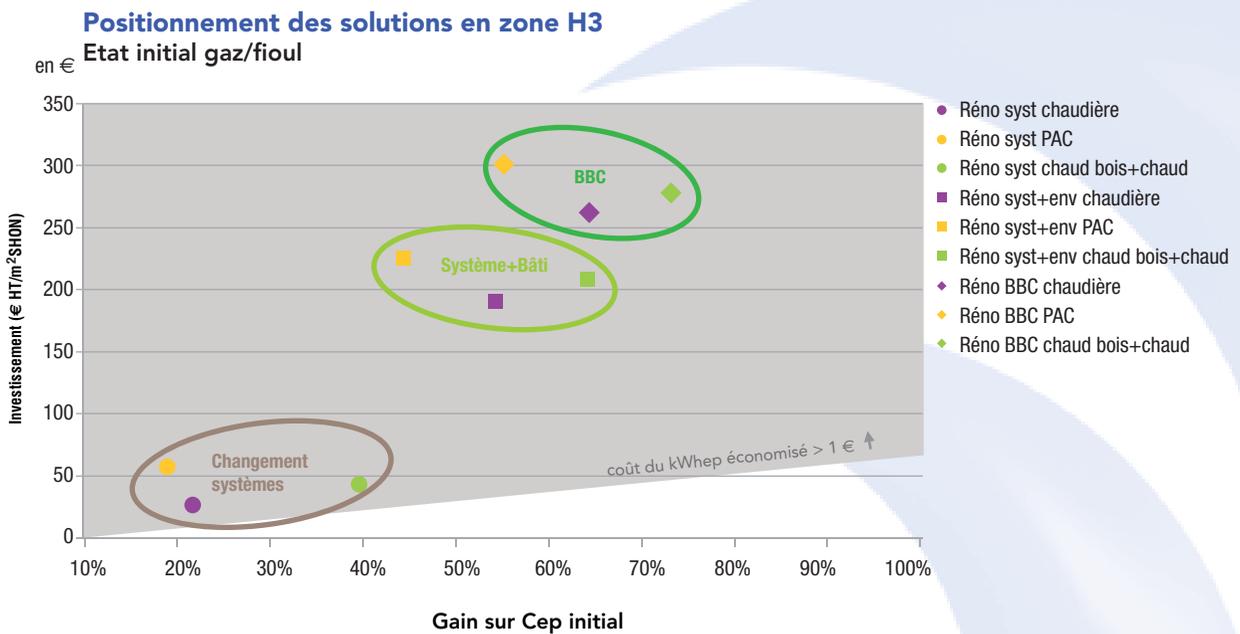
Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation

PAC élec : 485 m²

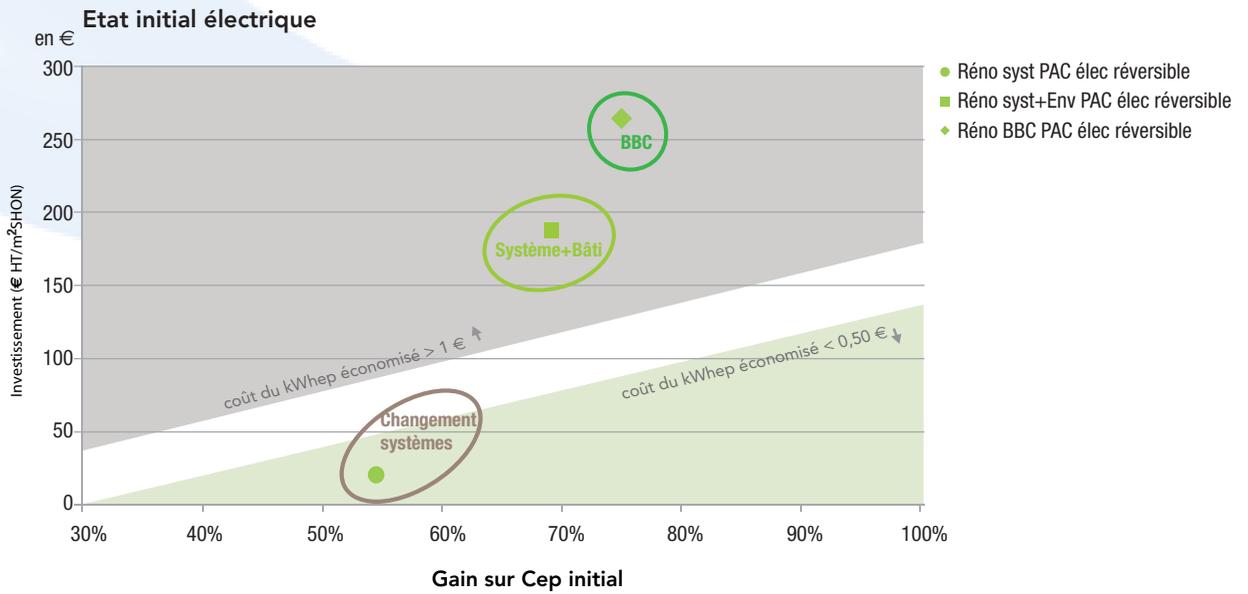
Fiches méthodologiques



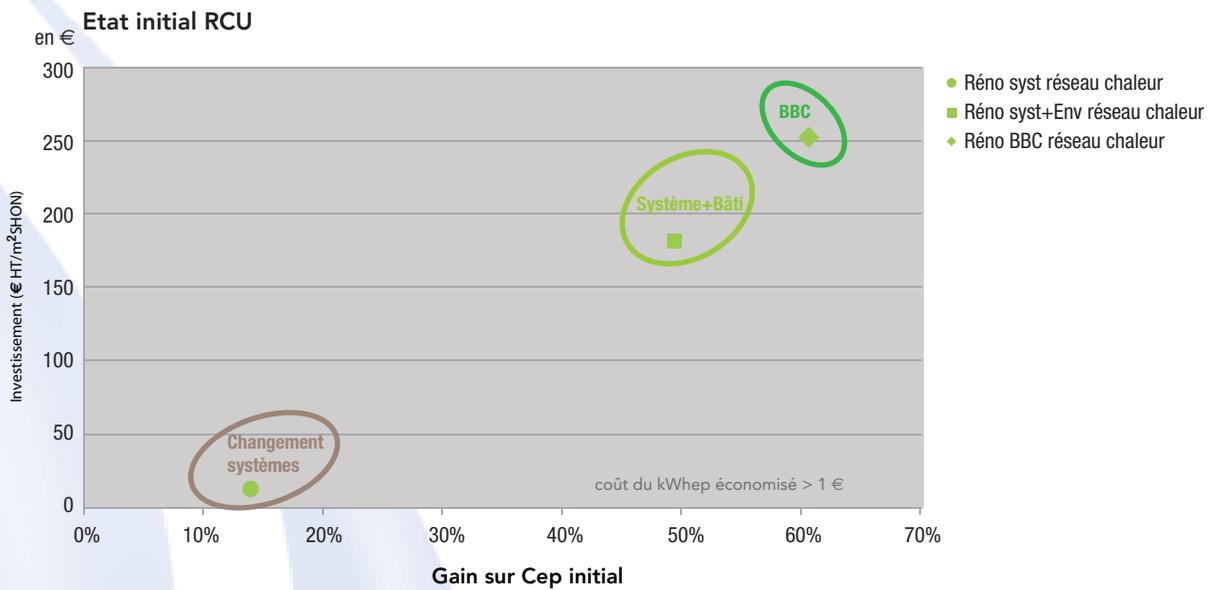
Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation
RCU : 24 m²



Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation
PAC Gaz moteur : 18 m²



Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation
PAC élec : 18 m²



Surface de PV nécessaire pour atteindre le BBC rénovation
RCU : aucune

Fiches méthodologiques



2. BÂTIMENT D'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Part du parc de la branche 52%

Principales caractéristiques

Nb étages collège/lycée 2 à 6
Internat/cantine 3

Taux d'ouvertures 30%

Superficie moyenne 1 530 m² par niveau

Description et exemples de bâtiments

- › Superficie (milliers de m²) : 93 798
- › Nombre d'établissements : 26 355
- › Nombre d'élèves (milliers) : 5 443
- › Nombre de salariés (milliers) : 761

Détails de l'effectif selon le secteur et le type d'établissement

Type d'établissement	Superficie (milliers de m ²)		Nombre d'établissements	
	Public	Privé	Public	Privé
Collège	33 146	9 069	5 051	1 734
Lycée d'enseignement général et technique (LEGT)	22 581	6 507	1 493	1 343
Lycée professionnel (LP)	14 710	4 173	1 711	1 046
Cantine collège	1 349	377	4 939	1 681
Cantine LEGT	742	145	1 429	880
Cantine LP	211	34	1 427	557
Internat collège	54	47	317	475
Internat LEGT	307	109	917	476
Internat LP	202	24	689	190

Collège/lycée : rez-de-chaussée



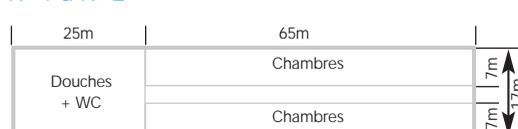
R+1 à R+5



Internat/cantine : rez-de-chaussée



R+1 à R+2



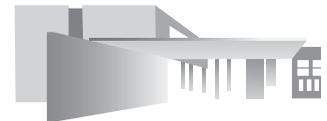
DESCRIPTIF BÂTIMENT 4 : JEAN BOUIN

Lycée avec cantine et internat

Ubât = 1.352 W/m².K

Svitrages/SHON = 13%

SHON = 6 600 m²



Bâtiment principal d'un lycée de surface SHON d'environ 6 600 m², datant des années 70. Il comprend une zone administrative au rez-de-chaussée, des vestiaires, des classes sur 4 niveaux et un internat au dernier étage. Construction en béton non mitoyenne.

- › 1970, centre-ville, isolé sur parcelle, R+4
- › Murs extérieurs : Structure béton - ITI 50 mm TH48
- › Menuiseries : aluminium simple vitrage
- › Plancher haut : toiture-terrasse : 40 mm PSE
- › Plancher bas : sur vide sanitaire, non isolé

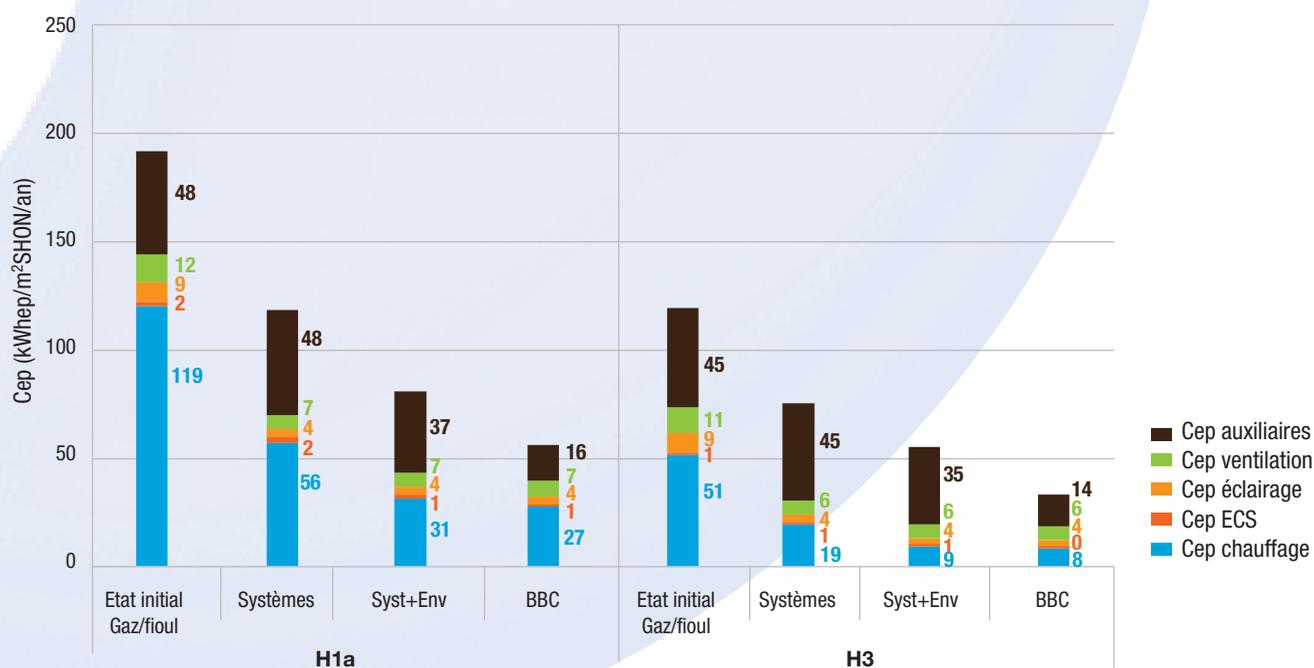
Systèmes initiaux		Niveau de Cep (kWh _{ep} /m ² SHON/an)		
		H1a	H2b	H3
Gaz/Fioul	2 Chaudières Pn = 500 kW, rendement = 88% (PCS)	191	154	118
Élec	Convecteurs électriques	355	271	191
RCU	Raccordement au réseau de chaleur via échangeur privé en sous-station.	172	139	106

H1a	Cep initial	Cep chauffage	Cep ECS	Cep auxiliaires	Cep ventilation	Cep éclairage
Gaz/Fioul	191	119	12	2	9	48
Élec	355	277	20	0	9	48
RCU	172	105	7	3	9	48

- › Travaux scénario 1 : système + hydraulique+ régulation et installations électriques + ventilation
- › Travaux annexes du scénario 2 : Travaux scénario 1 + Détection de présence
- › Travaux annexes du scénario 3 : Travaux scénario 2 + Éclairage

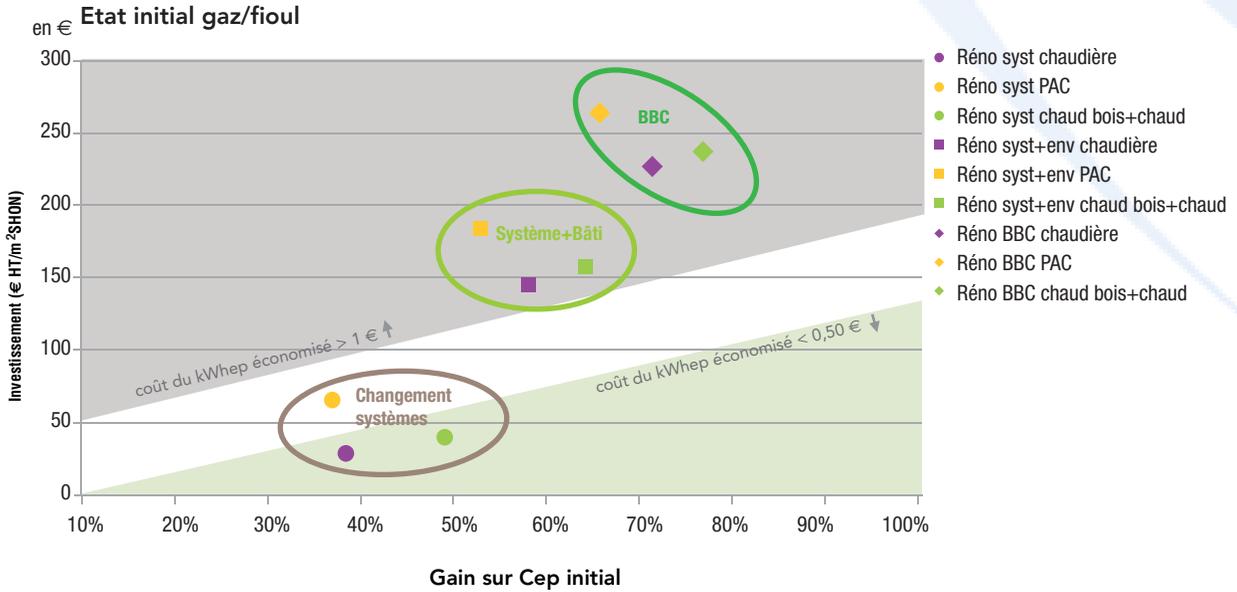
Structure des consommations pour un bâtiment représentatif

Bâtiment 4 - Structure des consommations RT avant et après rénovation - Cas de la chaudière à condensation

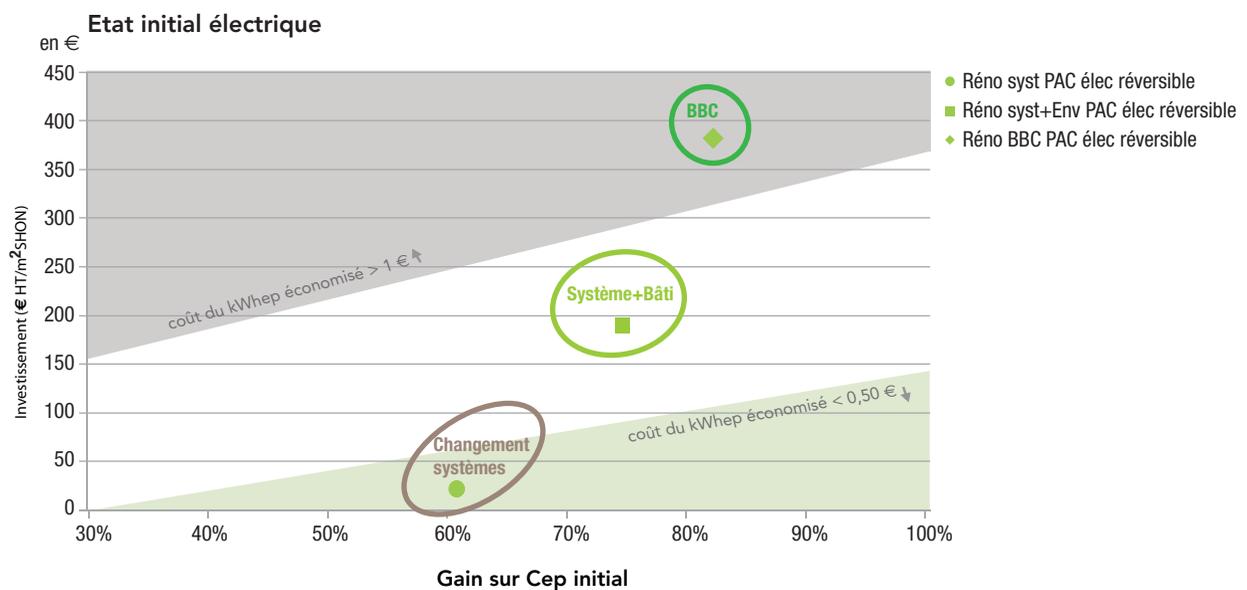


Fiches méthodologiques

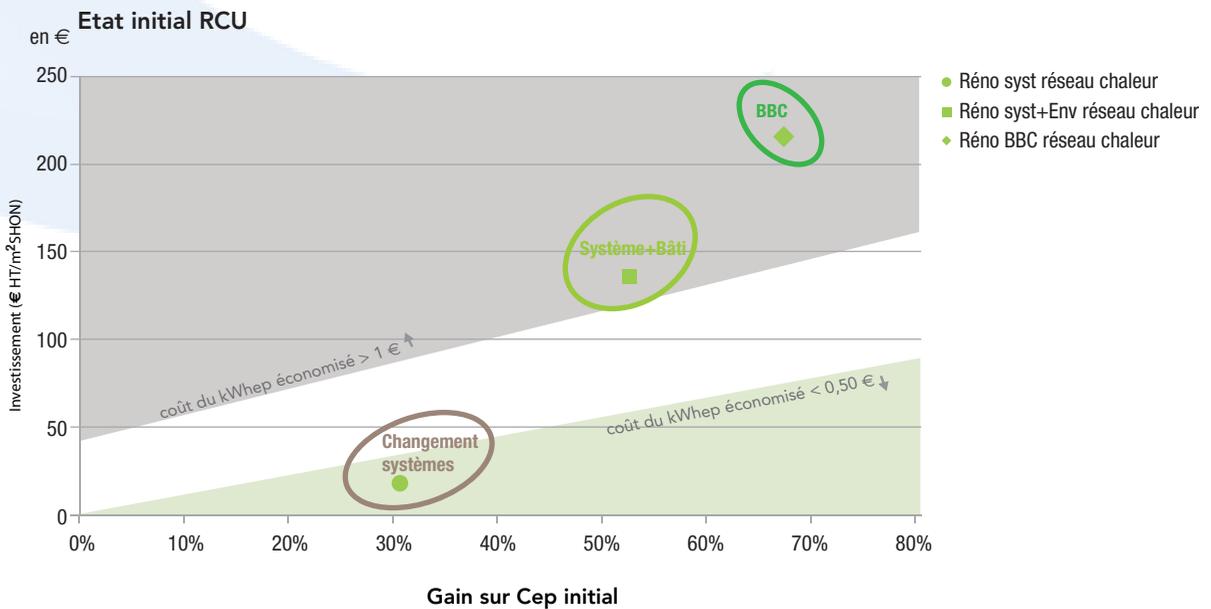
Positionnement des solutions en zone H1a



Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation

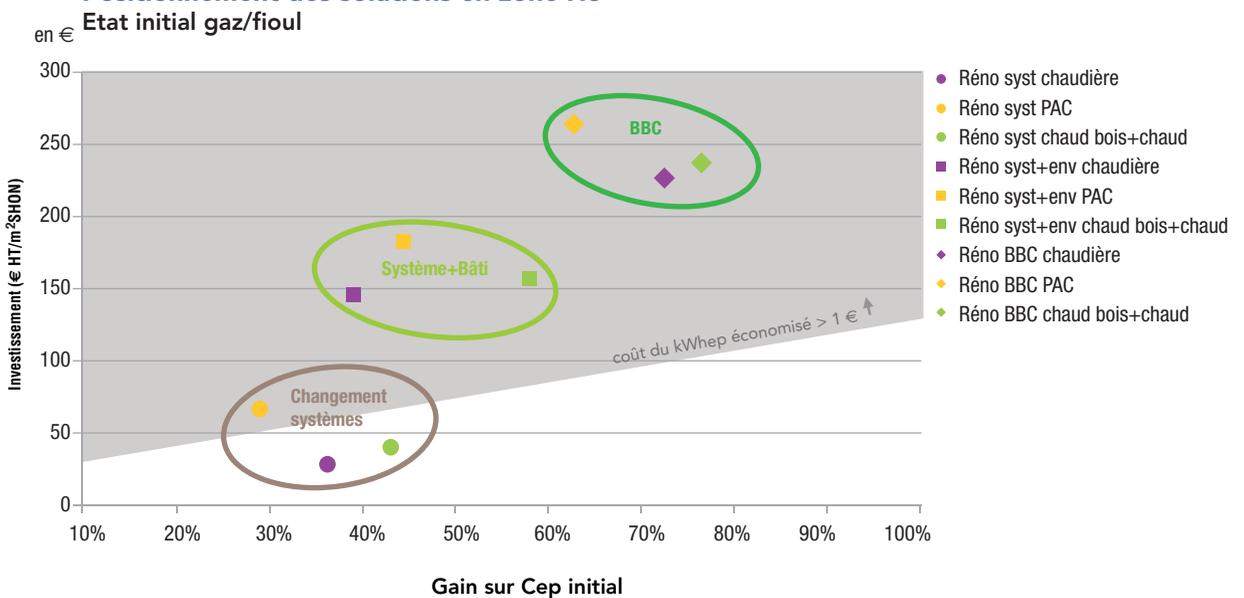


Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation



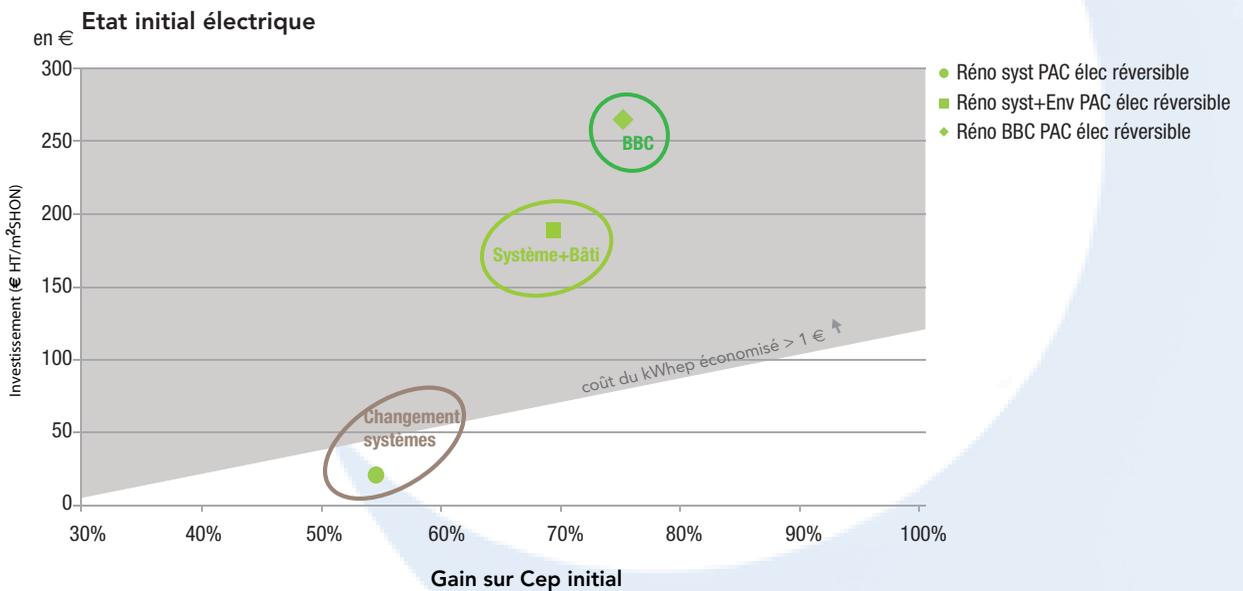
Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation

Positionnement des solutions en zone H3

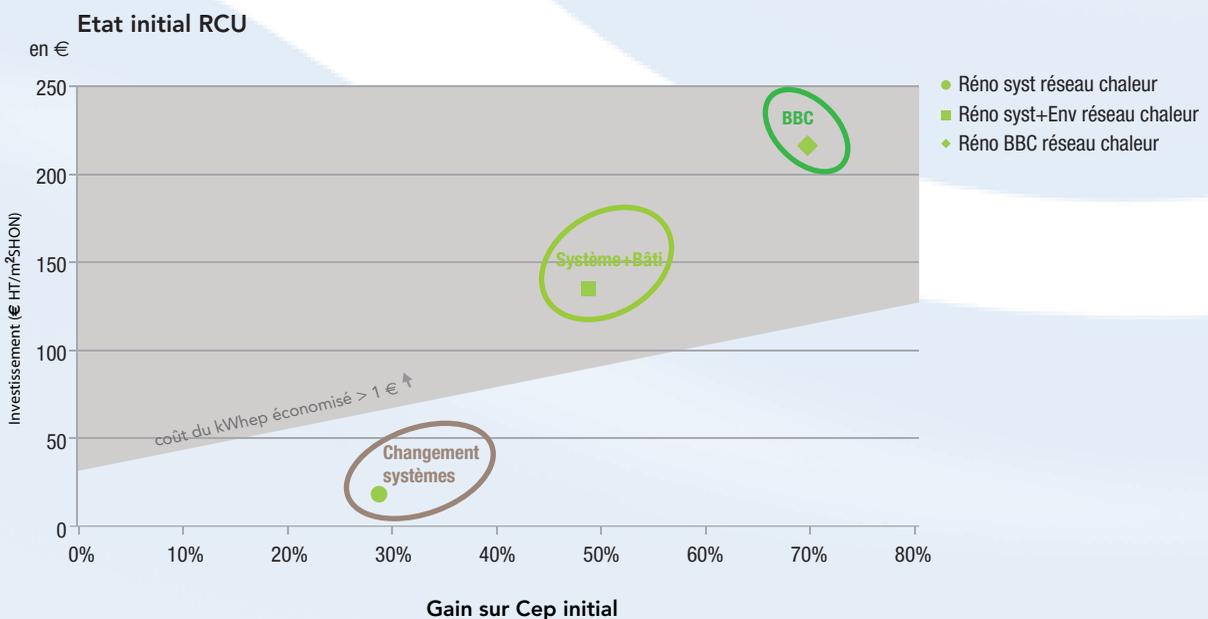


Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation

Fiches méthodologiques



Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation



Ce bâtiment n'a pas besoin de PV pour atteindre le BBC rénovation

Glossaire

ACV	Analyse en Cycle de Vie
BBC	Bâtiment Basse Consommation
CD	Chaudière à condensation
CEP	Consommation d'Énergie Primaire
COP	Coefficient de Performance
DRV	Débit de Réfrigérant Variable
DV	Double-vitrage
ECS	Eau chaude sanitaire
EER	Energy Efficiency Ratio
EnR	Énergies renouvelables
FI	Fioul
GES	Gaz à Effet de Serre
GF	Groupe Froid
GTB	Gestion Technique du Bâtiment
ITE	Isolation Thermique par l'Extérieur
ITI	Isolation Thermique par l'Intérieur
LDR	Laine de roche
LDV	Laine de verre
PAC	Pompe à chaleur
PCI	Pouvoir Calorifique Inférieur
Pn	Puissance nominale
PSE	Polystyrène expansé
PSU	Polystyrène extrudé
PUR	Polyuréthane
PV	Photovoltaïque
R	Résistance thermique (K.m ² /W)
RCU	Réseau de chaleur urbain
RTh	Robinets thermostatiques
RT	Réglementation Thermique
SE	Sonde extérieure de température
SHON	Surface Hors Œuvre Nette
SHONRT	Surface Hors Œuvre Nette au sens de la Réglementation Thermique
SV	Simple vitrage
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté



Membres d'Énergies et Avenir

ACR

Syndicat des Automatismes du génie Climatique et de la Régulation

AFG

Association Française du Gaz

Alliance Solutions Fioul

Association pour l'utilisation performante du fioul domestique

CAPEB

Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment

CFBP

Comité Français du Butane et du Propane

CICLA

Centre d'Informations du Cuivre, Laitons et Alliages

Fedene

Fédération des services Énergie Environnement

FNAS

Fédération nationale des Négociants en Appareils Sanitaires, chauffage, climatisation et canalisation

Profluid

Association Française des pompes, des compresseurs et de la robinetterie

Syndicat de la mesure

UECF-FFB

Union des entreprises de génie Climatique et Énergétique de France

UNCP-FFB

Union Nationale des Chambres Syndicales de Couverture et de Plomberie de France

UNICLIMA

Syndicat des industries thermiques, aérauliques et frigorifiques

Énergies et Avenir représente l'ensemble des professionnels des systèmes à eau chaude pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. L'association rassemble les fournisseurs d'énergies, les organisations professionnelles du bâtiment, de l'exploitation maintenance et entretien, ainsi que les fabricants et distributeurs d'équipements. La filière dispose aujourd'hui d'un chiffre d'affaires de 90 milliards d'Euros et emploie 300 000 personnes en France. Il s'agit d'un gisement d'emplois de proximité et non délocalisables : ce système de chauffage requiert l'intervention de professionnels qualifiés pour en assurer l'installation et la maintenance (en moyenne, un emploi toutes les 200 installations).



ASSOCIATION DES PROFESSIONNELS
POUR LE CHAUFFAGE DURABLE

Énergies et Avenir

8 terrasse Bellini

92807 Puteaux cedex

E-mail : contact@energies-avenir.org

www.energies-avenir.fr

