

Partie 2 de la version  
complète, soit 14 heures au  
lieu de 5 heures



# Réhabilitation énergétique

*Jour 2 : Aborder un projet dans l'existant*



**Samuel COURGEY**  
Réfèrent technique  
Auteur – Formateur



## SOMMAIRE

1. Posons le sujet
  2. Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
  3. Complémentarité des options de base
  4. En guise de conclusion
  5. Ressources
- + Annexes



## Depuis toujours on intervient dans l'existant pour :

- Mettre en valeur le **patrimoine**, **assainir**, **limiter les dégradations** du bâti
- **Adapter** l'habitat aux **nouvelles exigences** de confort, de santé, aux nouveaux modes de vie
- Réduire les **charges énergétiques** et les **charges d'entretien**
- Répondre aux **défis environnementaux** (ressources naturelles...)
- Loger le plus grand nombre de personnes dans des **conditions décentes**
- Stopper l'**étalement urbain**, favoriser les **dynamiques** de quartier, de centres-bourgs

11



## Le parc français

**38 millions** de logements  
( $\approx 3$  Mds de  $m^2$ ), et **1 milliard** de  
 $m^2$  de tertiaire.

**, qu'il faut entretenir, adapter  
aux nouveaux usages...**



Photo Laurent Boiteux

12

ECHOBat Dévelop. 1 sept. 2021

Réhabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

**...Sachant qu'il existe des exigences thermiques réglementaires**

13

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 2/2

Samuel Courgey - Arcane

## Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)

```

graph TD
    A[Surface hors oeuvre nette (SHON) > 1000 m²] --> B[Coût des travaux de rénovation thermique > 25% du coût de la construction*]
    A --> C[Coût des travaux de rénovation thermique < 25% du coût de la construction*]
    A --> D[SHON < 1000 m²]
    B --> E[> 1948]
    B --> F[< 1948]
    E --> G[RT « globale »]
    F --> H[RT « élément par élément »]
    C --> H
    D --> H
    
```

**RT « globale »** (Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2008)

**RT « élément par élément »** (Depuis le 1<sup>er</sup> nov. 2017)

\* Au 1<sup>er</sup> janvier 2022 : 429,50 € HT/m² en résidentiel, 366,50 pour les autres bâtiments  
(source : RTEx. Fiche d'application « Calcul de la valeur d'un bâtiment »)

14

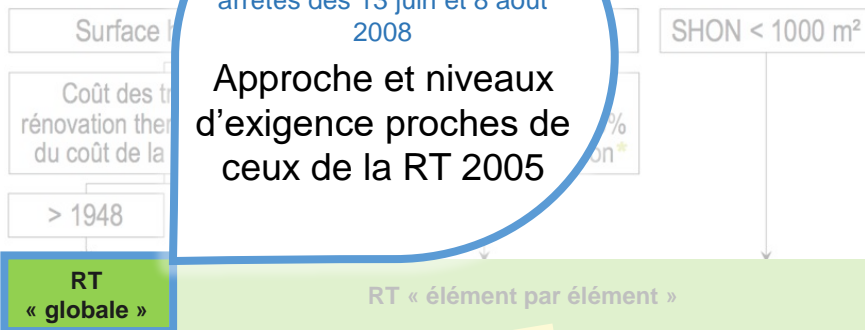
# Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)



## RT globale :

arrêtés des 13 juin et 8 août 2008

Approche et niveaux d'exigence proches de ceux de la RT 2005



Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2008

Depuis le 1<sup>er</sup> nov. 2017

\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

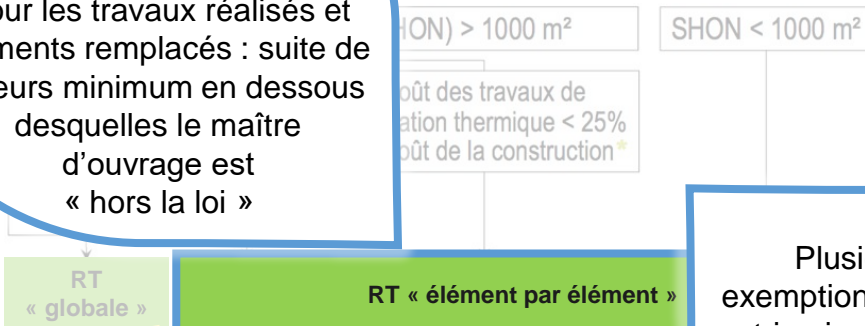
15

## RT « élément par élément » :

arrêtés des 3 mai 2007 et 22 mars 2017

Pour les travaux réalisés et éléments remplacés : suite de valeurs minimum en dessous desquelles le maître d'ouvrage est « hors la loi »

## mentaires : RT Ex. (pour existant)



Depuis le 1<sup>er</sup> avril 2008

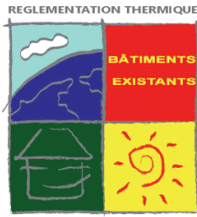
Depuis le 1<sup>er</sup> nov. 2017

Plusieurs exemptions, dont le patrimoine classé et les murs et sols faits de matériaux anciens.

\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

16

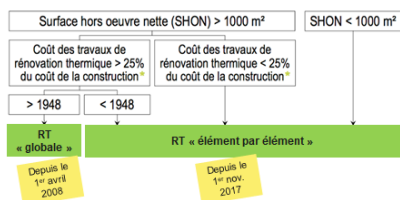




Un site internet regroupe l'ensemble des informations de la réglementation thermique française

<http://www.rt-batiment.fr/>

### Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)



\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

11

\* Respectant par ailleurs les niveaux de la RT<sub>ex</sub>

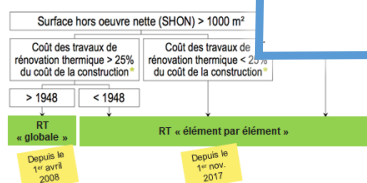
17



A ces obligations, dont il existe de nombreuses exemptions (matériaux anciens, bâti patrimonial...), le décret « **embarquement de travaux** » (lien actif), mais en citant là également de très nombreuses situations dérogatoires, demande la réalisation d'une isolation thermique\* en cas :

- de travaux de ravalement de façade importants
- de réfection de toiture
- d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables

### Les textes réglementaires



\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

11

\* Isolation thermique respectant les niveaux de la RT<sub>ex</sub>

19



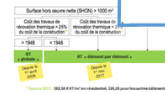
**Dans la suite de la loi ELAN** (loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, nov. 2018), et du **"décret tertiaire"** (23.07.2019), plusieurs arrêtés voient le jour depuis mi-2020 pour préciser les obligations faites aux bâtiments tertiaires.

Pour les bâtiments >1000m<sup>2</sup> elles sont de type :  
déclaration des consos (pour sept. 2022), puis engagement à les baisser de 40% en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050, avec contrôle et sanction « name & shame ».  
(« Nommer et couvrir de honte »)

A ces obligations, le décret « embarquement de travaux », de la réalisation d'une isolation thermique

- de travaux de ravalement de façades importants
- de réfection de toiture
- d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables

Les textes réglementaires



\* Respectant les niveaux de la RT65

17

21



**S'additionne au décret tertiaire le "décret BACS"** (GTB en Anglais\*) qui oblige sous conditions l'installation d'un système de régulation et GTB de classe B pour les installations de chaud et de froid de plus de 290kW d'ici 2025.

\*BACS (Building Automation and Control Systems) est le terme anglais pour GTB (Gestion Technique des Bâtiments) dont la classification est :

- Classe D (fonctionnement manuel, pas de régulation) ;
- Classe C (référence, régulation simple) ;
- Classe B (régulation avec communication entre les postes consommateurs et producteurs d'énergie) ;
- Classe A (optimisation globale).

Dans la suite de la loi ELAN (loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, nov. 2018) et du "décret tertiaire" (23.07.2019), plusieurs arrêtés voient le jour depuis mi-2020 pour préciser les obligations faites aux bâtiments tertiaires.

Pour les bâtiments >1000m<sup>2</sup> elles sont de type :  
déclaration des consos (pour sept. 2022), puis engagement à les baisser de 40% en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050, avec contrôle et sanction « name & shame ».  
(« Nommer et couvrir de honte »)

A ces obligations, sont ajoutées les obligations de réalisation d'une isolation thermique, de travaux de ravalement de façades importants, de réfection de toiture, d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables.



\* Voir Décret tertiaire

17

22



S'additionne au décret tertiaire  
le **"décret BACS"** (GTB en Anglais\*) qui  
oblige sous conditions l'installation d'un  
système de régulation et GTB de classe B  
pour les installations de chaud et de froid de

**Une présentation des principales exigences  
énergétiques de la réglementation française  
(RT<sub>existant</sub>, décret « embarquement de travaux »...) est  
proposée en annexe**

anglais  
en est :

23



## Le parc français

**38 millions** de logements  
( $\approx 3$  Mds de m<sup>2</sup>), et **1 milliard** de  
m<sup>2</sup> de tertiaire.

**, qu'il faut entretenir, adapter  
aux nouveaux usages...**



Photo Laurent Boiteux

**... Chaque période est accompagnée de nouvelles  
contraintes, exigences, souhaits...**

24



## L'environnement en nouvel enjeu



- Changements climatiques
- Risque sur la santé humaine et sur la biodiversité
- Épuisement des ressources naturelles
  - Fin de l'énergie bon marché
  - Conflits engendrés par la localisation géographique des ressources...

Le bâtiment représente entre 25 et 40% des émissions de GES...

Plus d'acides, couche d'ozone...

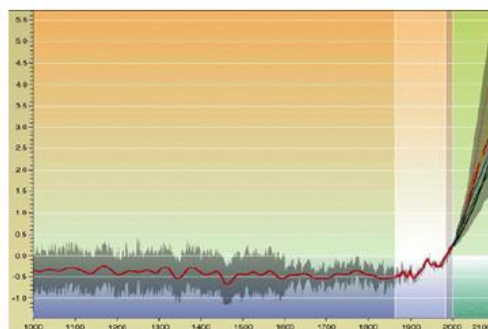
Le bâtiment utilise plus de 40% de l'énergie, 50% des matières premières...

47

25



## Avec une première priorité : lutter contre le dérèglement climatique



11

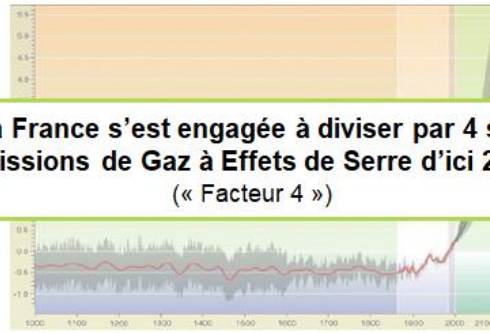
26



Avec une première priorité : lutter contre le dérèglement climatique



La France s'est engagée à diviser par 4 ses émissions de Gaz à Effets de Serre d'ici 2050 (« Facteur 4 »)



12

27



Pour y arriver,  
il faut diviser par environ  
3 nos consommations  
d'énergie, soit entre autres :

- ne construire que des bâtiments de type « passif »
- réhabiliter l'ensemble du parc, et ce, à un niveau de type « facteur 4 »



73

28

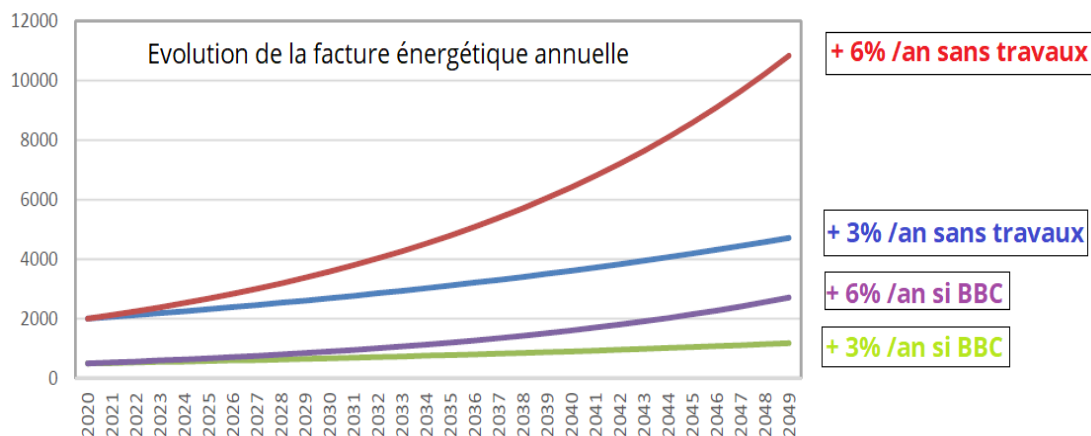


## Pour une facture énergétique de 2000 € (moyenne 2020 par logement), coût en €uros constants sur 10 ans...

	10 ans	20 ans	30 ans	40 ans	50 ans
Pour une augmentation de l'énergie de 2 % par an	21.900	48.590	81.140	120.800	169.160
Pour une augmentation de l'énergie de 4 % par an	24.010	59.560	112.170	190.050	305.330
Pour une augmentation de l'énergie de 6 % par an	26.360	73.570	158.120	309.520	580.670
Pour une augmentation de l'énergie de 8 % par an	28.970	91.520	226.570	518.110	1.147.540

→ Réalisons qu'une rénovation BBC divise la facture de chauffage par 3 à 8 !

29



Vu que nous parlons en euros constants, on réalise que si nous n'améliorons ni notre logement ni nos comportements, il faudra en 2050 près de 10 SMICs par an, si l'augmentation annuelle est de 6%, pour payer notre facture énergétique.

30

**ENVOLEE DES PRIX sur 12 mois (Octobre 2020 à octobre 2021, soit avant le conflit ukrainien) →**

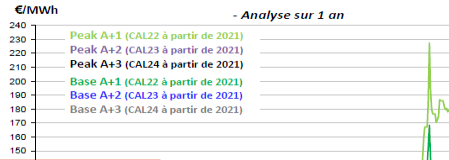
**Pour une facture énergétique de 2000 € (moyenne 2020 par logement), coût en €uros constants sur 10 ans...**

	10 ans	20 ans	30 ans	40 ans	50 ans
Pour une augmentation de l'énergie de 2 % par an	21.900	48.590	81.140	120.800	169.160
Pour une augmentation de l'énergie de 4 % par an	24.010	59.560	112.170	190.050	305.330
Pour une augmentation de l'énergie de 6 % par an	26.360	73.570	158.120	309.520	580.670
Pour une augmentation de l'énergie de 8 % par an	28.970	91.520	226.570	518.110	1.147.540

→ Réalisons qu'une rénovation BBC divise la facture de chauffage par 3 à 8 !

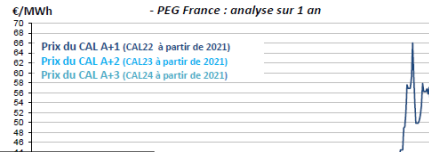
29

### Marché de gros de l'électricité France



**ELECTRICITE x 3**

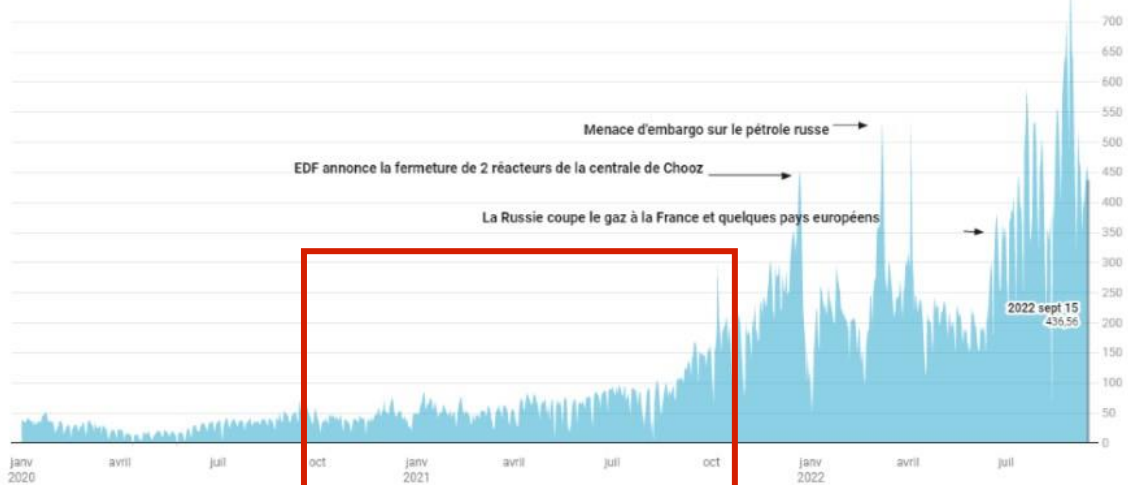
### Marché de gros du gaz en France



**GAZ x 4**

31

**Et sur une échelle plus longue, intégrant le conflit ukrainien**



Evolution du prix de l'électricité sur le marché de gros (EpeX Spot France).

32





## Le parc français

**38 millions** de logements  
( $\approx 3$  Mds de  $m^2$ ), et **1 milliard** de  
 $m^2$  de tertiaire.

, qu'il faut entretenir, adapter  
aux nouveaux usages...

→ Et amener d'ici 2050  
en moyenne au  
niveau BBC !



Photos Laurent Boiteux



34



Les personnes qui ont défini  
le niveau BBC recherchaient un optimum  
technico-économique. S'il semble avoir été  
trouvé, les retours d'expérience montrent que,  
principalement du fait de la compacité des bâtiments,  
cet optimum oscille souvent entre 60 et 70  $kWh/m^2.an^*$ .

A l'opposé, entre autres pour des raisons patrimoniales, il  
est complexe et/ou très onéreux de faire d'atteindre le « 80  
 $kWh$  » à certains bâtiments.

De fait nous précisons bien "en moyenne", en invitant  
les propriétaires de bâtiments faciles, compacts ou  
grands, de rechercher l'optimum technico  
économique et non le seul « 80 »

### Le parc f

**35 millions** de logements  
( $\approx 3$  Mds de  $m^2$ ), et **1 milliard** de  
 $m^2$  de tertiaire.  
, qu'il faut entretenir, adapter  
aux nouveaux usages...

→ Et amener d'ici 2050  
en moyenne au  
niveau BBC !



22

\* Voir <https://observatoirebbc.org/>

35



ECHOBat Dévelop. 1 sept. 2021

Réhabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

**En référence  
énergétique, on ne  
retient pas les  
seuils de la RT<sub>Ex.</sub> ,  
mais les niveaux  
compatibles  
« facteur 4 » !**



37

*Rappel : l'objectif de la RT n'est que de définir la limite  
à partir de laquelle on est « hors la loi » !  
(Le Ministère utilise d'ailleurs l'image de la "voiture balai")*

SYNAPSE BFC - Déc. 2022


gétique 2/2

Sam


**Mais les niveaux  
compatibles « facteur 4 »,  
c'est quoi ?**



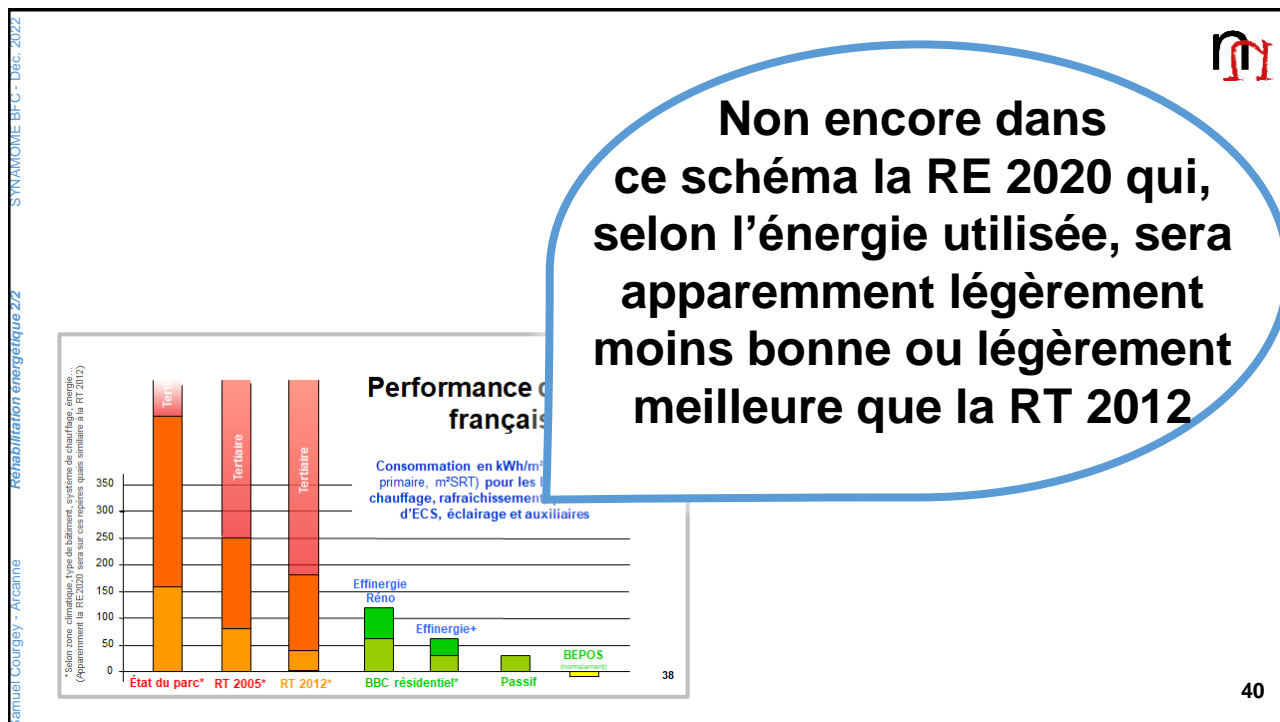
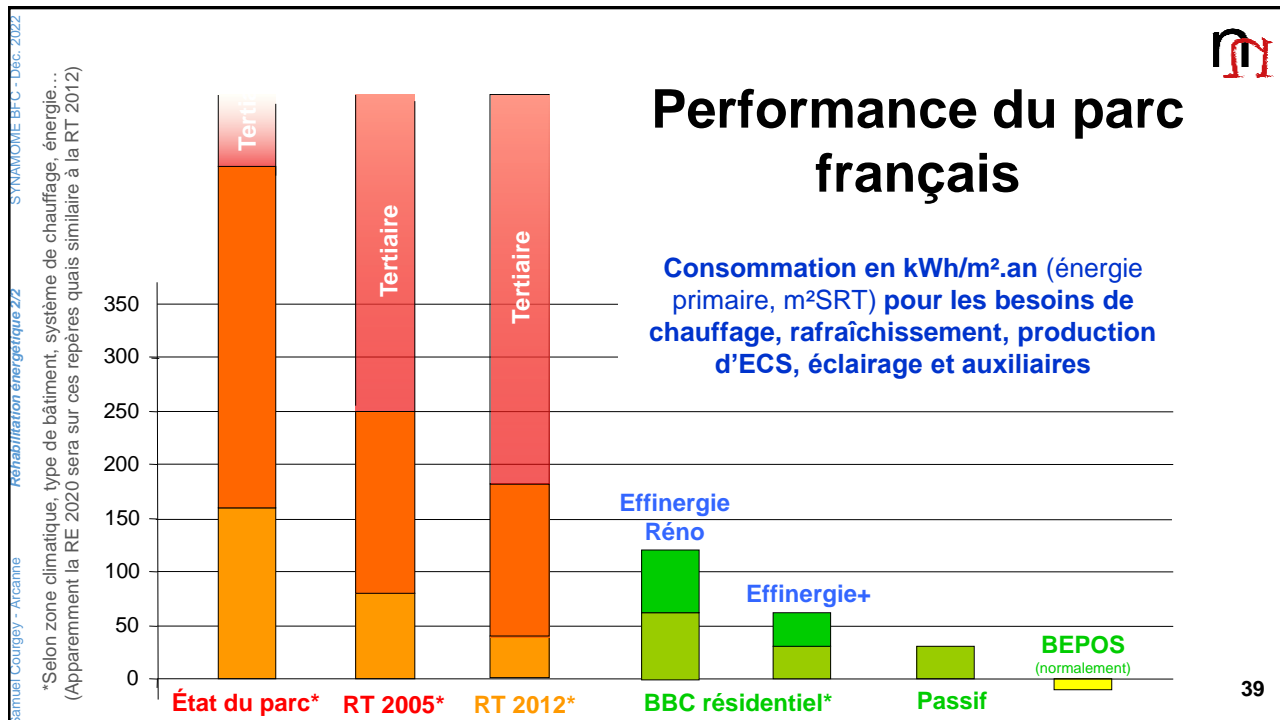
38

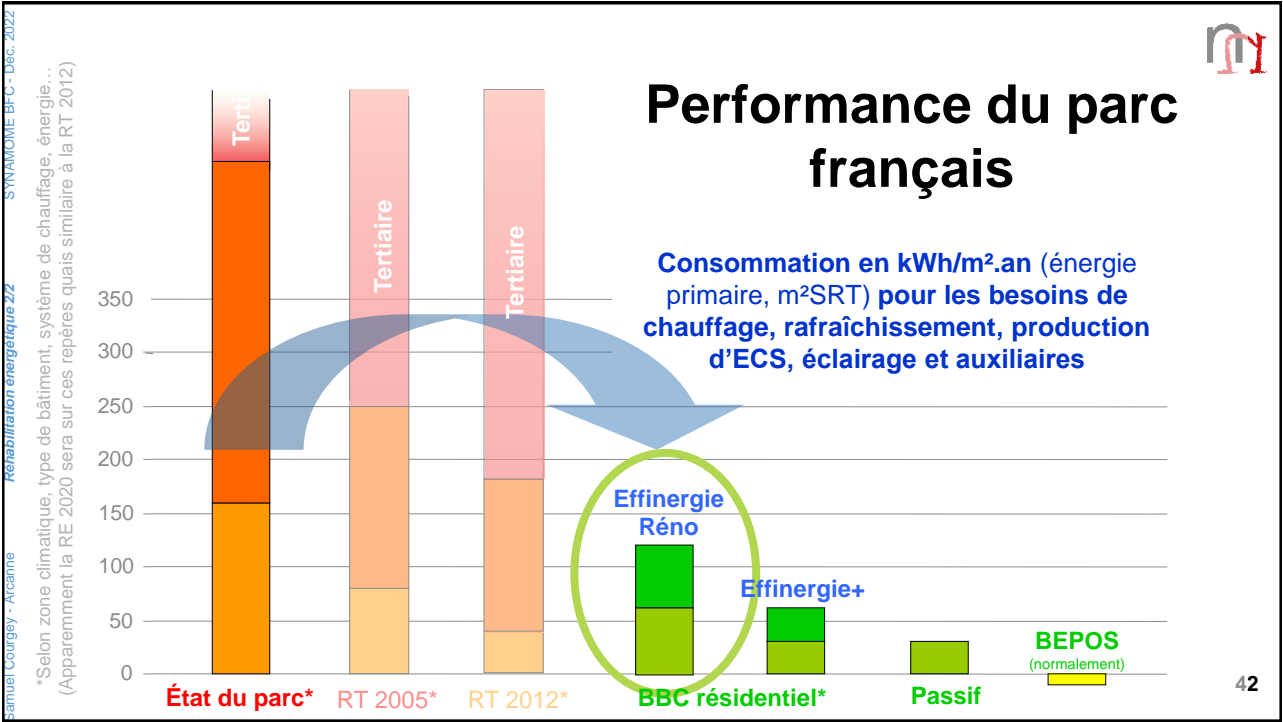
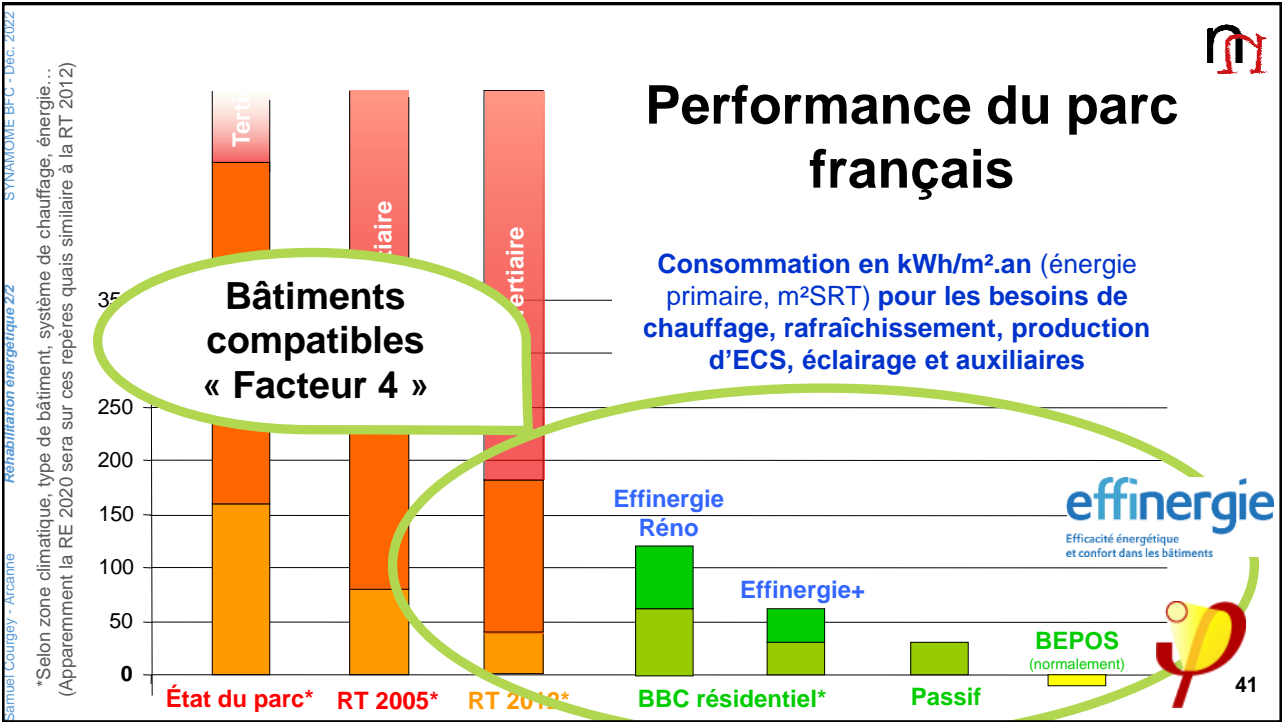


**En référence  
énergétique, on ne  
retient pas les  
seuils de la RT<sub>Ex.</sub> ,  
mais les niveaux  
compatibles  
« facteur 4 » !**



32





, car en tant que  
professionnel,  
nous avons un  
devoir de (bon)  
conseil !

En référence  
énergétique, on ne  
retient pas les  
seuils de la RT<sub>Ex</sub>,  
mais les niveaux  
compatibles  
« facteur 4 » !



24

43

Les points sensibles pour les professionnels

## Le devoir de conseil des professionnels de la construction



www.qualiteconstruction.com

Cette plaquette s'adresse aux professionnels de la construction directement concernés par le devoir de conseil (maîtres d'œuvre, architectes, entrepreneurs, artisans, fournisseurs...). Elle a pour objet de les sensibiliser non seulement à leur obligation de conseiller leurs clients sur certains aspects de l'acte de construire mais aussi aux responsabilités qui peuvent en découler.

### Qu'est-ce que le devoir de conseil ?

Dans le cadre de la bonne exécution de son contrat, tout professionnel supporte une obligation de conseil vis-à-vis de son client (maître d'ouvrage) mais aussi envers les autres intervenants de l'opération de construction (maître d'œuvre, entrepreneurs, artisans, sous-traitants, fournisseurs de matériaux) même si aucun texte légal ou réglementaire n'en impose le principe.

Il s'agit d'une obligation inhérente au contrat passé avec le client, sans qu'aucune mention écrite ne soit nécessaire pour la justifier.

Cette obligation de conseil, érigée par la jurisprudence en véritable concept, est très vaste et concerne aussi bien les domaines techniques, juridiques, réglementaires inclus dans le périmètre de sa mission. C'est un avis qu'un homme de l'art doit nécessairement émettre chaque fois qu'il détecte un risque susceptible de porter préjudice à son client ou à un tiers. Il peut être informatif, préventif ou correctif.

Devoir de compétence, devoir d'information : l'importance du devoir de conseil varie selon le constructeur concerné et son niveau de compétence. D'autres critères sont à intégrer : compé-



tence technique du client, présence ou non d'un maître d'œuvre sur l'opération de construction...

**Exemples de domaines visés :**

- état du terrain, respect des règles d'urbanisme et de voisinage, faisabilité de l'opération, choix des intervenants, respect des règles de l'art, prise en compte des contraintes financières, de l'état des existants, des conditions d'entretien des équipements...

### Quand exercer ce devoir de conseil ?

Tout intervenant à une opération de construction est tenu, dès le début de l'opération et jusqu'à la réception des travaux, à une obligation de conseil, en fonction de son domaine de compétence et des informations en sa possession sur le projet.

• **Dès l'établissement du projet :** il doit mettre en garde sur les risques ou insuffisances du projet par rapport à sa finalité et à son coût. Il doit veiller au respect des réglementations en vigueur.

• **Pendant les travaux :** il doit informer sur les erreurs ou omissions constatées, sur les problèmes d'interfaces entre corps d'état et l'aider à faire des réserves si nécessaire. Il est recommandé très fortement à l'entrepreneur d'informer par écrit sur la nécessité d'entretenir les ouvrages, leurs équipements et sur le bon usage des équipements livrés.



Agence Qualité Construction • Le devoir de conseil des professionnels de la construction • 2016

\* Plaquette téléchargeable sur le site de AQC (Agence Qualité Construction) – Lien actif

44



## Le niveau BBC<sub>Rénovation</sub>

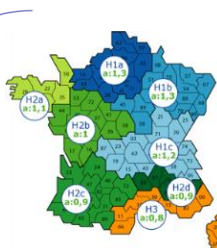


Arrêté du 29 sept. 2009  
pour les bâtiments d'après  
1948. Référentiel effinergie  
pour les autres

En principale exigence<sup>(1)</sup>  
pour le résidentiel :

**80 kWh/m<sup>2</sup>. an** **x**

**Consommation conventionnelle** (calcul RT, m<sup>2</sup> SRT, kWh énergie primaire) **pour le chauffage, l'éventuel rafraîchissement, l'éclairage, les auxiliaires** (ventilation, pompes...) **et la production d'eau chaude sanitaire (ECS).**



Altitude	Coefficient b
≤ 400 mètres	0
> 400 et ≤ 800 mètres	0,1
> 800 mètres	0,2

**(1) Autres exigences** (étanchéité à l'air...) : **(Nouveau\*) Label BBC effinergie Réno**

\* Exigences ajustées, applicable au 1er octobre 2021

45

## Le niveau BBC<sub>Rénovation</sub>



Arrêté du 29 sept. 2009  
pour les bâtiments d'après  
1948. Référentiel effinergie  
pour les autres

En principale exigence<sup>(1)</sup>  
pour le tertiaire :

**Cep < C<sub>ref.</sub> - 40%**

**(1) Autres exigences** (étanchéité à l'air...) : **(Nouveau\*) Label BBC effinergie Réno**

\* Exigences ajustées, applicable au 1er octobre 2021

46

# Le niveau BBC<sub>Rénovation</sub>



Arrêté du 29 sept. 2009  
pour les bâtiments d'après  
1948. Référentiel effinergie

En

Le collectif effinergie a actualisé le label "BBC effinergie rénovation" fin 2021. Les nouveautés concernent principalement le renforcement des performances de l'enveloppe du bâtiment, des valeurs de perméabilité à l'air à ne pas dépasser, en plus d'un objectif « carbone » à atteindre.

pour la production d'eau chaude  
sanitaire (ECS).

(1) Autres exigences (étanchéité à l'air...) : (Nouveau\*) Label BBC effinergie Réno

\* Exigences ajustées, applicable au 1er octobre 2021

47

Le mode de  
calcul RT pour l'existant  
va changer en 2023 pour se  
rapprocher de celui des DPE.  
De fait le calcul du niveau  
BBC<sub>Réno</sub> mais également le  
label va évoluer  
en 2023.



**Le niveau BBC<sub>Rénovation</sub>**

Arrêté du 29 sept. 2009  
pour les bâtiments d'après  
1948. Référentiel effinergie  
pour les autres.

En principale exigence<sup>(1)</sup>  
pour le résidentiel :

80 kWh/m<sup>2</sup>.an ×

Consommation conventionnelle (calcul RT)  
m<sup>2</sup> SHV, avec énergie primaire pour le  
chauffage, l'eau chaude sanitaire,  
l'éclairage, les pompes, ... et la

**Le niveau BBC<sub>Rénovation</sub>**

Arrêté du 29 sept. 2009  
pour les bâtiments d'après  
1948. Référentiel effinergie  
pour les autres.

En principale exigence<sup>(1)</sup>  
pour le tertiaire :

$C_{ep} < C_{ref.} - 40\%$

(1) Autres exigences (étanchéité à l'air...) : (Nouveau\*) Label BBC effinergie Réno

\* Exigences ajustées, applicable au 1er octobre 2021

37

48



32

49



# SOMMAIRE

1. Posons le sujet
2. **Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant**
3. Complémentarité des options de base
4. En guise de conclusion
5. Ressources

+ Annexes

51





**... Des solutions tendent à s'imposer**  
**... les principes ?**  
**... les leviers possibles ?**

52



Retours  
d'expériences !

*Pour faire atteindre  
le niveau BBC à un  
bâtiment existant*

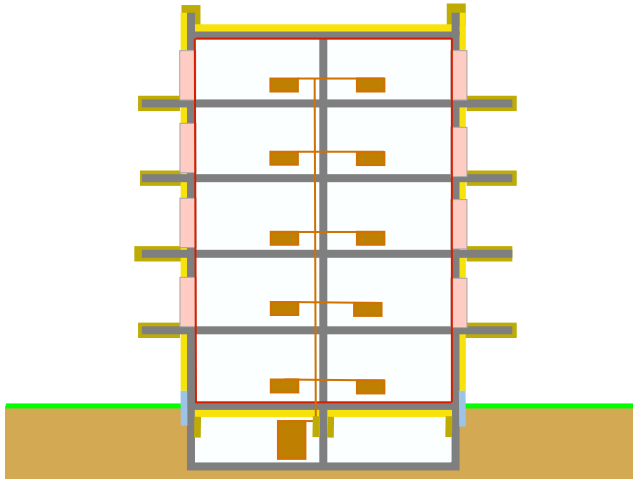
**Des solutions  
tendent à  
s'imposer**

*C'est plus du  
« prêt à porter »*

53



# Limitier les déperditions / Optimiser les systèmes



- On isole les sols, les toitures et les murs
- On choisit des menuiseries performantes
- On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- Puis on ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), dont les régulations.

55



## Vers des bâtiments performants...

*Aucune solution imposée mais des tendances !*

	MURS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé*		
Hier	Isolé	0,40	10
<b>Désormais</b>	<b>Très, et bien isolé</b>	<b>≈ 0,25 à 0,15</b>	<b>15 à 30</b>
	TOITURE	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé*		
Hier	Isolé	< 0,20	20 à 30
<b>Désormais</b>	<b>Très, et bien isolé</b>	<b>≈ 0,15 à 0,08</b>	<b>30 à 50</b>
	SOLS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé*		
Hier	Isolé	0,60	8 à 8
<b>Désormais</b>	<b>Très, et bien isolé</b>	<b>≈ 0,30 à 0,15</b>	<b>10 à 25</b>

\* Cette colonne est renseignée vis-à-vis de l'approche contemporaine : présence ou non d'isolant thermique. Lorsque nous étudierons le bâti ancien, nous réaliserons qu'il peut exister une « intelligence thermique » actionnant d'autres pistes (espace tampon, mur massif...)

Epaisseurs calculées avec un  $\lambda$  d'environ 0,035/0,04 W/mK pour murs et toitures, ≈ 0,025/0,03 pour les sols

18

56



# Vers des bâtiments performants...

*Aucune solution imposée mais des tendances !*

	Baies vitrées	Ponts thermiques	Ventilation et Perméabilité à l'air
Anciennement	Simple vitrage ( $U_w \approx 5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) Cadre bois, alu, acier	Nombreux mais faibles	Baies + cheminées. Perméabilité correcte des parois opaques
Hier	Double Vitrage devenu à Isolation Renforcée ( $U_w \approx 1,6$ ). Bois, PVC, ou alu avec rupteurs thermiques	Nombreux et importants	VMC auto puis hygroréglable. Perméabilité correcte à mauvaise
Désormais	<b>Double ou triple VIR Bois, bois-alu ou PVC avec RT (voire alu ?) + Protections nocturnes et solaires (<math>0,60 &lt; U_{jn}^* &lt; 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}</math>)</b>	<b>Faibles à très faibles</b>	<b>Moteur Très Basse Conso, simple ou double flux assujetties (hygro, CO2...). Perméabilité vérifiée du bâtiment et des réseaux</b>

\* U<sub>jour/nuit</sub> : conductance (≈valeur déperditive) de la baie intégrant la présence d'éventuelles protections nocturnes

59



# Vers des bâtiments performants...

*Aucune solution imposée mais des tendances !*

	Chauffage	Installation de chauffage	Installation d'ECS (eau chaude sanitaire)
Anciennement	Cheminées, puis poêles... puis 1 <sup>ères</sup> chaudières	Cheminées, puis poêles... puis radiateurs à eau chaude	Ballon électrique ou sur chaudière
Hier	Chaudière basse température ou à condensation	Isolation des conduits (Classe 3), pompes assujetties, vannes thermostatiques...	ECS solaire, isolation des conduits (classe 3)
Désormais	<b>Chaudière à condensation*, bois haut rend<sup>t</sup>, PAC++ (sur NRJ fatale...), PAC hybride, réseau de chaleur++, ... en évitant les NRJ carbonées. (*Voire cogénération)</b>	<b>Sur-isolation des pompes, des conduits..., vannes électro-thermiques, boucles (?), très basse t°... voire chauffage par air ?</b>	<b>Robinetterie économe, points de puisage limités, tuyaux limités et sur-isolés, ballons décentralisés, sur isolés... et, ECS solaire ou PAC sur énergie récupérée ?</b>

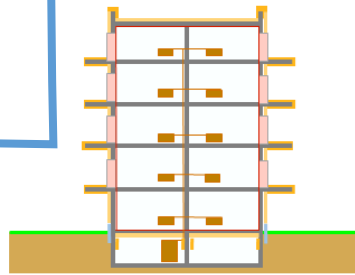
60



En référence  
aux travaux des  
acteurs de [négawatt](#),  
beaucoup appellent  
ces réponses les  
"**Solutions Techniques  
de Rénovation**",  
ou **STR**

\* Liens actifs

Minimiser les déperditions / Optimiser les systèmes



- On isole les sols, les toitures et les murs
- On choisit des menuiseries performantes
- On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), dont la régulation.

61

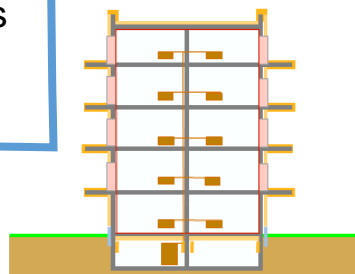
61



Les acteurs  
du passif apportent  
également une approche  
de ce type, mais avec,  
lorsque c'est possible,  
des exigences plus  
élevées. (Voire entre autres  
l'approche "par étapes"  
[EnerPHhit](#))

\* Liens actifs

Minimiser les déperditions / Optimiser les systèmes



- On isole les sols, les toitures et les murs
- On choisit des menuiseries performantes
- On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), dont la régulation.

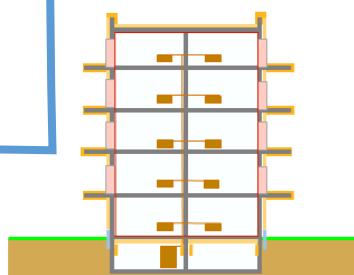
61

62



**Il existe une littérature assez riche sur l'ensemble de ces solutions techniques. Une 1<sup>ère</sup> sélection est proposée au chapitre "ressources"**

**Minimiser les déperditions / Optimiser les systèmes**



- On isole les sols, les toitures et les murs
- On choisit des menuiseries performantes
- On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), dont la régulation.

61

63



*Comment rendre un bâtiment BBC, voire passif ?*



32

69

ECHOBat Dévelop. 1 sept. 2021

Réhabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

m

Retours d'expériences !

*Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant*

**... Les principes ?**

**C'est plus de la méthodo !**

70

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 2/2

Samuel Courgey - Arcane

m

## Les principes

- Clarifier / connaître les besoins... mais également les envies
- Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts, ... et évaluer les enjeux énergétiques
- Repérer l'ensemble de solutions (conceptuelles, techniques, financières...) possibles
- Assainir le bâtiment s'il ne l'est pas
- Fixer un ensemble de solutions (conceptuelles et techniques, financières...) complémentaires
- Anticiper la gestion des détails techniques et des interfaces
- Réaliser les travaux en respectant la qualité de mise en oeuvre nécessaire
- et puis : réceptionner, laisser les repères quant à l'utilisation, ajuster les équipements, suivre les consos... réajuster de nouveau. Puis entretenir.

*Qui accompagne le maître d'ouvrage dans l'écriture du programme ?*

*Y'a t'il une compétence pour réaliser le diagnostic technique et architectural ? Pour l'optimisation énergétique ?*

*Qui apporte la compétence en matière de conception ?*

*Qui apporte la compétence dans la mise en oeuvre, dans la gestion de chantier... ?*

71

***Réaliser un état des lieux,  
repérer les contraintes  
mais également les  
atouts.***

73

## **Le diagnostic** (technique & architectural)



### **De nombreuses méthodes proposées pour :**

- Connaître l'histoire du bâtiment (réalisation d'un diagnostic patrimonial ?)
- Le situer dans son environnement (naturel, bâti, juridique...)
- Comprendre le fonctionnement du bâti
- Évaluer sa vétusté / Repérer les éventuels désordres
- Inventorier les contraintes, mais également les atouts
- Evaluer les enjeux énergétiques...

\* Dans le présent document, le terme diagnostic est utilisé dans son sens large "diagnostic/état des lieux" et non pas selon le sens de la norme NF X 60-010 (Maintenance – Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables) qui fait référence à la recherche de causes de défaillances ou dégradations.

74



# Le diagnostic (technique & architectural)

## De nombreuses méthodes proposées pour :

- Connaître l'histoire du bâtiment (réalisation d'un diagnostic patrimonial ?)
- Le situer dans son environnement (naturel, bâti, juridique...)
- Comprendre le fonctionnement du bâti
- Évaluer sa vétusté / Repérer les éventuels désordres
- Inventorier les contraintes, mais également les atouts
- **Evaluer les enjeux énergétiques...**

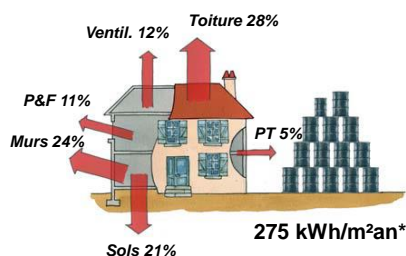
\* Dans le présent document, le terme *diagnostic* est utilisé dans son sens large "diagnostic/état des lieux" et non pas selon le sens de la norme NF X 60-010 (Maintenance – Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables) qui fait référence à la recherche de causes de défaillances ou dégradations.

75

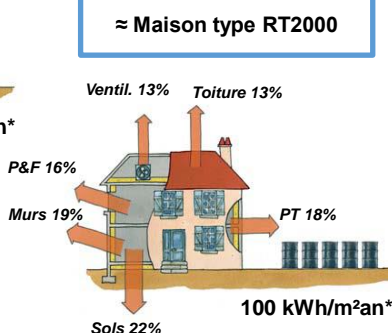


# Le diagnostic énergétique

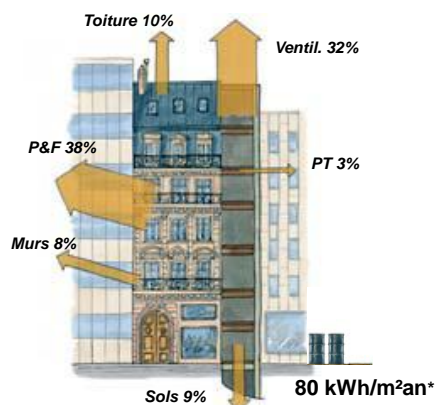
## Repérer / évaluer les enjeux énergétiques ?



≈ Maison non isolée des années 60



≈ Maison type RT2000



Immeuble haussmannien mitoyen

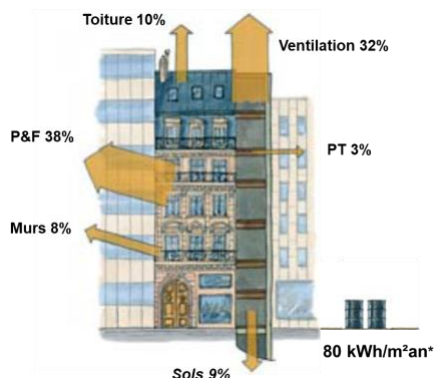
80

\*Consommations de chauffage en kWh énergie primaire par m² Shon

Source : étude BATAN (DGHUP, CETE, MPF...)

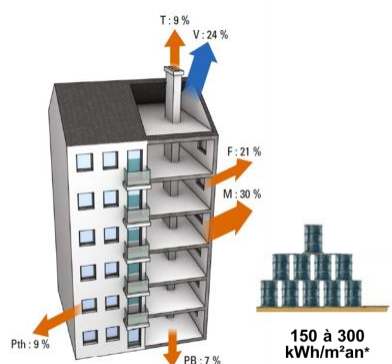


### Ex. d'immeuble haussmannien mitoyen sur 2 côtés



Murs : 8% de 80, soit  
6,4 kWh/m².an

### Ex. d'immeuble béton non isolé mitoyen sur 1 côté

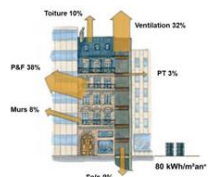


Murs : de 45 à 90  
kWh/m².an

81



### Ex. d'immeuble haussmannien mitoyen sur 2 côtés



Murs : 8% de 80, soit  
6,4 kWh/m².an

### Ex. d'immeuble béton non isolé mitoyen sur 1 côté



Murs : de 45 à 90  
kWh/m².an

64

- Avoir une idée de la performance des bâtiments et de la ventilation de leurs déperditions est nécessaire pour aborder une rénovation
- Sur certains bâtiments, actionner l'ensemble des solutions techniques de rénovation (**STR**) ne s'impose pas.

82



**En plus de la littérature qui propose de nombreux types de bâtiments\*, plusieurs méthodes permettent d'avoir une 1<sup>ère</sup> idée des dépenses et déperditions.**

(Tel l'outil « conso » du programme Rénov'act)



\* Voir bibliographie, l'étude BATAN (Bâtiment ancien), ... et →



\*\* Téléchargeable sur Internet, lien actif

83

Pour les bâtiments "simples", "répétitifs"..., nous pouvons également entrevoir des méthodes basées sur des « solutions type ».

**Si la littérature technique renseigne de très nombreux types de bâtiment, pour la maison individuelle nous nous devons de citer DORÉMI avec ses "Solutions Techniques de Rénovation" (STR)**



Voir également les réflexions négaWatt ([Lien](#)), et du BET Enertech ([Lien](#)), pour les maisons en bande et les immeubles simples ([Lien](#)) : et pour la région Grand-Est le travail d'OKTAVE : [lien](#).

\* Image avec lien internet

84

SYNOPSIS BFC - Dec. 2022

Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcanne

**Rappel**

Comment rendre un bâtiment BBC, voire passif ?

32

85

ECHOBât Develop. 1 sept. 2021

Réhabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

Retours d'expériences !

Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant

**... Les leviers possibles ?**

Pour une approche plus « sur mesure »

86



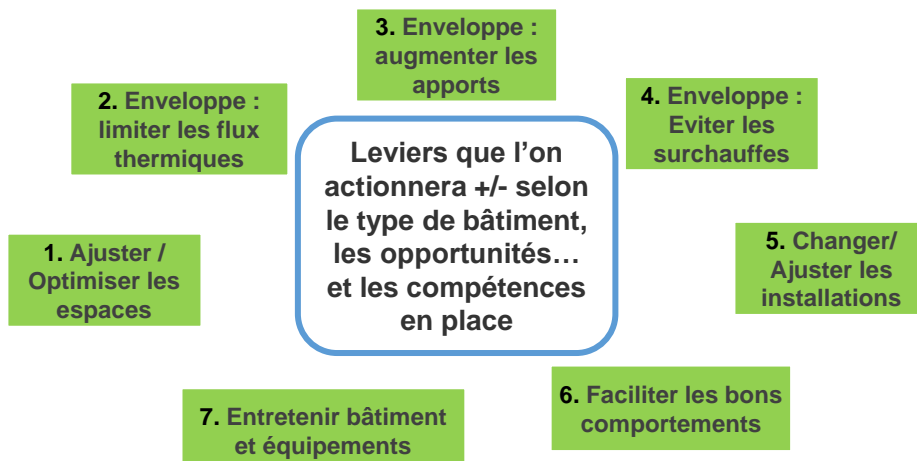
## Les leviers actionnables pour rendre un bâtiment énergétiquement performant



87



## Les leviers actionnables pour rendre un bâtiment énergétiquement performant



88

## Levier n°1



# Ajuster l'aménagement et la conception, optimiser l'utilisation de l'espace.

89

## 1. Ajuster l'aménagement / Optimiser les espaces

... Attention à ne pas faire trop grand !

**Le bâti répond-t-il aux nouveaux usages** (surface, agencement...), **et aux besoins futurs** (accessibilité...) ?

- **Les pièces de vie profitent-elles du soleil, de la vue ? ...**
- **Peut-on créer des espaces tampons ? Et, actifs ou passifs ?**
- **L'ensemble des volumes sera-t-il chauffé ?**  
(Penser aux utilisations plus saisonnières, à l'approche évolutive, proposer différents zonages, optimiser les surfaces par une conception ajustée...)
- **Une mutualisation est-elle possible** (chaufferie, espaces dédiés, parking/garages, solaire thermique ou photovoltaïque...)



90

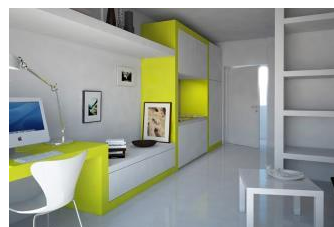
## 1.

## Ajuster l'aménagement / Optimiser les espaces



Ajout d'un ou deux niveaux

*Le projet dégage t-il des opportunités d'investissement ?*



Aménagement d'une chambre d'étudiant, d'une chambre d'hôtes...

91



**Si les retours d'expérience montrent surtout du résidentiel :**

→ Il est tout à fait possible de s'en inspirer.

→ Il existe déjà de nombreux tertiaires (sur [l'observatoire BBC](#), plus de 300 projets)

**De plus, pour une collectivité, cette réflexion à avoir en amont (optimisation des espaces...) doit intégrer les pistes permettant de réorganiser le parc.**

## 1.

## Ajuster l'aménagement / Optimiser



Ajout d'un ou deux niveaux

*Le projet dégage t-il des opportunités d'investissement ?*



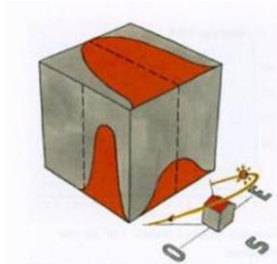
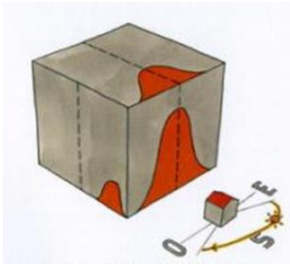
Aménagement d'une chambre d'étudiant, d'une chambre d'hôtes...

73

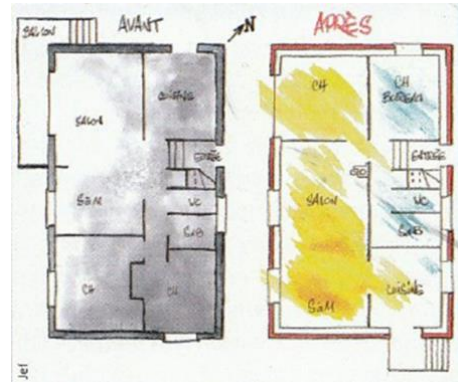
92



# 1. Ajuster l'aménagement / Optimiser les espaces

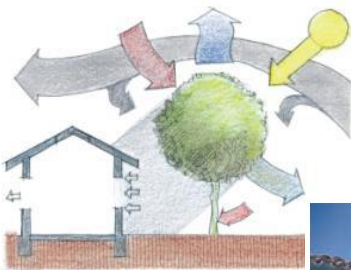


Ajuster les pièces... et les baies vitrées  
en fonction de la courbe du soleil et  
des besoins de chaleur & de lumière

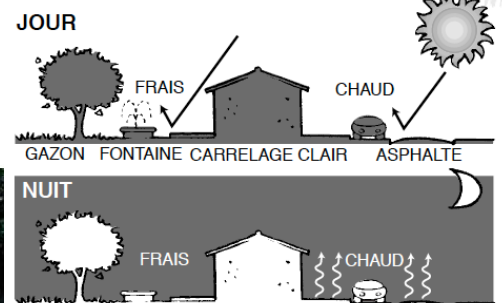


93

# 1. Ajuster l'aménagement / Optimiser les espaces



, également à  
l'extérieur (façades,  
parcelles)



94





## Levier n°2



**Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes.**

97



# 2.

## Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

### *Isolation thermique du toit*

- **Quel type de toiture** (terrasse, % pente ...) ?
- **Besoins de rénover la toiture, la charpente** ?
- **Aménage-t-on les combles** ?
- **Y-a-t-il un isolant** ? Faut-il le déposer ?
- **Quelle valeur initiale du U** ? **Quelle valeur future** ? (*tendre vers 0,15 à 0,08 W/m²K*)
- **Quelle technique d'isolation** ? (Peut-on isoler le sol du grenier ? En "sarking" ?...)
- **Quel(s) matériau(x) choisir** ?
- **Quelle stratégie pour le confort d'été** ? (surventilation de la sous-toiture, parement intérieur lourd...)
- **Y-a-t-il des contraintes esthétiques** ? Réglementaires ?
- **De quelle place dispose-t-on** ?
- **Quelles connaissances /compétences ont les entreprises locales** ?...

98



## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes



## Isolation thermique des murs

- **Comment sont les façades ? Quel type de murs ?** (Terre, briques, pierres avec mortier de chaux, de terre, présence de matériaux putrescibles...)
- **Est-il sain ? Humide ? A t'il une rupture de capillarité radicale ?...**
- **Quelle valeur initiale du U ? Quelle valeur future ?** (tendre vers 0,25... À 0.15 W/m²K ?)
- **Quelle technique d'isolation ?** (Peut-on isoler par l'extérieur ? Dans quel état sont les parements intérieurs ? Est-ce possible d'évacuer le logement ?...)
- **Quel(s) matériau(x) choisir ?**
- **Quelle stratégie pour le confort d'été ?** (parements lourds...)
- **Si l'isolation est réellement impossible : quelle correction thermique choisir ?**
- **Y-a-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ? De places ?**
- **Quelles connaissances / compétences ont les entreprises locales ?...**

99

## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes



## Isolation thermique des sols

- **Comment sont les façades ? Quel type de murs ?** (terre, briques, pierres avec mortier de chaux, de terre, présence de matériaux putrescibles...)
- **Est-il sain ? Humide ? A t'il une rupture de capillarité radicale ?...**
- **Quelle valeur initiale du U ? Quelle valeur future ?** (tendre vers 0,30... À 0.15 W/m²K ?)
- **Quelle technique d'isolation ?** (Peut-on isoler par l'extérieur ? Dans quel état sont les parements intérieurs ? Est-ce possible d'évacuer le logement ?...)
- **Quel(s) matériau(x) choisir ?**
- **Quelle stratégie pour le confort d'été ?** (parements lourds...)
- **Si l'isolation est réellement impossible : quelle correction thermique choisir ?**
- **Y-a-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ? De places ?**
- **Quelles connaissances / compétences ont les entreprises locales ?...**

100

## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

## Traitement des ponts thermiques

### Rappel

#### Une isolation performante ?

- Une isolation qui permet des bâtiments confortables, économes en énergie et pérennes, soit une isolation :
  - conséquente
  - **générant très peu de ponts thermiques**
  - accompagnée d'une réelle étanchéité à l'air
  - composant judicieusement avec l'inertie
  - pérenne

83

### Rappel

#### ANNEXES

- Bien être et confort thermique
- **Les ponts thermiques**
- Critères de choix des isolants
- Exemples d'isolants
- Exemples de parois « basse conso »

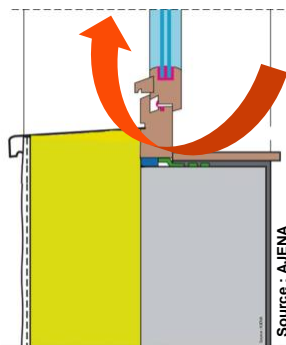
359

101

## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

## Traitement des ponts thermiques (exemples ITE)



Source : A.JENA

**Super isolants ?**  
(Aérogel ou isolant sous vite)



**Exemple de bas de murs**  
(où l'isolant, ici du polyuréthane, descend de 50 cm sous le niveau du sol)

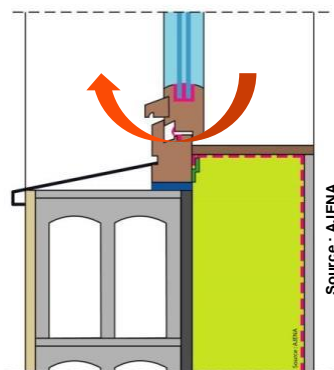
: PT de limité à très limité

102

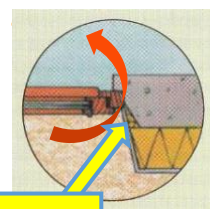
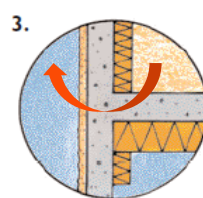
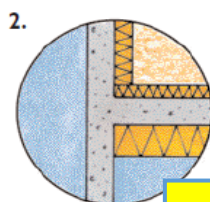
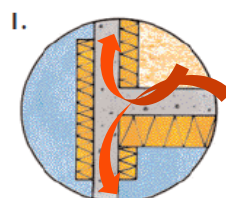
## 2.

## Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

### Traitement des ponts thermiques (exemples ITI)



: PT de limité à très limité

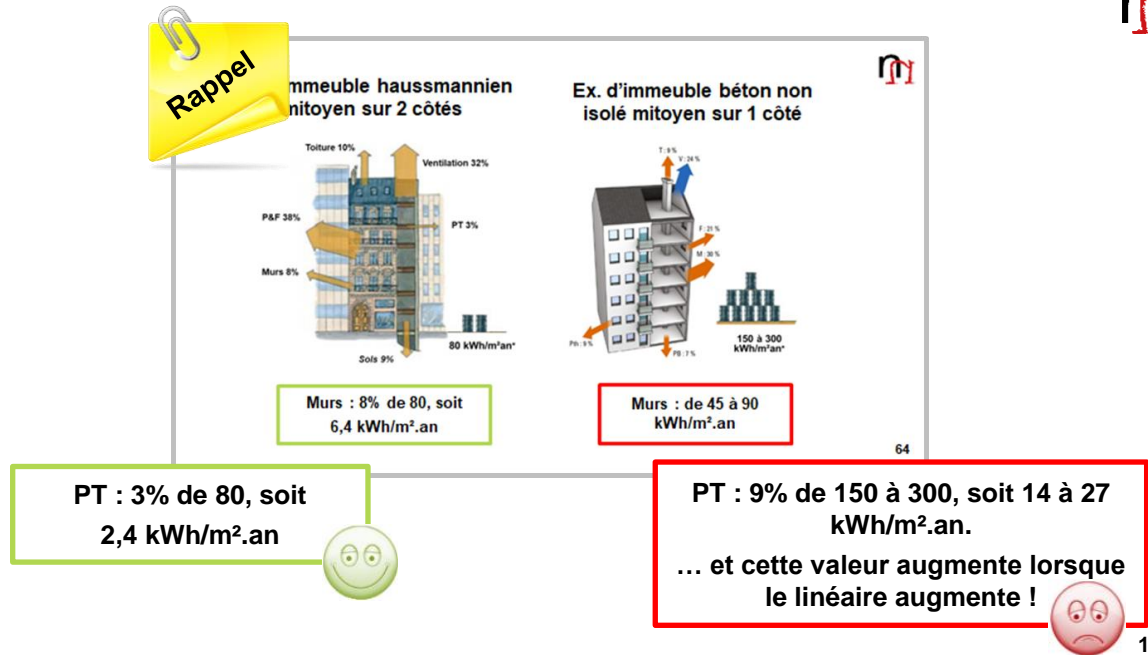


Super isolants ?

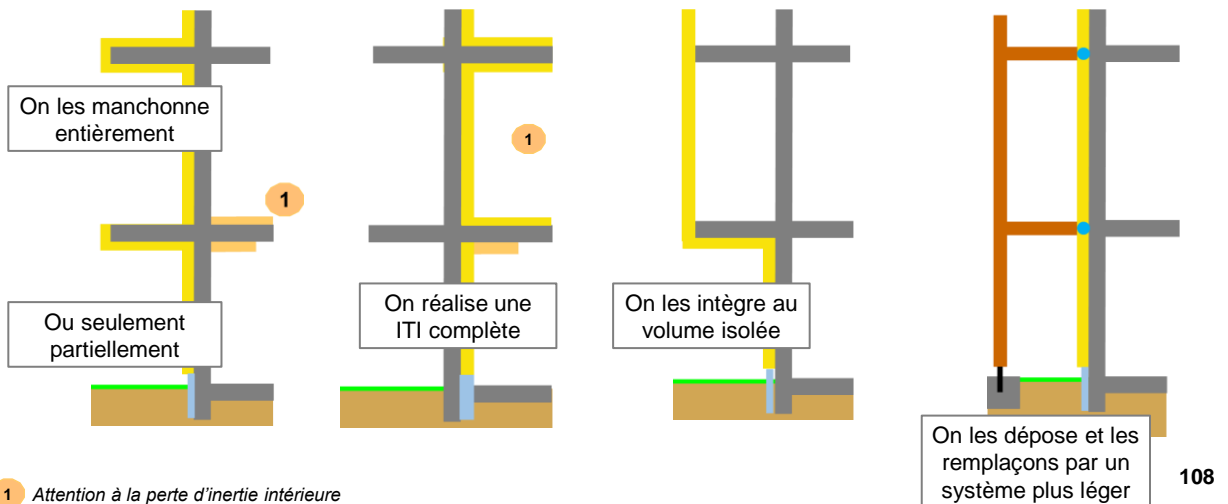
103

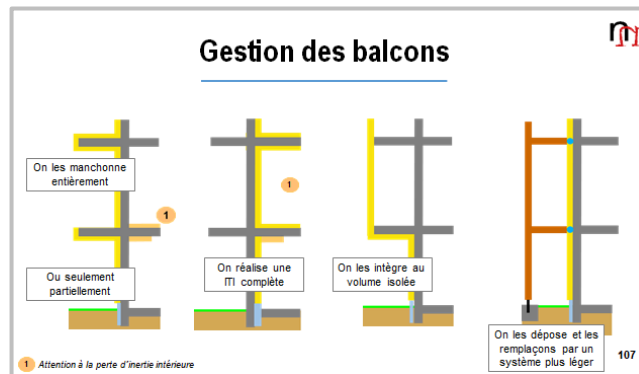
**Et qu'en  
est-il des  
balcons ?**

104



## Gestion des balcons





**La solution à retenir sera celle s'intégrant le plus dans la logique du projet, qui dépend de la performance du bâtiment, du type de balcon, du type de façade, du budget mobilisable... , et des souhaits des maîtres d'ouvrage**

109

## « Logique de projet »



Architecte : Serge Jauré

110





**L'année qui vient de passer (Covid 19), ne va-t-elle pas faire réaliser à beaucoup de la pertinence d'avoir un balcon confortable, voire une terrasse ?**

« Logique de projet »



Architecte : Serge Jauré



60

112

## 2.

## Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

### Étanchéité à l'air des bâtiments

- Où se trouvent les fuites d'air parasites ?
- Lesquelles peuvent être traitées par une 1<sup>ère</sup> tranche de travaux ?
- Comment gérer celles qui resteront ?
- Quels matériaux et techniques choisir ?
  - quelles contraintes hygrothermiques ?
  - quelles contraintes de mise en oeuvre ?
- Est-ce pertinent de réaliser des mesures de perméabilité ?...



#### Une isolation performante ?

- Une isolation qui permet des bâtiments confortables, économes en énergie et pérennes, soit une isolation :
  - conséquente
  - générant très peu de ponts thermiques
  - accompagnée d'une réelle étanchéité à l'air
  - composant judicieusement avec l'inertie
  - pérenne

103

113





**Intervenir sur  
l'étanchéité à l'air  
interfère sur le renouvellement  
de l'air intérieur.**

**→ Estimer les incidences de  
vos interventions, et faites pour  
que le renouvellement de l'air  
réponde aux besoins !**

## 2. Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

### *Étanchéité à l'air des bâtiments*

- Où se trouvent les fuites d'air parasites ?
- Lesquelles peuvent être traitées par une 1<sup>ère</sup> tranche de travaux ?
- Comment gérer celles qui resteront ?
- Quels matériaux et techniques choisir ?
  - quelles contraintes hygrothermiques ?
  - quelles contraintes de mise en œuvre ?
- Est-ce pertinent de réaliser des mesures de perméabilité ?...



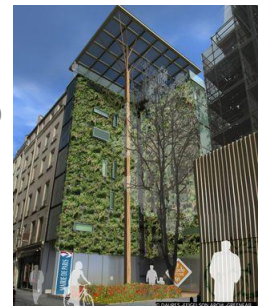
114

114

## 2. Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

### *Ajustement des parements et des protections extérieures*

- Repérer les parois / façades à protéger contre la pluie, le vent...
- Repérer le potentiel apporté par l'environnement proche (bâtiment, arbres...)
- Etudier la possibilité de récupérer les calories entre bardage et façades
- Vérifier la compatibilité avec le besoin de protection estivale
- Y a-t-il des agencements à préserver / restaurer ?
- S'inspirer des solutions / traditions locales (quels matériaux ? Couleurs ?...)
- ..., et profiter de ces protections pour animer les façades.



115





## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

## Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur U rechercher ? (tendre vers un  $U_{jn} < 1,20 \text{ Wh/m}^2.K$ )
- Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Y-a-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ont les acteurs locaux...

Exemples de coefficients de clair, en % →



45 %



63 %



69 %



73 %



78 %



82 %



116

## 2.

# Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

## Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur initiale du U ? Quelle U futur ? (Uj < 1,20 Wh/m².K)
- Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Y-a-t-il des contraintes esthétiques, réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ...

**Avec un coefficient de clair passant de 45% à 82% : la déperdition des baies vitrées peut aisément diminuer de 30% à 40%. (Avec des composants similaires, et les vitrages, cadres et joints actuels)**

Exemples de coefficients de clair, en % →



45 %



63 %



69 %



73 %



78 %



82 %



117



## Levier n°3



# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports.

118



# 3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



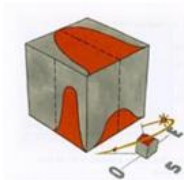
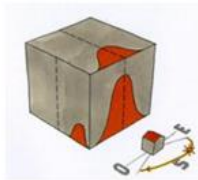
119

## 3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

Rappel

## 1. Optimiser l'utilisation de l'espace...



Ajuster les pièces... et les baies vitrées en fonction de la courbe du soleil et des besoins de chaleur & de lumière



54

120

## 3.

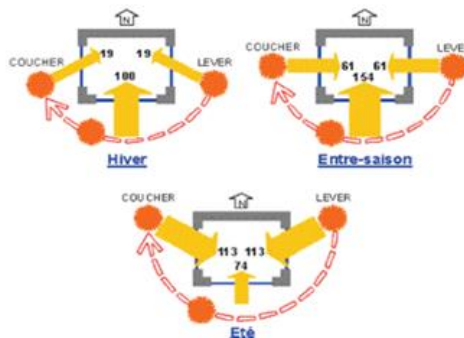
# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

## Une conception ajustée

### Le vitrage, premier équipement de chauffage

### Irradiation solaire selon façade

Base 100 donnée à la façade sud en hiver. Moyenne France métropolitaine.



82

121

## 3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



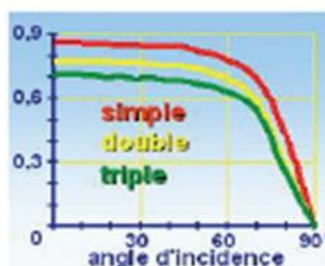
## Une conception ajustée



## Le vitrage, premier équipement de chauffage

## Angle d'incidence

Les gains solaires à travers un vitrage sont fonction de l'angle d'incidence d'avec le vitrage, et du facteur solaire du vitrage.



83

122

## 3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Une conception ajustée



## Le vitrage, premier équipement de chauffage

Consommation moyenne de chauffage pour une maison BBC-Effinergie à Nantes :

→ env. 20 kWh/m<sup>2</sup>.an

Irradiation moyenne par m<sup>2</sup> de façade sud/saison de chauffe :

→ env. 500 kWh/m<sup>2</sup>

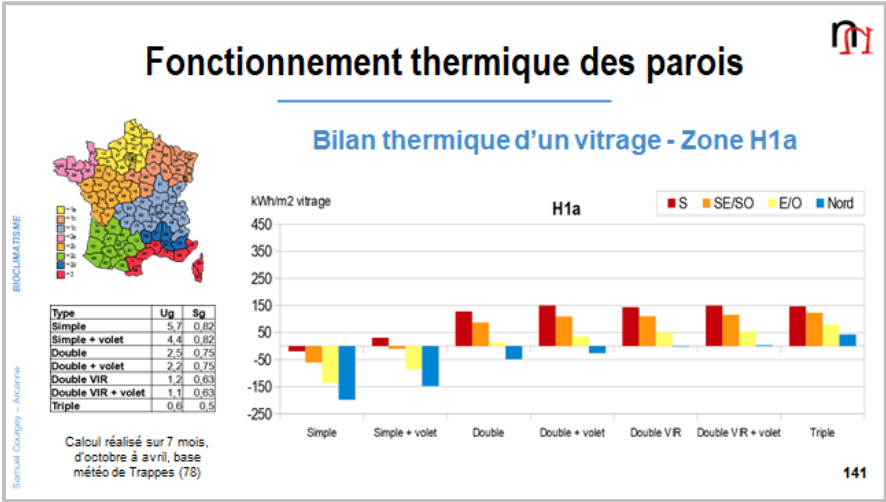


84

123

3.

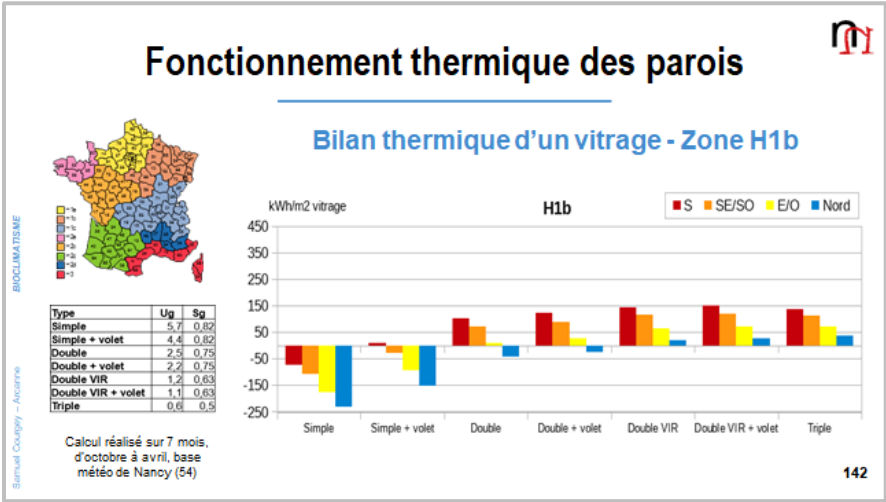
Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



124

3.

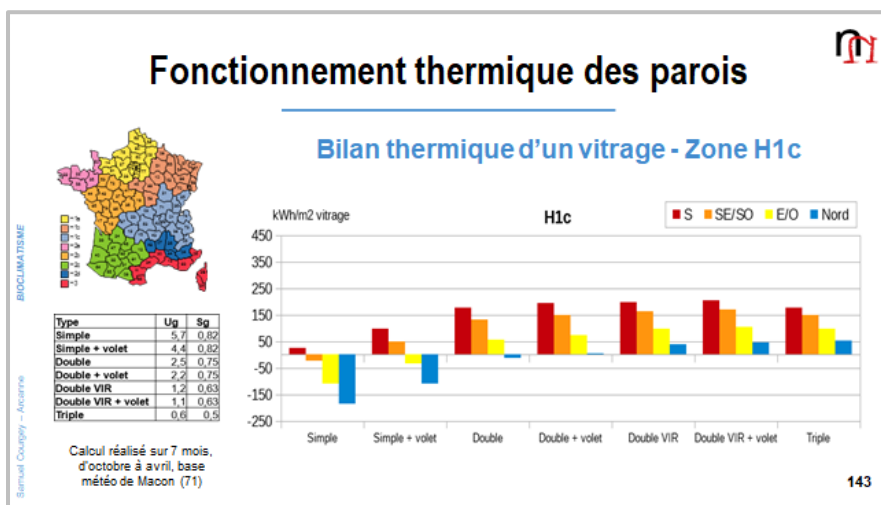
Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



125

3.

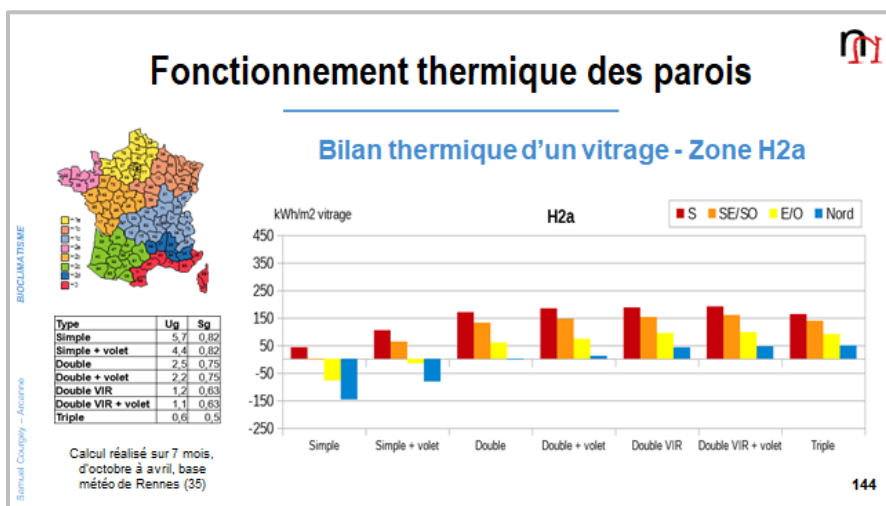
## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



126

3.

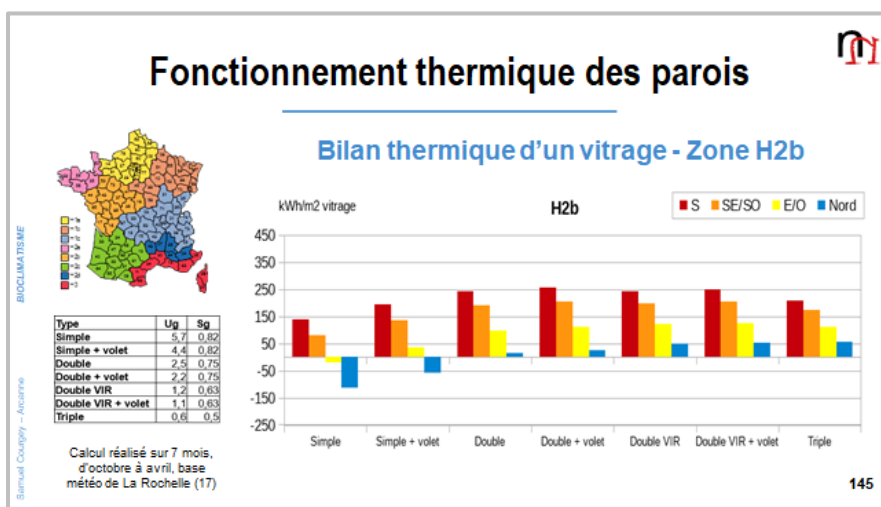
## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



127

## 3.

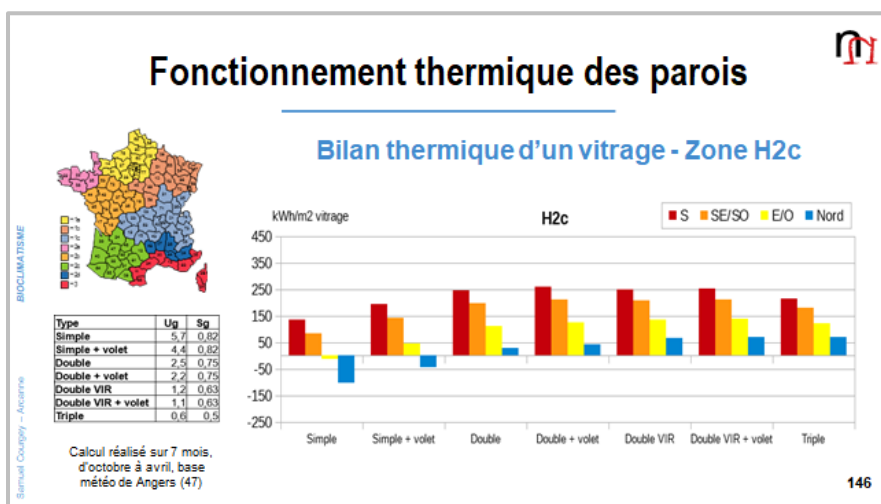
# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



128

## 3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

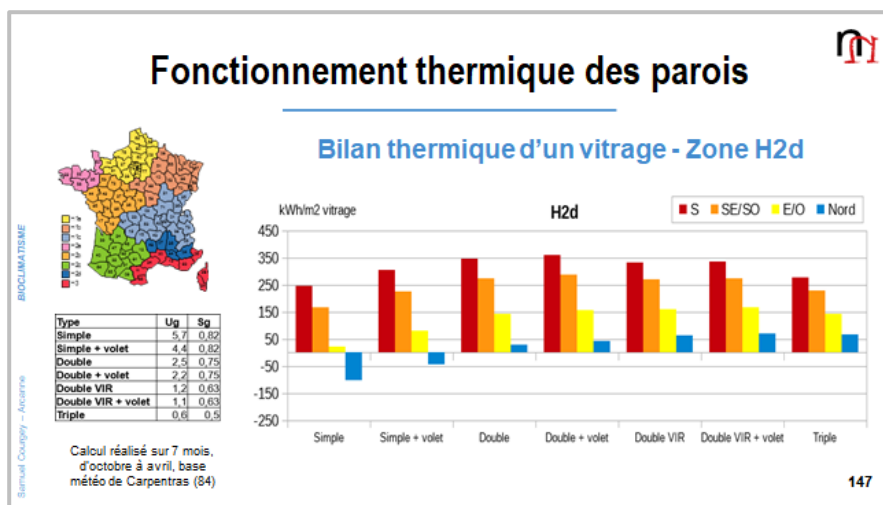


129



## 3.

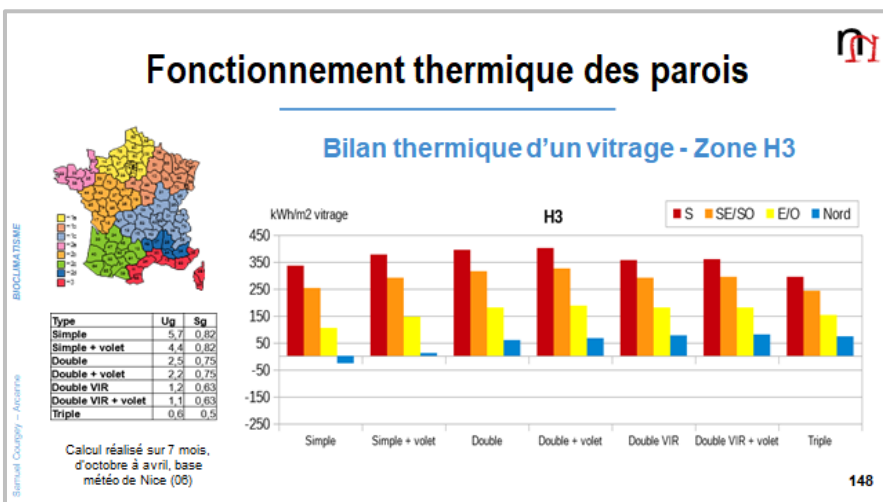
# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



130

## 3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



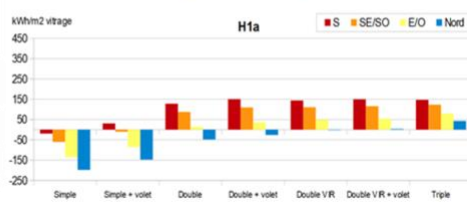
131



Depuis la mise en ligne de cet ensemble de simulations, plusieurs retours nous font estimer que certaines hypothèses retenues dans notre étude favorisent trop la partie captage des baies. En d'autres termes, que l'ensemble des résultats est surestimé, particulièrement pour les solutions les plus à gauche (simples et doubles vitrages de base). Nous reprendrons ce travail dans l'hiver 2020/2021 afin de le rendre plus robuste. Il sera alors visible sur la page dédiée de la partie "ressources" du site [associationarcanne.com](http://associationarcanne.com)

### Conditionnement thermique des parois

#### Bilan thermique d'un vitrage - Zone H1a



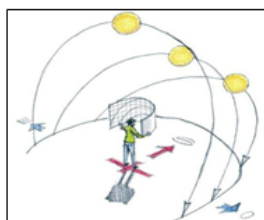
Calcul réalisé sur 7 mois, d'octobre à avril, base météo de Trappes (78)

141

132

## 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

### S'adapter au (micro) climat



Outils : planche à dessin + niveau + rapporteur... ou application de type « Sun Seeker », logiciel « Carnaval », [www.incub.net](http://www.incub.net), <http://trajectoiredusoleil.net/>

#### Vérifier qu'il n'y a pas (trop) de masques solaires

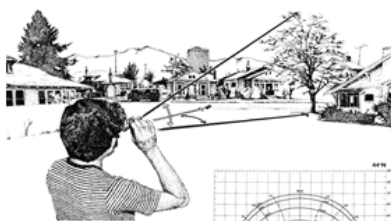


Fig. VI-16  
tracé des masques

55

133



## 3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur U rechercher ? (tendre vers un  $U_{jn} < 1,20 \text{ Wh/m}^2.K$ )
- Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Y-a-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ont les acteurs locaux...

Exemples de coefficients  
de clair, en % →



134

## 3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur initiale du U ? Quelle U futur ? (U<sub>g</sub> et U<sub>j</sub>)
- Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Y-a-t-il des contraintes esthétiques, réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ...

Avec un coefficient de clair passant de 45% à 82% : le bilan des baies vitrées (énergie captée – déperditions) **peut doubler sur la saison de chauffe.**  
(Avec des composants similaires, et la qualité des vitrages, cadres et joints actuels)

Exemples de coefficients  
de clair, en % →



135

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Conception : JP Laborde



Conception & réalisation :  
J-M. Haquette, architecte

136

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Architecte : O. Le Monnier / Consultant : J-P. Oliva  
Maître d'ouvrage & thermique : Jérôme Couston



• Réhabilitation 12 kWh/m<sup>2</sup>.an (énergie utile pour le chauffage)

137

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Conception : Yves Jautard, architecte

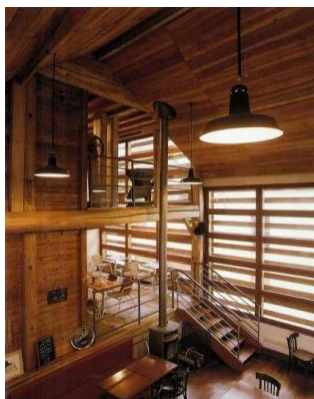


138

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



139



### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Outre la possibilité d'augmenter la surface ou le nombre des baies vitrées, la rénovation d'un tertiaire peut être l'occasion d'apporter une nouvelle façade, qui selon pourra être plus ou moins vitrée, voire correspondre à une double peau.

140

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



*... Ce souhait de s'ouvrir au soleil et/ou de se protéger de l'extérieur peut générer des extensions très vitrées*



Conception : Yves Baret, architecte

141

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

Sachant qu'avec la performance actuelle des baies, il n'est plus forcément stupide de garder de réelles ouvertures au nord, particulièrement si elles ont des protections nocturnes efficaces



142

**Rappel**

#### Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes

##### Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur U rechercher ? (tendre vers un  $U_{\text{pn}} < 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )
- Stratégie pour le confort d'été (OB étou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Ya-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ont les acteurs locaux...

Exemples de coefficients de clair, en % →

45 %	63 %	69 %	73 %	78 %	82 %
------	------	------	------	------	------

68

**Rappel**

#### Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

##### Ajustement des baies vitrées

- Changement des baies ? Pose de doubles fenêtres ?
- Créations d'ouvertures ? Choix de fixes vitrés, d'oscillo-battants ?
- Quel vitrage ? Ajustement des volets, rideaux & protections solaires.
- Quels matériaux choisir pour les menuiseries, les volets ?
- Quelle valeur U rechercher ? (tendre vers un  $U_{\text{pn}} < 1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )
- Stratégie pour le confort d'été (OB étou trappes spécifiques...), pour le renouvellement d'air ?...
- Ya-t-il des contraintes esthétiques ? Réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ont les acteurs locaux...

Exemples de coefficients de clair, en % →

45 %	63 %	69 %	73 %	78 %	82 %
------	------	------	------	------	------

84

**Les baies vitrées c'est également la relation à l'extérieur (vue, lumière, éclairage naturel), la possibilité d'une surventilation nocturne, d'une ventilation naturelle, des risques d'éblouissement, ou de surchauffes en été. C'est aussi l'organisation des espaces intérieurs, l'animation des façades...**

143



SYNAPSE BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane

**Rappel**

**Changement du type de baies, création de nouvelles ouvertures... Rien ne doit être improvisé !**

**Rappel**

**→ L'intervention d'une personne compétente est absolument nécessaire. (archi, CAUE, ABF...)**

**Les baies vitrées c'est également la relation à l'extérieur (vue, lumière, éclairage naturel), la possibilité d'une surventilation nocturne, d'une ventilation naturelle, des risques d'éblouissement, ou de surchauffes en été. C'est aussi l'organisation des espaces intérieurs, l'animation des façades...**

144

SYNAPSE BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane

**... La question semble valoir la peine d'être posée pour les parties de mur voyant le soleil l'hiver !**

**→ Voir annexe dédié**

**3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports**

Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?

**Ouverture au soleil, mais également :**

**Isolant translucide ?**

**Serre solaire ?**

**Mur capteur ?**

46



## Levier n°4

# Agir sur l'enveloppe pour limiter les surchauffes.

147



## 4.

# Agir sur l'enveloppe pour limiter les surchauffes



## Le confort d'été

Si avoir une paroi fortement isolée (env.  $U \leq 0,12$  en toiture\*,  $0,20$  en mur\*) et/ou des parois lourdes et épaisses est réellement impactant sur le confort d'été, il faudra également veiller à :

- installer des protections solaires (et ce côté extérieur du vitrage)
- ajuster/limiter la surface des baies vitrées (éventuellement choisir des vitrages spéciaux)
- aménager les abords (végétalisation, plan d'eau...)
- avoir des parements intérieurs lourds
- surventiler la nuit (on parle de night-cooling ou free-cooling)
- proposer une surventilation des parements exposés au soleil

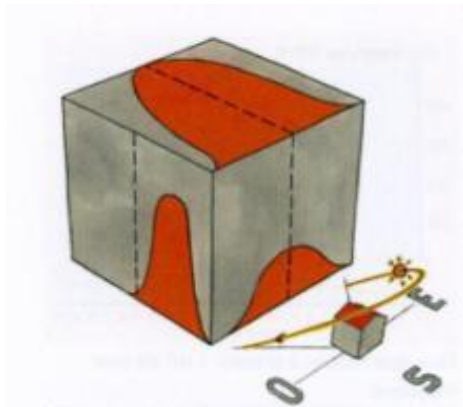
\* Si bien entendu l'isolation est effective : non dégradée par des flux d'air parasites...

179

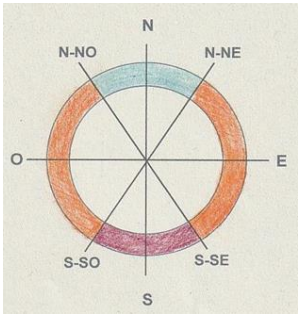
148



# Se protéger du soleil



Répartition de l'énergie solaire reçues en été, selon l'orientation des façades.



- Protections mobiles (intérieures possibles)
- Protections mobiles extérieures, avec facteur solaire < 0,20
- Débord, casquette, auvent...



# Se protéger du soleil

## Ce tableau de la RT 2012 en nouvelle référence\*

Ici, la protection solaire de chaque baie tient compte :

- de la zone climatique (H1 à H3)
- de l'exposition au bruit (BR1 à BR3)
- de l'orientation et de l'inclinaison
- du type d'utilisation du bâtiment

(L'inertie de référence étant "quotidienne moyenne")

*\* Bien qu'elle soit proposée pour le neuf, il semble adaptée de le prendre en référence également en réhab !*

[Lien vers l'arrêté du 28 décembre 2012](#)

Facteur solaire de référence. RT 2012			
Zones H1a et H2a	Toutes altitudes		
Zones H1b et H2b	Alt > 400 m	Alt ≤ 400 m	
Zones H1c et H2c	Alt > 800 m	Alt ≤ 800 m	
Zones H2d et H3		Alt > 400 m	Alt ≤ 400 m
1. Baies exposées BR1, hors locaux à occupation passagère			
Baie verticale Nord	0,65	0,45	0,25
Autres baies verticales	0,45	0,25	0,15
Baie horizontale	0,25	0,15	0,10
2. Baies exposées BR2 ou BR3, hors locaux à occupation passagère			
Baie verticale Nord	0,45	0,25	0,25
Autres baies verticales	0,25	0,15	0,15
Baie horizontale	0,15	0,10	0
3. Baies de locaux à occupation passagère			
Baie verticale	0,65	0,65	0,45
Baie horizontale	0,45	0,45	0,45

SYNAPSE BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane



# Se protéger du soleil

Source : Règlementation Thermique. Guide de la protection solaire.

Solutions possibles	Facteur solaire recherché (g, en %)					Observation
	0,10	0,15	0,25	0,45	0,65	
Fermeture extérieure	Oui*	Oui	Oui	Oui	Oui	* Selon teinte et isolation
Store extérieur	Certains cas (1)	Oui*	Oui	Oui	Oui	* Selon toile ou lames
Store incorporé au vitrage	Non	Certains cas (1)	Oui*	Oui	Oui	* Selon toile ou lames
Store intérieur	Non	Non	Certains cas (1)	Oui*	Oui	* Selon toile ou lames

(1) Le facteur solaire dépend également du vitrage, de la menuiserie, de la position de la baies dans l'épaisseur du mur... Dans les cas intermédiaires, il est donc nécessaire de prendre en compte ces paramètres pour justifier du respect des exigences règlementaires.

SYNAPSE BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane



# Se protéger du soleil

Une multitude de solutions **mobiles**, fixes, saisonnières...



## Se protéger du soleil

Une multitude de solutions mobiles, **fixes**, saisonnières...



153

Les protections solaires fixes sont, du fait de la hauteur du soleil en été, d'abord et avant tout adaptées aux façades sud (de S-SE à S-SO). Mais plusieurs exemples existent sur les façades Est et Ouest. Avant de valider de telles options : vérifiez leurs pertinences au regard de leur efficacité et de leur impact sur l'esthétique des façades, souvent très fort. (Cf. photo et diapo suivante)

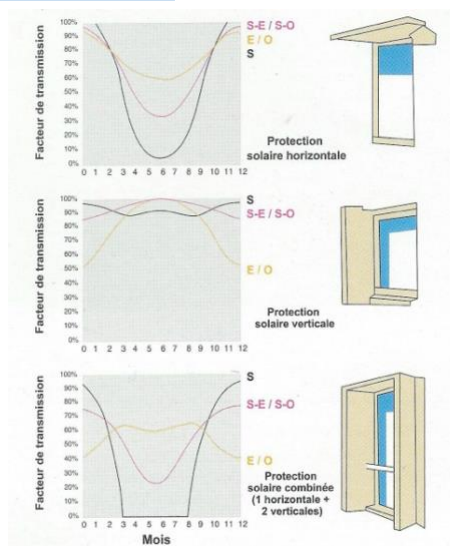
## Se protéger

Une multitude de solutions mo





# Se protéger du soleil

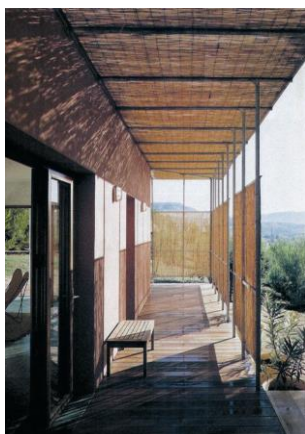


155

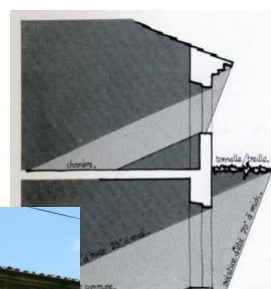
# Se protéger du soleil



Une multitude de solutions mobiles, fixes, **saisonnnières**...



Christian Hauvette architecte



156

# Se protéger du soleil



Une multitude de solutions mobiles, fixes, **saisonnnières**...



157

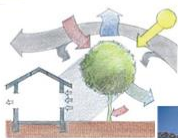
# Se protéger d



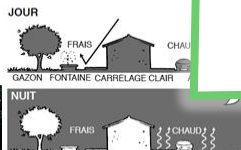
Penser l'environnement proche des bâtiments est une opportunité pour les rendre moins sensibles aux risques de surchauffe : privilégier le végétal au minéral, penser à planter des arbres, à de l'eau en mouvement...



Ajuster l'aménagement / Optimiser les espaces



également à l'extérieur (façades, parcelles)



101

158



SYNOPSIS BFC - Déc. 2022

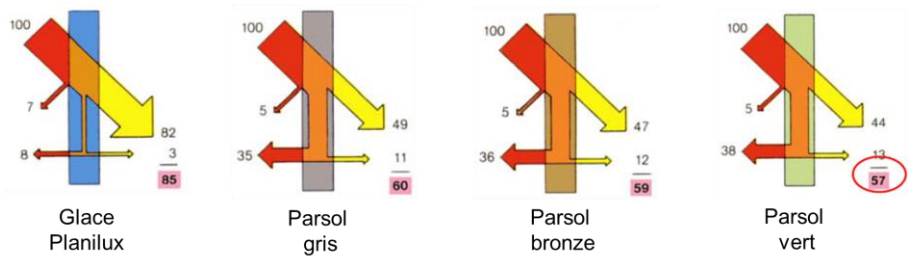
Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcane



# Se protéger du soleil

## Composer avec des vitrages à contrôle solaire



Composer avec des vitrages à contrôle solaire, et surtout installer des films protecteurs, ne représente qu'une solution par défaut, lorsque la pose de protections solaires est complexe et/ou sur des parties de bâtiment fortement vitrées

SYNOPSIS BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcane



# Se protéger du soleil

Pensez à une complémentarité entre protection nocturne et diurne !



Brise Soleil Orientable  
(Version actualisée des "Jalousies")



Volet roulant à lames orientable



Une valeur "U"  
intègre l'incidence du  
volet à celle de la baie  
vitrée, c'est la valeur  
**U<sub>jn</sub>** pour U jour/nuit.  
(Valeur intégrant au U<sub>w</sub> la  
résistance additionnelle  
apportée par le volet)

## Se protéger du soleil

Pensez à une complémentarité entre protections nocturnes et diurnes



Brise Soleil Orientable



Volet roulant à lames orientable

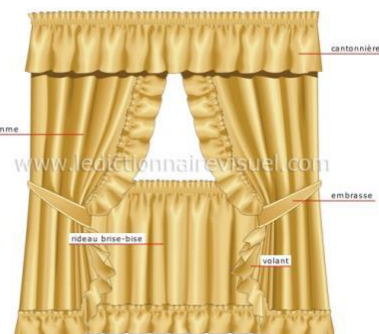
128

161

## Se protéger du soleil

Pensez à une complémentarité entre protection nocturne et diurne !

L'incidence des  
voilages est rarement intégrée  
dans l'approche thermique, ce à quoi  
la filière textile tente de remédier via  
l'appellation « **rideau (isolant) thermique** ».  
Néanmoins, particulièrement sur des baies  
peu performantes et avec une cantonnière  
limitant les flux d'air, l'apport des voilages,  
même sans couche réflective, est loin  
d'être anecdotique !



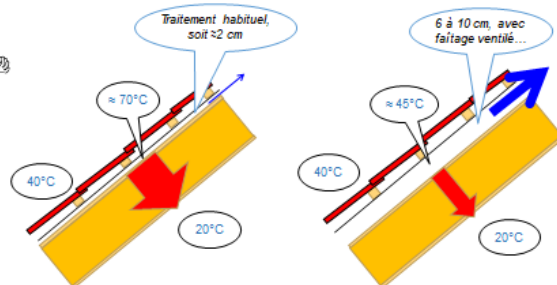
162



## Se protéger du soleil - Parois opaques



... La pertinence de sur-ventiler les parements exposés au soleil d'été !



Le flux de chaleur étant proportionnel à la différence de  $t^\circ$  de part et d'autre, le complexe isolant de gauche laisse passer 2 fois plus de calories que celui, identique, de droite.

Situation pouvant correspondre à un milieu de matinée en été après une nuit fraîche

153

163

## Se protéger du soleil - Parois opaques



Sur-ventiler les parements exposés au soleil d'été



Ou les végétaliser, et si ce n'est pas possible, les peindre en clair, et dans l'idéal avec une peinture réfléchissante

164



**Vouloir avoir des parements clairs voire réfléchissants peut également nous inspirer pour les façades, les protections solaires, les mains courantes... (voir les toitures inclinées ?)**

**Mais attention à l'incidence esthétique de ces choix et, particulièrement pour les sols de terrasse, aux risques d'éblouissement !**

**Se protéger du soleil - Parois opaques**

**Sur-ventiler les parements exposés au soleil d'été**



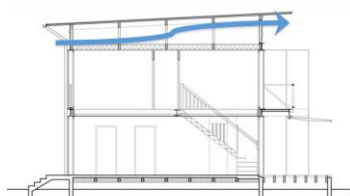
**Ou les végétaliser, et si ce n'est pas possible, les peindre en claire, et dans l'idéal avec une peinture réfléchissante**

163

165



**Au regard des risques** (humidification due aux condensations de vapeur, infiltrations d'eau, surchauffes...), **la tendance actuelle pousse à éviter les toitures terrasses chaudes bois.** (Ou alors être très attentif dans leur conception et réalisation).



**Se protéger du soleil - Parois opaques**

**Sur-ventiler les parements exposés au soleil d'été**

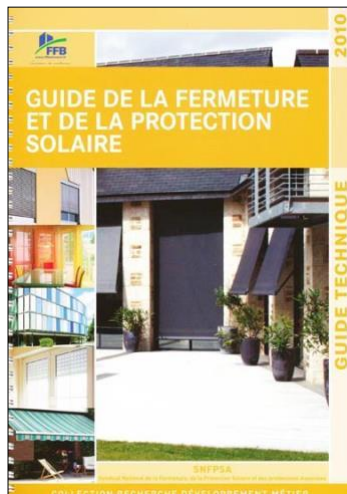


**Ou les végétaliser, et si ce n'est pas possible, les peindre en claire, et dans l'idéal avec une peinture réfléchissante**

163

166

## Se protéger du soleil



*... Un ouvrage de référence... mais qui n'intègre ni les protections végétales, ni les masques architecturaux,*

*... mais il est vrai qu'il est proposé par le syndicat national de la fermeture et de la protection solaire (SNFPSA) ! ...*

167

Echanges

## Levier n°5



**Optimiser les installations, choisir des équipements adaptés... et faire le choix d'énergies à faibles impacts environnementaux.**

169



# Le chauffage

***Dans les bâtiments performants, les besoins de chauffage sont faibles !***

170

## 5.

## Les installations - Le chauffage



**Pour une installation performante :**

- **Ajuster l'installation aux nouveaux besoins** (dimensionnement du générateur, des pompes...), **ajuster les émetteurs à la configuration des locaux** (ne plus forcément les mettre devant les fenêtres...)
- **Pour les émetteurs, préférer le rayonnement** (plancher, plafond ou mur chauffant... voire poêle masse ?), **et/ou les systèmes très réactifs**. (Penser mettre des réflecteurs derrière les émetteurs, sans voilage devant...)
- **Optimiser la distribution** (sections et longueurs des conduits, assujettissement des circulateurs, les choisir de classe A, réalisation de boucles, viser la classe 6 pour l'isolation des conduits et des pompes, étudier la possibilité d'isoler les conduits aller et retour dans le même fourreau...)
- **Choisir une production et une régulation performantes** (chaudière à condensation, PAC avec COP >4, positionner et ajuster des sondes, régulateurs à faible différentiel, vannes à moteur électro-thermique...), **la basse ou très basse température...**

**Rappel :  $\eta_{\text{chauffage}} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$**

171

## 5.

## Les installations - Le chauffage



Pour une installation performante :

- **Ajuster la complémentarité avec la production d'ECS et la VMC**
- Étudier la possibilité d'une mise en commun de la production (micro réseau de chaleur ?...).
- Assumer l'emplacement du générateur (choix à faire entre déperditions / risques de surchauffes / bruit / poussière / pollution...)
- Opter pour une énergie renouvelable (bois avec ballon tampon, pellets, PAC géothermale...), pour de la récupération (énergie fatale). Étudier la possibilité d'une cogénération
- Penser à l'arrivée d'air comburant, à la compatibilité avec la VMC
- Permettre le suivi des consos, faciliter les interventions (réglage, entretien...), choisir du matériel simple d'utilisation, signer un contrat de maintenance... et entretenir (règlage, nettoyage, débouage...)

Le chauffage solaire (PSD ou combiné) est une option souvent pertinente pour faire profiter des calories solaires les logements qui ne peuvent s'ouvrir directement au soleil →



2

## L'installation d'eau chaude sanitaire (ECS)

***Dans les bâtiments performants, les besoins pour la production d'ECS peuvent dépasser les besoins de chauffage !***

173



## 5. Installations - L'eau chaude sanitaire



Pour une installation performante :

- Installer des robinetteries économes (limitateurs de pression, mousseurs...)
- Centraliser voire limiter les points de puisage, les longueurs de conduits (enlever l'EC aux points de puisage éloignés, ou installer des ballons instantanés...)
- Ajuster l'installation (contenance des ballons de stockage, réalisation d'un bouclage (d'un bouclage assujéti ?) Alimentation des lave-linges et lave-vaisselle ? Installation de chauffe-eaux décentralisés...)
- Choisir en base l'énergie solaire ou la récupération de calories (échangeurs sur eaux grises ? Tuyau d'arrivée d'eau enterré ? PAC sur air extrait ? Chaudière numérique ?...)
- Sur-isoler ballon(s) et conduits. (Viser la classe 6)
- Limiter les traversées d'isolants (thermiques et phoniques)
- Limiter / vérifier la température de l'eau
- Ajuster la complémentarité avec le chauffage et la VMC
- Suivre les consos... *et sensibiliser l'utilisateur !*



Système de récupération des calories sur eaux grises (power pipe)



## Le rafraîchissement

***Mais en a-t-on besoin dans des bâtiments bien conçus et bien réalisés ?***

## 5. Installations - Le rafraîchissement



Rappel

### Agir sur l'enveloppe pour limiter les surchauffes

Avoir une paroi fortement isolée (env.  $U \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  en toiture\*, et  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  en mur\*) et/ou des parois massives (lourdes et épaisses) est réellement impactant sur le confort d'été, mais également :

- installer des protections solaires (et ce, côté extérieur du vitrage)
- ajuster/limiter la surface des baies vitrées (éventuellement choisir des vitrages spéciaux)
- aménager les abords (végétalisation, plan d'eau...)
- avoir des parements intérieurs lourds
- surventiler la nuit (on parle de night-cooling ou de free-cooling)
- ventiler voire surventiler les parements exposés au soleil...

\* Si bien entendu l'isolation est effective : non dégradée par des flux d'air parasites...

22

179

## 5. Installations - Le rafraîchissement



### Sachant qu'il faut également :

- des comportements adaptés (les protections solaires sont actionnées au bon moment ainsi que l'ouverture/la fermeture des baies, les appareils électriques sont choisis « très économes » et arrêtés si non utilisés... et : pas de cuisson au four !)
- des aménagements ajustés (éloignement ou isolation des espaces/éléments sources de chaleur (salle informatique, chauffe eau, chaufferie... et création de cuisine d'été), pose de prises sur interrupteur, isolation forte des canalisations d'ECS, ajustement de la VMC...)

### 4. Agir sur l'enveloppe pour limiter les surchauffes

Avoir une paroi fortement isolée (env.  $U \leq 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$  en toiture\*, et  $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$  en mur\*) et/ou des parois massives (lourdes et épaisses) est réellement impactant sur le confort d'été, mais également :

- installer des protections solaires (et ce, côté extérieur du vitrage)
- ajuster/limiter la surface des baies vitrées (éventuellement choisir des vitrages spéciaux)
- aménager les abords (végétalisation, plan d'eau...)
- avoir des parements intérieurs lourds
- surventiler la nuit (on parle de night-cooling ou de free-cooling)
- ventiler voire surventiler les parements exposés au soleil...

\* Si bien entendu l'isolation est effective : non dégradée par des flux d'air parasites...

22

180

## 5. Installations - Le rafraîchissement



*« ... Vous avez  
besoin d'une clim ?*

*Mettez votre architecte  
à la porte ! »*



*Jean-Pierre OLIVA*

103

181

## 5. Installations - Le rafraîchissement



*« ... Vous avez  
besoin d'une clim ?*

*Mettez votre architecte  
à la porte ! »*



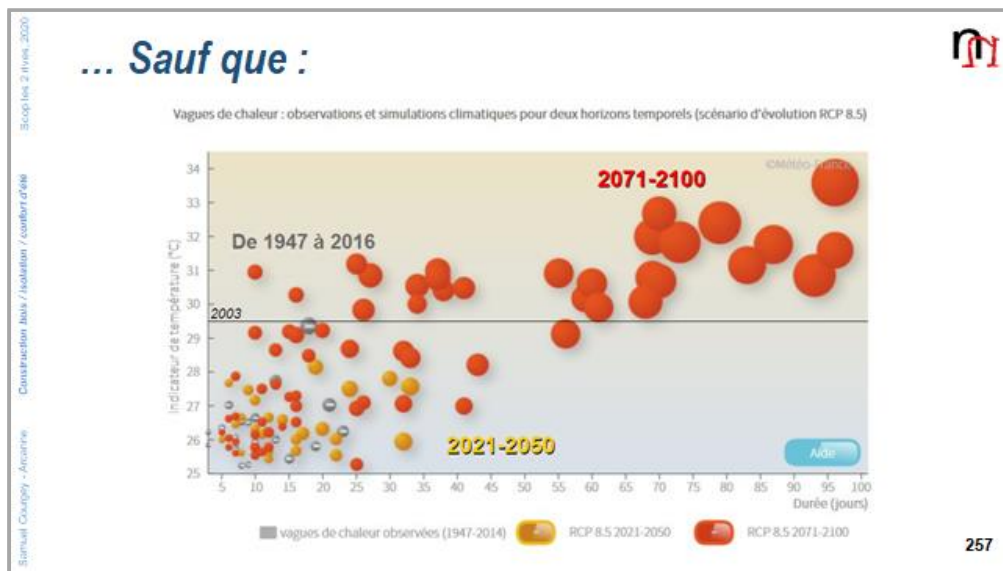
*Jean-Pierre OLIVA*

103

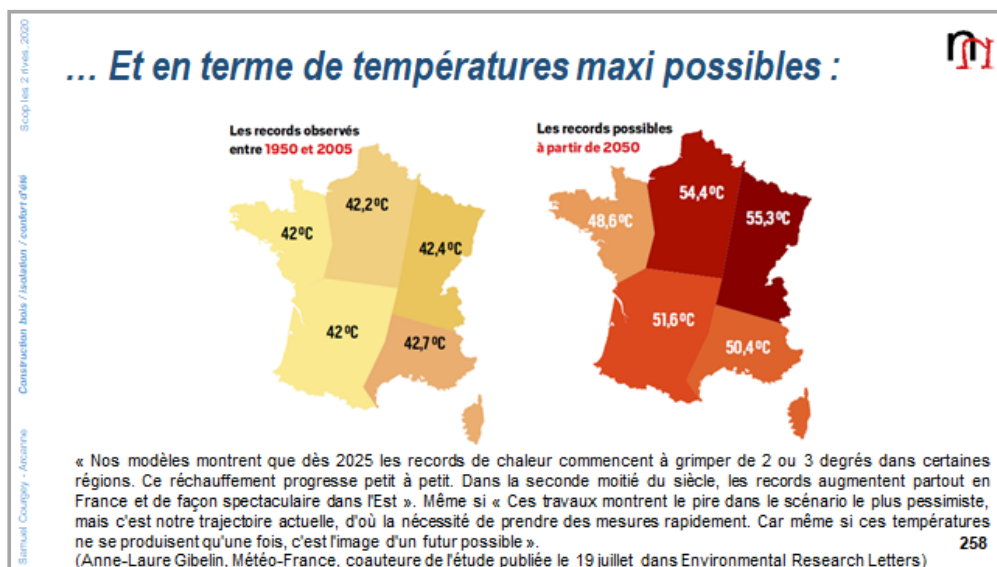
176

***... Oui  
mais !***

182



183



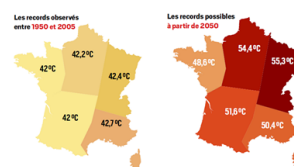
184

## 5. Installations - Le rafraîchissement



Vu que l'on construit pour plusieurs décennies, en cas de doutes, faites réaliser une **STD** (simulation thermique dynamique), et ce en prenant les températures prévues en 2050/2075. Et si vous avez encore des doutes vis à vis des risques de surchauffe, selon la situation : installer un système de rafraîchissement, ou prévoyez les éléments qui faciliteront une pose ultérieure.

... Et en terme de températures maxi possibles :



« Nos modèles montrent que dès 2025 les records de chaleur commencent à grimper de 2 ou 3 degrés dans certaines régions. Ce réchauffement progresse petit à petit. Dans la seconde moitié du siècle, les records augmentent partout en France et de façon spectaculaire dans l'Est ». Même si « Ces travaux montrent le pire dans le scénario le plus pessimiste, mais c'est notre trajectoire actuelle, d'où la nécessité de prendre des mesures rapidement. Car même si ces températures ne se produisent qu'une fois, c'est l'image d'un futur possible ».

(Anne-Laure Gibelin, Météo-France, coauteure de l'étude publiée le 19 juillet dans Environmental Research Letters) 259

185

## 5. Installations - Le rafraîchissement



Nombre de systèmes a un meilleur bilan que la "clim" !

- Brasseurs d'air
- Refroidissement par évaporation (brumisateurs, VMC adiabatique...)
- , ou le mixte « ventilateurs brumisateurs »
- Puits climatique (puits provençal)
- Puits (provençal) hydraulique
- Circulation d'eau tempérée (en sol, mur, plafond, poutres ou plinthes, et à partir de sondes verticales ou horizontales, d'une nappe phréatique, des pieux de fondation, des égouts, de la mer... avec simple échangeur ou Pompes à Chaleur)



"Petit" livre très accessible faisant le tour du sujet

186



**L'estimation  
d'un besoin à venir  
de rafraîchissement doit  
être réalisée en amont,  
avant de définir la  
technologie des  
systèmes de ventilation  
et de chauffage.**

## 5. Installations - Le rafraîchissement

Nombre de systèmes ont un meilleur bilan que la "clim" :

- brasseurs d'air
- refroidissement par évaporation (brumisateurs, VMC adiabatique...)
- ou le mixte « ventilateurs brumisateurs »
- puits climatique (puits provençal)
- puits (provençal) hydraulique
- **circulation d'eau tempérée** (en sol, mur, plafond, poutres ou plinthes, et à partir de sondes verticales ou horizontales, d'une nappe phréatique, des pieux de fondation, des égouts, de la mer... avec simple échangeur ou Pompes à Chaleur)



"Petit" livre très accessible faisant le tour du sujet

124



187



**La clim (PAC air/air) est aux  
systèmes de rafraîchissement ce que le  
convecteur électrique est au chauffage : la  
solution très souvent la moins pertinente en matière  
de confort et d'efficacité énergétique.  
De plus son rendement chute lorsque l'air est réellement  
chaud. De fait, s'il elle palie aux limites des bâtiments  
sensibles aux surchauffes, elle n'est aucunement  
un moyen efficace pour garantir le confort  
pour les canicules à venir.**

## 5. Installations - Le rafraîchissement

Nombre de systèmes ont un meilleur bilan que la "clim"

- brasseurs d'air
- refroidissement par évaporation (brumisateurs, VMC adiabatique...)
- ou le mixte « ventilateurs brumisateurs »
- puits climatique (puits provençal)
- puits (provençal) hydraulique
- **circulation d'eau tempérée** (en sol, mur, plafond, poutres ou plinthes, et à partir de sondes verticales ou horizontales, d'une nappe phréatique, des pieux de fondation, des égouts, de la mer... avec simple échangeur ou Pompes à Chaleur)



"Petit" livre très accessible faisant le tour du sujet

124



188



SYNANOMIE BFC - Déc. 2022

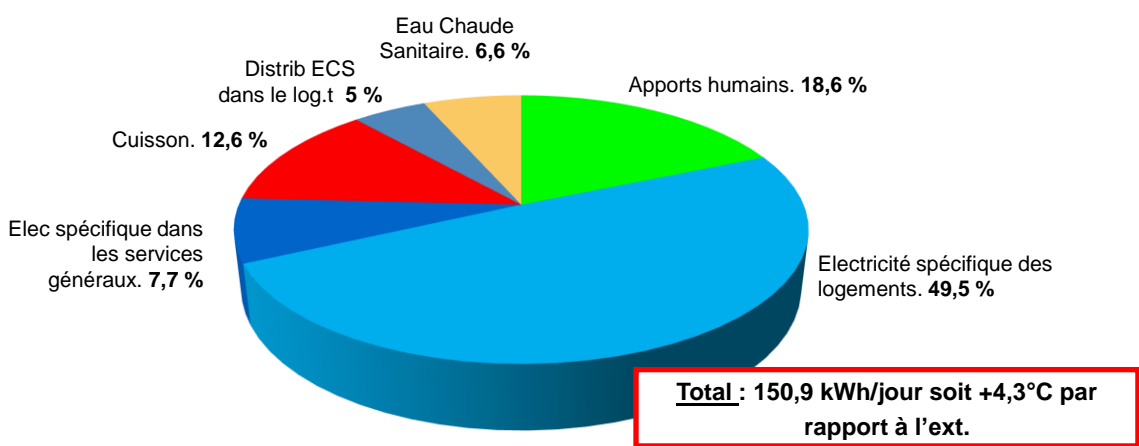
Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcanne

Source : Le confort d'été . Information technique MAF. RESTART / ENERTECH



# Limiter les apports internes !



Logements collectifs - Evaluation des apports internes en juin

SYNANOMIE BFC - Déc. 2022

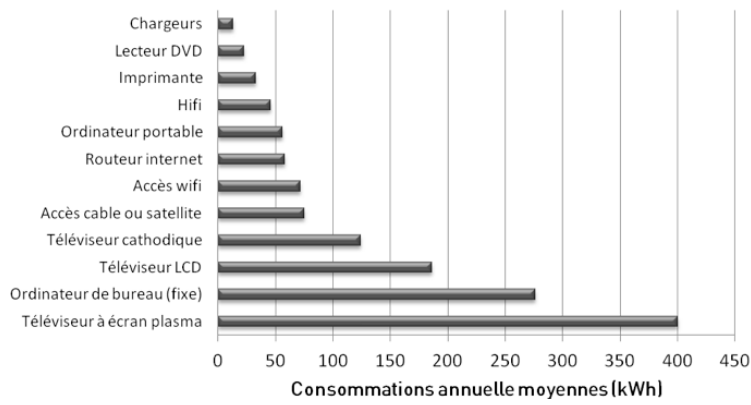
Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcanne

Source : Espace Info Energie en Bretagne



# Limiter les apports internes !



Le poste multimédia (audio, vidéo, hifi, TV...) représente 30 % des conso d'électricité spécifique des ménages. Poste le plus consommateur, il est surtout celui qui augmente le plus rapidement depuis qq. années.

# L'éclairage

194

5.

## Installations - L'éclairage



Un ouvrage de référence  
sur le sujet :

Et un site ressource,  
entre autres de ce sujet :



L\*



T\*

Echanges

195

# La ventilation

199

## 5.

## Installations - La ventilation

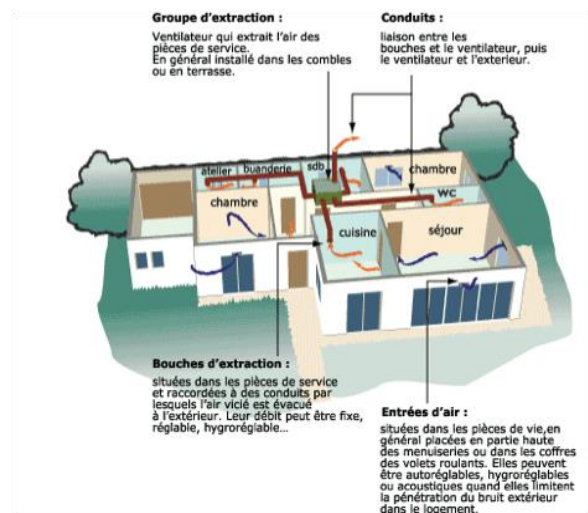


Un système de renouvellement de l'air intérieur pour :

- Renouveler l'oxygène
- Evacuer CO2, polluants et odeurs
- Limiter le taux d'humidité

, et ceci :

- par un balayage de l'ensemble des espaces intérieurs ;
- sans envoyer trop de calories dehors en période de chauffe ;
- sans en faire entrer trop en cas de risques de surchauffe !



00



## « Hygro B » ou « double flux » ?

### Arguments favorisant le choix d'une VMC « Hygro B »

Faible densité d'occupation

Pollution intérieure limitée

Climat du sud ou tempéré

Bâtiment peu étanche à l'air

Souhait de solution simple (low tech)

Travaux limités, plafonds bas, absence de conduits (cheminées...)

### Arguments favorisant le choix d'une VMC « Double Flux » (avec RC)

Forte densité d'occupation

Pollution intérieure de normale à importante

Climat froid, zone bruyante ou polluée

Bâtiment étanche à l'air, risque de radon<sup>(1)</sup>

Raccordement à un puits climatique, à un kit adiabatique

Présence de plenum, faux plafonds, cheminées, conduits shunt...

**Si la majorité des situations peut se satisfaire d'un de ces deux systèmes, les marges de progrès existent encore** (conso des ventilateurs, types de filtre, assujettissement aux polluants (CO2...) , facilité d'entretien, fenêtre pariétodynamique (?) et : DF hygro, adiabatique...)

(1) Voir site « [Potentiel radon de ma commune](#) »

202



## Ventilation : d'autres systèmes ?

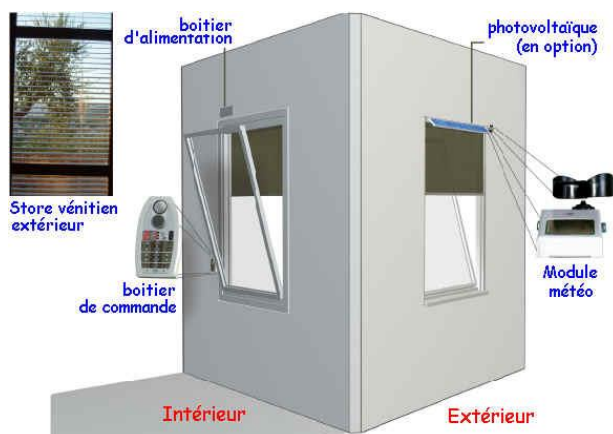
- **Ventilation naturelle** (à l'ancienne : inétanchéités à l'air et/ou ouverture des fenêtres). Elle n'est pas adaptée aux exigences actuelles de confort et d'efficacité énergétique
- **Ventilation naturelle assistée (VNA\*)** et **ventilation par insufflation (VI)**. Si ce n'est sur quelques tertiaires, le budget et le temps actuellement alloués au lot "ventilation" ne permet pas d'ajuster réellement ces systèmes... qui ne peuvent être improvisés
- **Ventilation Mécanique Répartie (VMR, ou "pièce par pièce")**. Elle ne dispense pas d'une approche globale (entrées d'air, déballonnage des portes...). Et l'économie de conduits justifie rarement la multiplication des ventilateurs (conso, bruit, voire investissement)
- **Ventilation "basse pression"**, pour bâtiments de plus de 4 étages (voir diapo dédiée)

\* Également appelée "ventilation hybride", ou simplement "ventilation naturelle"



203

## La fenêtre « intelligente » en solution alternative ?



[www.jaurearchitectes.com](http://www.jaurearchitectes.com)



Fenêtre de toit à ouverture motorisée pouvant être assujettie à la qualité de l'air intérieure. (sondes CO2...)

204

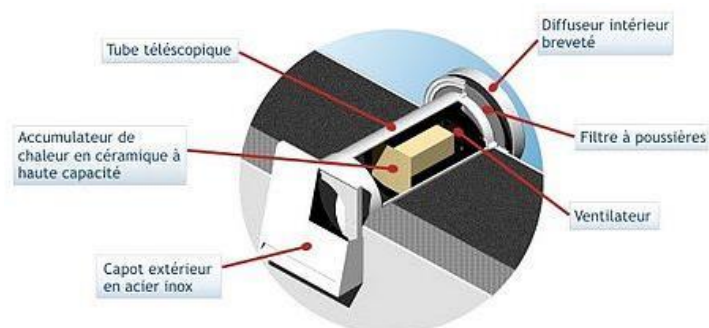
## VMR : désormais des solutions DF



[www.atlantic.fr](http://www.atlantic.fr)



[www.aldes-international.com](http://www.aldes-international.com)

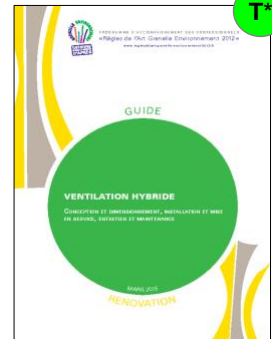
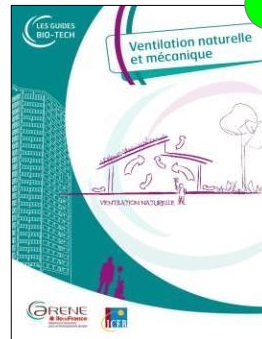


[dd.magazine](http://dd.magazine)

205

# Ventilation naturelle assistée (VNA)

**La VNA représente une piste séduisante... mais qui ne supporte pas d'être improvisée** (étude spécifique, pose de capteurs, de trappes automatisées...)



Une vidéo et 2 ouvrages en premiers repères (Cliquez sur les images pour télécharger les pdf)

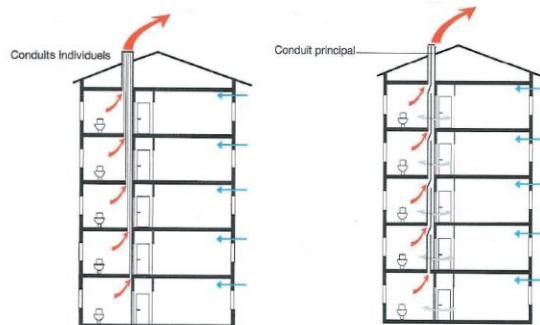
206

# Ventilation « basse pression\* »

**Pour les bâtiments collectifs disposant de conduits verticaux.**



Extracteur stato-mécanique  
(pour **VNA\***)



Bouche d'extraction mécanique  
basse pression (pour **VMR\***)



Caisson de ventilation basse  
pression (pour **VMC SF\***)

On profite de la présence de conduits verticaux pour composer avec le tirage thermique de ces "cheminées". On limite ainsi l'assujettissement à un moteur électrique (→ **VNA**), et/ou on installe des ventilateurs moins puissants/plus économiques (→ **VMC SF** ou **VMR**).

*\*Selon le matériel choisi, ces options pourront être hygroréglables, assujetties au CO2...*

207



## 5. Pour une ventilation efficace et économe :



- **Bien dimensionner l'installation** (débits globaux, débits des bouches, emplacement des entrées d'air et bouches d'extraction, diamètre des conduits, éviter les coudes trop fermés, puissance des moteurs...)
- **Choisir des installations adaptées** (simple flux assujetties, DF avec récupérateur à haut rendement, VNA basse pression assujetties...)
- **Choisir des ventilateurs économes** ( $< 0,10$  à  $0,15 \text{ Wh/m}^3$ )
- **Ne pas obstruer les entrées et sorties d'air, ne pas oublier le détalonnage des portes** (ou les grilles de tranfert), et avoir des bâtiments étanches à l'air
- **Vérifier la compatibilité avec le chauffage, avec les appareils de cuisson, avec la hotte...**
- **Choisir des conduits (semi) rigides pour les espaces non accessibles, anticiper la gestion des condensats, vérifier l'étanchéité des conduits** (viser la classe B minimum)
- **Attention au bruit des moteurs et autres vibrations** (choix du lieu et des fixations pour le moteur, choix des sections et suspentes pour les conduits, pose de piège à sons...)
- **Et si possible : veiller à limiter les traversées d'isolants et de l'étanchéité à l'air**
- **Et nettoyer régulièrement les bouches, filtres, conduits...**

208

## Pour une ventilation efficace et économe :



- **Bien dimensionner l'installation** (débits globaux, débits des bouches, **emplacement des entrées d'air** et bouches d'extraction, diamètre des conduits, éviter les coudes trop fermés, puissance des moteurs...)
- **Choisir des installations adaptées** (simple flux assujetties, DF avec récupérateur à haut rendement,

**Si la fenêtre n'est pas au bon endroit pour un balayage correct de la pièce, ou s'il est complexe voire impossible de placer les entrées d'air dans les fenêtres :**

Entrées d'air  
(hygroréglables)  
pour mur



de détalonnage des portes... ou

s de cuisson, avec la hotte...

les, anticiper la gestion des  
nité à l'air

ieu et des fixations pour le moteur,  
...)

209



## Pour une ventilation efficace et économe :

- Bien dimensionner l'installation (**débits globaux**, débits des bouches, diamètre des conduits, choix de coudes ouverts, puissance des moteurs...)
- Choisir des bouches de type "à débit réglable" (type "à débit réglable" ou "à débit réglable")
- La grande majorité des acteurs soucieux de la santé des occupants souhaite une élévation des débits réglementaires à un minimum de 0,5 volume/heure ou 30m<sup>3</sup>/personne... soit un débit beaucoup plus important que celui autorisé en débit faible pour les VMC hydro-réglable !
- Nettoyer régulièrement les bouches, filtres, conduits...

211



# 5.

## Installations - La ventilation

**La VMC a mauvaise presse en France, mais ne jetons pas le bébé avec l'eau du bain !**

**Ce n'est pas le principe de la VMC qui est à rejeter, mais c'est d'abord et avant tout la qualité des prestations** (type de produit choisi, dimensionnement, qualité de pose, entretien...) **qui doit être fortement revue à la hausse !**

212



**Y-auraient-ils des opportunités à jouer collectif ?**



**Levier n°5**



**Optimiser les installations, choisir des équipements adaptés... et faire le choix d'énergies à faibles impacts environnementaux.**

129

213



**Oui, par exemple :**

- **ECS solaire, ou ECS sur récupération d'énergie** (PAC sur eaux grises, air extrait, égouts...)
- **Chauffage collectif pour le bâtiment ou le quartier** (Bois plaquettes, géothermie, sur récupération d'énergie...)
- **Rafrâichissement collectif sur sondes géothermales, réseau urbain...**

**Y-auraient-ils des opportunités à jouer collectif ?**



**Levier n°5**



**Optimiser les installations, choisir des équipements adaptés... et faire le choix d'énergies à faibles impacts environnementaux.**

129

177

214



Oui, par exemple :

- ECS solaire, ou ECS sur récupération d'énergie (PAC sur eaux grises, air extrait, égouts...)
- Chauffage collectif pour le bâtiment ou le quartier (Bois plaquettes, géothermie, sur récupération d'énergie...)
- Rafrâichissement collectif sur sondes géothermales, réseau urbain...

Y-auraient-ils des opportunités à jouer collectif ?



Note : il existe de réelles opportunités à étudier les options collectives, mais elles seront souvent difficiles, et donc onéreuses en terme d'investissement à proposer si précédemment elles étaient individuelles. Nanmoins, des aides publiques existent souvent sur ces options collectives.

215



## Levier n°6



**Faciliter les comportements adaptés, permettre un suivi aisé des consommations**

216



***Habiter un logement  
devenu performant,  
utiliser un bureau BBC  
s'improvise t-il ?...***

***Pas certain !***

217

## 6.

## Faciliter les comportements adaptés



→ Laisser des guides d'usages, afin que les habitants-utilisateurs connaissent le type de comportement à avoir vis à vis :

- **du chauffage en hiver** (protection face au froid, réglages / ajustement des systèmes...)
- **des risques de surchauffes** (utilisation des protections solaires, limitation des surchauffes int., activation de la surventilation nocturne...)
- **de la ventilation** (limiter les débits lorsque possible, penser à aérer, à entretenir...)
- **de l'Eau Chaude Sanitaire** (limiter l'utilisation, l'utiliser selon, plus le soir ou le matin)
- **de l'éclairage** (ajuster les automatismes de l'installation, adapter les luminaires...)
- **des autres appareils électriques** (actionner les interrupteurs de veille...)



Guides d'usage Effinergie

218



6.

# Faciliter les comportements adaptés

→ Renseigner une valeur “cible” pour les consommations



→ Permettre un suivi des consommations repérant au minimum de manière séparée les postes “chauffage”, “Eau chaude sanitaire”, “ventilation”, “communs”, ascenseurs... (où l'on entend parler de commissionnement, monitoring, capteurs, compteurs...)

**DECLICS.** A destination des particuliers : programmes mêlant suivi, défi, comparaison /émulation et expériences de plus de 40 années de MDE.



... Sachant qu'il existe également des approches de type MDE dans le tertiaire.



Echanges



6.

# Faciliter les comportements adaptés



## Installations - Le rafraîchissement

Sachant qu'il faut également :

- **des comportements adaptés** (les protections solaires sont actionnées au bon moment ainsi que l'ouverture/la fermeture des baies, les appareils électriques sont choisis « très économes » et arrêtés si non utilisés... et : pas de cuisson au four !)
- **des aménagements ajustés** (éloignement ou isolation des espaces/éléments sources de chaleur (salle informatique, chauffe eau, chaudière... et création de cuisine d'été), pose de prises sur interrupteur, isolation forte des canalisations d'ECS, ajustement de la VMC...)

**4. Agir sur l'enveloppe pour limiter les surchauffes**

Avoir une paroi fortement isolée (ex. U0.020 ou U0.025) et 2.000mm min\* et/ou des parois massives (briques et pierres) est réellement impactant sur le confort d'été, mais également :

- installer des protections solaires (ou au cas échéant, du vitrage) ;
- ajuster/limiter la surface des baies vitrées (notamment choisir vitrages spéciaux) ;
- aménager les abords (végétations, plan d'eau...) ;
- avoir des parements intérieurs lourds ;
- ventiler la nuit (en mode de night-cooling ou de free-cooling) ;
- ventiler voire surventiler les parements exposés au soleil...

\* Si sans entrainement, voir l'annexe 1, non dérogée par des baies vitrées.





En tertiaire, les consommations d'électricité spécifiques tendent à devenir le poste le plus gourmand, et c'est un poste qui croit encore → **Il faut littéralement partir "à la chasse aux économies d'énergie"**  
Sensibiliser / expliquer / accompagner les utilisateurs est encore plus de 1<sup>ère</sup> importance !

6.

Faciliter

→ Laisser des guides d'usages, afin que les habitants-utilisateurs connaissent le type de comportement à avoir vis à vis :

- du chauffage en hiver (protection face au froid, réglages / ajustement des systèmes...)
- des risques de surchauffes (utilisation des protections solaires, limitation des surchauffes int., activation de la surventilation nocturne...)
- de la ventilation (limiter les débits lorsque possible, penser à aérer, à entretenir...)
- de l'Eau Chaude Sanitaire (limiter l'utilisation, l'utiliser selon, plus le soir ou le matin)



Guides d'usage Effinergie

- des autres appareils électriques (actionner les interrupteurs de veille...)

201

→ Renseigner une valeur "cible" pour les consommations



→ Permettre un suivi des consommations repérant au minimum de manière séparée les postes "chauffage", "Eau chaude sanitaire", "ventilation", "communs", ascenseurs... (où l'on entend parler de commissionnement, monitoring, capteurs, compteurs...)

DECLICS. A destination des particuliers : programmes mêlant suivi, défi, comparaison / émulation et expériences de plus de 40 années de MDE.



... Sachant qu'il existe également des approches de type MDE dans le tertiaire.

202

221

**Différentiel économies attendues/ économies réelles : le comportement des utilisateurs est souvent montré du doigt (on parle alors « d'effet rebond »)**

**D'autres pays parlent désormais plus de « Prebound effect » pour nommer une approche globale de la réflexion. Et ils réalisent que le comportement des utilisateurs n'est qu'une des explications, la principale provenant de la sur-estimation en amont des économies possibles !**

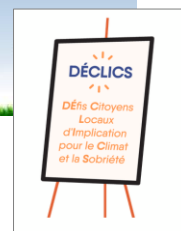
222

## 6.

## Faciliter les comportements adaptés



En France, nous avons 40 ans d'expérience dans les programmes MDE\*



\* Selon : "Maîtrise des dépenses électriques" ou "Maîtrise des demandes d'électricité"

223

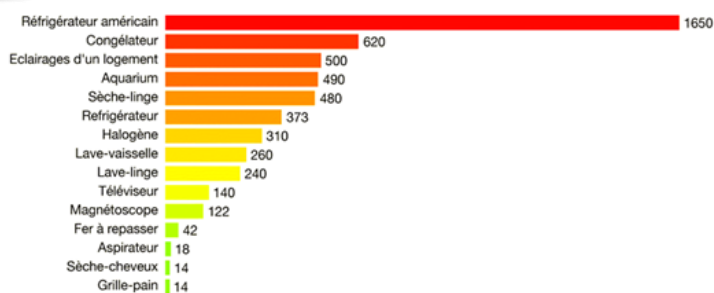
## 6.

## Faciliter les comportements adaptés



## Limitez les apports internes !

Source : AREHN Haute-Normandie



Quelques exemples de consommations.

116

224

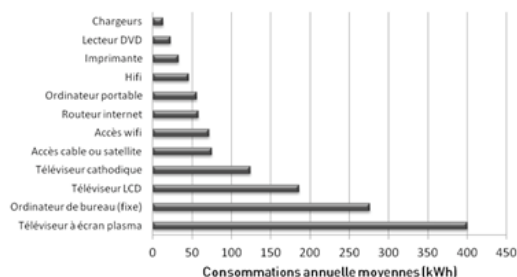
6.

## Faciliter les comportements adaptés



### Limiter les apports internes !

Source : Espace Info Energie en Bretagne



Le poste multimédia (audio, vidéo, hifi, TV...) représente 30 % des conso d'électricité spécifique des ménages. Poste le plus consommateur, il est surtout celui qui augmente le plus rapidement depuis qq. années.

117

225

## Levier n°7



## Entretenir régulièrement bâtiment et équipements

226

## 7.

## Entretenir bâtiment et équipements



- Etanchéité de la toiture, réfection des enduits...
- Changement des protections des joints de dilatation, traitement des portes & fenêtres, changement des vitrages...
- Ajustement des installations, changement des filtres et nettoyage des grilles de ventilation, changement du joint du poêle à bois...



Nettoyage des conduits VMC



**Telle une voiture, un bâtiment doit être régulièrement suivi / entretenu pour garder ses performances initiales**

227

### La référence aux

**commissionnement** (suivi avec pose de capteurs, compteurs...également appelé monitoring...) **mentionnée au précédent chapitre** (« Faciliter les comportements adaptés») **est tout aussi adaptée dans celui-ci portant sur l'entretien du bâtiment et de ses équipements.**



ACCUEIL QUI SOMMES NOUS ? FORMATIONS BLOG RESSOURCES JEAN-PIERRE OLIVA SAMUEL COURGEY

Instruments de mesure

## 7.

### Entretenir bâtiment et é

- Etanchéité de la toiture, réfection des enduits...
- Changement des protections des joints de dilatation, traitement des portes & fenêtres, changement des vitrages...
- Ajustement des installations, changement des filtres et nettoyage des grilles de ventilation, changement du joint du poêle à bois...



Nettoyage des conduits VMC



**Telle une voiture, un bâtiment doit être régulièrement suivi / entretenu pour garder ses performances initiales**

228

\*Image active, pour des 1ers repères sur les instruments de mesure

228

## 7.

## Entretenir bâtiment et équipements



- Etanchéité de la toiture, réfection des enduits...
- Changement des protections des joints de dilatation, traitement des portes & fenêtres, changement des vitrages...



Nettoyage des conduits VMC

Echanges

**Ajustement des installations** changement des filtres et nettoyage des grilles de ventilation, changement du joint du poêle à bois...



Telle une voiture, un bâtiment doit être régulièrement suivi / entretenu pour garder ses performances initiales

229

## 7.

## Entretenir bâtiment et équipements



### Besoin d'une mission de commissionnement ?

L'analyse des projets BBC invite à garder l'équipe "fluides" de la maîtrise d'œuvre et les entreprises des dits lots pour suivre au moins la première année d'utilisation du bâtiment.

réfection des enduits...

s des joints de dilatation, traitement des  
ent des vitrages...

**Ajustement des installations**, changement des filtres et nettoyage des grilles de ventilation, changement du joint du poêle à bois...



Tel une voiture, un bâtiment doit être régulièrement suivi / entretenu pour garder ses performances initiales

230

## 7.

## Entretenir bâtiment et équipements



***Tel une voiture, un bâtiment doit être régulièrement suivi / entretenu pour garder ses performances initiales***

231

## 7.

## Entretenir bâtiment et équipements



- Action en cours du Plan Bâtiment Durable : le projet de carte vitale du bâtiment, afin que les interventions soient connues de chacun, complémentaires entre elles...

232





**Rappel**

Comment rendre un bâtiment BBC, voire passif ?

32

233



### Les principes

- Clarifier / communiquer les besoins... mais également les envies
- Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts, ... et évaluer les enjeux énergétiques
- Repérer l'ensemble des solutions (conceptuelles, techniques, financières, ...)

Qui accompagne le maître d'ouvrage dans l'écriture du programme ?

Y'a-t'il une compétence pour réaliser le diagnostic technique et architectural ? Pour l'optimisation ?

### Des parois sans pont thermique

#### Une enveloppe sans pont thermique sous entend :

- un diagnostic qui repère l'ensemble des potentiels points faibles

#### Une enveloppe étanche

La réussite d'une étanchéité passe en plus de produits adaptés et pérennes sous-entend :

- une définition très ajustée, dès la phase des détails de réalisation ;
- une gestion de chantier qui ne laisse au maître d'ouvrage entre autre à l'interface entre les divers intervenants

Carnet de détails intéressant (MINIFIL) sur [www.cete-lyon.equipement.fr](http://www.cete-lyon.equipement.fr)

\* Pdf et vidéos sur le site du Pôle énergie de Franche Comté

### Le chauffage

Pour une installation performante :

- Ajuster l'installation aux nouveaux besoins (diminution du générateur, des pompes, ...), ajuster les émetteurs à la configuration des locaux (ne pas forcément les mettre devant les fenêtres...)
- Pour les émetteurs, privilégier le rayonnement (plancher, plafond ou mur chauffant... voire poêle à bois),
- Optimiser la configuration des locaux (ne pas forcément les mettre devant les fenêtres...)
- Optimiser la configuration des locaux (ne pas forcément les mettre devant les fenêtres...)

### La production d'ECS

Pour une installation performante :

- Installer des robinetteries économes (limitateurs de pression, mousseurs...)
- Centraliser voire limiter les points de puisage, les longueurs de conduits (enlever l'EC aux points de puisage éloignés, ou installer des ballons instantanés...)
- Ajuster l'installation aux besoins (choix de courbes, puissance des moteurs...)
- Choisir en b sur eaux grises
- Sur-isoler les tuyaux
- Limiters les pertes
- Limiters les pertes
- Ajuster la configuration des locaux (ne pas forcément les mettre devant les fenêtres...)
- Suivre les conseils

### Pour une ventilation efficace et économe :

- Bien dimensionner l'installation (débits globaux, débits des bouches, diamètre des conduits, choix de courbes, puissance des moteurs...)
- Choisir des ventilateurs économes ( $< 0,10$  à  $0,15 \text{ Wh/m}^3$ )
- Pour les doubles-flux, choisir un récupérateur à haut rendement ( $\geq 85\%$ )
- Ne pas obstruer les entrées et sorties d'air, ne pas oublier le détalonnage des portes... Vérifier la compatibilité avec le chauffage, avec les appareils de cuisson, avec la hotte...
- Choisir des conduits rigides pour les espaces non accessibles, anticiper la gestion des condensats
- Limiters les traversées d'isolants et de l'étanchéité à l'air
- Attention au bruit des moteurs et autres vibrations (choix du lieu et des fixations pour le moteur, choix des sections et suspentes pour les conduits...)
- Nettoyer régulièrement les bouches, filtres, conduits...

127

SYNOPSIS BFC - Déc. 2022

Samuel Courgey - Arcamie

Réhabilitation énergétique Z2

### Les principes

- Clarifier / communiquer les besoins... mais également les envies
- Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts, ... et évaluer les enjeux énergétiques
- Repérer l'ensemble de solutions (conceptuelles, techniques, financières...)
- Ass...
- Fixe...
- Anti...
- Réa...
- et p...
- équi...

Qui accompagne le maître d'ouvrage dans l'écriture du programme ?

Y'a-t-il une compétence pour réaliser le diagnostic technique et architectural ? Pour l'optimisation ?

### Des parois sans pont thermique

### Le chauffage

Pour une installation performante :

- Ajuster l'installation aux nouveaux besoins (dimensionnement du générateur, des pompes...), ajuster les émetteurs à la configuration des locaux (ne pas forcément les mettre devant les fenêtres...)

**La qualité de mise en œuvre, ... et le coût des prestations ???**

une gestion de chantier qui ne laisse au maître d'ouvrage entre autre à l'interface entre les divers intervenants

Carnet de détails intéressants (MINIFIL) sur [www.cete-lyon.equipement.fr](http://www.cete-lyon.equipement.fr)

\* Pdf et vidéos sur le site du Pôle énergie de Franche Comté

127

**\*Règles de l'art :** savoir-faire et textes de référence : DTU, normes, règles pro...

Samuel Courgey

Réhabilitation énergétique 1/2

ECHOBât Develop. 1 sept. 2021

**→ Mais une  
réhabilitation  
performante,  
ça coûte  
combien ???**

236

## Approche économique



**Chiffres 2019 : selon la complexité et la localisation du projet, les seuls travaux d'amélioration énergétique d'une rénovation BBC s'élèvent :**

- pour une maison, entre 450 et 900 € HT / m<sup>2</sup> Shab ;
- pour un appartement entre 300 et 600 € HT / m<sup>2</sup> Shab.



Un projet de rénovation ? Construisez et visualisez votre plan de financement avec :



[Etude IDDRI. Retours d'expériences d'Allemagne](#)

237

### Approche économique

**Chiffres 2019 : selon la complexité et la localisation du projet, les seuls travaux d'amélioration énergétique d'une rénovation BBC s'élèvent :**

- pour une maison, entre 450 et 900 € HT / m<sup>2</sup> Shab ;
- pour un appartement entre 300 et 600 € HT / m<sup>2</sup> Shab.



Un projet de rénovation ? Construisez et visualisez votre plan de financement avec :



[Etude IDDRI. Retours d'expériences d'Allemagne](#)

233

**Ne sont estimés là que les travaux d'amélioration énergétique. De plus, une rénovation n'est jamais qu'énergétique**



238



**Vis-à-vis d'une rénovation énergétique de base, on estime que l'atteinte du niveau BBC génère un investissement supplémentaire de l'ordre de 150 à 250 euros/m<sup>2</sup>. (€ TTC/m<sup>2</sup> plancher)**

## Approche économique

Chiffres 2019 : selon la complexité et la localisation du projet, les seuls travaux d'amélioration énergétique d'une rénovation BBC s'élèvent :

- pour une maison, entre 450 et 900 € HT / m<sup>2</sup> Shab ;
- pour un appartement entre 300 et 600 € HT / m<sup>2</sup> Shab.



Un projet de rénovation ? Construisez et visualisez votre plan de financement avec :



www.ecorenover.org

Etude IDDRI. Retours d'expériences d'Allemagne



Rénovation performante



232

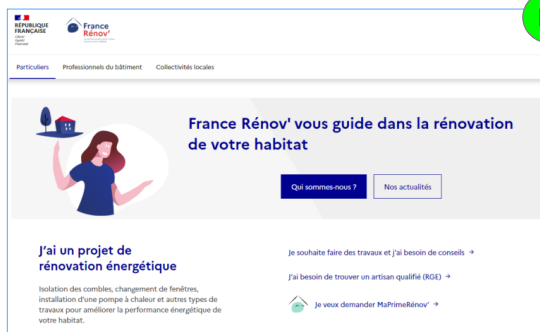
239

## Approche économique

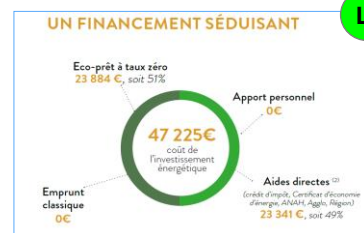
De (trop ?) nombreuses pistes quant au montage financier.

**Pour accompagner les particuliers : le réseau France Rénov'**

(anciennement FAIRE), financé par les pouvoirs publics (Etat et collectivités)



L\*



L\*

Extrait de fiche DORéMI

240

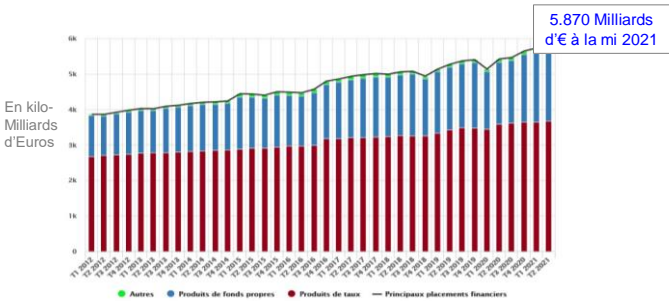


SYNANOMIE BFC - Déc. 2022  
Rehabilitation energetique 22  
Samuel Courgey - Arcame



# Approche économique

## Patrimoine financier des ménages français - Encours des placements



Source : Banque de France.

	Flux nets				Encours	
	Montants cumulés sur 4 trimestres glissants		Montants trimestriels (en)		trimestriels	
	T1 2021	T2 2021	T1 2021	T2 2021	T1 2021	T2 2021
Principaux placements financiers	184,9	157,7	40,6	44,4	5 731,0	5 870,1
Produits de taux	150,6	123,5	26,7	32,7	3 648,1	3 689,0
Numéraire et dépôts à vue	93,6	75,2	17,4	21,2	730,1	757,4
Dépôts bancaires rémunérés	72,8	61,4	15,5	13,3	1 125,0	1 138,6
Épargne réglementée (b)	44,7	32,8	9,3	6,7	825,8	832,1
Autre épargne (c)	28,2	28,5	6,2	6,6	299,2	306,5
OPC monétaires	-1,2	-0,9	-0,2	-0,1	5,1	5,1
Assurance-vie et épargne retraite en euros (d)	-9,6	-5,3	-4,3	-0,6	1 654,6	1 653,4
Titres de créance détenus directement	-1,0	-0,6	0,0	-0,7	39,6	38,8
Titres de créance détenus indirectement (OPC)	-4,0	-6,3	-1,7	-0,4	93,7	95,7
Produits de fonds propres	40,8	43,8	14,1	14,8	2 000,8	2 098,9
Actions cotées	10,1	8,3	1,3	1,1	337,9	355,6
Actions non cotées et autres participations	9,3	10,5	2,6	3,7	1 095,1	1 148,3
Assurance-vie et épargne retraite en UC (e)	26,1	31,7	11,8	10,1	437,3	457,9
Actions détenues indirectement (OPC)	-4,7	-6,7	-1,6	-0,1	130,5	137,1
Autres (e)	-6,5	-9,7	-0,2	-3,1	82,1	82,2
dont Fonds immobiliers (f)	-2,2	-3,7	-0,7	-1,3	29,5	29,2

243



32

244



## Les principes

- Clarifier / connaître les besoins... mais également les envies
- Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts, ... et évaluer les enjeux énergétiques



245



**Une fois les besoins/envies enregistrés, et le bâtiment connu, une possibilité séduisante consiste à élaborer plusieurs ébauches de scénarii, en partant chaque fois d'une feuille blanche afin d'entrevoir de nouvelles potentielles pistes.**

**Ceci permet d'appréhender de riches suites de propositions, sachant que l'étape qui suit consiste à trancher pour un ensemble de solutions cohérentes entre elles, et répondant au mieux au programme.**



## Les principes

- Clarifier / connaître les besoins... mais également les envies
- Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts, ... et évaluer les enjeux énergétiques



206

247





# SOMMAIRE

1. Posons le sujet
  2. Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
  3. **Complémentarité des options de base**
  4. En guise de conclusion
  5. Ressources
- + Annexes

249



## Rappel des solutions de base (STR)

### Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé	0.40	10
Hier	Isolé	0.25 à 0.15	15 à 30
Désormais	Très isolé	0.15 à 0.08	30 à 50
Anciennement	Non isolé	0.20	20 à 30
Hier	Isolé	0.10	30 à 50
Désormais	Très isolé	0.05	50 à 100

Epaisseurs calculées avec un  $\lambda$  d'environ 0,035/0,04 W/mK pour mur

### Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	Boîtes vitrées	Ponts thermiques	Ventilation et Perméabilité à l'air
Anciennement	Simple vitrage ( $U_{jv} = 5$ W/m².K) Cadre bois, alu, acier	Nombreux mais faibles	Boîtes + cheminées. Perméabilité moyenne des parois opaques
Hier	Double vitrage devenu à isolation renforcée ( $U_{jv} = 1.0$ ). Bois, PVC, ou alu avec rupteurs thermiques	Nombreux et importants	VMC auto puis hydro-régulable. Perméabilité moyenne à mauvaise
Désormais	Double ou triple vitrage Bois ou PVC (voire alu ?) avec RT + Protections nocturnes et solaires	Faibles à très faibles	Moteur Très Basse Consommation, simple ou double flux, assujetties (hygro, CO2...) + perméabilité vérifiée du bâtiment et des réseaux

de la base intégrant la présence d'éventuelles protections nocturnes

### Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	Chauffage	Installation de chauffage	Installation d'ECS (eau chaude sanitaire)
Anciennement	Cheminées, poêles, puis 1 <sup>er</sup> chaudières	Cheminées, puis poêles, puis radiateurs à eau chaude	Ballon électrique ou sur chaudière
Hier	Chaudière basse température ou à condensation	Isolation des conduits (Classe 3), pompes assujetties, vannes thermostatiques	ECS solaire, isolation des conduits (classe 3)
Désormais	Chaudière à condensation, bois haut rendement, PAC sur NRJ récupérée, réseau de chaleur +..., voire cogénération gaz ou bois.	Sur-isolation des pompes, des conduits..., et vannes électro-thermiques, boucles, Très Basse T°, voire chauffage par air.	Robinetterie économe, tuyaux limités et sur-isolés, ballons décentralisés, sur-isolés... ECS solaire ou PAC sur énergie récupérée.

35

250

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

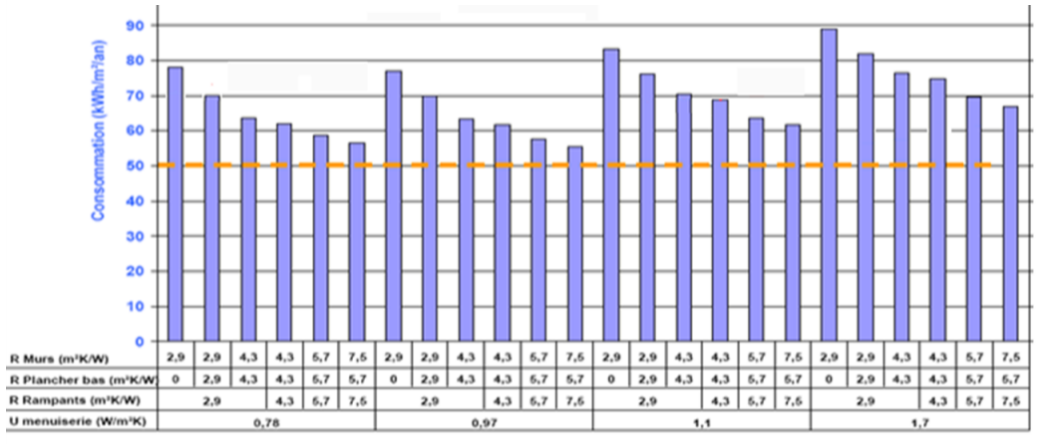
Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcane



# Jouer la complémentarité des solutions ...

Consommation chauffage (Gaz, kWh énergie primaire/an) selon vitrage et isolation des parois. Immeuble « Vosges 31 », source : enerthech.



251

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique Z2

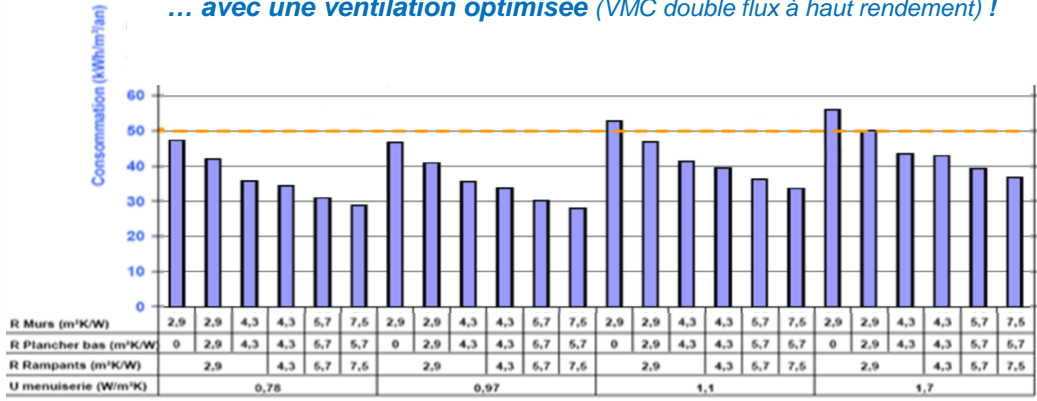
Samuel Courgey - Arcane



# Jouer la complémentarité des solutions ...

Consommation chauffage (Gaz, kWh énergie primaire/an) selon vitrage et isolation des parois. Immeuble « Vosges 31 », source : enerthech.

... avec une ventilation optimisée (VMC double flux à haut rendement) !



252

## Jouer la complémentarité des solutions ...



Consommation chauffage (Gaz, kWh énergie primaire/an) selon vitrage et isolation des parois. Immeuble « Vosges 31 », source : enerthech.

***Pour atteindre le niveau BBC, nul besoin de solutions d'excellence... mais il faut :***

- *n'oublier aucun point majeur*
- *travailler finement la conception*
- *maîtriser sur chantier le soin du détail... et, bien gérer la co-activité entre les divers intervenants*

R Murs (m²)													7,6
R Plancher bas													1,7
R Rampants (m²/°C)	2,00	1,90	0,97	1,20	2,00	1,90	0,97	1,20	2,00	1,90	0,97	1,20	2,6
U menuiserie (W/m²K)	0,75				0,97				1,1				1,7

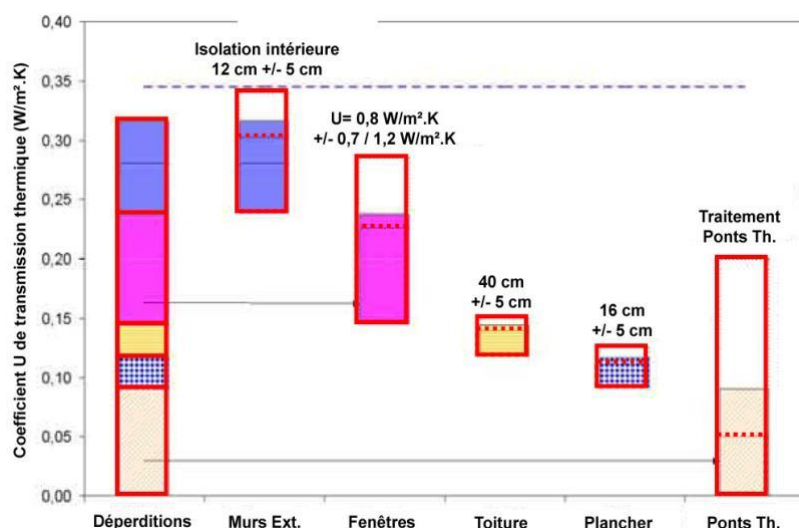
253

## Jouer la complémentarité des solutions ...



254

# Jouer la complémentarité des solutions ...



Rénovation BBC d'un  
immeuble de l'après guerre  
(murs maçonnés et dalles BA)

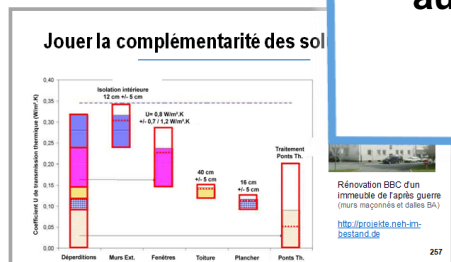
[http://projekte.neh-im-  
bestand.de](http://projekte.neh-im-bestand.de)

255



**Trouver un ensemble  
de solutions complémentaires et  
logiques entre elles vient avec l'expérience,  
pareil pour le calage de chacune d'elle et des  
unes par rapport aux autres.**

**La littérature technique et certaines méthodes  
(voir « ressources ») vous aideront, mais égalem.t,  
au moins dans un 1<sup>er</sup> temps, un travail en  
binôme avec une/un thermicien(ne)  
dès la phase "conception"**

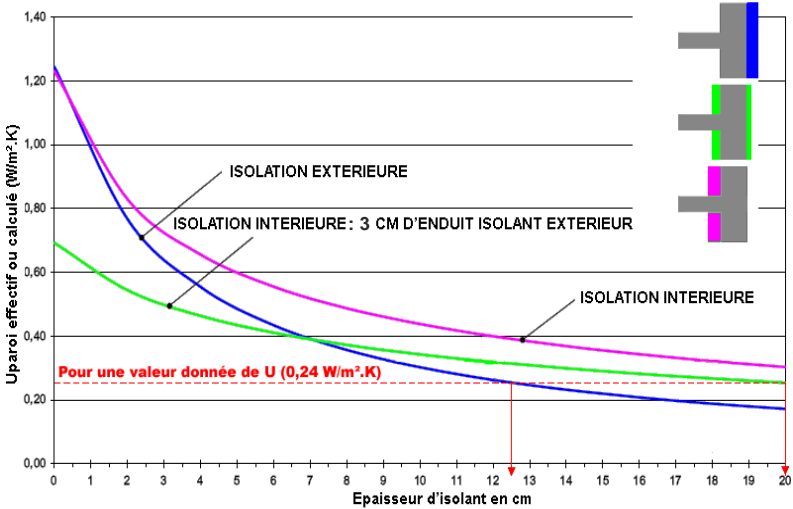


256

SYNOPSIS BFC - Dec. 2022  
Réhabilitation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane



# Jouer la complémentarité des solutions ...



Lambda isolant :  
0.035 W/mK  
Lambda enduit :  
0.045 W/mK

SYNOPSIS BFC - Dec. 2022  
Réhabilitation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcane



# Exemples d'enduits isolants

*A base de chaux adjuventée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage prévu !*

**Isolteco®**  
(Edilteco®)

Enduit chaux + polystyrène  
 $\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2.\text{k}$   
 $\mu = 12 \text{ à } 13$

**Diathonite Evolution**  
**Thermactive.037**  
(Diasen®)

Enduit chaux + liège + silice...  
 $\lambda = 0,045$   
 $\lambda = 0,037$   
 $\mu = 4 \text{ à } 3$

**UNILIT 20®**  
(UNILIT/HD System®)

Enduit chaux + silice expansé  
 $\lambda = 0,066$   
 $\mu = 4$

**FIXIT 222®**  
**FIXIT 244®**  
(FIXIT®)

Enduit chaux + aérogel de silice  
 $\lambda = 0,028 \text{ (0,048)}$   
 $\mu = 4 \text{ à } 5 \text{ (5 à 7)}$

**Hagatherm®**  
**Haga biotherm®**  
**Hagatherm**  
**Aérogel®**

Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel)  
 $\lambda = 0,054 \text{ (0,07; 0,029)}$   
 $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$

**+ Parnatur®**  
(ParexLanco®)

Enduit chaux + chènevotte  
 $\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$   
 $\mu < 5$

Plus, exclusivement en intérieur : **IsolArgilus** (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu \approx 6$



Si certains produits sont ou ont été sous avis techniques, est-ce nécessaire ? Car les enduits isolants sont cités dans les Règles de l'Art (au minimum dans les cahiers du CSTB n° 237 sous le nom d'enduits légers).

**Exemples d'enduits isolants**

*A base de chaux adjuvée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage prévu !*

<b>Isolteco®</b> (Edilco®) Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$	<b>Diathonite Thermactive.037</b> (Diasen®) Enduit chaux + liège + silice + perlite $\lambda = 0,037$ $\mu = 3$	<b>UNILIT 20®</b> (UNILIT/HD System®) Enduit chaux + silice expansé $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®) Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 (0,048)$ $\mu = 4 \text{ à } 5 (5 \text{ à } 7)$	<b>Hagatherm®</b> <b>Haga biotherm®</b> <b>Hagatherm Aérotherm®</b> Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 (0,07; 0,029)$ $\mu = 5 \text{ à } 8$	<b>+ Parnatur®</b> (ParexLancor®) Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $\mu < 5$
---	---	---	--	--	--

Plus, exclusivement en intérieur: IsolArgilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$ ;  $\mu = 6$

224



Limites d'emploi / adaptation à l'usage et assurabilité professionnelle : voir chaque fois avec l'industriel proposant ces solutions

Si certains produits sont ou ont été sous avis techniques, est-ce nécessaire ? Car les enduits isolants sont cités dans les Règles de l'Art, au minimum dans les cahiers du CSTB n° 237 (sous le nom d'enduits légers).

**Exemples d'enduits isolants**

*A base de chaux adjuvée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage prévu !*

<b>Isolteco®</b> (Edilco®) Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$	<b>Diathonite Thermactive.037</b> (Diasen®) Enduit chaux + liège + silice + perlite $\lambda = 0,037$ $\mu = 3$	<b>UNILIT 20®</b> (UNILIT/HD System®) Enduit chaux + silice expansé $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®) Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 (0,048)$ $\mu = 4 \text{ à } 5 (5 \text{ à } 7)$	<b>Hagatherm®</b> <b>Haga biotherm®</b> <b>Hagatherm Aérotherm®</b> Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 (0,07; 0,029)$ $\mu = 5 \text{ à } 8$	<b>+ Parnatur®</b> (ParexLancor®) Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $\mu < 5$
---	---	---	--	--	--

Plus, exclusivement en intérieur: IsolArgilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$ ;  $\mu = 6$

224





**Prix produit :**  
de 10 à 20 euros HT/m<sup>2</sup>  
par cm d'épaisseur.  
Excepté pour les  
produits à base  
d'aérogel, plutôt de  
l'ordre de 40 à 45 €.

**Exemples d'enduits isolants**

*A base de chaux adjuvée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage prévu !*

<b>Isoliteco®</b> (Editeco®) Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$	<b>Diatonite</b> Thermactive 037 (Daser®) Enduit chaux + liège + silice + perlite $\lambda = 0,037$ $\mu = 3$	<b>UNILIT 20®</b> (UNILITH System®) Enduit chaux + silice expansée $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®) Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 \text{ (0,048)}$ $\mu = 4 \text{ à } 5 \text{ (5 à 7)}$	<b>Hagatherm®</b> Haga biotherm® Hagatherm Aérogel® Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 \text{ (0,07; 0,029)}$ $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$	<b>+ Parnatur®</b> (Parex/Lancor®) Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$ $\mu < 5$
---	--	--	---	--	---

Plus, exclusivement en intérieur: IsolArgilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu = 6$

224

261



# SOMMAIRE

1. Posons le sujet
2. Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
3. Complémentarité des options de base
- 4. En guise de conclusion**
5. Ressources

+ Annexes

263

ECHOBat Dévelop. 1 sept. 2021

Samuel Courgey

Réhabilitation énergétique 1/2



→ Vers des bâtiments performants :


**... On change d'univers !**

267

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Samuel Courgey - Arcane

Réhabilitation énergétique 2/2



## **Réno BBC, on change d'univers !**

**... Jusqu'à aujourd'hui**

- On a réduit les déperditions de chaleur
  - en améliorant l'isolation des parois opaques et des baies vitrées
  - en réduisant les défauts d'étanchéité
  - en installant des ventilations mécaniques
- On a réduit les consommations
  - en régulant l'émission de chaleur
  - en limitant les pertes par les réseaux de distribution de chaleur
  - en améliorant le rendement des générateurs

Conclusion tirée d'une formation créée avec Jean-Pierre MOYA

268



# Réno BBC, on change d'univers !

## A partir d'aujourd'hui

- Les déperditions dues aux inétanchéités à l'air ou aux ponts thermiques sont supérieures à celles des parties courantes
- Les besoins de chauffage, faibles mais très variables, demandent des systèmes adaptés
- Les problèmes de confort d'été et de mi-saison deviennent majeurs
- Les conso d'ECS deviennent quasi-similaires à celles du chauffage
- Le potentiel des énergies de récupération peut être supérieur aux besoins (chauf. et/ou ECS)
- Les conso peuvent être multipliées du fait de comportements ou de réglages non adaptés
- Les fortes isolations disqualifient les isolants demandant beaucoup d'énergie à être produits (laines minérales denses, PSE, PSX, PUR, verre cellulaire et fibres de bois denses, voir diapo dédiée)
- Les moyens permettant de vérifier la qualité (QAI, isolation...) se multiplient

Conclusion tirée d'une formation créée avec Jean-Pierre MOYA

269



## Réno BBC, on change d'univers !

### ... Jusqu'à aujourd'hui

- On a réduit les déperditions de chaleur
  - en améliorant l'isolation des parois opaques et des baies vitrées
  - en réduisant les défauts d'étanchéité
  - en installant des ventilations mécaniques

## Réno BBC, on change d'univers !

### A partir d'aujourd'hui

- Les déperditions dues aux inétanchéités à l'air ou aux ponts thermiques sont supérieures à celles des parties courantes
- Les besoins de chauffage, faibles mais très variables, demandent des systèmes adaptés
- Les problèmes de confort d'été et de mi-saison deviennent majeurs
- Les conso d'ECS deviennent quasi-similaires à celles du chauffage
- Le potentiel des énergies de récupération peut être supérieur aux besoins (chauf. et/ou ECS)
- Les conso peuvent être multipliées du fait de comportements ou de réglages non adaptés
- Les fortes isolations disqualifient les isolants demandant beaucoup d'énergie à être produits (laines minérales denses, PSE, PSX, PUR, verre cellulaire et fibres de bois denses, voir diapo dédiée)
- Les moyens permettant de vérifier la qualité (QAI, isolation...) se multiplient

## Réno BBC, on change d'univers !

### → Il va falloir penser global

- Approche intégrée
  - Énergie + Confort + Qualité de l'air
  - Climat + Bâtiments/Systèmes + Occupants/Gestionnaires
  - Coûts des investissements + Coûts de fonctionnement
- Conception architecturale
  - Forme et orientation du bâti / Ouverture au soleil
  - Conception des espaces / Ouverture à l'extérieur
  - Insertion dans le site / Aménagement des abords
- Enveloppe et systèmes réactifs, à l'environnement et aux occupants

Conclusion tirée d'une formation créée avec Jean-Pierre MOYA

264

→ Il faut "embarquer la performance énergétique" (dans la vie des bâtiments)

→ Notion de "BBC compatible"

→ Attention à ne pas "tuer le gisement" (d'économie d'énergie)

271



## , des pistes pour aller plus loin :



- **La réno passive** (n'est-ce pas l'assurance d'une performance réelle ?)
- **Les "éco-matériaux"**. ("Biosourcés", locaux, issus de la récup...)
- **L'économie circulaire** (Soins lors des déposes, recherches de valorisations, choix de matériaux pérennes, aisément valorisables...)
- **Approche fine du sujet santé, du confort, des ambiances**



- **Préserver la biodiversité.** Zone végétalisée, espaces réservés
- **Utilisation d'énergies renouvelables ou de récupération**  
Bois, Solaire, réseau de chaleur performant, valorisation de la chaleur des eaux grises, de l'air extrait...
- **Production d'énergie.** Photovoltaïque, co-génération

273

## Mais n'oublions pas !!!



Mais au fait,  
que  
recherche-t-  
on ?



Être bien !



33

274



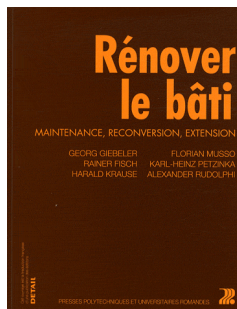
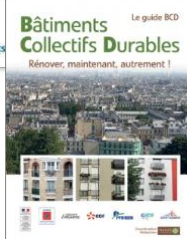
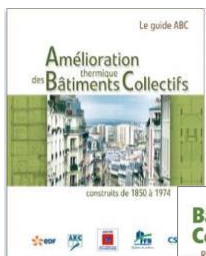
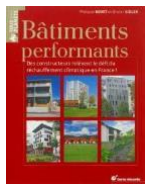
# SOMMAIRE

1. Posons le sujet
2. Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
3. Complémentarité des options de base
4. En guise de conclusion
- 5. Ressources**  
+ Annexes

276



## Sur la réhabilitation



\* Lien internet

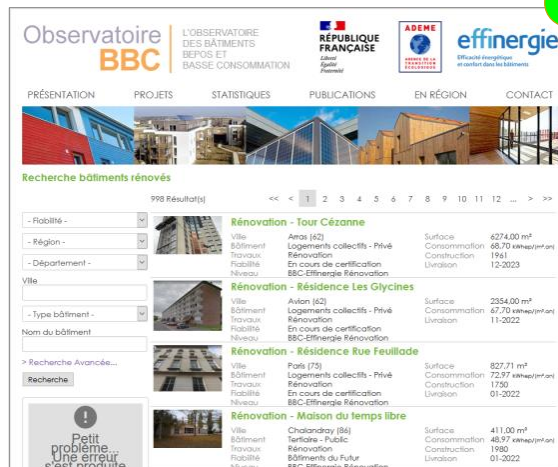


278

# L'observatoire BBC



<https://observatoirebbc.org/>



[Lien internet](#)

279

# Sur la rénovation par étapes



Plus maison individuelle :

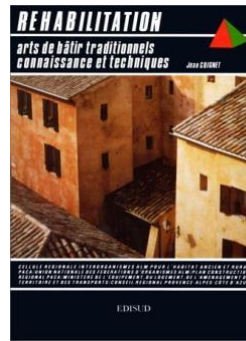
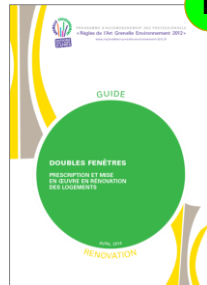


[Lien internet](#)

280



## Sur les techniques de l'existant



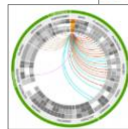
T\* : lien internet actif  
L\* : lien pour commande

\* Lien internet

## ... et sur les bâtiments anciens, patrimoniaux 1<sup>de2</sup>

. Centre de ressources dédié à la réhabilitation du bâti ancien.

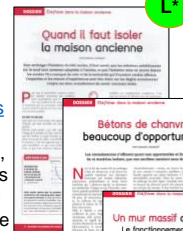
Et son outil "Guidance Wheel" →



. Effinergie, soutenu par le Ministère de la Culture et celui de la Transition écologique propose un label expérimental pour reconnaître les réhabilitations énergétiques ambitieuses de bâtiments patrimoniaux

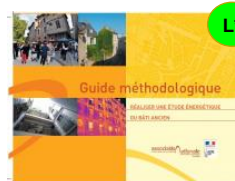
. L'association « [Maisons Paysannes de France](#) » accompagne des projets, réflexions et dynamiques sur le bâti ancien, et sort tous les 2 mois une revue très riche.

Articles de la revue n° 211 →



. OPÉRA : programme de recherche ayant pour objet de répondre aux questions portant sur le sujet « Humidité & parois anciennes »

. L'association « [Sites et citées remarquables de France](#) » propose de nombreux accompagnements et outils adaptés aux projets patrimoniaux



\* Lien internet

## ... et sur les bâtiments anciens, patrimoniaux 2<sup>de</sup>2

*Exemples parmi les nombreux territoires proposant une réflexion sur leur patrimoine*



Intéressantes à plus d'un titre, ces fiches gagneraient à être actualisées, surtout celle sur l'humidité



Voir également les Parc naturels nationaux ([liens](#)) et régionaux ([lien fédération](#)), et les divers CAUE ([lien fédération](#)).

283

## (autres) Ressources

### Approche préfabriqué en atelier



- Rénovation BBC par caissons de mur et de toiture préfabriqués, dont surélévation (récupération de 85 m<sup>2</sup> de SH)
- 3 jours de levage pour ré-envelopper le bâtiment
- SCOP Clairlieu Eco-Rénovation Solidaire - Yves Jautard Architecte (et système bois)



289



## Ex. de réno BBC de bâtiments scolaires

- Groupe scolaire de la Grangette - Thonon les Bains (73). [Lien](#)
- Lycée Louis Aragon Pablo Picasso - Givors (69). [Lien](#)
- Groupe scolaire et du centre social de la Soie - Decines (69). [Lien](#)
- Groupe scolaire « Henri Wallon » - Vaulx-en-Velin (69). [Lien](#)
- Groupe scolaire / gymnase « Les Romains » - Annecy (74). [Lien](#)
- Ecole primaire de Vals les Bains (07). [Lien](#)
- Groupe scolaire Baudin - Bourg en Bresse (01). [Lien](#)
- Groupe scolaire de Charcenne (70). [Lien](#)
- Groupe scolaire les Terres Neuvas - Cancale (35). [Lien](#)
- Ecole élémentaire « La Haye Renaud » - Béton (35). [Lien](#)
- Groupe scolaire de Muttersholtz (67). [Lien](#)
- Groupe scolaire Jules Ferry à Aulney les Valenciennes (59). [Lien](#)
- Groupe scolaire à Batzendorf (67). [Lien](#)
- Ecole maternelle Marxenhouse d'Haguenau (67). [Lien](#)
- Collège des vignes du Crey - Prautoy (52). [Lien](#)
- Groupe scolaire les Boutours 2 - Roissy sous bois (95). [Lien](#)
- Ecole Romain Rolland - Epinay sur Seine (93). [Lien](#)
- Crèche parentale (ancien bain douche) - Pantin (93). [Lien](#)
- Groupe scolaire Paul Langevin - Sète (34). [Lien](#)

290



## ANNEXES

291

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien ▶|
- L'audit énergétique ▶|
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquem.t de travaux) ▶|
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique ▶|
- Approche acoustique ▶|
- Qualité de l'air intérieur ▶|
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin ▶|
- Parois chauffantes / rafraichissantes ▶|
- Le fonctionnement du bâti ancien ▶|
- Spécificités du tertiaire ? ▶|
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants ▶|
- Et le mur sud ? ▶|

292

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?**
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquem.t de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

293

... et lorsque  
l'on ne peut  
pas (vraiment)  
isoler les  
murs ?

## Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/m <sup>2</sup> .K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,40	10
Désormais	Très isolé	~ 0,25 à 0,15	15 à 30
	TOITURE	U en W/m <sup>2</sup> .K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	< 0,20	20 à 30
Désormais	Très isolé	~ 0,15 à 0,08	30 à 50
	SOLS	U en W/m <sup>2</sup> .K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,60	8 à 8
Désormais	Très isolé	~ 0,30 à 0,15	10 à 25

Epaisseurs calculées avec un  $\lambda$  d'environ 0,035/0,04 W/mK pour murs et toitures, d'env. 0,025/0,03 W/mK pour les sols

204

294

Moins on peut isoler,  
plus il faudra investir dans la  
**conception** (optimiser les espaces, créer  
des zones spécifiques...) **et les autres**  
**points d'amélioration de l'enveloppe**  
(ponts thermiques et étanchéité à l'air,  
ouverture au soleil, ajustement de l'inertie...),  
**mais également : les équipements**  
(installations & choix des énergies), **et**  
**l'ajustement des**  
**comportements.**

## Les leviers actionnables pour rendre un bâtiment énergétiquement performant



50

295



# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

Et puis, peut-être est-il possible de :

→ Poser une **isolation de faible épaisseur** (intérieure et/ou extérieure)

*et... lorsque ce n'est pas possible :*

→ Projeter un **enduit isolant**, coté intérieur et/ou extérieur

*et... lorsque ce n'est pas possible :*

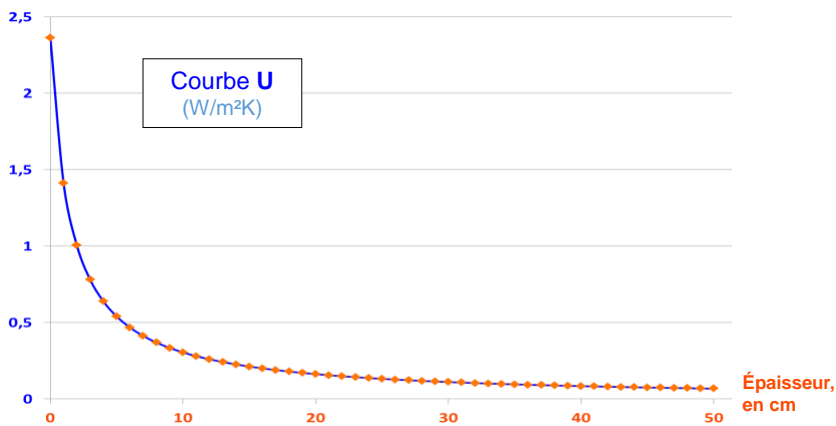
→ Poser d'un **parement intérieur à faible effusivité** (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).



# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

## 1. Poser une **isolation de faible épaisseur** (int. et/ou ext.)

Conductance (**U**) d'un mur en bloc de ciment (aggloméré) de 20 cm, selon épaisseur de l'isolant rapporté. (Isolant ayant une conductivité thermique ( $\lambda$ ) de 0.035 W/mK).



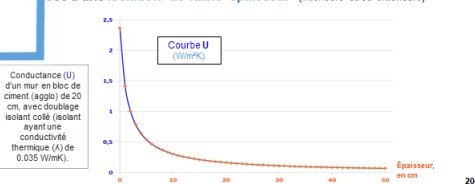




**Rappel** : si entrevoir  
de fortes épaisseurs d'isolants  
se justifie très souvent (jusqu'à 15 à  
30 cm en mur...), il ne faut pas oublier  
que les premiers centimètres d'un  
isolant (bien posé, c'est-à-dire : sans pont  
thermique, sans inétanchéité à l'air...),  
limitent (déjà) fortement la  
déperdition d'une paroi !

Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

l'impact d'une isolation de faible épaisseur (intérieure et/ou extérieure)



298



## Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

### 2. Projeter un enduit isolant, coté intérieur et/ou extérieur









Photos : Diathonite®

299

Rappel

## Exemples d'enduits isolants

*A base de chaux adjuventée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage entrevu !*

<b>Isolteco®</b> (Edilteco®)  Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$ 	<b>Diathonite</b> Thermactive.037 (Diasen®)  Enduit chaux + liège + silice + perlite $\lambda = 0,037$ $\mu = 3$ 	<b>UNILIT 20®</b> (UNILIT/HD System®)  Enduit chaux + silice expansé $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$ 	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®)  Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 (0,048)$ $\mu = 4 \text{ à } 5 (5 \text{ à } 7)$ 	<b>Hagatherm®</b> <b>Haga biotherm®</b> <b>Hagatherm Aérogel®</b>  Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 (0,07; 0,029)$ $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$ 	<b>+ Parnatur®</b> (ParexLanco®)  Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$ $\mu < 5$ 
--	---	--	---	---	--

Plus, exclusivement en intérieur: IsolArgilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu \approx 6$

259

300

## Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

### 3. Poser un parement intérieur de faible effusivité



301

# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs



## 3. Pose d'un parement intérieur de faible effusivité

L'effusivité thermique d'un matériau décrit la rapidité avec laquelle il absorbe les calories. Symbolisée 'b', elle s'exprime en racine carré de Wattheure par mètre carré Kelvin ( $Wh^{1/2}/m^2K$ ).

Si b est faible, le matériau « aspire » peu la chaleur. Cette chaleur reste alors en surface ; on parle de parements « chauds ».



302

# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs



## 3. Poser un parement intérieur de faible effusivité



Mais il faut choisir :

← Soit vous avez un **parement à faible effusivité** (bois, tissu, papier...)

Soit vous avez un **parement inertiel** →



303



**Complémentaire à la possibilité de mettre en œuvre des isolants biosourcés (cf. 1<sup>er</sup> diaporama), cette possibilité d'utiliser des matériaux issus des végétaux existe également pour d'autres types de matériaux, tels les parements intérieurs. Pour en savoir plus :**

Si je ne peux pas isoler les murs

3. Poser un parement



parement inertiel → 

336

Construction & Développement Durable

**arcanne**

**Réhabilitation avec des biosourcés :  
quels matériaux et mises en œuvre paraissent  
les plus pertinents ?**

Diaporama tiré de différentes formations et conférences de Samuel COURGEY, particulièrement de l'angle demandé pour une conférence tenue en juin 2021 pour l'association Oikos



1

\* Cliquez sur l'image pour accéder au diaporama

304



## Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs

### 3. Pose d'un parement intérieur de faible effusivité

**Sachant que les matériaux très hygroscopiques, ouverts à la vapeur d'eau et moyennement isolants, tel un enduit de 2 à 3 cm à base de chanvre, apparaissent pour certain(e)s comme un entre deux envisageable ! (= en parement à faible effusivité ne coupant pas trop de l'inertie du mur support)**



Application d'un enduit chanvre-chaux (2 à 3 cm d'un mélange ayant un  $\lambda$  de l'ordre de 0,15 à 0,20 W/mK)

305



**Solution à ne pas confondre avec les bétons isolants, dont certains (chanvre-chaux projeté ou chaux-terre projeté), avec un  $\lambda$  approchant les 0,07 W/mK, peuvent presque être considérés comme de véritables isolants !**

**Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs**

**3. Pose d'un parement intérieur de faible effusivité**

... tant que les matériaux sont microscopiques, ouverts à la vapeur d'eau et moyennement isolants, tel un enduit de 2 à 3 cm à base de chanvre, apparaissent pour certain(e)s comme un **entre deux envisageable !** (= en parement à faible effusivité ne coupant pas trop de l'inertie du mur support)



Application d'un enduit chanvre-chaux (2 à 3 cm d'un mélange ayant un  $\lambda$  de l'ordre de 0,15 à 0,20 W/mK)

211

306

**Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs**

**3. Pose d'un parement intérieur de faible effusivité**

**Rappel :** la température ressentie correspond à la moyenne entre la température de l'air et celle des parois !

... Où l'on voit que même la solution par défaut de la solution par défaut a encore un avantage.



Enduit chanvre-chaux de 3 cm en correction thermique d'un mur en granite

Photo Jean-Pierre OLIVA

307





Pour atteindre le niveau BBC avec ces solutions, il faudra se "rattraper" en étant plus performant sur d'autres postes : conception / ajustement des espaces, ventilation, isolation toiture, vitrage, captage solaire...

Cela complique plutôt les choses, et renchérit les projets !

Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs



... plus d'optimiser la conception... (voir diapo précédente)

→ Pose d'une isolation de faible épaisseur (intérieure et/ou extérieure)

et... lorsque ce n'est pas possible :

→ Projection d'un enduit isolant, coté intérieur et/ou extérieur

et... lorsque ce n'est pas possible :

→ Pose d'un parement intérieur à faible effusivité (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).

203

308



Pour atteindre le niveau BBC avec ces solutions, il faudra se "rattraper" en étant plus performant sur d'autres postes : conception / ajustement des espaces, ventilation, isolation toiture, vitrage, captage solaire...

Cela complique plutôt les choses, et renchérit les projets !

Et particulièrement avec la dernière (parement à faible effusivité), il est possible que l'atteinte du niveau BBC pour le bâtiment s'en trouve compromise.

Si je ne peux pas (vraiment) isoler les murs



... plus d'optimiser la conception... (voir diapo précédente)

→ Pose d'une isolation de faible épaisseur (intérieure et/ou extérieure)

et... lorsque ce n'est pas possible :

→ Projection d'un enduit isolant, coté intérieur et/ou extérieur

et... lorsque ce n'est pas possible :

→ Pose d'un parement intérieur à faible effusivité (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).

203

309





... et lorsque  
l'on ne peut  
pas (vraiment)  
isoler les  
sols ?

Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,40	10
Désormais	Très isolé	~ 0,25 à 0,15	15 à 30
	TOITURE	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	< 0,20	20 à 30
Désormais	Très isolé	~ 0,15 à 0,08	30 à 50
	SOLS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,60	8 à 8
Désormais	Très isolé	~ 0,30 à 0,15	10 à 25

Epaisseurs calculées avec un A d'environ 0,035/0,04 W/mK pour murs et toitures, d'env. 0,025/0,03 W/mK pour les sols

204



Moins on peut isoler,  
plus il faudra investir dans la  
conception (optimiser les espaces, créer  
des zones spécifiques...) et les autres  
points d'amélioration de l'enveloppe  
(ponts thermiques et étanchéité à l'air,  
ouverture au soleil, ajustement de l'inertie...),  
mais également : les équipements  
(installations & choix des énergies), et  
l'ajustement des  
comportements.

Les leviers actionnables pour rendre  
un bâtiment énergétiquement performant



50



# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols

Et puis, peut-être est-il possible de :

→ Poser une **isolation de faible épaisseur**

*et... lorsque ce n'est pas possible :*

→ **Isoler les sols sur leur périphérie**, coté intérieur et/ou extérieur

*et... lorsque ce n'est pas possible :*

→ Poser un **parement à faible effusivité** (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).

312

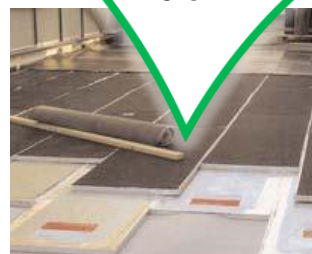


# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols

**1. Poser une isolation de faible épaisseur**



Les isolants  
sous vide  
( $0.004 < \lambda < 0.008$ )  
permettent une  
isolation BBC  
dès 2 à  
3 cm

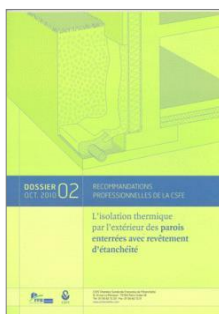


313

# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols



## 2. Isoler les sols sur leur **périphérie**, coté intérieur et/ou extérieur, en isolation verticale ou horizontale



Des recommandations professionnelles proposées gratuitement par l'interprofession. (Image avec lien actif)



Exemple d'isolation enterrée de 30 cm, avec des panneaux de polyuréthane

Photo : Energies vertes du Bourbonnais

314

# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols



## 3. Poser un **parement intérieur de faible effusivité**



Sol en bois, liège, bambou, moquette, sisal, coco...



315

# Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols



## 3. Poser un parement intérieur

Le tapis a le grand avantage de pouvoir s'enlever en fin de printemps pour libérer des surfaces à forte inertie propices au confort estival.



Sol en bois, liège, bambou, moquette, sisal, coco...



316

Comme pour les murs, ne pas réellement isoler les sols est un choix "par défaut".

... sauf éventuellement pour les sols sur terre-plein afin de limiter les risques de surchauffes. Là, l'isolation des seuls pourtours pourra être préférée, mais après vérification par une STD\*

## Si je ne peux pas (vraiment) isoler les sols



En plus d'optimiser la conception... (voir diapo précédente)

→ Pose d'une **isolation de faible épaisseur**

*et... lorsque ce n'est pas possible:*

→ **Isolation de la périphérie**, coté intérieur et/ou extérieur

*et... lorsque ce n'est pas possible:*

→ Pose d'un **parement à faible effusivité** (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).

219

\* Simulation thermique dynamique

317



... et lorsque  
l'on ne peut  
pas (vraiment)  
isoler les  
toitures ?

Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,40	10
Désormais	Très isolé	~ 0,25 à 0,15	15 à 30
	TOITURE	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	< 0,20	20 à 30
Désormais	Très isolé	~ 0,15 à 0,08	30 à 50
	SOLS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,60	8 à 8
Désormais	Très isolé	~ 0,30 à 0,15	10 à 25

Epaisseurs calculées avec un  $\lambda$  d'environ 0,035/0,04 W/mK pour murs et toitures, d'env. 0,025/0,03 W/mK pour les sols



Si je ne peux pas (vraiment) isoler les toitures

... et bien on  
s'organise pour les isoler.  
Car sous nos climats, nous  
ne pouvons entrevoir des  
bâtiments confortables et  
performants sans une  
réelle isolation haute !

... et lorsque  
l'on ne peut  
pas (vraiment)  
isoler les  
toitures ?

Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,40	10
Désormais	Très isolé	~ 0,25 à 0,15	15 à 30
	TOITURE	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	< 0,20	20 à 30
Désormais	Très isolé	~ 0,15 à 0,08	30 à 50
	SOLS	U en W/m².K	Isolant (cm)
Anciennement	Non isolé		
Hier	Isolé	0,60	8 à 8
Désormais	Très isolé	~ 0,30 à 0,15	10 à 25



## ANNEXES



-Et si je ne peux pas isoler ?

### **Le mur ancien**

- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

320

## Sollicitations « hygro » du mur ancien

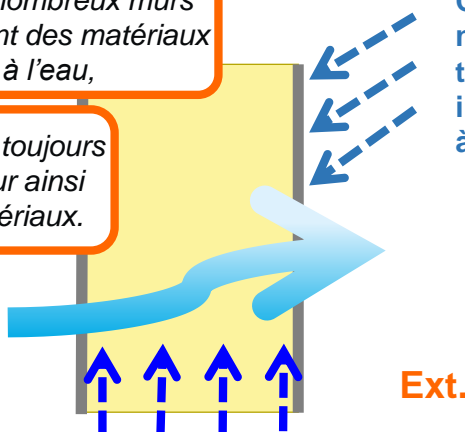


*Sachant que de nombreux murs anciens comportent des matériaux sensibles à l'eau,*

*, et que nous ne connaissons pas toujours précisément la constitution du mur ainsi que le comportement de ses matériaux.*

Certains murs ne sont pas totalement imperméables à la pluie !

Flux de vapeur d'eau (de l'intérieur à l'extérieur en hiver)



De nombreux bas de murs sont sujets à remontées capillaires

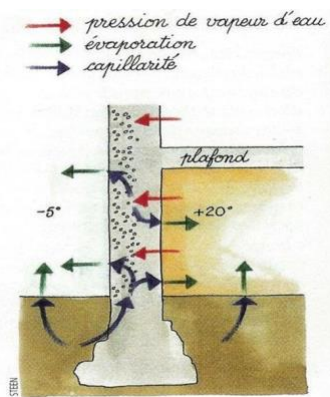
321



## Principe de fonctionnement d'un mur ancien (vis-à-vis de l'humidité)



De "L'isolation écologique" JP OLIVA- Terre vivante



Sauf exception, le mur ancien permet le déplacement de l'humidité (eau et vapeur) en son sein. (→ Paroi perspirante\*)

### Mais également :

- L'air intérieur est fortement renouvelé
- Les simples vitrages représentent une zone de condensation privilégiée
- Les parois opaques sont relativement étanches à l'air

### Sachant qu'en premier lieu (rappel) :

- La protection à la pluie est effective (enduits, débords de toitures, profils "goutte d'eau"...)
- Le pourtour du bâtiment est adapté (drains, sol percolant...)

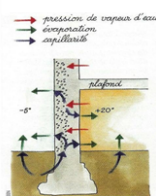
\*Perspirant(e) : cliquer pour télécharger la définition

322

**L'approche est  
toujours la même :**

- 1. On fait pour limiter  
l'humidification**
- 2. On fait pour faciliter  
l'assèchement !**

## Principe de fonctionnement d'un mur ancien (vis-à-vis de l'humidité)



Sauf exception, le mur ancien permet le déplacement de l'humidité (eau et vapeur) en son sein. (→ Paroi perspirante\*)

### Mais également :

- L'air intérieur est fortement renouvelé
- Les vitrages, simples, représentent une zone de condensation privilégiée
- Les parois opaques sont relativement étanches à l'air

### Sachant qu'en premier lieu :

- La protection à la pluie est effective (enduits, débords de toitures, profils "goutte d'eau"...)
- Le pourtour du bâtiment est adapté (drains, sol percolant...)

\*Perspirante : cliquer pour télécharger la définition

258

323

SYNOPSIS BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique Z2  
De

**Mur ancien : pour limiter les risques !**

**Côté extérieur :**  
mur imperméable à la pluie. Dans le cas d'une ITE avec bardage : pare-pluie très ouvert à la vapeur. Dans le cas d'enduits, les choisir ouverts à la vapeur et capillaires. Et en sécurité, beaucoup déconseillent les isolants fermés à la vapeur.

**Pour les murs "sensibles"** (ayant des matériaux putrescibles, oxydables, gélifs et/ou de la terre avec rôle structurel)  
→ Un diagnostic complet est nécessaire, et si l'on estime qu'après travaux les murs risquent de s'humidifier, 2 pistes séduisent pour leur isolation : isolation capillaire ou double cloison

**Bas de murs :** limiter les remontées capillaires (pente du terrain ajustée, éloignement des EP, drains... voire intervention dans les murs : injection de résines, assèchement électronique, ou électro-osmose)

**D'abord et avant tout :**  
installer un système de renouvellement régulier de l'air intérieur, et réaliser une étanchéité à l'air côté intérieur dans le cas d'une ITI

**Côté intérieur :** matériaux limitant plutôt l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi, mais surtout : permettant lorsque besoin son évacuation lorsque les conditions le permettent. (Eviter les matériaux fermés à la vapeur, préférer les membranes hygrovariables à large spectre, ou la membrane orientée)

**Parties enterrées et zones de rejaillissement :** matériaux non vulnérables à l'eau et non capillaires. (Vaire système perspirant, mais ventilé et protégé des infiltrations)

324

Samuel Courgey  
Rénovation énergétique 1/2  
ECHOBât Develop. 1 sept. 2021

**Vis-à-vis du sujet "humidité", ce n'est pas le mur ancien qui est à approcher de manière spécifique, mais les murs comportant des fragilités à l'eau (vulnérabilités à une présence trop importante et/ou trop persistante d'eau)**

325



**Murs sensibles pour lesquels on estime qu'il existera un risque d'humidification : deux pistes séduisent pour leur isolation !**

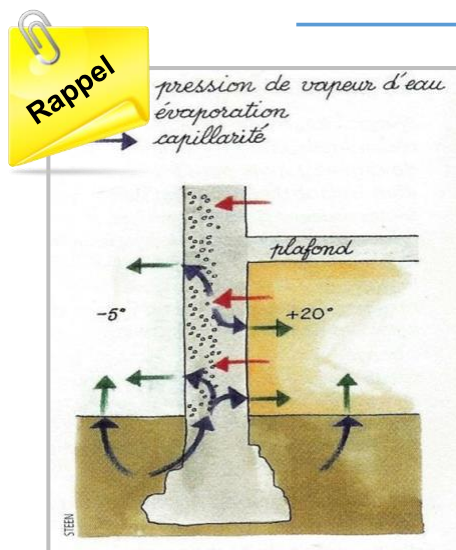
## **1. Continuité capillaire**

### **2. Contre cloison isolante**

327



## **Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire**



**Continuité capillaire**  
=  
**matériaux (très\*) capillaires**  
+  
**couches en contact les unes avec les autres**

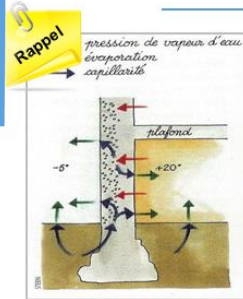
*\* En fait nous faisons référence à des solutions très capillaires, spécifiquement ajustées pour cet usage.*

328



**La piste  
"continuité  
capillaire" est qq.  
fois nommée "à  
capillarité active"**

## Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire



**Continuité capillaire  
=  
matériaux (très\*) capillaires  
+  
couches en contact les  
unes avec les autres**

\* En fait nous faisons référence à des solutions très capillaires, spécifiquement ajustées pour cet usage.

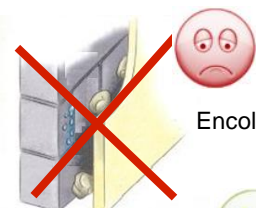
204

329



## Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

**Continuité capillaire = matériaux (très) capillaires +  
couches en contact les unes avec les autres**



Encollage par plots

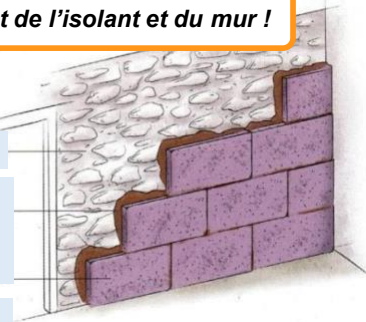


Encollage sur  
toute la surface

**Respecter le contact de l'isolant et du mur !**

Mur  
Enduit et colle  
(capillaires) permettant  
le contact entre l'isolant  
et le mur (non plan)

Isolant (capillaire)



330

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 22

Samuel Courgey - Arcanne



# Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

## A. Solutions utilisant des isolants thermiques

On sera d'abord séduit par des isolants très peu sensibles à l'eau, ouverts à la vapeur d'eau et fortement capillaires.



Multipor® (Xella®)  
Les plaques d'isolation minérale sont quelques fois appelées "mousse minérale", "panneaux de silicate de calcium"...



TecTem® de Knauf®  
Il existe plusieurs type de panneaux de perlite sur le marché. Seuls les produits non traités "hydrophobes" nous intéressent ici.

**ITI de murs sensibles :** en Suisse, Allemagne et Autriche, l'aspect très capillaire de la **ouate de cellulose projetée** (= mise en œuvre humide) séduit certains acteurs, mais sous conditions. (Mur imperméable à la pluie, exempt de remontées capillaires...)

331

SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 22

Samuel Courgey - Arcanne



# Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

## A. Solutions utilisant des isolants thermiques

On sera d'abord séduit par des isolants très peu sensibles à l'eau, ouverts à la vapeur d'eau et fortement capillaires.



Multipor® (Xella®)  
Les plaques d'isolation minérale sont quelques fois appelées "mousse minérale", "panneaux de silicate de calcium"...



TecTem® de Knauf®  
Il existe plusieurs type de panneaux de perlite sur le marché. Seuls les produits non traités "hydrophobes" nous intéressent ici.

**ITI de murs sensibles :** en Suisse, Allemagne et Autriche, l'aspect très capillaire de la **ouate de cellulose projetée** (= mise en œuvre humide) séduit certains acteurs, mais sous conditions. (Mur imperméable à la pluie, exempt de remontées capillaires...)

332



## Plaques d'isolation minérale : nous ne faisons référence qu'aux matériaux très capillaires proposés pour ce type de mise en œuvre !



Certains produits du marché ne sont pas capillaires !

### Murs sensibles (1/2)

#### A. Solutions utilisées

On sera séduit par des isolants ouverts à la vapeur



Les plaques d'isolation minérale sont quelques fois appelées "mousse minérale", "panneaux de silicate de calcium"...



Il existe plusieurs types de panneaux de perlite sur le marché. Seuls les produits non traités "hydrophobes" nous intéressent ici.

**projetée** (= mise en œuvre humide) séduit certains acteurs, mais sous conditions. (Mur imperméable à la pluie, exempt de remontées capillaires...)

151

333

## Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire



### B. Solutions mettant en œuvre des enduits isolants ou des bétons légers

Ces pistes, plus issues de l'art du maçon que de celui du professionnel de l'isolation sont particulièrement séduisantes pour celles et ceux qui souhaitent garder des murs « irréguliers »



Diathonite Evolution®

L'isolation capillaire ne se développant que depuis peu en France nous manquons souvent d'informations à son égard !

→ Etudier chaque fois la faisabilité des solutions proposées pour l'emploi envisagé, particulièrement :

- l'aspect capillaire des solutions proposées (est-il suffisant ?...)
- leur hygro-vulnérabilité (permet-elle une ITI ? Une ITI de façade à la pluie battante non totalement imperméable ?...)



334





**Et vérifiez que la solution entrevue vous donne accès à l'assurabilité professionnelle !**



### Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

**Mettant en œuvre des enduits isolants ou des bétons légers**

Ces pistes, plus issues de l'art du maçon que de celui du professionnel de l'isolation sont particulièrement séduisantes pour celles et ceux qui souhaitent garder des murs « irréguliers »

L'isolation capillaire ne se développant que depuis peu en France nous manquons souvent d'informations à son égard !

→ **Etudier chaque fois la faisabilité des solutions proposées pour l'emploi entrevu, particulièrement :**

- l'aspect capillaire des solutions proposées (est-t-il suffisant ?...)
- leur hygro-vulnérabilité (permet-elle une ITI ? Une ITI de façade à la pluie battante non totalement imperméable ?...)

234

335



**Ces solutions, pour lesquelles il faut privilégier les meilleures performances thermiques ( $\lambda$  de 0,03 à 0,07 pour les enduits isolants, 0,07 à 0,09 W/mK pour les bétons légers) peuvent rendre complexe l'atteindre du niveau BBC pour les murs !!!**

### Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

**B. Solutions mettant en œuvre des enduits isolants ou des bétons légers**

Ces pistes, plus issues de l'art du maçon que de celui du professionnel de l'isolation sont particulièrement séduisantes pour celles et ceux qui souhaitent garder des murs « irréguliers »



L'isolation capillaire ne se développant que depuis peu en France nous manquons souvent d'informations à son égard !

→ **Etudier chaque fois la faisabilité des solutions proposées pour l'emploi entrevu, particulièrement :**

- l'aspect capillaire des solutions proposées (est-t-il suffisant ?...)
- leur hygro-vulnérabilité (permet-elle une ITI ? Une ITI de façade à la pluie battante non totalement imperméable ?...)

234

336

## Béton légers

Les acteurs des filières biosourcés y travaillent, particulièrement avec les solutions "bétons de chanvre".

Si cette piste comporte des atouts\*, plusieurs éléments nous invitent à rester prudents :

- la chènevotte étant putrescible, la filière doit nous renseigner précisément des limites d'emploi de chaque mélange proposé
- l'aspect capillaire de ces diverses solutions est rarement renseigné, il est pourtant crucial
- le lambda (pouvoir isolant) des solutions proposées est moindre que celui des autres isolants. De plus, il peut fortement changer selon le mélange, le type de mise en œuvre... De fait, tous ne sont pas opportuns !
- en attendant des formulations utilisant l'argile\*\*, le liant, à base de chaux et de ciment, grève fortement le bilan environnemental, très bon, de la chènevotte.



<http://www.ecopertica.com/terre-crue/>

### Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

#### B. Solutions mettant en œuvre des enduits isolants ou des bétons légers

Ces pistes, plus issues de l'art du maçon que de celui du professionnel de l'isolation sont particulièrement séduisantes pour celles et ceux qui souhaitent garder des murs « irréguliers ».



L'isolation capillaire ne se développant que depuis peu en France nous manquons souvent d'informations à son égard !

→ Etudier chaque fois la faisabilité des solutions proposées pour l'emploi envisagé, particulièrement :

- l'aspect capillaire des solutions proposées (est-il suffisant ?...)
- leur hygro-vulnérabilité (permet-elle une IT1 ? Une ITI de façade à la pluie battante non totalement imperméable ?...)

\* Voir le chapitre « Les matériaux hygroscopiques » en annexe, et l'article « béton de chanvre » ([Lien](#))

337



## Exemples d'enduits isolants

**A base de chaux adjuventée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage envisagé !**

<b>Isolteco®</b> (Editteco®)  Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$ 	<b>Diathonite Thermactive.037</b> (Diasen®)  Enduit chaux + liège + silice + perlite $\lambda = 0,037$ $\mu = 3$ 	<b>UNILIT 20®</b> (UNILIT/HD System®)  Enduit chaux + silice expansée $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$ 	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®)  Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 (0,048)$ $\mu = 4 \text{ à } 5 (5 \text{ à } 7)$ 	<b>Hagatherm®</b> <b>Haga biotherm®</b> <b>Hagatherm Aéro-gel®</b>  Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 (0,07 ; 0,029)$ $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$ 	<b>+ Parnatur®</b> (ParexLanco®)  Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$ $\mu < 5$ 
---	---	--	--	---	---

Plus, exclusivement en intérieur: IsolArgilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu \approx 6$

259

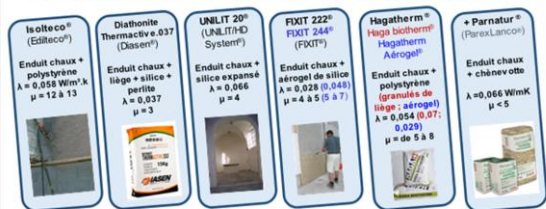
338

**Limites d'emploi,  
assurabilité professionnelle :  
voir chaque fois avec  
l'industriel proposant ces  
solutions**

**Si certains produits  
sont ou ont été sous avis  
techniques, est-ce  
nécessaire ? Car les enduits  
isolants sont cités dans les  
Règles de l'Art, au minimum  
dans les cahiers du CSTB  
n° 237 (sous le nom  
d'enduits légers).**

### Exemples d'enduits isolants

A base de chaux adjuvantée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'usage prévu !



Plus, exclusivement en intérieur : IsolArgillus (Argile + chaux + perle)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu = 6$

259

339

### Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

**La solution  
« continuité capillaire »  
ne doit pas faire oublier  
que les murs doivent  
par ailleurs être  
imperméables  
à la pluie !**

Continuité capillaire  
=  
matériaux capillaires  
+  
couches en contact les  
unes avec les autres

146

340



## Murs sensibles (1/2) : continuité capillaire

**Rappel : même si elle est déjà mise en œuvre par certains, et repérée positivement par les derniers programmes de recherche\*, la solution "continuité capillaire" n'est pas encore nommée dans les documents de référence (DTU, normes...)**

Continuité capillaire  
=  
matériaux capillaires  
+  
couches en contact les  
unes avec les autres

146

\* Etudes Hygroba, Humibatex, Climaxion...  
Voir diapo ressources dédiée

341



**Murs sensibles pour lesquels on estime qu'il existera un risque d'humidification : deux pistes séduisent pour leur isolation !**

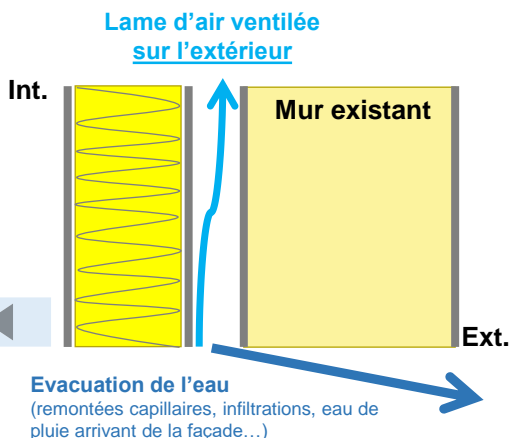
1. Continuité capillaire

**2. Contre cloison isolante**

342

## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### Réalisation d'une double cloison isolante côté intérieur.



#### En avantages :

- solution limitant dans tous les cas les risques dus aux condensations et au gel
- permet l'utilisation de très nombreux isolants

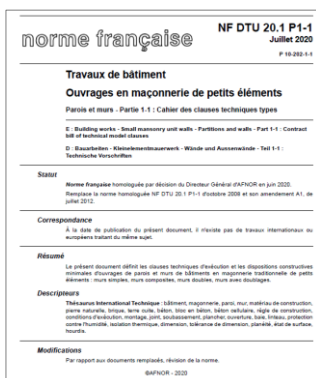
#### Mais 3 inconvénients repérés :

- perte accrue d'espace habitable
- perte quasi-totale de la contribution thermique du mur (inertie de transmission...)
- réalisation complexe (pose du pare-air/pare-vent, gestion des arrivées/sorties d'air, de l'évacuation de l'eau...)

343

## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### Réalisation d'une double cloison isolante côté intérieur.



Cette cloison est appelée "**cloison de doublage avec lame d'air continue**" dans la version 2008 du **DTU 20.1** (Ouvrages en maçonnerie de petits éléments<sup>15</sup>). Elle fait alors partie des murs de type III.

On retrouve la grande majorité des informations concernant cette cloison dans la nouvelle version du DTU (2020). Ce dans les murs de type III, mais sans que la dénomination « cloison de doublage avec lame d'air continue » soit reprise.

Le DTU 20.1 reporte à d'autres documents de référence (DTU...) et savoir faire la réalisation des doublages isolants. (Il n'intègre lui que les sujets liés à la ventilation, la collecte et l'évacuation de l'eau, et les éventuelles accroches de la cloison de doublage à la maçonnerie)

*Les extraits des pages suivantes proviennent de la dernière version du DTU*

344



## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### Extraits du § 3.3.1.3 (Mur de type III) du DTU 20.1- Partie 3

Le principe du mur du type III est basé sur le fait que, compte tenu de conditions d'exposition particulièrement sévères, il est possible que l'eau qui s'infiltré à travers la paroi extérieure puisse ne pas être absorbée en totalité par les zones non saturées de la paroi, et qu'une certaine quantité d'eau puisse parvenir à la base de la lame d'air. Toutefois, ne pas oublier que les dispositifs de collecte et d'évacuation des eaux sont conçus pour ne rejeter vers l'extérieur qu'une quantité limitée d'eau.

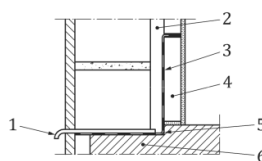
Les murs du type III sont des murs dans lesquels la paroi extérieure en maçonnerie, non protégée par un revêtement étanche, est doublée par une seconde paroi séparée de la première par une lame d'air continue, à la base de laquelle sont prévus des dispositifs de collecte et d'évacuation vers l'extérieur des eaux d'infiltration éventuelles.

Un mur de type III diffère d'un mur de type IIb par l'ajout du dispositif de collecte et d'évacuation. Ce dispositif peut être réalisé avec un système étanche formant une gouttière, et rejetant vers l'extérieur des eaux collectées au moyen d'exutoires (Figure 9) ou d'espaces ménagés entre deux éléments pour des maçonneries apparentes.

Figure 9. Principe d'un de type III

#### Légende

- 1 Exutoire
- 2 Lame d'air
- 3 Relevé d'étanchéité



- 4 Cloison de doublage
- 5 Décrochement
- 6 Plancher

345

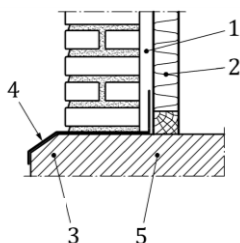


## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### Extraits du § 5.12.1.1 (Dispositions en pied de mur de type III) du DTU 20.1 P1-1

Vis-à-vis du recueil et de l'évacuation des eaux, trois cas sont possibles :

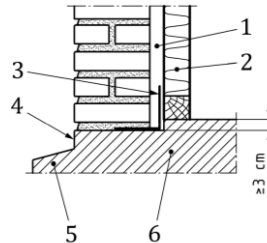
- dans le cas de bandeaux saillants situés immédiatement en dessous des exutoires, il faut placer un profilé formant larmier (complété au raccord entre deux bandes de profilés par une feuille d'étanchéité débordant de 20 cm de part et d'autre (Fig.53)) ; un bandeau saillant avec rejingot ne nécessite pas un tel dispositif (Fig.54)



#### Légende

- 1 Lame d'air
- 2 Cloison de doublage
- 3 Bande saillant
- 4 Profilé
- 5 Plancher

Fig. 53. Mur de type III avec maçonnerie apparente et bandeau saillant



#### Légende

- 1 Lame d'air
- 2 Cloison de doublage
- 3 Cornière en PVC
- 4 Rejingot
- 5 Bande saillant
- 6 Plancher

Fig. 54. Mur de type III avec maçonnerie apparente et bandeau saillant avec rejingot

346



SYNAPMOIE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique Z2

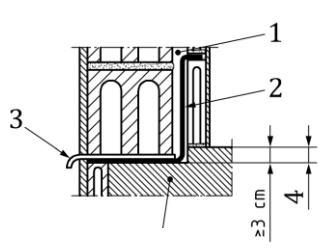
Samuel Courgey - Arcane



# Murs sensibles (2/2) : double cloison

Extraits du § 5.12.1.1 (Dispositions en pied de mur de type III) du DTU 20.1 P1-1

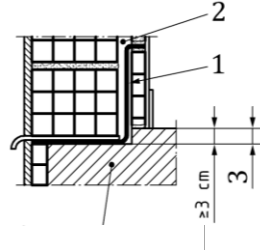
• dans le cas de maçonneries enduites, un tuyau en métal non corrodable, ou plastique rigide, est mis en place tous les 2 m maximum, à la base de la paroi. Le diamètre intérieur minimal de ce tuyau est de 20 mm lorsqu'il est mis en œuvre tous les mètres et de 30 mm lorsqu'il est mis en œuvre tous les 2 mètres (Fig. 55)



Légende

- 1 lame d'air
- 2 Relevé en feuille plastique
- 3 Exutoire
- 4 Décaissé
- 5 Plancher

Sur les exutoires, le § 5.7 de la partie 1-2 du DTU précise : les tuyaux utilisés à cet effet sont soit en matière plastique rigide, soit en métal non corrodable.



Légende

- 1 Relevé en bande de feuille bitumineuse armée
- 2 lame d'air
- 3 Décaissé
- 4 Plancher

Figures 55 a et b. Exemples de réalisations du relevé d'étanchéité dans le cas de maçonneries enduites

347

SYNAPMOIE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique Z2

Samuel Courgey - Arcane



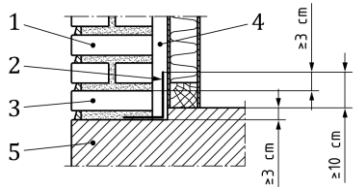
# Murs sensibles (2/2) : double cloison

Extraits du § 5.12.1.1 (Dispositions en pied de mur de type III) du DTU 20.1 P1-1

• dans le cas de maçonneries non enduites, un joint vertical est laissé non garni tous les mètres environ dans la première assise de la maçonnerie, sur une hauteur de 5 cm au moins (cf. Figures 56 a) et b)).

Le relevé du matériau étanche placé dans la rigole doit être au minimum de 10 cm et, en tous cas, de 3 cm de plus que la hauteur de l'exutoire. À leur extrémité, les bandes de relevé sont placées à recouvrement minimal de 20 cm.

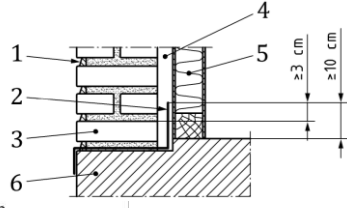
La continuité de l'étanchéité de la rigole aux angles saillants et rentrants doit être assurée.



Légende

- 1 Briques apparentes U
- 2 Profilé en PVC
- 3 Joint vertical non garni (tous les mètres)
- 4 lame d'air
- 5 Plancher

Figures 56 a et b. Ex. de réalisations du relevé d'étanchéité dans le cas de maçonneries non enduites



Légende

- 1 Jointement après coup
- 2 Profilé en PVC
- 3 Joint vertical non garni (tous les mètres)
- 4 lame d'air
- 5 Cloison de doublage
- 6 Plancher

348



## Sur le dispositif de recueil d'eau en pied de mur le § 5.6 de la partie 1-2 du DTU précise :

- Les matériaux utilisés sont choisis parmi ceux indiqués ci-après :
- profilés préformés : cornière, profilés complexes formant bavette ;
  - bandes à former ;
  - feuille à base de bitume modifié SBS, d'épaisseur minimale 2 mm, grésée deux faces, conforme à la NF EN 14967, présentant une résistance à la déchirure au clou minimale de 120 N exprimée suivant la NF EN 12310-1 ;
  - feuille plastique ou élastomère contre les remontées capillaires dans les murs, conforme à la NF EN 14909 (type A), résistante aux agents alcalins, ayant une résistance à la déchirure au clou minimale de 120 N exprimée suivant la NF EN 12310-1.

### Murs sensibles (2/2) :

Extraits du § 5.12.1.1 (Dispositions en pied de mur)

Vis-à-vis du recueil et de l'évacuation des eaux, trois cas sont à considérer :

- dans le cas de bandeaux saillants situés immédiatement en pied de mur, formant larmier (complété au raccord entre deux bandes de 20 cm de part et d'autre (Fig. 53)) ; un bandeau saillant avec

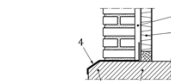


Fig. 53. Mur de type III avec maçonnerie apparente et bandeau saillant

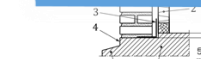


Fig. 54. Mur de type III avec maçonnerie apparente et bandeau saillant avec rejoinct

349

## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### § 2 (Cas où la lame d'air est nécessaire) du § 5.12.1.2.2 (Mise en place de l'isolant intérieur pour les murs de type II ou III), du DTU 20.1 P1-1

La fixation est mécanique (clouage, vissage ou agrafage avec plaquettes de répartition de maintien de l'isolant).

Les éventuels tasseaux verticaux en bois sont traités à l'aide d'un produit insecticide et fongicide ayant fait l'objet d'essais montrant son efficacité pour l'essence utilisée et les conditions d'emploi correspondantes.

L'espacement des tasseaux est fonction de la largeur et de la rigidité des panneaux isolants utilisés, de façon à assurer au moins deux lignes d'appui par panneau et garantir la pérennité de la lame d'air (épaisseur d'au moins 2 cm).

**La préoccupation des rédacteurs du DTU concerne la pérennité du système de fixation** (sujet sans objet lorsque la cloison est auto-portante), **et l'épaisseur de la lame d'air, de 2 cm minimum.** (Notons que dans la version 2008 du DTU elle était de 2,5 cm minimum)

350





## Sur les systèmes d'accrochage le § 5,5 de la partie 1-2 du DTU précise :

Les dispositifs d'écartement des doublages ou panneaux isolants doivent être imputrescibles et non corrodables :

- cales en matière plastique (PVC ou matériau équivalent insensible à l'eau) ;
- tasseaux et cales en bois traités contre les effets de l'humidité, des insectes et champignons ;
- en métal non corrodable ou offrant une résistance équivalente à la corrosion.

### Murs sensibles (2/2) : double cloison

**§ 2 (Cas où la lame d'air est nécessaire) du § 5.12.1.2.2 (Mise en place de l'isolant intérieur pour les murs de type II ou III), du DTU 20.1 (2020)**

La fixation est mécanique (clouage, vissage ou agrafage avec plaquettes de répartition de maintien de l'isolant).  
Les éventuels tasseaux verticaux en bois sont traités à l'aide d'un produit insecticide et fongicide ayant fait l'objet d'essais montrant son efficacité pour l'essence utilisée et les conditions d'emploi correspondantes. L'espacement des tasseaux est fonction de la largeur et de la rigidité des panneaux isolants utilisés, de façon à assurer au moins deux lignes d'appui par panneau et garantir la pérennité de la lame d'air (épaisseur d'au moins 2 cm).

**La préoccupation des rédacteurs du DTU concerne la pérennité du système de fixation** (sujet sans objet lorsque la cloison est auto-porteuse), **et l'épaisseur de la lame d'air, de 2 cm minimum.** (Notons que dans la version 2008 du DTU elle était de 2,5 cm minimum)

271

351

## Murs sensibles (2/2) : double cloison

### Extraits du § 6.3.5.2 (Disposition de ventilation de la lame d'air) du DTU 20.1 P1-1

Les dispositions d'ouverture de joint qui s'appliquent en pied de mur de type III (cf. 5.12.1.1) s'appliquent également en tête et à chaque repos ou console.

**On en déduit que la surface d'ouverture minimum en partie haute doit être égale à la surface des entrées d'air en bas de mur.**

**La version 2008 du DTU précisait dans son § 7.2.1.3.3 :**

- Ces orifices (ou exutoires) d'évacuation de l'eau participent également en partie basse à la ventilation de la lame d'air (10 cm<sup>2</sup> par mètre linéaire de façade, soit environ un joint non garni dans la première assise tous les 0,50 m).
- La ventilation haute de cette lame d'air est habituellement assurée par des dispositifs indépendants de la maçonnerie.

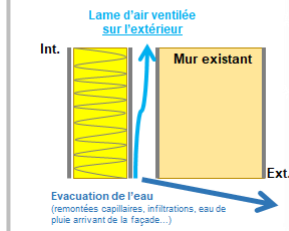
352





## Murs sensibles (2/2) : double cloison

Réalisation d'une double cloison isolante côté intérieur.



Un système breveté (aéraulec®) propose, à partir d'une étude du projet, une ventilation mécanique de l'espace entre mur et cloison. Cette solution paraît particulièrement séduisante lorsqu'il est complexe de gérer l'évacuation de l'eau en bas de mur, ou de créer les entrées et sorties d'air.



image avec lien hypertexte

353



## Autre piste ?

La réalisation d'une contre cloison étant assez onéreuse, la mise en place de blocs isolants autoporteurs peut séduire (matériaux plutôt plus onéreux mais de mise en œuvre rapide). Et si leur pouvoir isolant est moindre que celui des isolants standards, il n'y a plus à gérer le pont thermique des poteaux.

Les pistes de développement semblent réelles, particulièrement pour les options hygroscopiques\* et à bon bilan environnemental, tel la plupart des blocs à base de végétaux.



Conclusions

## Murs sensibles (2/2) : double cloison

Réalisation d'une contre-cloison isolante côté intérieur.  
(« cloison de doublage » d'après DTU 20.1)

### En avantages :

- solution limitant dans tous les cas les risques dus aux condensations et au gel
- permet l'utilisation de très nombreux isolants

### Mais 3 inconvénients repérés :

- perte accrue d'espace habitable
- perte quasi-totale de la contribution thermique du mur (inertie de transmission...)
- réalisation complexe (pose du pare-air/pare-vent, gestion des arrivées/sorties d'air, de l'évacuation de l'eau...)

164

\* Voir le chapitre dédié en annexe

354

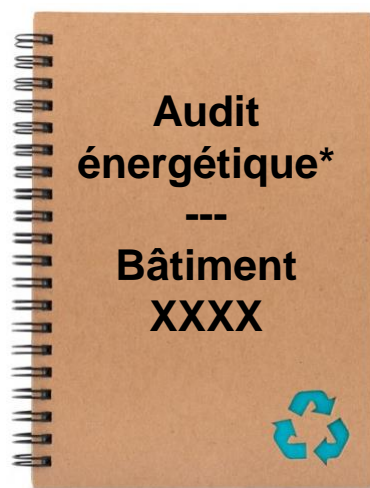
## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique**
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

355

## Fonctionnement énergétique d'un bâtiment



\* Nous utilisons ici le terme « audit énergétique » dans sa définition la plus large, soit équivalente souvent à « étude thermique ».

En revanche, les audits énergétiques réglementaires et autres études thermiques réglementaires, différents, sont vues plus loin dans le chapitre parlant de la réglementation.

356

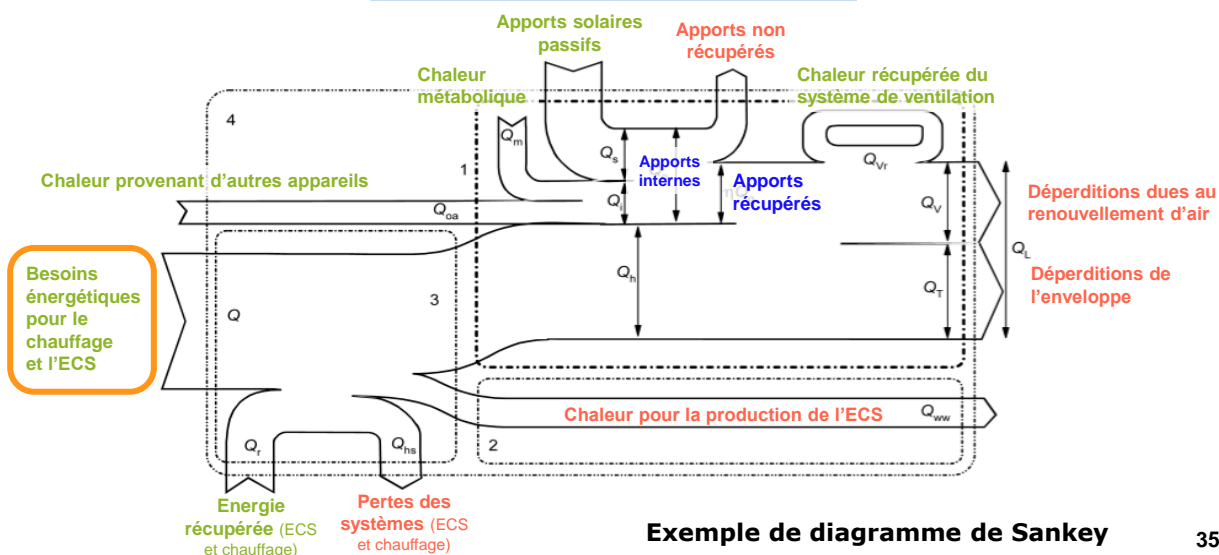
# Fonctionnement énergétique d'un bâtiment



FICHE DE SYNTHÈSE											
Nom		Adresse		Date de construction		Date de rénovation		Date de mise à jour		Date de validité	
Maison		Bâtiment		Maison		Maison		Maison		Maison	
Maison		Maison		Maison		Maison		Maison		Maison	
PROPOSITIONS D'ACTIONS											
Actions proposées		Quantité	Unité	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût
Système		Quantité	Unité	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût	Coût
1		1	1000	300 000	12	0,3	0,005	344,67		300 000	3000
2		2	1000	600 000	16,2	0,5	0,006	71,31		600 000	1800
3		3	1000	1200 000	32,4	1,0	0,012	142,62		1200 000	3600
4		4	1000	2400 000	64,8	2,0	0,024	285,24		2400 000	7200
5		5	1000	3600 000	97,2	3,0	0,036	427,86		3600 000	10800
6		6	1000	4800 000	129,6	4,0	0,048	570,48		4800 000	14400
7		7	1000	6000 000	162,0	5,0	0,060	713,10		6000 000	18000
8		8	1000	7200 000	194,4	6,0	0,072	855,72		7200 000	21600
9		9	1000	8400 000	226,8	7,0	0,084	998,34		8400 000	25200
10		10	1000	9600 000	259,2	8,0	0,096	1140,96		9600 000	28800
11		11	1000	10800 000	291,6	9,0	0,108	1283,58		10800 000	32400
12		12	1000	12000 000	324,0	10,0	0,120	1426,20		12000 000	36000
13		13	1000	13200 000	356,4	11,0	0,132	1568,82		13200 000	39600
14		14	1000	14400 000	388,8	12,0	0,144	1711,44		14400 000	43200
15		15	1000	15600 000	421,2	13,0	0,156	1854,06		15600 000	46800
16		16	1000	16800 000	453,6	14,0	0,168	1996,68		16800 000	50400
17		17	1000	18000 000	486,0	15,0	0,180	2139,30		18000 000	54000
18		18	1000	19200 000	518,4	16,0	0,192	2281,92		19200 000	57600
19		19	1000	20400 000	550,8	17,0	0,204	2424,54		20400 000	61200
20		20	1000	21600 000	583,2	18,0	0,216	2567,16		21600 000	64800
21		21	1000	22800 000	615,6	19,0	0,228	2709,78		22800 000	68400
22		22	1000	24000 000	648,0	20,0	0,240	2852,40		24000 000	72000
23		23	1000	25200 000	680,4	21,0	0,252	2995,02		25200 000	75600
24		24	1000	26400 000	712,8	22,0	0,264	3137,64		26400 000	79200
25		25	1000	27600 000	745,2	23,0	0,276	3280,26		27600 000	82800
26		26	1000	28800 000	777,6	24,0	0,288	3422,88		28800 000	86400
27		27	1000	30000 000	810,0	25,0	0,300	3565,50		30000 000	90000
28		28	1000	31200 000	842,4	26,0	0,312	3708,12		31200 000	93600
29		29	1000	32400 000	874,8	27,0	0,324	3850,74		32400 000	97200
30		30	1000	33600 000	907,2	28,0	0,336	3993,36		33600 000	100800
31		31	1000	34800 000	939,6	29,0	0,348	4135,98		34800 000	104400
32		32	1000	36000 000	972,0	30,0	0,360	4278,60		36000 000	108000
33		33	1000	37200 000	1004,4	31,0	0,372	4421,22		37200 000	111600
34		34	1000	38400 000	1036,8	32,0	0,384	4563,84		38400 000	115200
35		35	1000	39600 000	1069,2	33,0	0,396	4706,46		39600 000	118800
36		36	1000	40800 000	1101,6	34,0	0,408	4849,08		40800 000	122400
37		37	1000	42000 000	1134,0	35,0	0,420	4991,70		42000 000	126000
38		38	1000	43200 000	1166,4	36,0	0,432	5134,32		43200 000	129600
39		39	1000	44400 000	1198,8	37,0	0,444	5276,94		44400 000	133200
40		40	1000	45600 000	1231,2	38,0	0,456	5419,56		45600 000	136800
41		41	1000	46800 000	1263,6	39,0	0,468	5562,18		46800 000	140400
42		42	1000	48000 000	1296,0	40,0	0,480	5704,80		48000 000	144000
43		43	1000	49200 000	1328,4	41,0	0,492	5847,42		49200 000	147600
44		44	1000	50400 000	1360,8	42,0	0,504	5990,04		50400 000	151200
45		45	1000	51600 000	1393,2	43,0	0,516	6132,66		51600 000	154800
46		46	1000	52800 000	1425,6	44,0	0,528	6275,28		52800 000	158400
47		47	1000	54000 000	1458,0	45,0	0,540	6417,90		54000 000	162000
48		48	1000	55200 000	1490,4	46,0	0,552	6560,52		55200 000	165600
49		49	1000	56400 000	1522,8	47,0	0,564	6703,14		56400 000	169200
50		50	1000	57600 000	1555,2	48,0	0,576	6845,76		57600 000	172800
51		51	1000	58800 000	1587,6	49,0	0,588	6988,38		58800 000	176400
52		52	1000	60000 000	1620,0	50,0	0,600	7131,00		60000 000	180000
53		53	1000	61200 000	1652,4	51,0	0,612	7273,62		61200 000	183600
54		54	1000	62400 000	1684,8	52,0	0,624	7416,24		62400 000	187200
55		55	1000	63600 000	1717,2	53,0	0,636	7558,86		63600 000	190800
56		56	1000	64800 000	1749,6	54,0	0,648	7701,48		64800 000	194400
57		57	1000	66000 000	1782,0	55,0	0,660	7844,10		66000 000	198000
58		58	1000	67200 000	1814,4	56,0	0,672	7986,72		67200 000	201600
59		59	1000	68400 000	1846,8	57,0	0,684	8129,34		68400 000	205200
60		60	1000	69600 000	1879,2	58,0	0,696	8271,96		69600 000	208800
61		61	1000	70800 000	1911,6	59,0	0,708	8414,58		70800 000	212400
62		62	1000	72000 000	1944,0	60,0	0,720	8557,20		72000 000	216000
63		63	1000	73200 000	1976,4	61,0	0,732	8699,82		73200 000	219600
64		64	1000	74400 000	2008,8	62,0	0,744	8842,44		74400 000	223200
65		65	1000	75600 000	2041,2	63,0	0,756	8985,06		75600 000	226800
66		66	1000	76800 000	2073,6	64,0	0,768	9127,68		76800 000	230400
67		67	1000	78000 000	2106,0	65,0	0,780	9270,30		78000 000	234000
68		68	1000	79200 000	2138,4	66,0	0,792	9412,92		79200 000	237600
69		69	1000	80400 000	2170,8	67,0	0,804	9555,54		80400 000	241200
70		70	1000	81600 000	2203,2	68,0	0,816	9698,16		81600 000	244800
71		71	1000	82800 000	2235,6	69,0	0,828	9840,78		82800 000	248400
72		72	1000	84000 000	2268,0	70,0	0,840	9983,40		84000 000	252000
73		73	1000	85200 000	2300,4	71,0	0,852	10126,02		85200 000	255600
74		74	1000	86400 000	2332,8	72,0	0,864	10268,64		86400 000	259200
75		75	1000	87600 000	2365,2	73,0	0,876	10411,26		87600 000	262800
76		76	1000	88800 000	2397,6	74,0	0,888	10553,88		88800 000	266400
77		77	1000	90000 000	2430,0	75,0	0,900	10696,50		90000 000	270000
78		78	1000	91200 000	2462,4	76,0	0,912	10839,12		91200 000	273600
79		79	1000	92400 000	2494,8	77,0	0,924	10981,74		92400 000	277200
80		80	1000	93600 000	2527,2	78,0	0,936	11124,36		93600 000	280800
81		81	1000	94800 000	2559,6	79,0	0,948	11266,98		94800 000	284400
82		82	1000	96000 000	2592,0	80,0	0,960	11409,60		96000 000	288000
83		83	1000	97200 000	2624,4	81,0	0,972	11552,22		97200 000	291600
84		84	1000	98400 000	2656,8	82,0	0,984	11694,84		98400 000	295200
85		85	1000	99600 000	2689,2	83,0	0,996	11837,46		99600 000	298800
86		86	1000	100800 000	2721,6	84,0	1,008	11980,08		100800 000	302400
87		87	1000	102000 000	2754,0	85,0	1,020	12122,70		102000 000	306000
88		88	1000	103200 000	2786,4	86,0	1,032	12265,32		103200 000	309600
89		89	1000	104400 000	2818,8	87,0	1,044	12407,94		104400 000	313200
90		90	1000	105600 000	2851,2	88,0	1,056	12550,56		105600 000	316800
91		91	1000	106800 000	2883,6	89,0	1,068	12693,18		106800 000	320400
92		92	1000	108000 000	2916,0	90,0	1,080	12835,80		108000 000	32400



# Bilan thermique (chauffage & ECS) d'un bâtiment



Exemple de diagramme de Sankey

359

## Bilan thermique (chauffage & ECS) d'un bâtiment

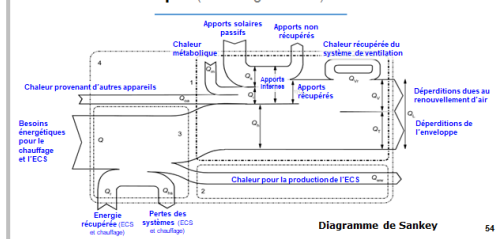


Diagramme de Sankey

Représenter ainsi le résultat d'une étude thermique permet de comprendre en un coup d'œil le type de performance /fonctionnement d'un bâtiment, mais également de comparer plusieurs scénarii de travaux, ou plusieurs bâtiments.

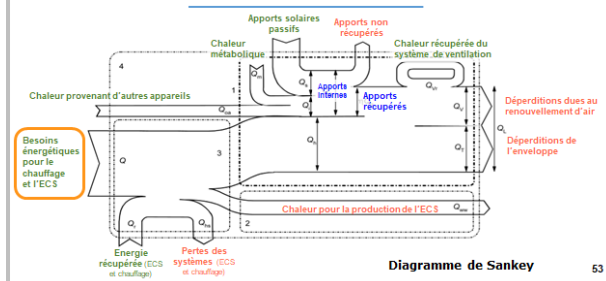
Un **diagramme de Sankey\*** est un type de diagramme de flux dans lequel la largeur des flèches est proportionnelle au flux représenté. Les diagrammes de Sankey sont utilisés en particulier pour visualiser les flux financiers ou les flux énergétiques de processus. Ils font ressortir les transferts majeurs au sein d'un système complexe, ainsi que ses apports et ses pertes.

*\*en hommage au capitaine irlandais Matthew Sankey (1853 - 1926), qui a utilisé ce type de diagramme dès 1898 dans une publication sur l'efficacité énergétique d'une machine à vapeur.*

361



### Bilan thermique (chauffage & ECS) d'un bâtiment



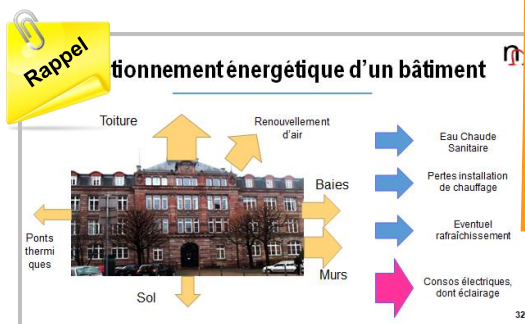
Sur les postes chauffage et ECS représentés ici, l'objet sera, dans le cadre d'une rénovation énergétique, de diminuer les besoins énergétiques, ici entourés en orange.

Pour ce faire il nous faudra soit diminuer les déperditions (têtes de flèches/écritures oranges), soit augmenter les autres « entrants » (pied de flèches/écritures verte). Mais sans doute les deux !

362



A noter que la plupart des études thermiques et audits énergétiques ne renseignent pas tous les postes /toutes les consos, qu'ils surestiment l'efficacité "en place" des isolants, et qu'ils sous-estiment l'incidence du soleil sur le bâtiment\*, voire les inétanchéités à l'air et les apports internes.



\* L'incidence du soleil sur les parois opaques est particulièrement impactant en hiver sur les parois sud massives. ([article](#))

363



Cette remarque n'a pas pour objet de démotiver le fait de vouloir des audits, ou d'enlever de la valeur à ceux réalisés.

Simplement, nous soulignons ici des points pouvant permettre de comprendre certains questionnements que nous pouvons avoir à l'étude de certains résultats d'audits, particulièrement pour des bâtiments où les points repérés seraient non anecdotiques.

Elle invite également à vouloir une isolation posée avec soins dans le cas où vous souhaitiez que les projections d'économies soient au rendez-vous.

364

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique** (RTE et décret embarquem.t de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

366



## Le parc français



En France : **35 millions** de logements ( $\approx 3$  Mds de  $m^2$ ), et **1 milliard** de  $m^2$  de tertiaire.

Et qui dit parc construit, dit  
entretien, restauration,  
adaptation aux nouveaux  
usages...



Photo Laurent Boiteux

199

367



**...Sachant qu'il  
existe des  
exigences  
thermiques  
réglementaires**

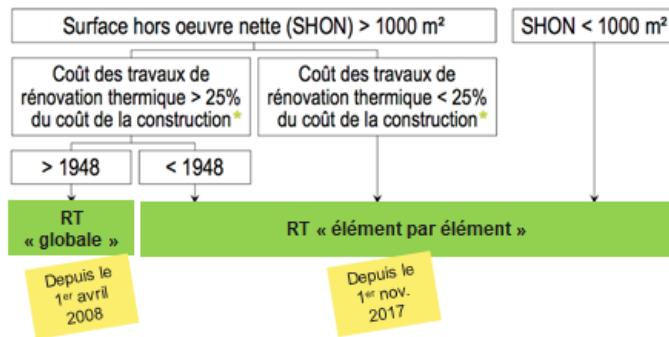


11

368



## Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)



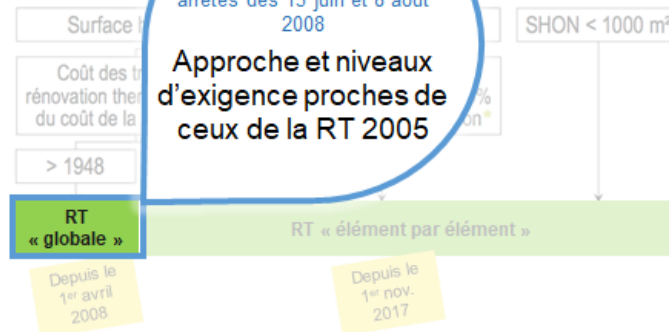
\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

12

369



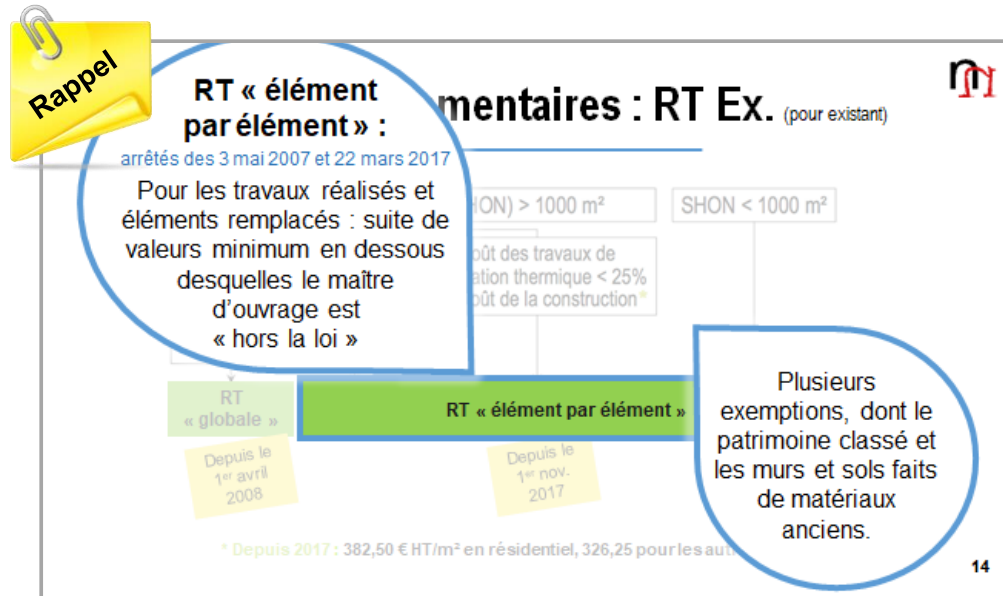
## Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)



\* Depuis 2017 : 382,50 € HT/m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

13

370



371



## Les textes réglementaires : RT<sub>Ex.</sub> (pour existant)

Ces dispositions sont applicables en France métropolitaine pour les bâtiments existants résidentiels et non-résidentiels, et ce pour :

- **RT globale** : les travaux dont la date de dépôt de la demande de permis de construire, ou à défaut la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, est postérieure au 31.03.2008
- **RT él.<sup>t</sup> par él.<sup>t</sup>** : les travaux dont la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, ou à défaut la date d'acquisition des matériaux ou matériels visés, est postérieure au 31 octobre 2007

*A titre d'illustration, un particulier qui fait remplacer ses fenêtres, installe une chaudière neuve ou entreprend des travaux d'isolation dans son logement, un propriétaire bailleur qui fait réaliser des travaux pour remplacer une chaufferie d'immeuble, un propriétaire de locaux de bureaux qui rénove son installation de ventilation... sont soumis aux obligations de cette réglementation énergétique.*

372



SYNOPSIS BFC - Déc. 2022  
Réhabilitation énergétique Z2  
Samuel Courgey - Arcane



# La RT<sub>Ex.</sub> « globale »

## . La C<sub>ep</sub><sub>projet</sub> ≤ C<sub>ep</sub><sub>réf</sub>

- = Consommation conventionnelle d'énergie chauffage C<sub>ch</sub>
- + Consommation conventionnelle d'énergie refroidissement C<sub>fr</sub>
- + Consommation conventionnelle d'énergie éclairage C<sub>ec</sub>
- + Consommation conventionnelle d'énergie eau chaude sanitaire C<sub>ecs</sub>
- + Consommation conventionnelle d'énergie ventilateurs C<sub>vent</sub>
- + Consommation conventionnelle d'énergie auxiliaires C<sub>aux</sub>
- Fourniture d'énergie photovoltaïque E<sub>pv</sub>

Projet



$C_{ep\text{projet}} \leq C_{ep\text{réf}}$

Bâtiment de référence



373

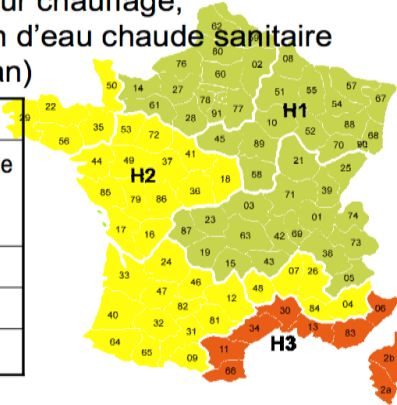
SYNOPSIS BFC - Déc. 2022  
Réhabilitation énergétique Z2  
Samuel Courgey - Arcane



# La RT<sub>Ex.</sub> « globale »

⇒ Consommation maximale pour chauffage, refroidissement et production d'eau chaude sanitaire en résidentiel (en kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>an)

Zones climatiques	Énergies de chauffage	
	Combustibles fossiles sauf bois	Chauffage électrique (dont pompes à chaleur)
H1	130	165
H2	110	145
H3	80	115



374

# La RT<sub>Ex.</sub> « globale »

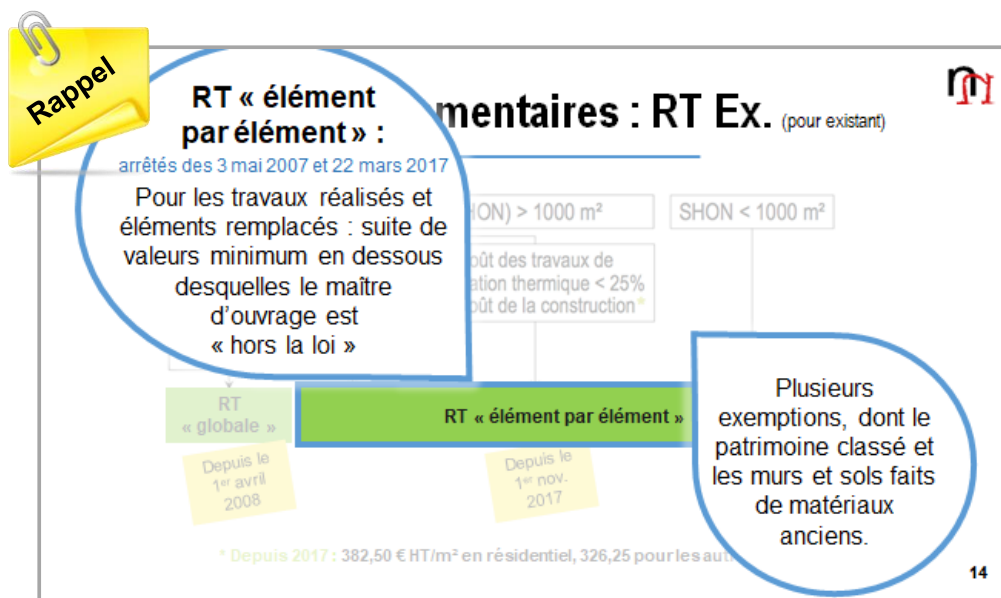


## Des valeurs gardes-fous

Pour info : ce sont les mêmes que ceux de feu la RT 2005 !

Parois	Coefficient U max
Murs en contact avec l'extérieur ou le sol	0,45
Murs en contact avec un volume non chauffé	0,45/b
Planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif	0,36
Planchers bas donnant sur un vide sanitaire ou sur un volume non chauffé	0,40
Planchers haut en béton ou en maçonnerie, et toitures en tôles métalliques étanchées	0,34
Planchers hauts en couverture en tôles métalliques	0,41
Autres planchers hauts	0,28
Fenêtres et portes-fenêtres prises nues donnant sur l'extérieur	2,60
Façades rideaux	2,60
Coffres de volets roulants	3,0

375

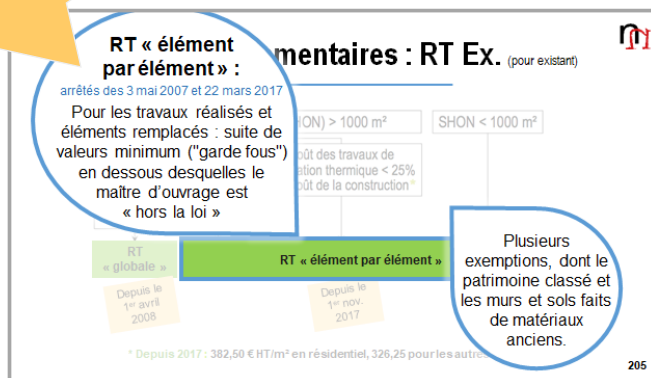


379



## Arrêté du 22 mars 2017 :

Quelques exigences ont évolué, mais plutôt dans la marge.



380

## La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »

### . Les 8 points de la RT "élément par élément" :

- Isolation des parois opaques
- Isolation des parois vitrées
- Chauffage
- Eau chaude sanitaire
- Refroidissement
- Ventilation mécanique
- Eclairage ~~non résidentiel~~
- Energies renouvelables



Certaines exigences sur l'éclairage concernent désormais également le résidentiel

source : www.developpement-durable.gouv.fr

381

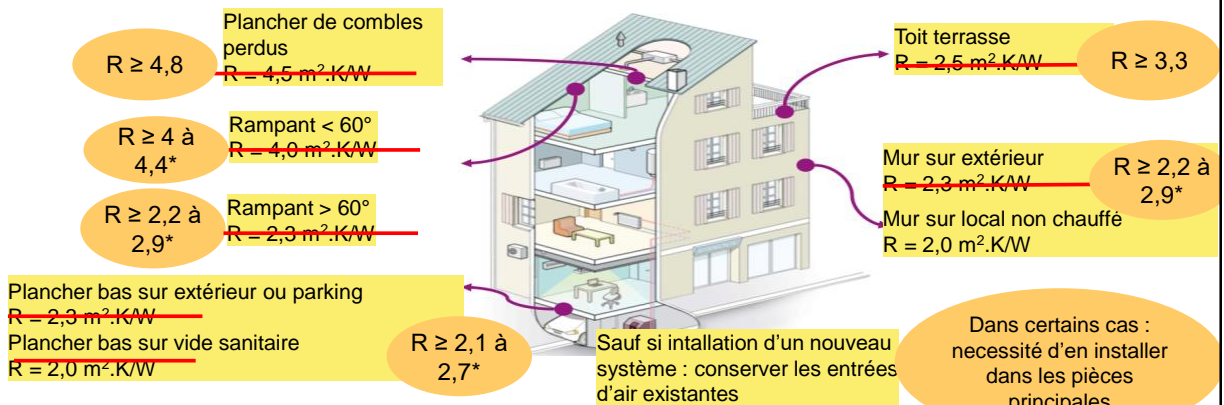


# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »



## ■ (Principales exigences sur) L'isolation des parois opaques\* :

Arrêté du 22 mars 2017



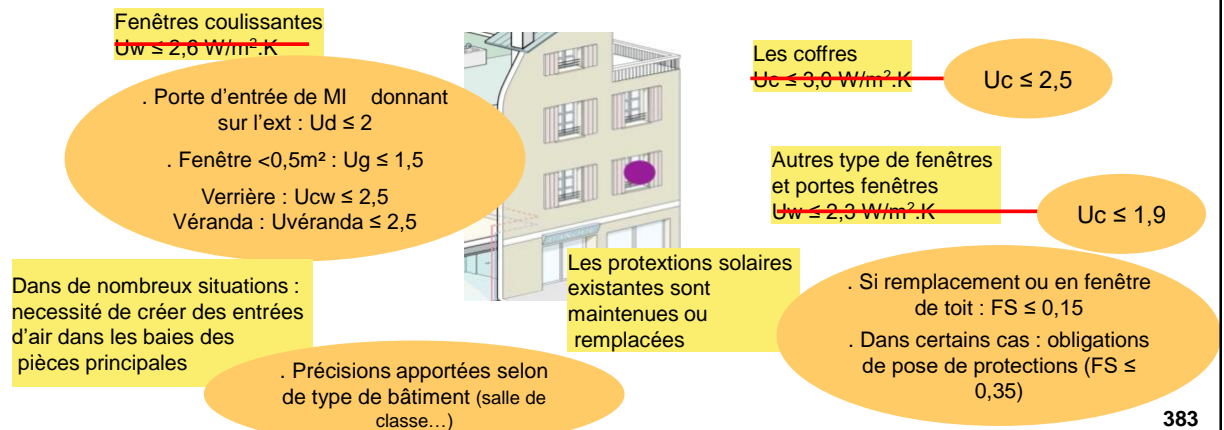
\*selon zone et altitude... sachant qu'il existe des exemptions

382

# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »



## ■ (Principales exigences sur) L'isolation des parois vitrées\*



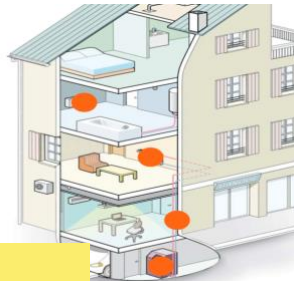
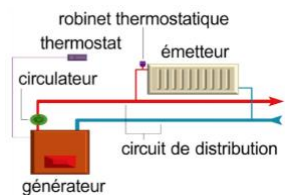
\*... sachant qu'il existe des exemptions

383

# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »



## ■ (Principales exigences sur) Le chauffage\*



Chaudière à combustible liquide ou gazeux:

~~Rendem.t ≥ 89 % à 90,9 % (P<sub>n</sub> de 20 à 400 kW)~~

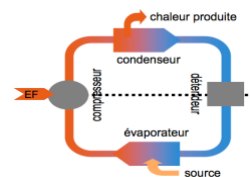
~~Rendem.t ≥ 90,9 % (P<sub>n</sub> > 400 kW)~~

Exigence disparue  
pour P<sub>n</sub> entre 20 et  
400kW !!!

PAC :

COP ≥ 2,7 à 3,2\*\*

Isolation de **classe 3** minimum pour les conduits dans les espaces non chauffés,  
Pose d'un organe d'équilibrage, de régulations...



\*\* Selon référence prises pour calcul du COP

\*... sachant qu'il existe des exemptions

384

# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »



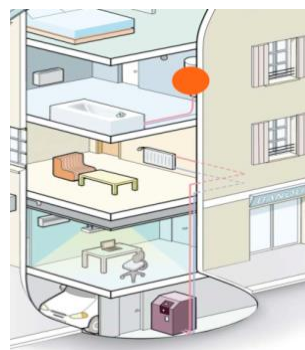
## ■ (Principales exigences sur) L'eau chaude sanitaire\*

Coefficient de pertes maximales :

- Chauffe-eau V < 75 litres  
 $Q_{pr} \leq 0,1474 + 0,0719 V^{2/3}$
- Chauffe-eau H, V ≥ 75 litres  
 $Q_{pr} \leq 0,75 + 0,008 V$
- Chauffe-eau V, V ≥ 75 litres  
 $Q_{pr} \leq 0,22 + 0,057 V^{2/3}$

Respect minimum :

- EN89 pour les accumulateurs gaz
- EN26 pour les chauffe-bains à production instantanée



Aucun changement  
dans l'arrêté du 22  
mars 2017 sur le  
sujet ECS



\*... sachant qu'il existe des exemptions

385



# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »

## ■ (Principales exigences sur) Le rafraîchissement\*

### Installation de protections solaires :

Résidentiel : Facteur solaire  $\leq 0,15$   
Autre : Facteur solaire  $\leq 0,15$

. Dispositifs d'arrêt, de  
régulation spécifiques  
selon situations...

### Climatiseur domestique :

~~P  $\leq 12$  kW, classe B~~

Ligne ayant disparu dans  
le nouvel arrêté. !!! (Voir les  
autres textes ???)



Isolation de classe 3 minimum  
pour les conduits dans les  
espaces non chauffés...

### Climatiseurs P > 12 kW :

Air-Air : EER  $\geq 2,8^{**}$   
Eau-Air : EER  $\geq 3,0^{**}$   
Air-Eau : EER  $\geq 2,6^{**}$   
Eau-Eau : EER  $\geq 3,0^{**}$

\*\* Vérifier base de calcul de détermination du EER

\*... sachant qu'il existe des exemptions

386



# La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »

## ■ (Principales exigences sur) La ventilation

### Résidentiel - Conso par ventilateur :

- $\leq 0,25$  Wh/m<sup>3</sup>
- $\leq 0,40$  Wh/m<sup>3</sup> si filtre F5 à F9

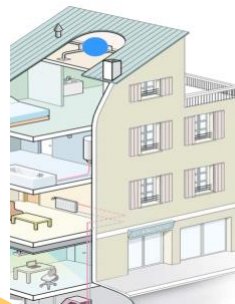
### Autre que résidentiel :

- $\leq 0,30$  Wh/m<sup>3</sup>
- $\leq 0,45$  Wh/m<sup>3</sup> si filtre F5 à F9

Exigences désormais  
limitées aux seuls  
ventilos < 30W

### Bâtiment autre que résidentiel :

- Système avec modulation
- Systèmes indépendants pour chaque zone à besoin /usage spécifiques



387





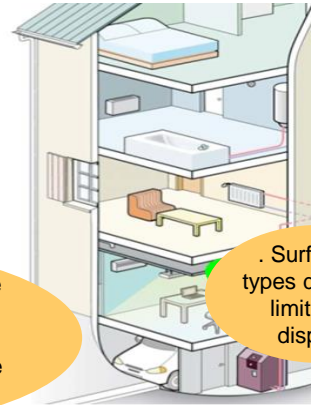
## La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »

### ■ (Principales exigences sur) L'éclairage en non résidentiel

~~Puissance installée  $\leq 2,8$  W/m<sup>2</sup> de surface utile et par tranche de  
niveaux d'éclairage moyen à maintenir de 100 lux sur la zone de  
travail  
ou  
luminaires de rendement  $> 55$  %, équipés de ballasts électroniques  
et qui utilisent des lampes présentant une efficacité lumineuse  $\geq$  à  
65 lumens par watt.~~

. Systèmes de  
commande ou  
d'ajustement adaptés  
selon le type d'usage

. Dans certains cas : sources de  
lumières à gradation de  
puissance, régulées  
automatiquement en fonction de  
l'éclairage naturel du local...



. Surfaces et  
types de niveau  
limités par  
dispositif

388

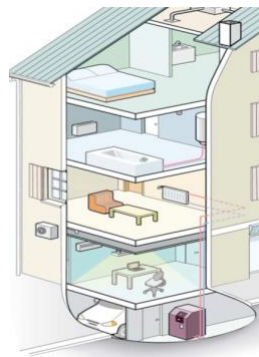


## La RT<sub>Ex.</sub> « élément par élément »

### ■ (Principales exigences sur) Les énergies renouvelables\*

. Foyer fermé ou poêle à bois  
. Poêle à granulés P < 50 kW  
. Poêle à accumulation lente  
de chaleur :

Rendement  $\geq 65\%$



Aucun  
changement dans  
l'arrêté du 22  
mars 2017 sur le  
sujet ENR

Chaudière à bois :  
Rendement de 55 à 62% pour P <  
300 kW

389

\*... sachant qu'il existe des exemptions



## RT<sub>Ex.</sub> - Cas des bâtiments anciens

### *La RT existant aujourd'hui / cas des bâtiments anciens :*

#### **Article R. 131-25 du CCH**

Les Bâtiments classés et les monuments historiques ne sont pas visés par la RT

#### **Arrêté du 03 mai 2007 (« RT élément par élément »)**

Article 2 : Les exigences sur l'isolation ne s'appliquent pas aux parois composées de matériaux « anciens »

Article 6 : les travaux d'isolation thermique ne doivent pas entraîner de modification de l'aspect extérieur si le bâtiment est situé dans un secteur sauvegardé

Article 15 : les exigences sur les fenêtres peuvent ne pas être respectées dans les secteurs sauvegardés



390



## RT<sub>Ex.</sub> - Cas des bâtiments anciens

### *La RT existant aujourd'hui / cas des bâtiments anciens :*

#### **Article R. 131-25 du CCH**

Les Bâtiments classés et les monuments historiques ne sont pas visés par la RT

#### **Arrêté du 03 mai 2007 (« RT élément par élément »)**

Article 2 : Les exigences sur l'isolation ne s'appliquent pas aux parois composées de matériaux « anciens »

Article 6 : les travaux d'isolation thermique ne doivent pas entraîner de modification de l'aspect extérieur si le bâtiment est situé dans un secteur sauvegardé

Article 15 : les exigences sur les fenêtres peuvent ne pas être respectées dans les secteurs sauvegardés



391



## RT<sub>Ex.</sub> - Cas des bâtiments

*La RT existant aujourd'hui / cas des anciens :*

Article R. 124-25 du CCH

Les Bâtiments classés et les monuments historiques ne sont pas visés par la RT

Arrêté du 03 mai 2007 (« RT élément par élément »)

Article 2 : Les exigences sur l'isolation ne s'appliquent pas aux parois composées de matériaux « anciens »

Article 6 : les travaux d'isolation thermique ne doivent pas entraîner de modification de l'aspect extérieur si le bâtiment est situé dans un secteur sauvegardé

Article 15 : les exigences sur les fenêtres peuvent ne pas être respectées dans les secteurs sauvegardés



217

392

Plus exactement (version du 22 mars 2017, soit à compter du 1er janvier 2018) :

«... Les exigences visées peuvent ne pas être satisfaites lorsque les modifications en résultant sur l'aspect de la construction sont en contradiction avec les protections prévues lorsque les modifications en résultant sur l'aspect de la construction sont en contradiction avec les protections prévues pour les secteurs sauvegardés, les aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine, les zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager, les abords des monuments historiques, les sites inscrits et classés, les sites inscrits sur la liste du Patrimoine mondial de l'humanité de l'UNESCO ou toute autre préservation relevant des articles L. 151-18 et L. 151-19 du code de l'urbanisme.»

## RT<sub>Ex.</sub> - Cas des bâtiments anciens

*La RT existant aujourd'hui / cas des bâtiments anciens :*

Article R. 131-25 du CCH

Les Bâtiments classés et les monuments historiques ne sont pas visés par la RT

Arrêté du 03 mai 2007 (« RT élément par élément »)

Article 2 : Les exigences sur l'isolation ne s'appliquent pas aux parois composées de matériaux « anciens »

Article 6 : les travaux d'isolation thermique ne doivent pas entraîner de modification de l'aspect extérieur si le bâtiment est situé dans un secteur sauvegardé

Article 15 : les exigences sur les fenêtres peuvent ne pas être respectées dans les secteurs sauvegardés



393



## RT<sub>Ex</sub> - Cas des bâtiments a

La RT existant aujourd'hui / cas des bâtiments anciens :

Article R. 131-25 du CCH

Les Bâtiments classés et les monuments historiques

Arrêté du 03 mai 2007 (« RT élément par élément »)

Article 6 : les exigences « l'isolation de matériaux « anciens » »

Article 6 : les exigences « l'isolation de matériaux « anciens » »

Article 6 : les exigences « l'isolation de matériaux « anciens » »

Article 15 : les exigences sur les fenêtres peuvent être assouplies dans les secteurs sauvegardés

Pour les bâtiments soumis à la RT<sub>élément</sub> par élément, seuls sont concernés par des obligations d'isolation:

- les murs composés de briques industrielles, blocs béton industriels, béton banché et bardages métalliques ;
- les planchers bas composés de terre cuite ou de béton ;
- tous types de toiture.



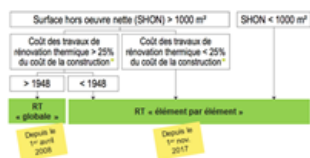
394



Un site internet regroupe l'ensemble des informations de la réglementation thermique française

<http://www.rt-batiment.fr/>

### Les textes réglementaires : RT Ex. (pour existant)



\* Depuis 2017 : 302,50 €/RT m² en résidentiel, 326,25 pour les autres bâtiments

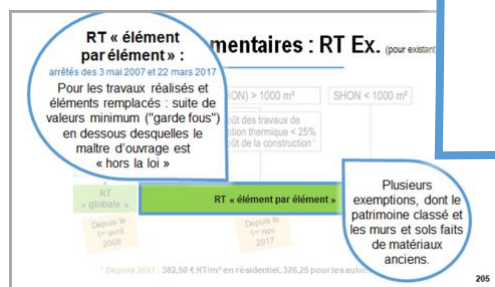
11

\* Respectant par ailleurs les niveaux de la RT<sub>ex</sub>

19

395

# Bâtiments tertiaires



## Dans la suite de la loi



**ELAN** (loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, nov. 2018), et du **"décret tertiaire"** (23.07.2019), plusieurs arrêtés voient le jour depuis mi-2020 pour préciser les obligations faites aux bâtiments tertiaires.

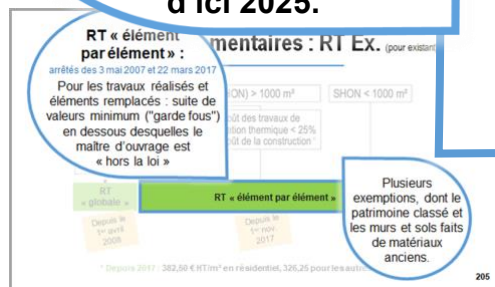
Pour les bâtiments >1000m² elles sont de type : déclaration des consos (pour sept. 2022), puis engagement à les baisser de 40% en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050, avec contrôle et sanction « name & shame ». (« Nommer et couvrir de honte »)



396

## S'y additionne le "décret BACS"

(Building Automation and Control Systems\*) qui oblige sous condition l'installation d'un système de régulation et GTB de classe B pour les installations de chaud et de froid de plus de 290kW d'ici 2025.



## Dans la suite de la loi



**ELAN** (loi pour l'évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, nov. 2018), et du **"décret tertiaire"** (23.07.2019), plusieurs arrêtés voient le jour depuis mi-2020 pour préciser les obligations faites aux bâtiments tertiaires.

Pour les bâtiments >1000m² elles sont de type : déclaration des consos (pour sept. 2022), puis engagement à les baisser de 40% en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050, avec contrôle et sanction « name & shame ». (« Nommer et couvrir de honte »)

BACS est la version anglaise de GBT (Gestion Technique des Bâtiment) dont la classification est :

- Classe D (fonctionnement manuel, pas de régulation),
- Classe C (référence, régulation simple),
- Classe B (régulation avec communication entre les postes consommateurs et producteurs d'énergie)
- Classe A (optimisation globale).



397

# Décret du 30 mai 2016



## Les textes réglementaires : RT<sub>Ex</sub> (pour existant)



Ces dispositions sont applicables en France métropolitaine pour les bâtiments existants résidentiels et non-résidentiels, et ce pour :

- **RT globale** : les travaux dont la date de dépôt de la demande de permis de construire, ou à défaut la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, est postérieure au 31.03.2008
- **RT él. par él.** : les travaux dont la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, ou à défaut la date d'acquisition des matériaux ou matériels visés, est postérieure au 31 octobre 2007

*A titre d'illustration, un particulier qui fait remplacer ses fenêtres, installe une chaudière neuve ou entreprend des travaux d'isolation dans son logement, un propriétaire bailleur qui fait réaliser des travaux pour remplacer une chaufferie d'immeuble, un propriétaire de locaux de bureaux qui rénove son installation de ventilation... sont soumis aux obligations de cette réglementation énergétique.*

200

398

# Décret du 30 mai 2016



A ces situations, le décret du 30 mai 2016, ajusté par le décret du 9 mai 2017 impose, **mais en citant de très nombreuses situations dérogatoires**, l'obligation d'une isolation thermique\* en cas :

- de travaux de ravalement de façade importants;
- de réfection de toiture ;
- d'aménagement de locaux en vue de les rendre habitables.

\* Respectant les niveaux de la RT<sub>Ex</sub>.

## Les textes réglementaires : RT<sub>Ex</sub> (pour existant)



Ces dispositions sont applicables en France métropolitaine pour les bâtiments existants résidentiels et ce pour :

- **RT globale** : les travaux dont la date de dépôt de la demande de permis de construire, ou à défaut la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, est postérieure au 31.03.2008
- **RT él. par él.** : les travaux dont la date d'acceptation des devis ou de passation des marchés, ou à défaut la date d'acquisition des matériaux ou matériels visés, est postérieure au 31 octobre 2007

*A titre d'illustration, un particulier qui fait remplacer ses fenêtres, installe une chaudière neuve ou entreprend des travaux d'isolation dans son logement, un propriétaire bailleur qui fait réaliser des travaux pour remplacer une chaufferie d'immeuble, un propriétaire de locaux de bureaux qui rénove son installation de ventilation... sont soumis aux obligations de cette réglementation énergétique.*

200

399





## Décret du 30 mai 2016

Le décret [n° 2016-711 du 30 mai 2016](#) relatif aux travaux d'isolation en cas de ravalement de façade, de réfection de toiture ou d'aménagement de locaux est entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2017.

Quels sont les bâtiments concernés ?

L'obligation d'isoler en cas de ravalement de façade ou de réfection de toiture concerne les bâtiments d'habitation, de bureaux et d'enseignement, les bâtiments commerciaux et les hôtels.

L'obligation d'isoler en cas d'aménagement d'une nouvelle pièce en vue de la rendre habitable concerne uniquement les bâtiments d'habitation.

*... Sachant que de nombreux cas sont exemptés de cette obligation !*

400



### Ex. de situations dérogatoires :

*Si « Il existe un risque de pathologie du bâti liée à tout type d'isolation », « Les travaux d'isolation entraînent des modifications de l'aspect de la construction en contradiction avec les prescriptions prévues pour les secteurs sauvegardés, les aires de mise en valeur de l'architecture et du patrimoine, les abords des monuments historiques, les sites inscrits et classés, ou avec les règles et prescriptions définies en application des articles L. 151-18 et L. 151-19 du code de l'urbanisme », et « Une isolation par l'extérieur dégraderait significativement la qualité architecturale »*

***Autant dire que, entre autres, le bâti ancien n'est pas visé par ce décret !***

***... Sachant que de nombreux cas sont exemptés de cette obligation !***

401

Arrêté du 26 oct.  
2010

modifié par art 2 de  
l'arrêté du 11 déc.

2014 (extrait)



## Surface thermique au sens de la RT d'une maison individuelle ou d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment collectif d'habitation

La surface thermique au sens de la RT d'un bâtiment ou d'une partie de bâtiment à usage d'habitation, SRT, est égale à la somme des surfaces de parois horizontales construites de chaque niveau de ce bâtiment ou de cette partie de bâtiment, mesurées au nu extérieur des murs de pourtour, après déduction :

a) Des surfaces de parois horizontales construites des combles et des sous-sols non aménageables ou non aménagés pour l'habitation ou pour des activités à caractère professionnel, artisanal, industriel ou commercial ;

Sont définis comme non aménageables pour l'habitation, les locaux ou parties de locaux qui correspondent à des locaux sous toiture ou sous plafond inférieures à 1,80 m, les locaux techniques affectés au fonctionnement général du bâtiment et à occupation passagère, les caves ;

b) Des surfaces de parois horizontales construites des toitures-terrasses, des balcons, des loggias, des vérandas non chauffées, ainsi que des surfaces non closes situées au rez-de-chaussée ou à des niveaux supérieurs ;

c) Des surfaces de parois horizontales construites des bâtiments ou des parties de bâtiment aménagés en vue du stationnement des véhicules. »



402



Parallèlement à ces obligations de résultat (RTex. décret tertiaire..., dont la « RTex. globale » qui demande la réalisation d'une « étude thermique (réglementaire) »), la législation impose dans certains cas la réalisation de DPE, voire d'audits, qui seront alors appelés « audits (thermiques ou énergétiques) réglementaires »

403

# DPE – Diagnostic de Performance Énergétique



Le DPE renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment (étiquettes A à G), en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en terme d'émissions de gaz à effet de serre.

Réalisé par un professionnel certifié, il est à intégrer au dossier de diagnostics techniques (DDT) **lors de toute vente ou location de bâtiment**. Désormais, il faut également réaliser un DPE **lors de la construction d'un bâtiment ou d'une extension de bâtiment**.

Il est également obligatoire pour tous les bâtiments d'habitation collective dont le permis de construire a été déposé avant le 1er janvier 2013 et ce avant :

- le 01/01/2024 pour les immeubles en monopropriété et pour les copropriétés de plus de 200 lots ;
- le 01/01/2025 pour les copropriétés entre 50 et 200 lots
- le 01/01/2026 pour les copropriétés d'au maximum 50 lots

Pour les **bâtiments tertiaire d'une surface supérieure à 250m²** et occupé par les services d'une collectivité publique ou d'un établissement public, qui accueille un ERP de la 1re à la 4e catégorie doit faire l'objet d'un DPE

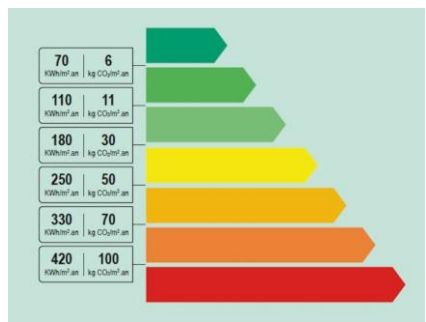
# Actualisation du DPE au 1<sup>er</sup> juillet 2021



En principaux changements :

- sa méthode de calcul a été modifiée / fiabilisée
- il est désormais opposable
- l'étiquette classe le bâtiment sur sa moins bonne note, entre conso énergétique, et impact carbone
- les seuils entre classes ont légèrement évolué ;
- le coef. de conversion énergie primaire/ énergie finale pour l'électricité passe de 2.58 à 2.30.

Plus d'information sur <https://www.service-public.fr/particuliers/actualites/A14841>





## Bâtiments non soumis au DPE (art. r134 1)

- Les constructions provisoires prévues pour une durée d'utilisation égale ou inférieure à deux ans ;
- Les bâtiments indépendants dont la surface de plancher au sens de l'article R. 111-22 du code de l'urbanisme est inférieure à 50 m<sup>2</sup> ;
- Les bâtiments ou parties de bâtiments à usage agricole, artisanal ou industriel, autres que les locaux servant à l'habitation, dans lesquels le système de chauffage ou de refroidissement ou de production d'ECS pour l'occupation humaine produit une faible quantité d'énergie au regard de celle nécessaire aux activités économiques ;
- Les bâtiments servant de lieux de culte ;
- Les monuments historiques classés ou inscrits à l'inventaire en application du code du patrimoine
- Les bâtiments ou parties de bâtiments non chauffés ou pour lesquels les seuls équipements fixes de chauffage sont des cheminées à foyer ouvert, et ne disposant pas de dispositif de refroidissement ;
- Les bâtiments ou parties de bâtiments résidentiels qui sont destinés à être utilisés moins de 4 mois par an.

406



## Contenu minimum d'un DPE

- Caractéristiques de votre logement et descriptif de ses équipements de chauffage, production d'eau chaude sanitaire, refroidissement, ventilation et pour chaque catégorie d'équipements, conditions de leur utilisation et gestion qui ont des incidences sur les consommations énergétiques
- Indication de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée pour chaque catégorie d'équipements et évaluation de ces dépenses annuelles de consommation
- Évaluation de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (GES) liée à la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée
- Information sur les énergies d'origine renouvelable produites par les équipements installés et utilisées dans le logement
- Information sur les conditions d'aération ou de ventilation de votre logement, accompagnée de recommandations pour améliorer ces performances
- Classement du logement en application d'une échelle de référence (étiquette Énergie), prenant en compte la zone climatique et l'altitude, réalisé en fonction de la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée rapportée à la surface du logement, pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation
- Classement du logement prenant en compte la zone climatique et l'altitude (étiquette Climat), établie en fonction de la quantité d'émissions de gaz à effet de serre rapportée à la surface du logement, pour le chauffage, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires de chauffage, de refroidissement, d'eau chaude sanitaire et de ventilation
- Recommandations pour améliorer la performance énergétique de votre logement accompagnées d'une évaluation de leur coût et de leur efficacité. Ces recommandations ne doivent pas avoir pour effet d'augmenter la quantité de GES liée à la quantité annuelle d'énergie consommée ou estimée
- Dernière attestation d'entretien annuel de votre chaudière
- Éventuellement éléments d'appréciation sur la capacité du logement à assurer un confort thermique en période estivale

À savoir : les recommandations ont uniquement une valeur indicative. Il s'agit de conseils de bon usage du logement et de ses équipements

407

SYNOPSIS BFC - Déc. 2022  
Régulation énergétique 22  
Samuel Courty - Arcane



# Mesures adossées au DPE pour les classes F & G

Les passoires énergétiques (classes F et G du DPE) constituent la cible prioritaire des politiques publiques de rénovation du parc de logements, compte tenu du caractère élevé de leur consommation énergétique et de l'exposition de leurs occupants à des risques de précarité énergétique. Les biens classés F ou G font ainsi progressivement l'objet de dispositions incitatives ou coercitives visant notamment à :

- imposer la réalisation **d'audits énergétiques** pour toutes les ventes de maisons individuelles et de bâtiments d'habitation collective en monopropriété (à partir du 1er septembre 2022) ;
- geler l'augmentation de leurs loyers ;
- interdire à terme leur présence sur le marché locatif via l'exigence d'un niveau minimal de performance pour la décence, qui conduira à considérer comme logements non décents :
  - les logements consommant plus de 450 kWh EF/m².an à compter du 01/01/2023 ;
  - les logements classés G à compter de 2025 ;
  - les logements classés F à compter de 2028 ;
  - les logements classés E à compter de 2034.

Il est important de noter que le bénéfice de certaines aides financières à la rénovation est adossé à la classe du DPE : sortie de l'état de passoire énergétique, atteinte des classes A ou B, etc.



Plus d'information sur <https://www.ecologie.gouv.fr/diagnostic-performance-energetique-dpe>



# Durée des diagnostics pour la vente d'un log.<sup>t</sup>

Diagnostic de performances énergétiques (DPE)	10 ans*
Diagnostic Amiante	Illimité si négatif
Diagnostic Carrez	Illimité si pas de nouveaux travaux
Diagnostic Plomb	Illimité si négatif / 6 mois si positif
Diagnostic Termites	6 mois
État des Risques et Pollutions (ERP)	6 mois
Diagnostic Gaz	3 ans
Diagnostic Electricité	3 ans
Diagnostic Assainissement	3 ans

\* Les DPE réalisés entre le 1<sup>er</sup> janvier 2018 et le 30 juin 2021 sont valables jusqu'au 31 déc. 2024, et ceux réalisés entre le 1<sup>er</sup> janvier 2013 et le 31 déc. 2017 sont valables jusqu'au 31 déc. 2022.



## Obligation d'un audit énergétique réglementaire :

Pour toutes les ventes de maisons individuelles et de bâtiments d'habitation collective en monopropriété, classés D, E, F ou G. Et ce selon le calendrier suivant :

- 1er avril 2023 pour les logements de classes F ou G ;
- 1er janvier 2025 pour les logements de classe E ;
- 1er janvier 2034 pour les logements de classe D.

Pour toute entreprise dès lors qu'elle présente :

- un effectif supérieur à 250 personnes ;
- un chiffre d'affaires supérieur à 50 millions d'euros ;
- un total de bilan supérieur à 43 millions d'euros.

(Déjà engagées dans une démarche d'amélioration de la performance énergétique, les entreprises certifiées ISO 50001 sur au moins 80 % de leur facture énergétique sont exemptées d'audit)

Pour les copropriétés de cinquante lots ou plus, équipées d'une installation collective de chauffage ou de refroidissement, et dont la date de dépôt de la demande de permis de construire est antérieure au 1er juin 2001



410



Dans la suite de la loi  
**ELAN** et du **"décret tertiaire"**,  
plusieurs précisent les obligations  
faites aux bâtiments tertiaires.

Pour les bâtiments >1000m<sup>2</sup> elles sont de  
type : déclaration des consos (pour sept. 2022),  
puis engagement à les baisser de 40%  
en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050,  
avec contrôle et sanction  
**"name & shame"**.

A ces obligations, le décret  
« embarquement de travaux », de  
la réalisation d'une isolation thermique  
- de travaux de ravalement de façade  
importants  
- de réfection de toiture  
- d'aménagement de locaux en  
de les rendre habitables



\* Respecter les niveaux de la RTe

\* Nommer et couvrir de honte

408

411





### Plus exactement :

- Bâtiment d'une surface supérieure ou égale à 1000 m<sup>2</sup> exclusivement alloué à un usage tertiaire ;
- Toutes parties d'un bâtiment à usage mixte qui hébergent des activités tertiaires et dont le cumul des surfaces est supérieur ou égal à 1000 m<sup>2</sup> ;
- Tout ensemble de bâtiments situés sur une même unité foncière ou sur un même site dès lors que ces bâtiments hébergent des activités tertiaires sur une surface cumulée supérieure ou égale à 1000 m<sup>2</sup>.



412

## Mais le tertiaire c'est quoi ?



**Selon l'Insee, le secteur tertiaire est complémentaire aux secteurs primaire (activités agricoles) et secondaire (activités industrielles). Il recouvre un vaste champ d'activités qui s'étend du commerce à l'administration. Il est composé :**

Du tertiaire « marchand » :

- Commerces
- Transports
- Activités financières
- Services rendus aux entreprises
- Services rendus aux particuliers
- Hébergement-Restaurant
- Immobilier
- Information – Communication

Du tertiaire « non-marchand »

- Administration publique
- Enseignement
- Santé
- Action sociale

413



**Cette définition peut néanmoins fluctuer, entre autres lorsque l'on parle de thermique où pourra être appelé tertiaire tout bâtiment non résidentiel.**

**Pour connaître les bâtiments concernés pour chaque texte (RT existant, décret tertiaire...), il est nécessaire de vérifier précisément sur chacun ceux concernés/exemptés.**

### Le tertiaire c'est quoi ?

Selon l'Insee, le secteur tertiaire est complémentaire aux secteurs primaire (agricoles) et secondaire (activités industrielles). Il recouvre un vaste champ d'activités s'étendant du commerce à l'administration. Il est composé :

#### Du tertiaire « marchand » :

- Commerces
- Transports
- Activités financières
- Services rendus aux entreprises
- Services rendus aux particuliers
- Hébergement-Restauration
- Immobilier
- Information – Communication

#### Du tertiaire « non-marchand » :

- Administration publique
- Enseignement
- Santé
- Action sociale

409

414



**Ne sont pas comprises dans le décret tertiaire les parties de bâtiments industriels dévolues aux process dont :**

- Bureaux des contremaîtres et contrôleurs ;
- Vestiaires du personnel travaillant à l'activité industrielles
- Entrepôts concernant les matières premières, et les produits finis stockés pour moins de 5 jours.

**En revanche sont comprises les zones tertiaires disséminées au sein d'un site industriel : plateaux de bureaux, showroom, bureau RH, restaurant d'entreprise...**



Dans la suite de la loi ELAN et du "décret tertiaire", plusieurs précisent les obligations faites aux bâtiments tertiaires. Pour les bâtiments >1000m² elles sont de type : déclaration des consors (pour se puis engagement à les baisser de en 2030, 50% en 2040, et 60% en 2050) avec contrôle et sanction "name & shame".

\* Normer et couvrir de l'ordre

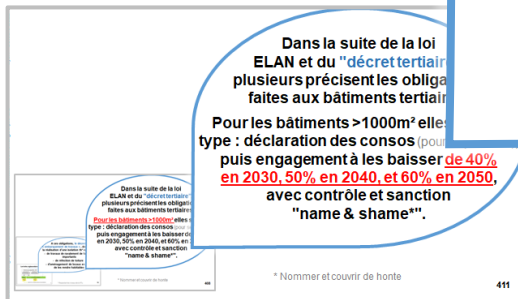
408

408

415



**Pour les bâtiments récents ou qui ont déjà engagé des actions de réduction de leur consommation d'énergie, les valeurs à atteindre en 2030, 2040 et 2050 sont données en valeur absolue. Elles seront fixées par arrêté avant le début de chaque décennie.**



416

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique**
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

417



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

1. Mise en œuvre non pérenne, voire mise en péril du bâtiment
2. Dégradation de la qualité de l'air intérieur
3. Dégradation, ou non amélioration suffisante du confort acoustique
4. Dégradation du confort estival / Augmentation des risques de surchauffes
5. Autres risques de dégradation du confort
6. Dégradation de la valeur patrimoniale
7. Non atteinte des performances visées
8. Non optimisation économique de l'opération
9. Non optimisation environnementale de l'opération

418



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

1. Mise en œuvre non pérenne, voire mise en péril du bâtiment

○ C'est principalement le cas lors de la pose de matériaux trop fermés à la vapeur (isolant, membranes...) et/ou insuffisamment capillaires (enduits, peinture...). Et attention au droit des inétanchéités à l'air ou en cas de renouvellement d'air insuffisant.

- Et bien entendu : avant tout projet il est nécessaire de repérer / réparer les éventuels dysfonctionnements / élément défectueux, comme il est impératif de générer un bâtiment protégé de la pluie, et sachant composer avec les éventuelles infiltrations d'eau ou remontées capillaires résiduelles.

\* Sachant que le bâti ancien est souvent sensible et que l'ITI augmente fortement les risques d'humidification des murs.

419



# Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

## 2. Dégradation de la qualité de l'air intérieur

- Une réhabilitation peut être une opportunité pour avoir au final un air intérieur de qualité (dépose des matériaux polluants, création de zonages / éloignement des zones à risques...). Mais la ventilation doit être efficace, comme d'ailleurs l'étanchéité à l'air. Et l'on évitera tout matériau ou produit (de finition, de traitement, le mobilier...) potentiellement toxique.
- Le système de renouvellement d'air devra s'adapter aux environnements pollués (proximité de forts trafics routiers, d'agriculture intensive, de radon...)
- L'étanchéité à l'air devra entre autres empêcher, en ITI, la relation entre l'air intérieur et l'espace entre mur et isolation.

420



# Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

## 3. Dégradation, ou non amélioration suffisante du confort acoustique

- Travailler sur l'isolation thermique améliore souvent l'isolation acoustique, mais ce n'est pas systématique (attention avec le polystyrène). De plus, après travaux nous pouvons entendre le voisin que nous ne remarquons pas avant, lorsque les vieilles fenêtres nous mettaient en contact direct avec le boulevard !
- Traiter les parois entre appartements / bureaux / niveaux, isoler les gaines, canalisations, et penser si besoin aux vitrages acoustiques.
- Ajuster la conception et la pose des systèmes ("coup de bélier", positionnement des appareils, diamètre des conduits, grilles de transfert et entrées d'air acoustiques...)

421



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

### 4. Dégradation du confort estival / Augmentation des risques de surchauffes

- Le choix du type d'isolation (int. ou ext.), mais encore plus celui des parements intérieurs est d'importance ; et tout faire pour faciliter la surventilation nocturne.
- Empêcher le soleil de rentrer (stores, casquettes, végétation, verres solaires...), mais également la chaleur (isolation des parois opaques\*, limitation des parois vitrées, surventilation des parements extérieurs recevant le soleil...).
- Ajuster la conception (créer des zonages spécifiques, éloigner les chauffe-eaux, les unités centrales...), et les systèmes (isoler ballon et conduits d'ECS, éviter les émetteurs à trop forte inertie...)

*\* Attention : si l'isolation n'est pas réellement effective : produit peu dense se tassant, ponts thermiques et étanchéité mal gérés, cela aura des incidences l'hiver, mais encore plus l'été !*

422



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

### 5. Autres risques de dégradation du confort / ressenti

- Couleur et texture des parements intérieurs, volumes & ergonomie des espaces de vie, relation avec l'extérieur (vue, risques d'éblouissement, éclairage naturel)... autant d'occasions à saisir, ou à manquer si l'on n'y prend garde !
- Attachement à tel plancher, plafond, irrégularité des parements...
- Prêter attention également à l'aménagement extérieur : couleur et texture des sols contigus, végétalisation (de la façade, des terrasses, ou présence d'une haie protégeant du vent), présence de fontaine, murets...

423





# Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

## 6. Dégradation de la valeur patrimoniale

- Une réhabilitation peut être l'occasion d'apporter une nouvelle écriture au bâtiment (création d'ouvertures, balcons, terrasse... ou réalisation d'extensions). Mais ceci doit être voulu et maîtrisé\*.
- Et les services compétents (ABF...) ou les maîtres d'ouvrages peuvent vouloir garder en l'état certains éléments d'architecture, parements, aménagements...
- Plus ces éléments à garder seront nombreux, plus les propositions tendront à s'éloigner des solutions courantes. Et l'on entendra parler d'enduits isolants, de double-fenêtres, de zonage thermique... Mais dans ce cas : isolation haute, étanchéité à l'air et systèmes devront être très performants, et si possible avec une NRJ renouvelable.

*\* Attention également avec le choix d'une ITE, d'un nouveau type de baies, du sarking, ou d'un changement de parement extérieur.*

424



# Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

## 7. Non atteinte des performances visées, ou attendues

Ce point concerne principalement la performance énergétique et les risques de surchauffes. Il est alors directement lié à :

- un manque de soin ou de compétence dans la préconisation et/ou la pose de l'isolation, l'étanchéité à l'air, la gestion des ponts thermiques, et le système de renouvellement de l'air ;
- une mauvaise connaissance des éléments impactant les risques de surchauffes ;
- des commandes insuffisamment précises de la maîtrise d'ouvrage ;
- une réglementation inadaptée.

425



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

### 8. Non optimisation économique de l'opération

- Réhabilitation globale qui n'intègre ni les adaptations aux besoins (présents ou futurs) des habitants/utilisateurs, ni les corrections aux erreurs de conception manifestes.
- Choix d'options peu durables, peu performantes, ou liées à une NRJ onéreuse\*.
- Réhabilitation par étapes où le manque de réflexion en amont va générer au final, soit un résultat n'atteignant pas le niveau BBC, soit un besoin de revenir sur certains travaux précédemment réalisés.
- Besoin de ne réaliser que des travaux **"BBC compatibles"** sous peine de "tuer le gisement" (d'économie d'énergie)

\* Ou une énergie qui risque de devenir onéreuse.

426



## Les ≠ risques pouvant accompagner une réhabilitation énergétique

### 9. Non optimisation environnementale de l'opération.

- Absence de recherche d'optimisation des espaces chauffés (zonage, limitation des surfaces, compacité... et ajustement au soleil)
- Non optimisation des solutions passives de captage solaire (ajustement des parements, création d'ouvertures, de serres solaires... sur les façades sud-est à sud-ouest)
- Choix d'énergies non renouvelables / à mauvais bilan environnemental.
- Choix de matériaux ou de solutions techniques peu durables, à mauvais bilan environnemental (bilan carbone, énergie grise...), ou générant des déchets en fin de vie (matériaux non réutilisables ou recyclables...).

427



**Plutôt que de  
tétaniser, comprendre et  
repérer clairement les  
risques permet d'ajuster la  
méthodologie d'action.**

(Fiches « autocontrôle » pour  
artisans, check-lists pour  
concepteurs et maîtres  
d'œuvre...)



### **Les ≠ risques pouvant accompagner une rénovation énergétique**



1. Mises en œuvre non pérennes, voire mise en péril du bâtiment
2. Dégradation de la qualité de l'air intérieur
3. Dégradation ou non amélioration suffisante du confort acoustique
4. Dégradation du confort estival / Augmentation des risques de surchauffes
5. Autres risques de dégradation du confort / ressenti
6. Dégradation de la valeur patrimoniale
7. Non atteinte des performances visées / attendues
8. Non optimisation économique de l'opération
9. Non optimisation environnementale de l'opération

59

428

## **ANNEXES**



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une rénovation énergétique
- Approche acoustique**
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

429



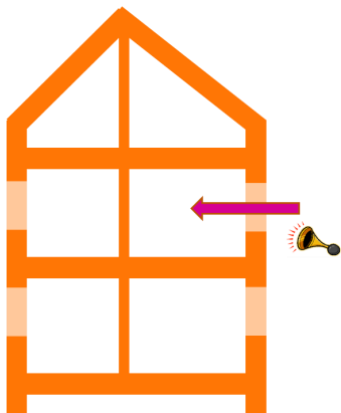
## Quelles sont les possibles incidences acoustiques des travaux de réhabilitation énergétique ??

430



## Acoustique et réhab énergétique

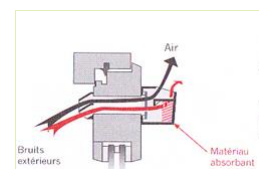
### . Incidence d'un changement de fenêtres



→ Changer les fenêtres, point faible des façades en matière d'acoustique, améliore généralement fortement l'isolement des façades.

Une attention tout de même dans le cas d'une VMC simple flux : le choix d'entrées d'air acoustiques est souvent opportun.

Entrée d'air acoustique →



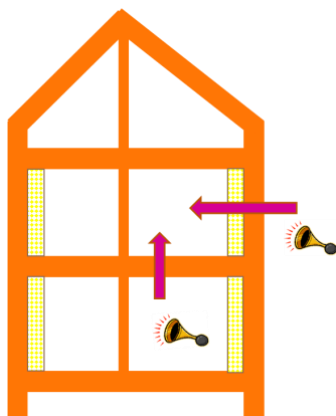
Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs ». Éditions édipa

431



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence d'une isolation thermique intérieure



- Il faut choisir des isolants améliorant la performance acoustique du complexe thermique sous peine de :
- dégrader l'isolement entre logements
  - ne pas améliorer l'isolement de façade

**Attention particulièrement avec la plupart des polystyrènes et polyuréthanes !**



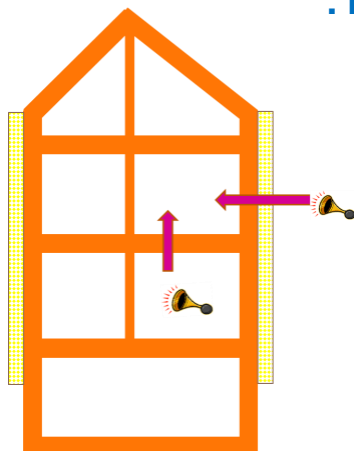
Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs », Éditions édipa

432



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence d'une ITE



- Impact neutre sur l'isolement entre logements.
- Choisir des isolants améliorant la performance acoustique du complexe thermique si le souhait est d'améliorer l'isolement des façades. (Donc idem : attention avec la plupart des PSE, PSX et PUR)

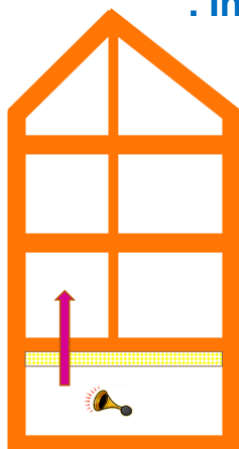
Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs », Éditions édipa

433



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence d'une isolation sous dalle



- Choisir des complexes améliorant la performance acoustique au bruits aériens du plancher support. Sinon, l'impact est neutre.

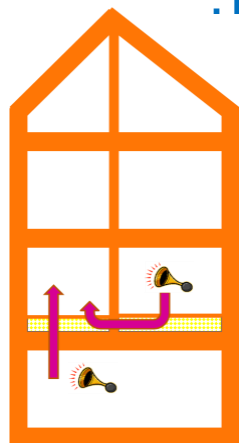
Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs ». Éditions édipa

434



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence d'une isolation sous chape flottante



- Amélioration importante de l'isolation aux bruits de chocs entre logements sur plancher bas (attention à bien désolidariser la chape des parois verticales)
- Isolement entre local d'activité / parking et logements : choisir des complexes améliorant la performance acoustique aux bruits aériens, sinon l'impact est neutre voire négatif.

Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs ». Éditions édipa

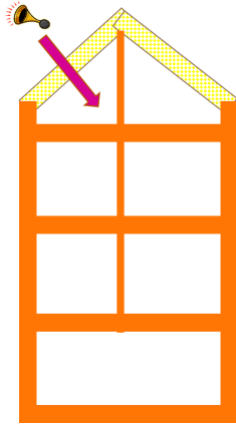
435



# Acoustique et réhab énergétique

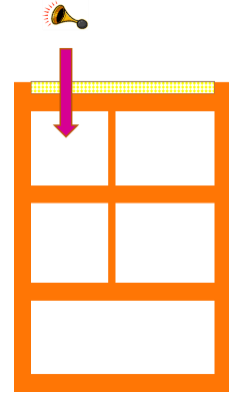


## . Incidence d'une isolation de toiture



→ Amélioration aux bruits extérieurs si le complexe isolant est placé avec soin.

Impact généralement →  
neutre aux bruits extérieurs



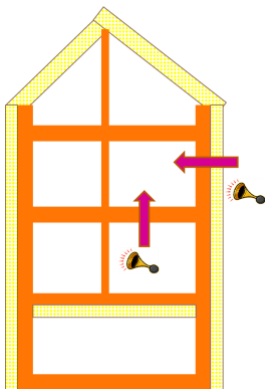
Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs », Éditions édipa

436

# Acoustique et réhab énergétique

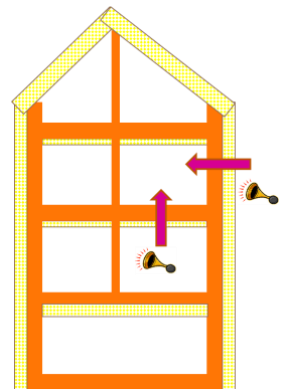


## . Incidence d'une isolation complète d'enveloppe



→ L'amélioration acoustique est toute relative car, si les bruits extérieurs ont diminué, les bruits intérieurs ont augmenté.

Pour ne pas être retenue comme contre-performante d'un point de vue acoustique, l'isolation thermique de l'enveloppe d'un bâtiment doit être accompagnée d'un isolement entre logements, et d'une gestion fine des bruits des équipements →



Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs », Éditions édipa

437



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence des équipements



← Toute inétanchéité à l'air est un pont phonique. D'où un intérêt supplémentaire à bien étancher les bâtiments

Les équipements doivent être installés sur des plots anti-vibrateurs, les conduits avec des fixations "acoustiques"...→



Dans un bâtiment BBC, la VMC est une des premières sources de pollution acoustique :



Et installer des pièges à sons

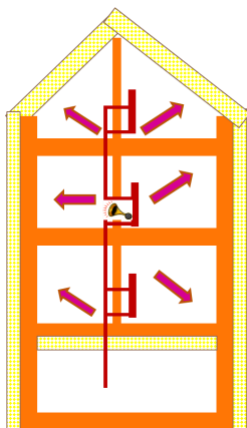
- ne pas sous-estimer les sections de conduits
- limiter le nombre de coudes, les angles trop fermés
- penser à désolidariser les conduits du bâti (suspentes et membranes d'étanchéité à l'air souples...)
- éloigner le bloc moteur ou l'installer dans un local isolé phoniquement, le fixer avec des suspentes souples
- nettoyer régulièrement les bouches et conduits

438



# Acoustique et réhab énergétique

## . Incidence des équipements



→ Chauffage, ventilation, circuit EC/EF, circuit électrique, évacuations... autant d'occasions de créer des transmissions parasites.

Limiter au maximum le nombre de traversées :

- de parois, particulièrement les mitoyennes ;
- d'isolant et/ou de la couche d'étanchéité à l'air.

Et pour les traversées qui seront gardées :

- choisir des produits souples et étanches à l'air pour gérer l'interface avec les isolants, les parements...

... Et penser à isoler phoniquement les gaines techniques

Diapositive inspirés du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs ». Éditions édipa

439



# Acoustique et réhab énergétique

## Deux ouvrages de référence →

(en plus du chapitre dédié du « Guide ABC. Amélioration thermique des logements collectifs »)

Une structure référence :  
Centre d'information et de documentation sur le bruit ([CIDB](#))

Et 2 sources quant aux solutions utilisant des éco-matériaux :



\* Cliquez sur l'image pour accéder au PDF

440

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une rénovation énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur**
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

441



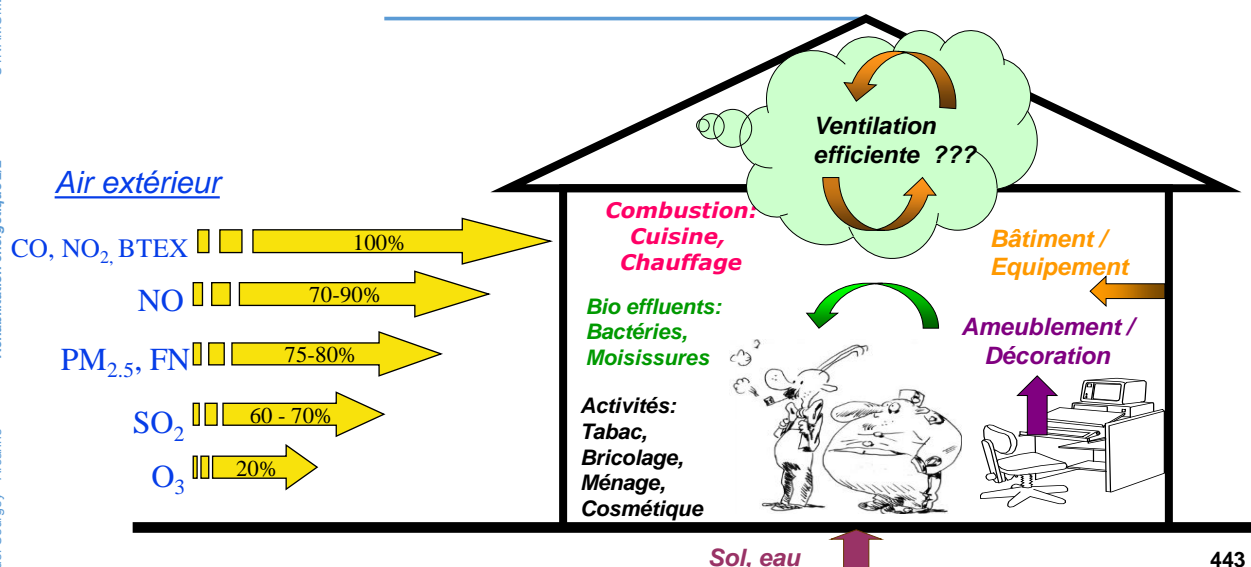
## Rappel :

$$\text{RISQUES} = \text{Gravité des dommages}^* \times \text{Probabilité}^{**}$$

\* Communément appelé « danger », ou « toxicité » pour un produit (... sachant que la toxicité d'un polluant ou contaminant dépend de l'inclination individuelle (génétique ou acquise) et des facultés d'adaptation de chacun)

\*\* Importance et/ou probabilité du contact avec la situation, le produit...

## Principales sources de dégradation de l'air



Source : Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur &amp; Médico, S Déoux



## Constat dans le bâti - France

- ✓ Radon : 12% des 13 000 ERP contrôlés présentent des expositions supérieures au niveau réglementaire fixé à 400 Bq/m<sup>3</sup>. (→ Estimation d'env. 2000 morts par an)
- ✓ Fumée de tabac, radon, benzène, amiante, formaldéhyde... (Facteurs d'augmentation des cancers)
- ✓ 1044 cas de légionelloses (mortels pour environ 150 cas par an)
- ✓ Plus de 100 décès et 6000 intoxications/an liés au monoxyde de carbone
- ✓ Très fortes concentrations de COV pour plus de 20% des logements étudiés (2008)
- ✓ Prévalence des maladies allergiques respiratoires : x 2 en 20 ans
- ✓ 10% des ados présentent un asthme chronique (exposition COV, allergènes...)
- ✓ Champs magnétique 50 Hz = environ 5 cas mortels relevés par année
- ✓ Dans 1 logement sur 2, on relève plus de 2 µg/g de poussières d'allergènes d'acariens (seuil de sensibilité)
- ✓ ...

444



... et pourtant les débits de renouvellement d'air sont souvent importants dans les bâtiments existants.

Mais il est vrai qu'ils y sont également très irréguliers (selon la saison, la partie du bâtiment...)

→ **Au sujet de la qualité de l'air intérieur (QAI), l'état du parc n'est pas satisfaisant !**

**Mais une rénovation est-elle l'occasion d'améliorer la situation ? Ou au contraire comporte t-elle des risques de la dégrader ?**

### Constat dans le bâti - France

- ✓ 12% des 13 000 établissements recevant du public contrôlés présentent des expositions supérieures au niveau réglementaire fixé à 400 Bq/m<sup>3</sup>. (C'est une estimation pour ce qui concerne le radon)
- ✓ Fumée de tabac, radon, benzène, amiante, formaldéhyde (Facteurs d'augmentation des cancers)
- ✓ 1044 cas de légionelloses (mortels pour environ 150 cas par an)
- ✓ Plus de 100 décès et 6000 intoxications/an liés au monoxyde de carbone
- ✓ Très fortes concentrations de COV pour + de 20% des logts étudiés (2008)
- ✓ Prévalence des maladies allergiques respiratoires : x 2 en 20 ans
- ✓ 10% des ados présentent un asthme chronique (exposition COV, allergènes...)
- ✓ Champs magnétique 50 Hz = environ 5 cas mortels relevés par année
- ✓ Dans 1 logement sur 2, on relève plus de 2 µg/g de poussières d'allergènes d'acariens (seuil de sensibilité)
- ✓ ...

444

445



## Interventions contribuant à une amélioration



- ✓ **Étanchéification l'air des façades**
- ✓ **Installation de ventilations efficaces**
- ✓ **Dépose de produits toxiques** (amiante, poussières d'isolants...) **et matériaux dégradés** (bois moisiss...) )
- ✓ **Création de divers zonages pour le renouvellement de l'air / "éloignement" des zones polluées** (Création de SAS, ouverture des garages seulement sur l'extérieur...)
- ✓ **Étanchéification des sols, ventilation des vides sanitaires, des espaces sous dalle de terre plein...** (Radon...)
- ✓ **Assainissement des éventuels espaces/ sols/ murs/ matériaux humides**
- ✓ **Limitation des points froids** (Traitement des ponts thermiques, remplacement des baies, isolation des parois...)
- ✓ **Changement de chauffage pour une installation ne dégradant pas la QAI...**

446



## Interventions contribuant à une dégradation



- ✓ **Intégration de matériaux polluants** (parements, produits de traitement, nouveau mobilier...)
- ✓ **Choix de complexes isolants générant moisissures et/ou dégradations du bâti**
- ✓ **Confinement provisoire ou définitif, de matériaux humides**
- ✓ **"Rapprochement" de zones polluées** (garage, fumoir, espace imprimante, atelier... qui ne seraient pas des zones rendues définitivement « indépendantes » des espaces de vie)
- ✓ **Réalisation d'un puits climatique non étanche, sans système de récupération des condensats...**
- ✓ **Mauvais positionnement des prises d'air de la ventilation, absence d'entretien** (changement des filtres, nettoyage des conduits...)
- ✓ **Installation d'un chauffage / d'un système de rafraîchissement dégradant la QAI**
- ✓ ...

447



## Interventions contribuant à une bonne qualité de l'air intérieur



- ✓ Intégration de matériaux polluants (meuble, mobilier...)
- ✓ Choix de complexes isolants générant des émissions de COV
- ✓ **Confinement provisoire** ou définitif, de matériaux humides
- ✓ "Rapprochement" de zones polluées (garage, fumoir, espace imprimante, atelier... qui ne sont pas « indépendantes » des espaces de vie)
- Ne pas hésiter à installer une ventilation spécifique pour la période chantier, ou des déshumidificateurs
- ✓ ...
- ✓ ...

On a vu des réhabilitations fortement dégradées du fait d'une pose prématurée des nouvelles fenêtres... ce qui génère un chantier fortement sous-ventilé !

... sans système de récupération des

la ventilation, absence d'entretien

... système de rafraîchissement dégradant la QAI

448

Le potentiel d'amélioration de la QAI lors d'une réhabilitation est important.

... Mais rien n'est acquis et il faut conjointement :

→ Limiter les nouvelles sources de dégradations ;

→ Réussir l'ensemble des autres points à traiter, en premier lieu l'étanchéité à l'air de l'enveloppe et l'installation d'un système de renouvellement d'air efficient.

→ Matériaux : exigez le A+ des étiquettes « émissions dans l'air intérieur » \*

→ Penser aux professionnels, souvent longuement exposés : lisez les publications de l'INRS, de l'AFSSET, et les "Fiches de sécurité"



### Interventions contribuant à une bonne qualité de l'air intérieur

- ✓ Intégration de matériaux polluants (meuble, mobilier...)
- ✓ Choix de complexes isolants générant des émissions de COV
- ✓ **Confinement provisoire** ou définitif, de matériaux humides
- ✓ "Rapprochement" de zones polluées (garage, fumoir, espace imprimante, atelier... qui ne sont pas « indépendantes » des espaces de vie)
- Ne pas hésiter à installer une ventilation spécifique pour la période chantier, ou des déshumidificateurs
- ✓ ...
- ✓ ...

... sans système de récupération des

la ventilation, absence d'entretien

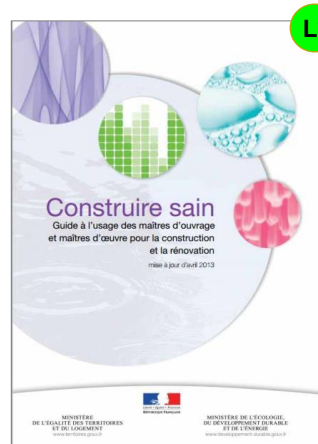
... système de rafraîchissement dégradant la QAI

495

\* D'après Suzanne Déoux, seul le niveau A+ commence à correspondre à ce que nous appellerions un matériau "sain"

449

## Qualité de l'air intérieur - Ressources



\* Lien internet

450

## Qualité de l'air dans les ERP



**ECRAINS®**  
est une méthode  
de management de la  
qualité de l'air int. des  
bâtiments, focalisée  
sur l'apprentissage  
par le terrain.

\* Lien internet



\* Engagement à Construire Responsable pour un Air Intérieur Sain

451

**Rappel**

## 1<sup>ères</sup> références sur le sujet « ventilation »

T\* : Image comportant un lien de téléchargement

Et en site riche de réflexions sur le sujet: [www.fihabitat.com](http://www.fihabitat.com)

460

452

## Ventilation, approche diagnostic

Le projet **Promevent** a pour objectif d'améliorer et d'unifier les méthodes de diagnostic des systèmes de ventilation simple flux hygroréglable et double flux dans le secteur résidentiel.

Le **guide d'accompagnement du protocole Promevent** apporte, pour chacune des étapes du protocole, des illustrations et des méthodologies adaptées aux contraintes rencontrées sur le terrain. Il est constitué de 53 fiches réparties en :

- la pré-inspection : 2 fiches
- les vérifications fonctionnelles : 40 fiches
- les mesures aux bouches : 4 fiches
- la mesure spécifique de perméabilité à l'air des réseaux : 7 fiches.

*Néanmoins... les premiers utilisateurs le trouvent, bien que pertinent, assez lourd et complexe. De fait une version allégée est en réflexion.*

\* Accessible gratuitement sur le web



453



# Ventilation, approche réglementaire

- . **Décret du 22 oct. 1955 et arrêté du 14 nov. 58** : aération par pièce par ouverture des fenêtres ou par des grilles d'aération
- . **Arrêté du 22 oct. 69** : ventilation générale et permanente des logements par ventilation par conduits à tirage thermique naturel ou par ventilation mécanique
- . **Arrêté du 22 mars 82** : ventilation générale, permanente et fixe avec exigences de débits d'air extraits minimum en pièces de service, compris autorisations de modulations de débits.
- . **Arrêté du 28 oct. 83** : ventilation générale et permanente permettant la réduction de débits par rapport à l'arrêté de 82 pour les systèmes hygroréglables.
- . **Pour le tertiaire**. En règle générale : Règlements Sanitaires Départementaux (RSD) et règlements de la médecine du travail.

Note : pour ce qui concerne la seule problématique "humidité" des bâtiments courants (classe d'hygrométrie 1 à 3), les débits demandés par l'actuelle législation semblent adaptés.

454



## Ventilation, approche réglementaire

- . **Décret du 22 oct. 1955 et arrêté du 14 nov. 58** : aération par pièce par ouverture des fenêtres ou par des grilles d'aération
- . **Arrêté du 22 oct. 69** : ventilation générale et permanente des logements par ventilation par conduits à tirage thermique naturel ou par ventilation mécanique
- . **Arrêté du 22 mars 82** : ventilation générale, permanente et fixe avec exigences de débits d'air extraits minimum en pièces de service, compris autorisations de modulations de débits.
- . **Arrêté du 28 oct. 83** : ventilation générale et permanente permettant la réduction de débits par rapport à l'arrêté de 82 pour les systèmes hygroréglables.
- . **Pour le tertiaire**. En règle générale : Règlements Sanitaires Départementaux (RSD) et règlements de la médecine du travail.

Note : pour ce qui concerne la seule problématique "humidité" des bâtiments courants (classe d'hygrométrie 1 à 3), les débits demandés par l'actuelle législation semblent adaptés.

183

**Résidentiel :**  
un consensus se met en place pour s'imposer, quelle que soit l'année de construction du bâtiment, les débits des arrêtés de 82 et 83\*, et ce par l'application du DTU 68.3.

*\*Excepté pour les débits autorisés par l'arrêté de 83 pour les systèmes asservis (ventilation hygro...), estimés trop faibles.*

455

**Résidentiel :**

L'arrêté du 24 mars 1982 modifié<sup>[1]</sup> fixe les débits d'extraction des dispositifs de ventilation.  
Ces valeurs sont répertoriées dans le tableau suivant :

NOMBRE DE PIÈCES PRINCIPALES DU LOGEMENT	DÉBITS À EXTRAIRE EN PETITE VITESSE [m³/h]			DÉBIT À EXTRAIRE EN GRANDE VITESSE [m³/h]			
	GLOBAL MINI	CUISINE		SALLE DE BAINS OU DE DOUCHE COMMUNE OU NON AVEC LES WC	AUTRES SALLES D'EAU	WC	
		MINI	MAXI			UNIQUE	MULTIPLES
1	35	20	75	15	15	15	15
2	60	30	90	15	15	15	15
3	75	45	105	30	15	15	15
4	90	45	120	30	15	30	15
5	105	45	135	30	15	30	15
6	120	45	135	30	15	30	15
7 et plus	135	45	135	30	15	30	15

L'arrêté du 28 octobre 1983 modifiant l'arrêté du 24 mars 1982 autorise une réduction du débit global minimum extrait pour les systèmes asservis.

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	6	7
débit total minimal en [m³/h]	10	10	15	20	25	30	35



456

**Résidentiel :**

un consensus se met en place pour s'imposer, quelle que soit l'année de construction du bâtiment, les débits des arrêtés de 82 et 83\*, et ce par l'application du DTU 68.3.

**\*Excepté pour les débits autorisés par l'arrêté de 83 pour les systèmes asservis (ventilation hygro...), estimés trop faibles.**

**Résidentiel :**

L'arrêté du 24 mars 1982 modifié<sup>[1]</sup> fixe les débits d'extraction des dispositifs de ventilation.  
Ces valeurs sont répertoriées dans le tableau suivant :

NOMBRE DE PIÈCES PRINCIPALES DU LOGEMENT	DÉBITS À EXTRAIRE EN PETITE VITESSE [m³/h]			DÉBIT À EXTRAIRE EN GRANDE VITESSE [m³/h]			
	GLOBAL MINI	CUISINE		SALLE DE BAINS OU DE DOUCHE COMMUNE OU NON AVEC LES WC	AUTRES SALLES D'EAU	WC	
		MINI	MAXI			UNIQUE	MULTIPLES
1	35	20	75	15	15	15	15
2	60	30	90	15	15	15	15
3	75	45	105	30	15	15	15
4	90	45	120	30	15	30	15
5	105	45	135	30	15	30	15
6	120	45	135	30	15	30	15
7 et plus	135	45	135	30	15	30	15

L'arrêté du 28 octobre 1983 modifiant l'arrêté du 24 mars 1982 autorise une réduction du débit global minimum extrait pour les systèmes asservis.

Nombre de pièces principales	1	2	3	4	5	6	7
débit total minimal en [m³/h]	10	10	15	20	25	30	35

184



457



**Tertiaire :**  
pour des situations sans  
pollution spécifique (bureau...),  
on parle désormais de  
besoins, à des fins  
hygiéniques, de débits d'air  
extraits de l'ordre de 30m<sup>3</sup>/h  
minimum par personne

### Ventilation, approche réglementaire

. Décret du 22 oct. 1955 et arrêté du 14 nov. 58 : aération par pièce par orifice par des grilles d'aération

. Arrêté du 22 oct. 69 : ventilation générale et permanente des logements conduits à tirage thermique naturel ou par ventilation mécanique

. Arrêté du 22 mars 82 : ventilation générale, permanente et fixe avec exigences de débits d'air extraits minimum en pièces de service, compris autorisations de modulation

. Arrêté du 28 oct. 83 : ventilation générale et permanente permettant la réduction de débits par rapport à l'arrêté de 82 pour les systèmes hygro-régulables

. Pour le tertiaire. En règle générale : Règlements Sanitaires Départementaux (RSD) et règlements de la médecine du travail.

*Note :* pour ce qui concerne la seule problématique "humidité" des bâtiments courants (classe d'hygrométrie 1 à 3), les débits demandés par l'actuelle législation semblent adaptés.

184

458



Concernant la **qualité de l'air**,  
en complément des Règlements  
Sanitaires Départementaux (RSD) et des  
règlements de la médecine du travail, la [loi](#)  
[du 12 juillet 2010](#) et les décrets des [17 août](#)  
[2015](#) et [30 décembre 2015](#) portent sur  
l'obligation de surveiller\* périodiquement  
la QAI de certains ERP depuis le  
1<sup>er</sup> janvier 2020.

### Ventilation, approche réglementaire

. Décret du 22 oct. 1955 et arrêté du 14 nov. 58 : aération par pièce par orifice par des grilles d'aération

. Arrêté du 22 oct. 69 : ventilation générale et permanente des logements conduits à tirage thermique naturel ou par ventilation mécanique

. Arrêté du 22 mars 82 : ventilation générale, permanente et fixe avec exigences de débits d'air extraits minimum en pièces de service, compris autorisations de modulations de débits.

. Arrêté du 28 oct. 83 : ventilation générale et permanente permettant la réduction de débits par rapport à l'arrêté de 82 pour les systèmes hygro-régulables

. Pour le tertiaire. En règle générale : Règlements Sanitaires Départementaux (RSD) et règlements de la médecine du travail.

*Note :* pour ce qui concerne la seule problématique "humidité" des bâtiments courants (classe d'hygrométrie 1 à 3), les débits demandés par l'actuelle législation semblent adaptés.

184

\* Cette surveillance comporte :

- l'évaluation obligatoire des moyens d'aération de l'établissement ;
- pour les polluants réglementés (formaldéhyde, benzène, CO<sub>2</sub>, et qq. fois tétrachloroéthylène) :
- soit la réalisation de campagnes de mesures des polluants
- soit la mise en œuvre d'un plan d'actions de prévention

459



## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquem.t de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- **Murs sensibles à l'eau, suite et fin**
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

460

## ANNEXES



- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquem.t de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- **Murs sensibles à l'eau, suite et fin**
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

461

SYNOPSIS BFC - Dec. 2022

Rehabilitation énergétique 2/2

Samuel Courgey - Arcanne

**Rappel**

**Mur ancien : pour limiter les risques !**

**Coté extérieur :** (parement ext.) imperméable à l'eau. Dans le cas de parements ventilés : pare-pluie très ouvert à la vapeur. Dans le cas d'enduits, les choisir également capillaires. Et en sécurité, beaucoup déconseillent les isolants fermés à la vapeur d'eau.

**Pour les murs "sensibles"** (ayant des matériaux putrescibles, oxydables, gélifs et/ou de la terre avec rôle structurel) → Un diagnostic complet est nécessaire, et si l'on estime qu'après travaux le mur risque de s'humidifier, 2 pistes séduisent pour son isolation : isolation capillaire ou double cloison

**D'abord et avant tout :** installer un système de renouvellement régulier de l'air intérieur, et réaliser une étanchéité à l'air coté intérieur dans le cas d'une ITI

**Coté intérieur :** matériaux limitant plutôt l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi, mais permettant si besoin son évacuation lorsque les conditions le permettent. (Eviter les matériaux fermés à la vapeur, préférer les membranes hygro-variables, voire les membranes orientées)

**Parties enterrées et zones de ravalement :** matériaux non vulnérables à l'eau et non capillaires, ou système perspirant, mais ventilé et protégé des infiltrations

**Bas de murs :** limiter les remontées capillaires (pente du terrain ajustée, éloignement des EP, drains... voire intervention directe dans les murs)

De

235

462

ECHOBât Develop. 1 sept. 2021

Rehabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

**Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?**

463

ECHOBat Dévelop. 1 sept. 2021

Rehabilitation énergétique 1/2

Samuel Courgey

**Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?**

→ Rappel : particulièrement dans l'ancien, toute intervention nécessite au préalable un diagnostic technique et architectural complet.

464

SYNAPSE BFC - Dec. 2022

Rehabilitation énergétique 2/2

Samuel Courgey - Arcane

**Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?**

- ... parce que je suis dans une situation particulière du fait de la pluie battante
- ... du fait de remontées capillaires.
- ... parce que, dans le cas d'une ITI, je crains un mur trop humide en hiver

465



## *Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?*

**... parce que je suis dans une situation particulière du fait de la pluie battante**

**... du fait de remontées capillaires.**

**... parce que, dans le cas d'une ITI, je crains un mur trop humide en hiver**

466



## Murs : pour limiter (encore) les risques

**1.**

***Assurer l'imperméabilité à l'eau des façades, particulièrement de celles à la pluie battante.***

- A. Par le **traitement des fissures**** (résine ou mortier pour fissures mortes, mastic ou bande de pontage pour fissures vivantes)
- B. Par la **réfection des joints**** (remplacement au mastic élastomère pour joints entre éléments, au mortier pour joints de maçonnerie)
- C. Par la réfection des **enduits**, l'**hydrofugation** des enduits, pierres, briques... , ou l'application d'un **revêtement d'imperméabilité** à base de polymère** (I1 à I4, voir DTU 42,1)
- D. Par la pose d'un **parement extérieur ventilé**.** (Solution traditionnelle dans certaines régions de montagne, sur les fronts de mer, mais qui peut être reprise en cas de doute)

***Hydrofugation, polymères... : les produits doivent être compatibles avec le support (élasticité...), et laisser au mur sa capacité de sécher sur l'extérieur !***



467



## Enduits et produits de ravalement (1/3)

S'il existe de très nombreux produits et solutions, certains termes permettent de les nommer plus spécifiquement.

Pour les produits prêts à l'emploi on trouvera entre autres « **RPE** » et « **RSI** ». A base de résines vinyliques ou acrylique, ils se différencient de ce fait des **enduits traditionnels** (à base de ciment, chaux, plâtre et/ou terre) ou des **RME** (Revêtement Minéral Epais, dont la charge principale est minérale).

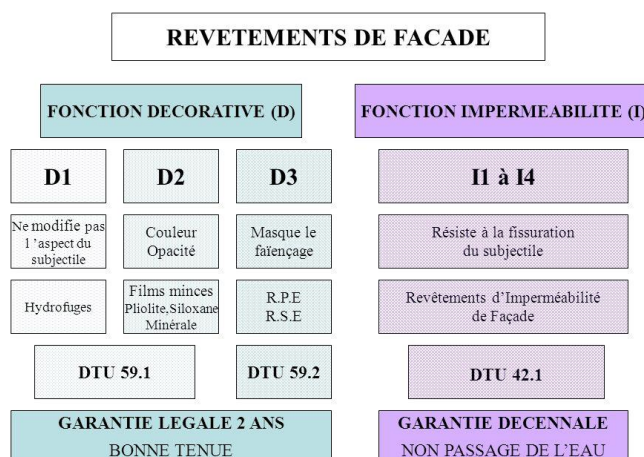
- Les **RSI** (Revêtement Souple d'Imperméabilisation) sont utilisés pour imperméabiliser des parements trop absorbants, et sont répartis en 4 classes (I1 à I4 correspondant à l'épaisseur des fissures admissibles, cf. DTU 42.1 - Revêtements d'imperméabilité à base de polymères).
- Les **RPE** (Revêtement Peinture Epais, en remplacement de « Revêtement Plastique Epais ») sont principalement utilisés à des fins décoratives. (Cf. DTU 59.1 / Travaux de peinture des bâtiments)
- Les **RSE** (Revêtement Semi Epais) qui se distinguent des **RPE** de part leur épaisseur moindre (entre 0,2 et 1,5 mm), ainsi que les **films minces** (< 200 microns).



468



## Enduits et produits de ravalement (2/3)



469

## Enduits et produits de ravalement (3/3)



CARACTERISTIQUES	REVETEMENTS PLASTIQUES SEMI-EPAIS IMPERMEABILITE			
Classe	I1	I2	I3	I4
Consommation EN KG/m²	IMPERMEABILISATION			ETANCHEITE
	0,600 à 1,500			
Épaisseur sèche en µ	200	300	400	600
Norme AFNOR	P84.401 – 84.402 – P84.403			
DTU	Norme NF P 84.404 – DTU 42.1			
Techniques (courantes ou non courantes)	TC			
Particularités du système	- Protection supérieure	- Protection supérieure	- Protection supérieure	- Protection supérieure
	- Bonne tenue	- Bonne tenue	- Bonne tenue	- Bonne tenue
Résistance à la microfissuration	Existante Jusqu'à 0,2 mm	Existante Jusqu'à 0,5 mm	Existante et à venir Jusqu'à 1 mm (produits fibrés)	Existante et à venir Jusqu'à 2 mm (armature rapportée)
Composition du système	1 couche d'impression 1 couche de finition	1 couche d'impression 1 couche intermédiaire 1 couche de finition	1 couche d'impression 1 couche intermédiaire 1 couche de finition	1 couche d'impression 1 couche intermédiaire avec armature 1 couche de finition
Garantie légale	10 ans (uniquement sur la fonction de s'opposer au passage de l'eau de ruissellement)			

470

### *Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?*

... parce que je suis dans une situation particulière du fait de la pluie battante

... du fait de remontées capillaires.

... parce que, dans le cas d'une ITI, je crains un mur trop humide en hiver

471



# Murs : pour limiter (encore) les risques

## 2.

## Limiter voire stopper les remontées capillaires

**De nombreuses pistes possibles** : éloignement des eaux pluviales, ajustement de la pente du terrain, drainage / réalisation de puits perdus, dégagement de la base de murs / réalisation d'une tranchée ouverte / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe (alvéolaire) drainante ou de blocs drainants, plantation de végétaux, dépose d'enduits ciments, pose d'un enduit assainissant\*, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.



Injection de résines

### ← Ou intervention directement dans le mur ?

Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique/contre-champs électrique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

472

\* D'après DTU 26.1, mais qq. fois appelés déshumidifiant, drainant...

## Le drainage est souvent présenté comme une solution universelle

(= pertinente dans tous les cas), mais rappelons que :

- il ne sert à rien si le sol est absorbant (gravier, sable...) ;

- pour la plupart des anciens murs, il ne doit pas être trop près du mur et/ou trop radical (la stabilité de nombreux bâtiments tient au fait que la masse de sol sous mur (bulbe de compression) reste dans un taux d'humidité régulier, et un drain trop proche/trop radical pourra, en plus de fragiliser le bas de mur, assécher ce volume de sol, risquant alors de provoquer des fissures structurelles)

## Murs : pour limiter

## 2.

## Limiter voire stopper les remontées capillaires

**De nombreuses pistes possibles** : éloignement des eaux pluviales, ajustement de la pente du terrain, drainage / réalisation de puits perdus, dégagement de la base de murs / réalisation d'une tranchée ouverte / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe (alvéolaire) drainante ou de blocs drainants, plantation de végétaux, dépose d'enduits ciments, pose d'un enduit assainissant\*, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.

### drainage



Injection de résines

### ← Ou intervention directement dans le mur ?

Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

413

\* D'après DTU 26.1, mais qq. fois appelés déshumidifiant, drainant...

473



**Ces procédés d'intervention dans le mur sont qq. fois lourds, souvent onéreux, et leur fiabilité n'est pas toujours avérée\***

**→ Nécessité de se renseigner en amont, et de faire intervenir des acteurs s'engageant sur les résultats, avec suivi dans le temps du taux d'humidité du mur !**

\* Certaines techniques/produits ne marchent qu'avec un type de mur/matériau spécifique. De plus, qq. experts restent très critiques à l'égard de l'ensemble de ces solutions.

\* D'après DTU 26.1, mais c'est à valider sur le terrain...



Injection de résines

**Minimiser (encore) les risques**

**Stopper les remontées capillaires**

Exemples : éloignement des eaux pluviales, ajustement de la réalisation d'un puits perdu, dégagement de la base de la paroi / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe de drainage, pose de drains, pose de végétaux, pose d'enduits drainants, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.

**← Ou intervention directement dans le mur ?**

Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

07

474



**Ces procédés d'intervention dans le mur sont qq. fois lourds, souvent onéreux, et leur fiabilité n'est pas toujours avérée\***

**→ Nécessité de se renseigner en amont, et de faire intervenir des acteurs s'engageant sur les résultats, avec suivi dans le temps du taux d'humidité du mur !**

\* Certaines techniques/produits ne marchent qu'avec un type de mur/matériau spécifique. De plus, qq. experts restent très critiques à l'égard de l'ensemble de ces solutions.

\* D'après DTU 26.1, mais c'est à valider sur le terrain...



Injection de résines

**Et rappelons une évidence : ces interventions qui cherchent à stopper les remontées capillaires ne dispensent pas :**

- de rechercher à se rapprocher des conditions originelles (drains, éloignement des eaux pluviales...)
- des attentions à avoir si le mur comporte des fragilités.

Exemples : éloignement des eaux pluviales, ajustement de la réalisation d'un puits perdu, dégagement de la base de la paroi / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe de drainage, pose de drains, pose de végétaux, pose d'enduits drainants, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.

**← Ou intervention directement dans le mur ?**

Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

07

475



**Non citées en interventions directes dans le mur : les siphons atmosphériques et les injections de résines "bouche-pores", qui semblent peu efficaces.**

**Quant à l'insertion de barrières physiques (tôles d'acier inoxydable, membrane ou chape étanches), la difficulté sera de trouver des maçons maîtrisant ces techniques.**

**limiter (encore) les risques**

**Stopper les remontées capillaires**

**Exemples :** éloignement des eaux pluviales, ajustement de la pente du terrain, drainage / réalisation d'un puits perdu, dégagement de la base de la mur / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe de drainage, pose de blocs drainants, plantation de végétaux, dépose d'enduits cimentés, d'un enduit assainissant\*, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.

**← Ou intervention directement dans le mur ?**

Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

07

476



Point global sur les RC, avec focus sur les injections de résines →



Fiches « Traitement des remontées capillaires »  
← du projet OPÉRA



« Maçonnerie. Manuel de sensibilisation à la restauration de la maçonnerie »

## 3 premières références sur les "Remontées Capillaires"

**Murs : pour limiter (encore) les risques**

**2. Limiter voire stopper les remontées capillaires**

**De nombreuses pistes possibles :** éloignement des eaux pluviales, ajustement de la pente du terrain, drainage / réalisation d'un puits perdu, dégagement de la base de la mur / réalisation d'une tranchée ouverte / d'une tranchée filtrante, pose d'une nappe (géolaine) drainante ou de blocs drainants, plantation de végétaux, dépose d'enduits cimentés, pose d'un enduit assainissant\*, d'un enduit sacrificiel... voire réfection des chaussées extérieures et/ou des sols intérieurs.



**← Ou intervention directement dans le mur ?**  
Injection de résines hydrophobes, assèchement électronique, ou procédés par électro-osmose passive ou active, ou électro-osmose-phorèse active ou passive.

413

477

T\* : lien internet actif

SYNAPOMME BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcame

**Murs sensibles (1/2) continuité capillaire**

**La solution "continuité capillaire" pourra quelques fois nous séduire pour les bas de murs encore sujets, après travaux, à des remontées capillaires résiduelles !**

**Continuité capillaire**  
=  
**matériaux (très\*) capillaires**  
+  
**couches en contact les unes avec les autres**

\* En fait nous faisons référence à des solutions très capillaires, spécifiquement ajustées pour cet usage. 204

478

SYNAPOMME BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcame

**Murs sensibles (1/2) continuité capillaire**

**Rappel :**  
**La solution "continuité capillaire" ne doit pas faire oublier que les murs doivent assurer l'imperméabilité à la pluie !**

**Continuité capillaire**  
=  
**matériaux (très\*) capillaires**  
+  
**couches en contact les unes avec les autres**

\* En fait nous faisons référence à des solutions très capillaires, spécifiquement ajustées pour cet usage. 204

479



## *Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques ?*

... parce que je suis dans une situation particulière du fait de la pluie battante

... du fait de remontées capillaires.

... parce que, dans le cas d'une ITI, je crains un mur trop humide en hiver

480



## Murs : pour limiter (encore) les risques

3.

***Pose d'un enduit isolant en extérieur en complément d'une isolation intérieure.***



Diathonite Evolution®

Lorsqu'une isolation extérieure n'est pas possible, 3 à 4 cm d'enduits isolants ( $0,028 < \lambda < 0,070 \text{ W/m.K}$ ) côté extérieur permettent de réduire les déperditions dues aux ponts thermiques,

***... et de diminuer la zone à risques de condensation !***

Dans certains cas de murs sensibles, particulièrement ceux qui le sont du fait d'encastres de poutres, c'est une des interventions qui permettra d'entrevoir la pose d'une ITI sans risque.







481





## Exemples d'enduits isolants

*A base de chaux adjuvée → Vérifier s'ils sont adaptés pour l'emploi prévu !*

<b>Isolteco®</b> (Editeco®)  Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,058 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$ 	<b>Diathonite Evolution®</b> (Diasen®)  Enduit chaux + liège + argile + silice $\lambda = 0,045$ $\mu = 4$ 	<b>UNILIT 20®</b> (UNILIT/HD System®)  Enduit chaux + silice expansé $\lambda = 0,066$ $\mu = 4$ 	<b>FIXIT 222®</b> <b>FIXIT 244®</b> (FIXIT®)  Enduit chaux + aérogel de silice $\lambda = 0,028 (0,048)$ $\mu = 4 \text{ à } 5 (5 \text{ à } 7)$ 	<b>Hagatherm®</b> <b>Haga biotherm®</b> <b>Hagatherm Aérotherm®</b>  Enduit chaux + polystyrène (granulés de liège ; aérogel) $\lambda = 0,054 (0,07 ; 0,029)$ $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$ 	<b>+ Parnatur®</b> (ParexLanco®)  Enduit chaux + chènevotte $\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$ $\mu < 5$ 
---	--	--	---	--	--

+ Exclusivement en intérieur: Argilus (Argile + chaux + perlite)  $\lambda = 0,06$  ;  $\mu \approx 6$

217

482

## Murs : pour limiter (encore) les risques

3'.

**Pose d'un enduit « de redistribution » à l'interface mur support / isolant intérieur**



*Piste peu usitée mais semblant séduisante : attention au respect des temps de séchage !*

Sur les murs pierres pouvant difficilement sécher côté extérieur (pierres dures, joints ciment, % très faible de joint...), **une solution limitant les risques consiste à réaliser un enduit traditionnel à la chaux côté intérieur\***.

Cette piste viendra en complément d'un isolant très ouvert à la vapeur d'eau voire capillaire, et avec une membrane hygrovariable, voire une membrane orientée.

\* Piste récente, nous avons encore besoin de renseignements quant aux limites de sa pertinence.

483





**Et qu'en est-il  
au niveau des  
encastremements de  
poutres, partie fragile  
car putrescible au  
sein des murs ???**

*Et si je souhaite limiter (encore plus) les risques*

... parce que je suis dans une situation particulière du fait de la pluie battante

... du fait de remontées capillaires.

... parce que, dans le cas d'une ITI, je crains un mur trop humide en hiver

388



484



En plus d'un renouvellement régulier de l'air intérieur, les principes à respecter semblent, pour les **encastremements de poutres bois non traversantes\*** en cas d'ITI

Si le monde de l'expertise n'a pas encore tranché une liste aisée à respecter de conditions évitant tout risque, nous rappelons ci-dessous les principes qui nous en éloignent.

En plus d'un renouvellement régulier de l'air intérieur et de l'utilisation de bois naturellement durables ou spécifiquement traités :

1. **Imperméabilité des murs à la pluie** (doublé généralement d'un vide d'air devant chaque tête de poutre)
2. **Aucune remontée capillaire arrivant au niveau des pièces de bois**
3. **Forte capacité d'assèchement du mur coté extérieur** (jointoiement et/ou enduits capillaires...)
4. **Etanchéité à l'air soignée, particulièrement au droit des traversées de poutres**
5. **Forte capacité d'assèchement du mur coté intérieur** (isolant ouvert à la vapeur + membrane hygrovariable (voire orientée), ou isolation capillaire)
6. **Pose d'une rupture capillaire sous la poutre** (en interface maçonnerie/poutre), voire pose, coté extérieur, d'un enduit isolant.

*Note : le sujet étant complexe à appréhender, certains décident d'éviter toute présence de bois dans le mur : pose des têtes de poutre sur sabot métal ou sur muraillère décollée du mur avec isolant en interface.*

\* Pour les poutres traversantes, la principale exigence consiste à protéger la poutre des risques d'humidification, tout en permettant un séchage (= nez de poutre aérés et protégés de la pluie)

485

En plus d'un renouvellement régulier de l'air intérieur et de l'utilisation de bois naturellement durables ou spécifiquement traités :

**En attendant la sortie d'un document de référence traitant spécifiquement du sujet, la piste « officielle » consiste à prendre en référence les préconisations proposées dans le guide RAGE « Isolation thermique par l'intérieur » (voir diapo suivante)**

**Si le monde de l'expertise n'a pas encore tranché une liste aisée à respecter de conditions évitant tout risque, nous rappelons ci-dessous les principes qui nous en éloignent.**

En plus d'un renouvellement régulier de l'air intérieur et de l'utilisation de bois naturellement durables ou spécifiquement traités :

1. **Imperméabilité des murs à la pluie** (doublé généralement d'un vide d'air devant chaque tête de poutre)
2. **Aucune remontée capillaire arrivant au niveau des pièces de bois**
3. **Forte capacité d'assèchement du mur coté extérieur** (jointolement et/ou enduits capillaires...)
4. **Etanchéité à l'air soignée, particulièrement au droit des traversées de poutres**
5. **Forte capacité d'assèchement du mur coté intérieur** (isolant ouvert à la vapeur + membrane hygrovariable (voire orientée), ou isolation capillaire)
6. **Pose d'une rupture capillaire sous la poutre** (en interface maçonnerie/poutre), **voire pose, coté extérieur, d'un enduit isolant.**

*Note : le sujet étant complexe à appréhender, certains décident d'éviter toute présence de bois dans le mur : pose des têtes de poutre sur sabot métal ou sur muraillière décollée du mur avec isolant en interface.*

486

- Guide RAGE 2012, Isolation par l'intérieur, - Rénovation Juin 2015, page 88

#### Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastres dans des murs extérieurs

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encastree de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

488

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes**
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

489



## Le confort (hygro) thermique



### Le diagramme de l'ambiance bioclimatique

**Zone de confort hygrothermique** pour une activité sédentaire, une vitesse d'air minimale (0,1 m/s) et les tenues vestimentaires moyennes d'hiver et d'été.

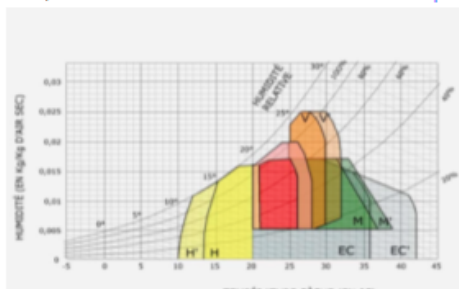
**Zone des conditions hygrothermiques compensables** par l'inertie thermique associée à la protection solaire et à l'utilisation d'enduits clairs

**Extension de la zone de confort hygrothermique** due à la ventilation par augmentation de la vitesse d'air, de 0,1 à 1,5 m/s

**Zone des conditions hygroth<sup>o</sup> compensables** par l'utilisation de systèmes passifs de refroidissement par évaporation

**Zone des conditions hygroth<sup>o</sup> compensables** par une conception solaire passive du bâtiment

**Zone des conditions hygrothermiques** qui nécessitent l'humidification de l'air

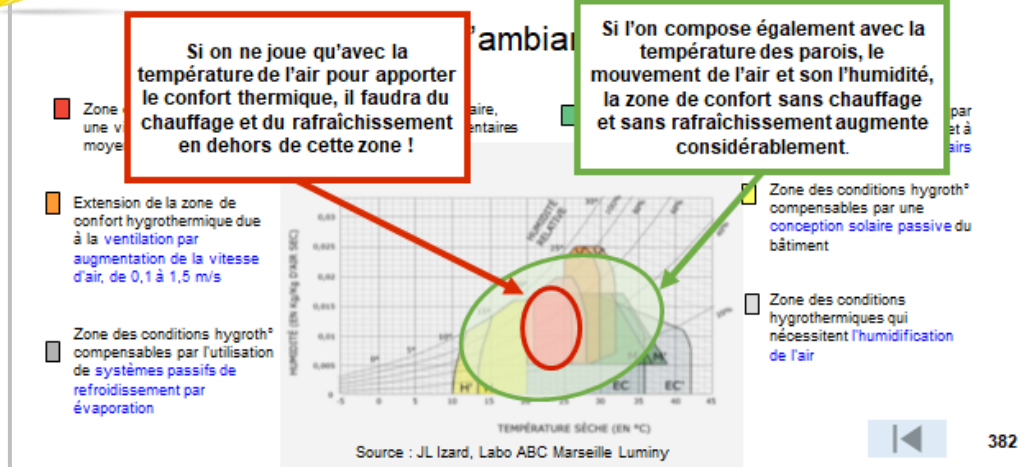


381

490



## Le confort (hygro) thermique



491

## Chauffer / Rafraîchir par les parois

**Confier les calories aux parois plutôt qu'à l'air** (privilégier le rayonnement par rapport à la convection) **est séduisant car :**

- ✓ **Plus économique.** Les calories sont ainsi plus stables/ moins volatiles que dans l'air.
- ✓ **Mieux réparti/ Plus confortable.** Peu de stratification, avec une possibilité de dimensionner / orienter très précisément les espaces chauffés/ rafraîchis.
- ✓ **Plus sain.** Pas d'ionisation positive, de brassage d'air (alternative très séduisante à la clim)

492



**Mais attention à choisir un système assez réactif pour ne pas souffrir de surchauffe, en hiver, aussitôt que le soleil donne !**

### Chauffer / Rafrâichir par les parois

Confier les calories aux parois plutôt qu'à l'air (privilégier le rayonnement par rapport à la convection) est séduisant.

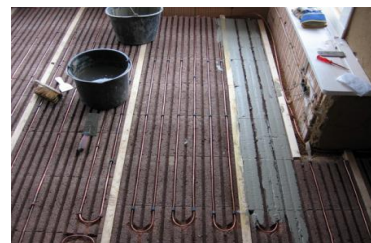
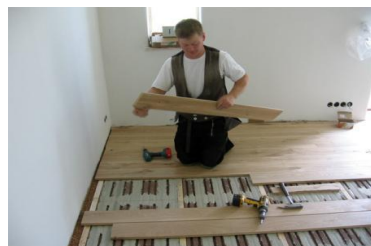
- ✓ **Plus économique.** Les calories sont ainsi plus stables/ moins volatiles que dans l'air.
- ✓ **Mieux réparti/ Plus confortable.** Peu de stratification, avec une possibilité de dimensionner/ orienter très précisément les espaces chauffés/ rafraîchis.
- ✓ **Plus sain.** Pas d'ionisation positive, de brassage d'air (alternative très séduisante à la clim)

501



493

## Chauffer / Rafrâichir par le sol



494



SYNAPOMME BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcamie



# Chauffer / Rafraîchir par le plafond

Avec de nombreuses possibilités de solutions modulaires, aisément ajustables à des besoins changeant

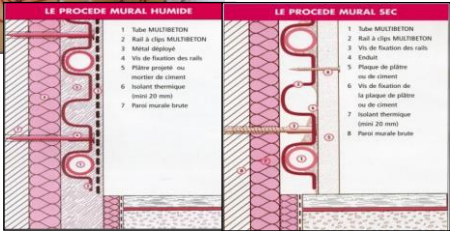


495

SYNAPOMME BFC - Déc. 2022  
Rénovation énergétique 22  
Samuel Courgey - Arcamie



# Chauffer / Rafraîchir par les murs

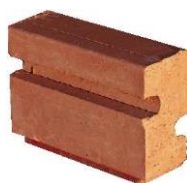


496





## Chauffer / Rafraîchir par les murs



497



## Système médian rayonnement/convection

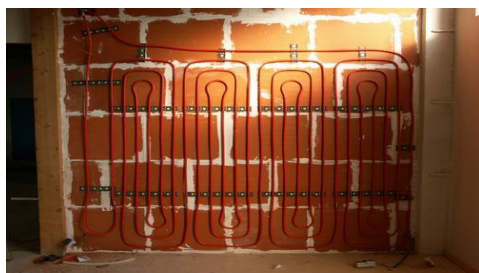


**Plinthes et poutres chauffantes-rafraîchissantes...** (voire radiateurs en fonte ?)

498



## Chauffer / Rafraîchir par les parois



Excepté si l'objet est de chauffer les deux espaces attenants (cloison, dalle intermédiaire...), l'isolation arrière se doit d'être très performante : **viser un  $U$  de l'ordre de  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$**  ( $R$  de  $10 \text{ m}^2\text{K/W}$ )



499



Un système adapté au chauffage et au rafraîchissement diffère de celui qui n'aurait pour objet de n'assurer qu'un de ces 2 services. De fait, l'ensemble des acteurs (équipe fluide, entreprise...) devra être au fait dès le départ de la volonté d'avoir un système « réversible » (ou potentiellement réversible, voir chapitre « Rafraîchissement »)

Chauffer / Rafraîchir par les parois



Excepté si l'objet est de chauffer les deux espaces attenants (cloison, dalle intermédiaire...), l'isolation arrière se doit d'être très performante : **viser un  $U$  de l'ordre de  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$**  ( $R$  de  $10 \text{ m}^2\text{K/W}$ )



512



500

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien**
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

501

**La diversité du parc au regard  
des grandes périodes à profils  
constructifs spécifiques**

502

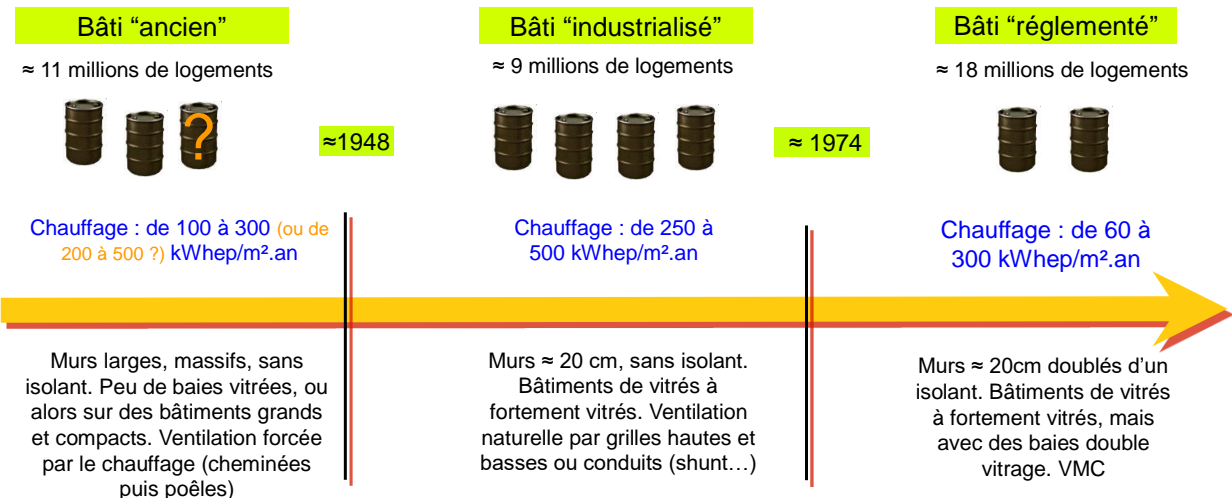
SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 22

Samuel Courgey - Arcane



# La diversité du parc



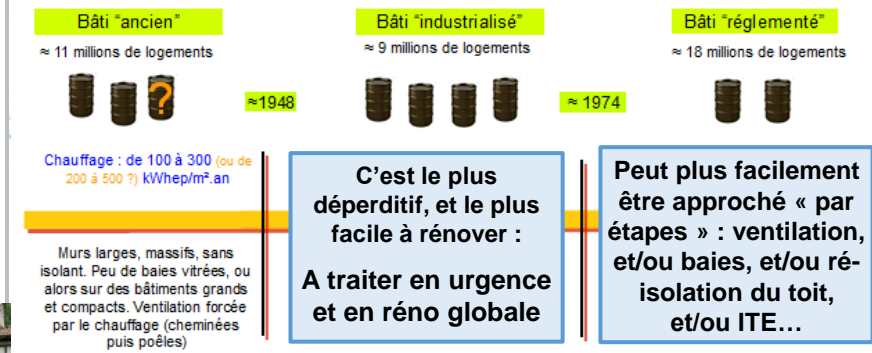
SYNAPSE BFC - Déc. 2022

Réhabilitation énergétique 22

Samuel Courgey - Arcane



# La diversité du parc

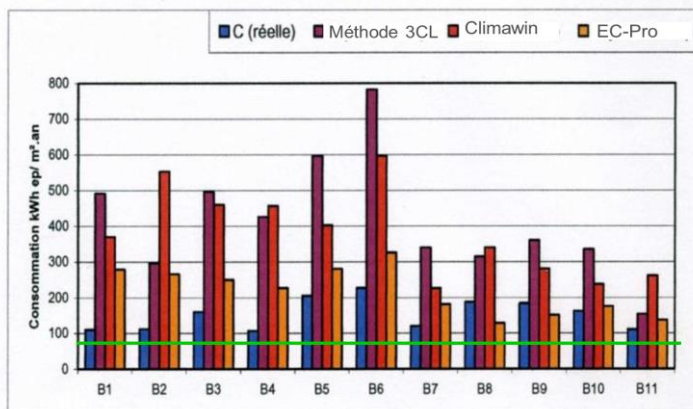
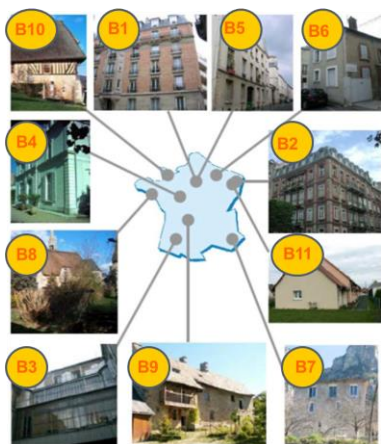




# La diversité du parc



Il reste encore des questions sur le comportement réel des bâtiments anciens



Les consommations théoriques, obtenues par les moteurs de calcul actuels, surestiment dans un rapport de 2 à 4 la consommation réelle des bâtiments anciens.

505



Si des questions subsistent sur la performance réelle des bâtiments anciens, ils n'atteignent néanmoins jamais le niveau BBC.

→ Il faudra donc tôt ou tard intervenir pour les rendre plus compatibles avec les performances de type BBC

, mais bien entendu, en tenant compte de leur aspect patrimonial, leur fonctionnem.<sup>t</sup> hygrothermique...

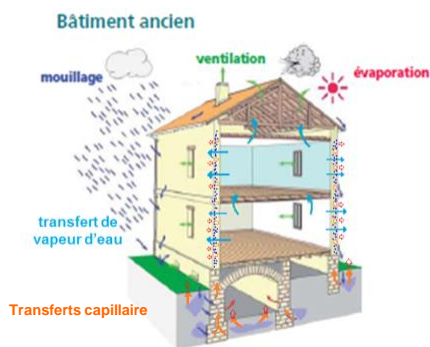


506

# La diversité du parc au regard de son fonctionnement hygrométrique

507

## Fonction<sup>t</sup> (hygrométrique) du bâti ancien



**Les bâtiments anciens sont conçus  
comme des systèmes « ouverts » à l'air et à  
l'humidité (« respirants », « perspirants » et  
capillaires).**

*Dessin : d'après le guide ANAH « Prévention et lutte contre  
les mûres »*

- L'enveloppe des bâtiments fait écran à la pénétration de l'eau, et ses parties opaques sont étanches à l'air. (Enduits, plinthes, moulure...)
- Et sauf exception elle laisse passer la vapeur d'eau
- Selon les conditions climatiques, la vapeur d'eau contenue dans les matériaux peut se condenser
- Cette eau peut alors migrer vers les parements pour s'évaporer
- L'air des bâtiments anciens est fortement ventilé en hiver (chauffage interne + baies non-étanches)
- Le bâti ancien est généralement sujet aux remontées capillaires
- De plus, il comporte souvent des matériaux putrescibles ou de la terre crue en rôle structurel





# Fonction<sup>t</sup> (hygrométrique) du bâti contemporain



**Les bâtiments récents sont conçus comme des volumes « fermés » ventilés.**

Dessin : d'après le guide ANAH « Prévention et lutte contre les mères »

- L'enveloppe des bâtiments est imperméable à l'eau et (normalement également) à l'air
- Certains matériaux sont plutôt fermés à la diffusion de vapeur d'eau
- Selon la période et l'état des installations, la ventilation permet ou non un renouvellement régulier de l'air, renouvellement indépendant des conditions climatiques
- Les matériaux, généralement non capillaires, empêchent les remontées capillaires
- , mais également l'évacuation des éventuelles eaux contenues dans les parois.
- Les matériaux sont généralement peu sensibles à l'eau



509

**Si chaque type de construction a sa logique propre, les techniques conçues pour le bâti contemporain ne sont pas forcément adaptées au bâti traditionnel.**



## Fonction<sup>t</sup> (hygrométrique) du bâti ancien



**Les bâtiments anciens sont conçus comme des systèmes « ouverts » à l'air et à l'humidité (« respirants », « perspirants » et capillaires).**

Dessin : d'après le guide ANAH « Prévention et lutte contre les mères »

- L'enveloppe des bâtiments fait écran à la pénétration de l'eau, et ses parties opaques sont étanches à l'air. (Enduits, plâtres, moulure...)
- Et sauf exception elle laisse passer la vapeur d'eau
- Selon les conditions climatiques, la vapeur d'eau contenue dans les matériaux peut se condenser
- Cette eau peut alors migrer vers les parements pour s'évaporer
- L'air des bâtiments anciens est fortement ventilé en hiver (chauffage interne + baies non-étanches)
- Le bâti ancien est généralement sujet aux remontées capillaires
- De plus, il comporte souvent des matériaux putrescibles ou de la terre crue en rôle structurel



## Fonction<sup>t</sup> (hygrométrique) du bâti contemporain



**Les bâtiments récents sont conçus comme des volumes « fermés » ventilés.**

Dessin : d'après le guide ANAH « Prévention et lutte contre les mères »

- L'enveloppe des bâtiments est imperméable à l'eau et (normalement également) à l'air
- Certains matériaux sont plutôt fermés à la diffusion de vapeur d'eau
- Selon la période et l'état des installations, la ventilation permet ou non un renouvellement régulier de l'air, renouvellement indépendant des conditions climatiques
- Les matériaux, généralement non capillaires, empêchent les remontées capillaires
- , mais également l'évacuation des éventuelles eaux contenues dans les parois.
- Les matériaux sont généralement peu sensibles à l'eau



510

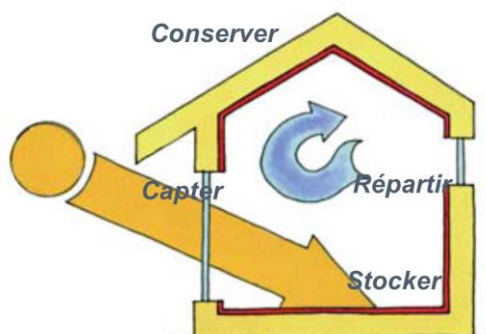
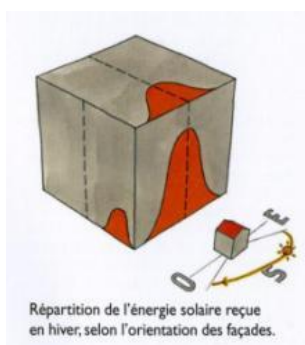
# La diversité du parc au regard de son fonctionnement thermique

511

## Fonctionnement thermique du bâti



### Stratégie hiver - Approche actuelle



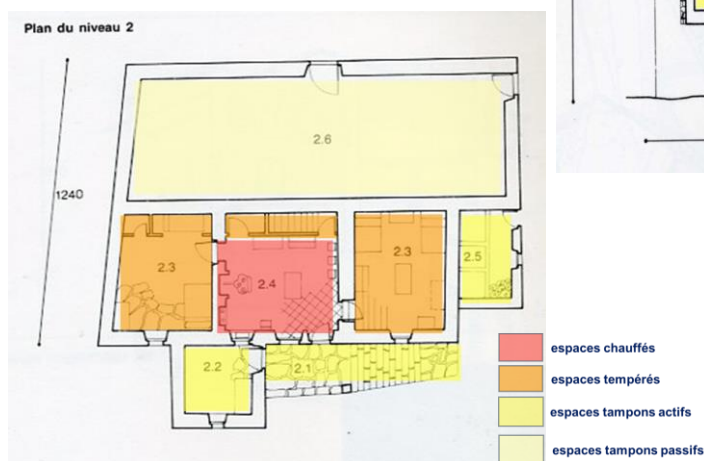
512



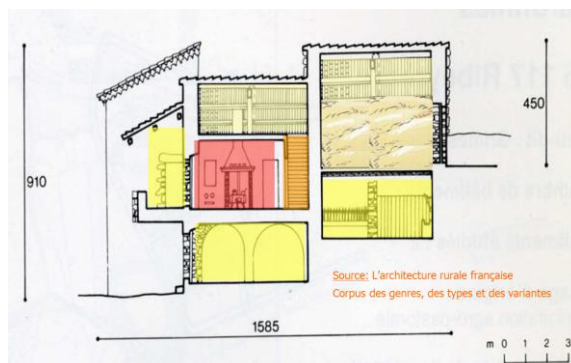
**Mais l'approche  
actuelle n'est possible  
que parce que nous  
savons / pouvons faire  
des bâtiments fortement  
isolés et étanches à l'air.  
Qu'en était-il avant ?**

513

## Exemple d'une ferme provençale



Source : L'architecture rurale française / Corpus des genres, des types et des variantes



514

# Fonctionnement thermique du bâti



## Stratégie hiver - Approche ancienne

Pour augmenter le captage, on ajuste le mur sud (matériau, épaisseur, couleur, rugosité), et sa quantité de fenêtres.

Pour augmenter le captage, on travaille avec des espaces tampons actifs : étable, four à pain, forge...

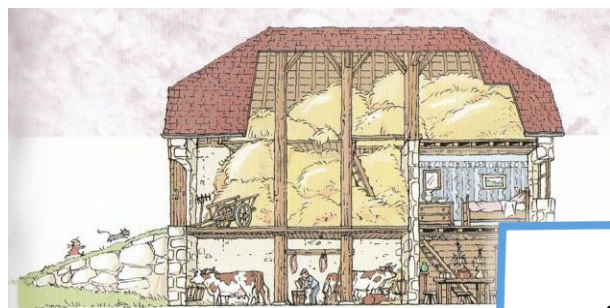
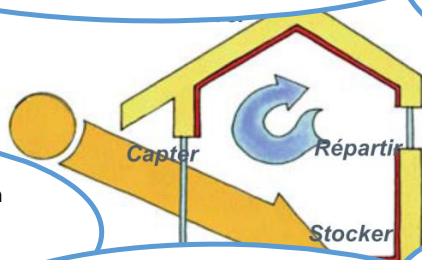
Pour augmenter la protection au vent et à la pluie on travaille avec la forme du bâtiment (faire le "gros dos"), des haies, des murets ou murs d'enceinte, des annexes... En complément de la forme de la rue, du bourg...

Pour limiter la fuite des calories, on limite les baies vitrées des façades voyant peu le soleil en hiver.

Pour augmenter le captage, on travaille le devant du bâtiment (terrasse...) avec des surfaces lourdes, si possible claires

Dans les pièces non spécifiquement au soleil, surtout si elles n'ont pas de chauffage, on choisi des parements à faible effusivité (bois, tapisseries...)

Pour augmenter la "conservation des calories", on compose, excepté au sud, avec des espaces tampons : grenier, atelier, mitoyenneté... voire grange(s) remplie(s) de fourrage.



Source : Vivre et travailler la montagne jurassienne, Néo éditions

### Exemple d'une ferme jurassienne

**Mais faisait-il chaud l'hiver dans nos "vieilles maisons" ?**

***Pas partout !***

**Dans le poêle? Oui. Dans la cuisine ? Surtout lorsque l'on y préparait les repas. Dans les chambres ? Non. Dans les lits ?**

**Oui, mais avec une bouillote et une grosse couette, voire des draps en flanelle.**



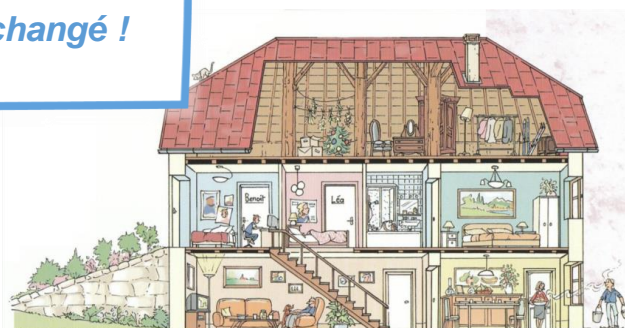




De plus, la majorité souhaite désormais du “confort moderne” dans toutes les pièces... et les espaces tampons sont aménagés en lieux de vie permanents.

→ *La donne a totalement changé !*

Exemple d'une ferme jurassienne

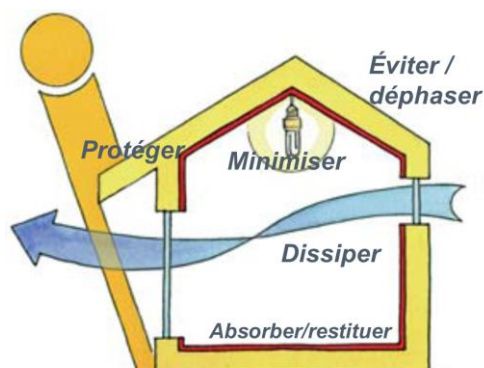


517



## Fonctionnement thermique du bâti

### Stratégie été - Approche actuelle



518



**Mais l'approche  
actuelle n'est possible  
que parce que nous  
savons / pouvons faire  
des bâtiments fortement  
isolés et étanches à l'air.  
Qu'en était-il avant ?**

519



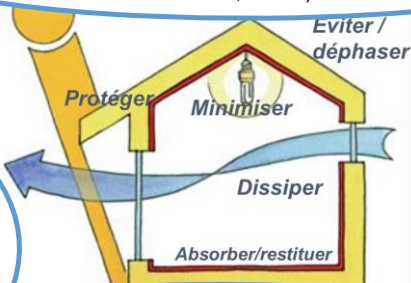
## Fonctionnement thermique du bâti

### Stratégie été - Approche ancienne

La surface des vitrages est limitée, et les parois d'enveloppe sont lourdes :  
→ la fluctuation jour/nuit ne se ressent quasiment pas à l'intérieur.

De nombreux matériaux sont hygroscopiques, une partie de l'eau qu'ils contiennent s'évapore lorsque la température s'élève, consommant ainsi des calories (évapo-transpiration). L'eau se recondense la nuit ou les jours plus frais et restitue alors ces calories (l'inertie thermique est ainsi encore accentuée)

Pour augmenter la protection solaire, on compose avec la végétation (arbres à feuilles caduques, treilles, lière...).



Avec l'évapo-transpiration, on peut également composer avec la végétation alentour, les parties enterrées, un plan d'eau...

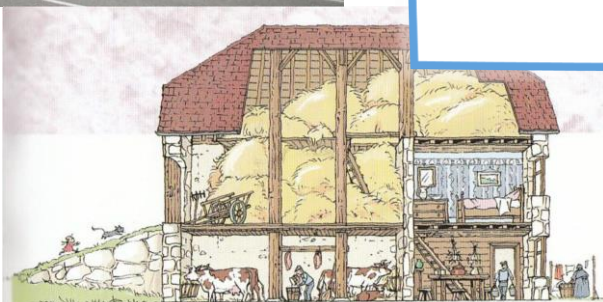
Pour empêcher les calories de rentrer, on compose avec des espaces tampons : grenier, atelier, mitoyenneté...

On compose avec les murets, murs d'enceinte, végétations pour selon, empêcher ou activer les flux d'air sur tout ou partie du bâtiment

Les éventuelles tentures ou tapis sont enlevés pour libérer des parements à fortes effusivité

520





**Par contre ça ne fait aucun doute : en été il faisait bon dans nos "vieilles" maisons !**



521

**Mais connaître le fonctionnement th° du bâti ancien a t'il encore un intérêt maintenant que nous avons des baies vitrées très performantes, des matériaux empêchant quasiment tout transfert de calories (les isolants), et les moyens d'assurer une étanchéité à l'air réelle des bâtiments ?**



522



Oui, car en comprenant la logique originelle du bâtiment sur lequel nous intervenons, nous dégagons des marges de manoeuvres supplémentaires pour faire atteindre aux futurs espaces un confort à moindre coût, particulièrement vis à vis du confort d'été.

Pour ce qui est du confort hivernal, cela peut dans certains cas nous permettre d'atteindre le niveau BBC malgré une impossibilité d'isoler réellement certaines parois.

Mais connaître le fonctionnement th<sup>°</sup> du bâti ancien a t'il encore un intérêt maintenant que nous avons des baies vitrées très performantes, des matériaux empêchant quasiment tout transfert de calories (les isolants), et les moyens d'assurer une étanchéité à l'air réelle des bâtiments ?

518



523

## ANNEXES



- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?**
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?

524



# La réhab énergétique d'un tertiaire comporterait-elle certaines spécificités ?

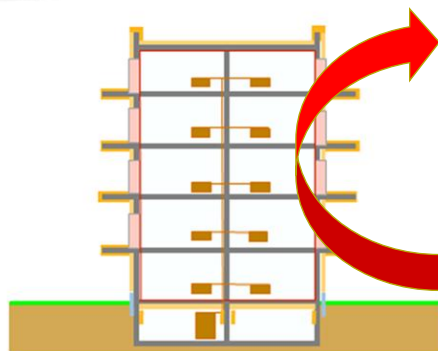
525



## Réhab énergétique. Spécificités des tertiaires



Minimiser les déperditions / Optimiser les systèmes



- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), **dont la régulation !**
- On isole les sols, les toitures et les murs
- On choisit des menuiseries performantes
- On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), **dont la régulation.**

61

526

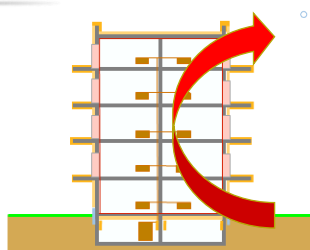


# Réhab énergétique. Spécificités des tertiaires

Si aucune grosse intervention n'est prévue dans un avenir proche sur un bâtiment, on intervient sans tarder une 1<sup>ère</sup> fois sur les systèmes afin de générer rapidement de 1<sup>ères</sup> réelles économies. (Cf. diapos parlant du commissionnement)



Minimiser les déperditions / Optimiser les systèmes



- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS), dont la régulation !
  - On isole les sols, les toitures et les murs
  - On choisit des menuiseries performantes
  - On gère finement l'étanchéité à l'air et les ponts thermiques
- On ajuste les installations (chauffage, ventilation, éventuel rafraîchissement, ECS, éclairage...) et la régulation !

37

527



# Réhab énergétique. Spécificités des tertiaires



Bilan thermique (chauffage & ECS) d'un bâtiment

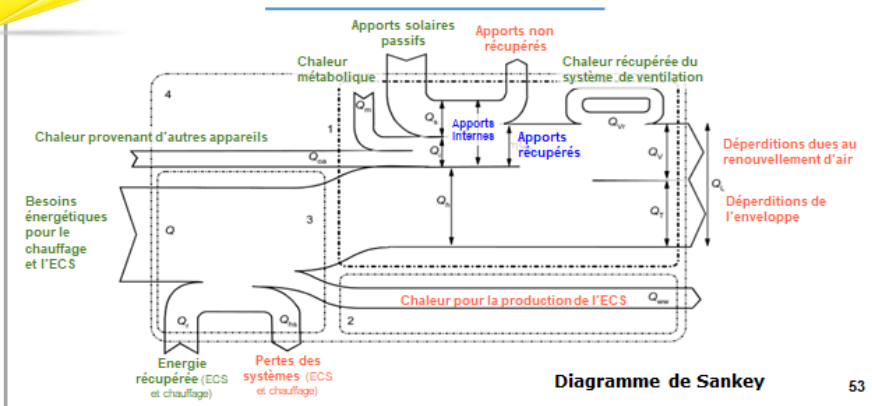


Diagramme de Sankey

53

529

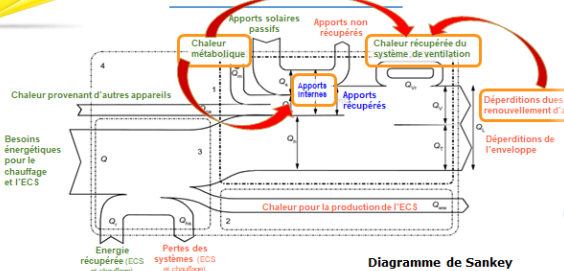
## Réhab énergétique. Spécificités



En spécificités récurrentes : de forts apports internes, d'importants besoins de renouvellement d'air, et de l'intermittence. Ces réalités invitent à étudier finement les pistes : inertie intérieure, VMC double flux assujettie, et ajustement fin (adapté aux besoins, aux divers espaces...) d'un système de chauffage plutôt réactif.

Rappel

fonctionnement thermique (chauffage & ECS) d'un bâtiment



67

530

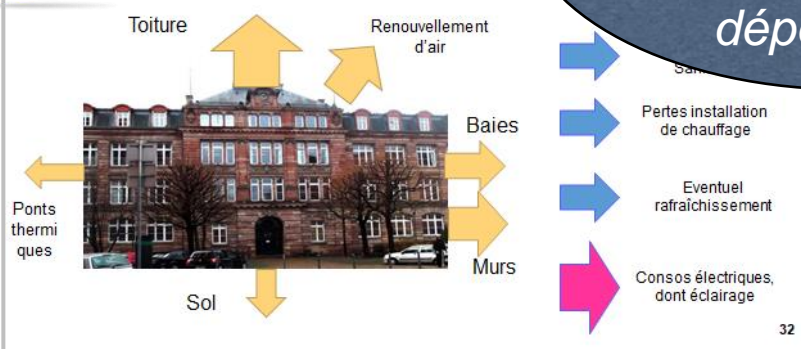
## Réhab énergétique. Spécificités



Y-a-t-il des postes aisément ajustables qui soient particulièrement déperditifs ?

Rappel

fonctionnement énergétique d'un bâtiment



32

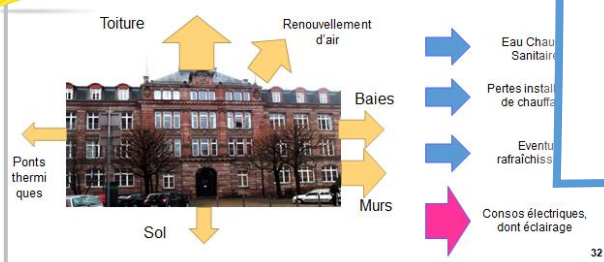
534

## Réhab énergétique. Spéc

Si l'intervention sur l'enveloppe n'est pas prévue pour un avenir proche, il est nécessaire de repérer les éventuels parois/parties de parois sur lesquelles une intervention serait particulièrement aisée et rentable. Ceci concerne généralement tout ou partie de l'isolation haute, tout ou partie des menuiseries extérieures, et l'amélioration de l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Rappel

fonctionnement énergétique d'un bâtiment



535

## Réhabilitation par étapes ?

L'objet consiste à repérer les étapes opportunes, sachant que la vie d'un tertiaire est régulièrement accompagnée de nouvelles exigences, obligations, adaptation à nouveaux usages... dont la plupart ne concerne pas l'énergétique.

Vis-à-vis de ce dernier sujet, il faudra veiller à :

- ne réaliser que des étapes « **BBC compatibles** » ;
- ne pas « **tuer le gisement** » d'économie d'énergie ;
- ne pas dégrader faire prendre de risques au bâtiment/ à ses utilisateurs\*.

Concernant les travaux d'amélioration énergétique : cf. diapo ressources sur la réno par étapes

Pour l'ensemble des sujets, deux 1<sup>ères</sup> ressources intéressantes →

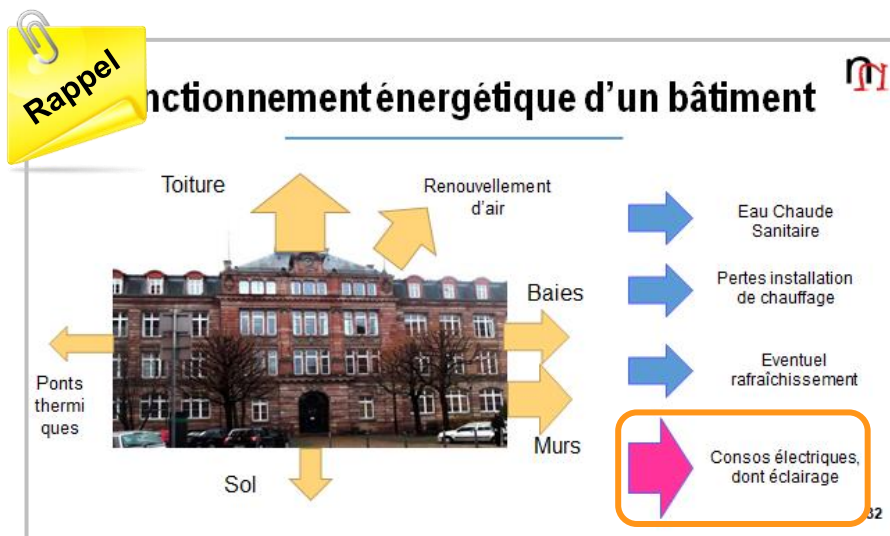
\* c'est particulièrement le cas si l'on améliore l'étanchéité de l'enveloppe sans proposer en complément une VMC adaptée



536



# Réhab énergétique. Spécificités des lycées



537

**Le changement des lampes et des luminaires, en ajustant dans l'idéal aux besoins représente une 1<sup>ère</sup> piste d'économie facile**



**Consos électriques, dont éclairage**

**Le poste "autres consos électriques" est celui qui croît le plus → Le limiter par un ajustement des achats (voire changement d'appareils ?) et des conseils d'utilisation est incontournable.**





## BS en Réhab : le bois en structure



### . Solivage, charpente...



En plus de sa pertinence environnementale, c'est moins de ponts thermiques, et moins de rigidité apportée au bâtiment



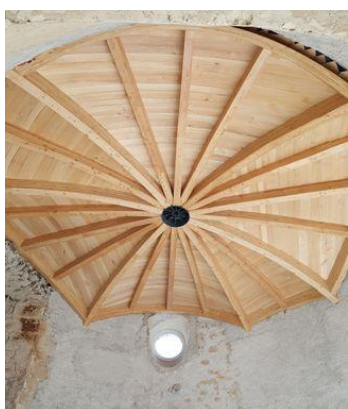
Bois ronds, bois tordus, petites sections, essences locales, le potentiel du matériau bois est énorme et peut nous permettre de proposer des solutions pertinentes.

541

## BS en Réhab : le bois en structure



### . Solivage, charpente...



Moins low-tech, le lamellé collé. Mais il permet de longs franchissements, et facilite la réalisation de courbes.



Poutres en « i » et poteaux ajourés, achetés en l'état ou fabriqués en atelier, peuvent faciliter / optimiser certaines mises en œuvres



542

## BS en Réhab : le bois en structure

, et panneaux structuraux.



Le CLT (panneau de bois contrecollé\*) permet des parois porteuses rapides à réaliser, et des parements bois intérieurs directement finis.

Situation similaire avec les panneaux « trois plis »



543

\*Plus précisément : (Cross Laminated Timber) ou Panneau massif lamellé

## BS en Réhab : le bois en structure

. Murs de surélévation et/ou coffres de toiture fabriqués en atelier



Etat initial



- Rénovation BBC par caissons de mur et de toiture préfabriqués, dont surélévation (récupération de 85 m<sup>2</sup> de surface habitable)
- 3 jours de levage pour ré-envelopper le bâtiment
- SCOP Clairlieu Eco-Rénovation Solidaire - Yves Jautard Architecte

544

# BS en Réhab : le bois en structure



## . Panneaux bois : de très nombreuses solutions



L'OSB qui, posé avec soin côté intérieur peut représenter le contreventement, l'étanchéité à l'air et le frein vapeur



Le contreplaqué



L'AGEPAN DWD est un panneau contreventant très ouvert à la vapeur

Panneaux à base de bois : également le médium, le CTBH, le CTBX...

545

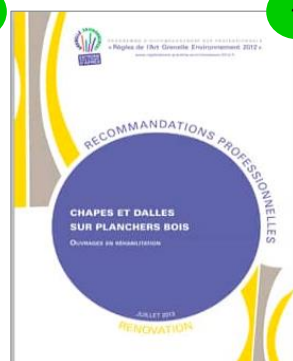
# BS en Réhab : le bois en structure



## . Solution « bois béton »



Plancher collaborant bois/béton



546



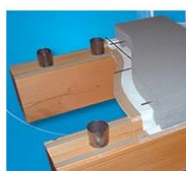


Dans les situations où le béton n'a pas de rôle structurel autre que gérer l'interface entre une surface porteuse et le matériau de parement, il peut souvent être remplacé par des mélanges à base de terre.

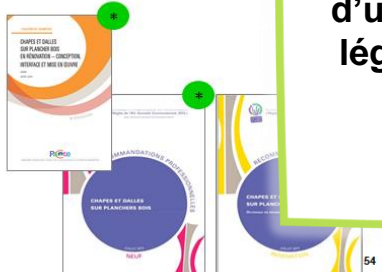
Ou, si l'objet est plus à la recherche d'une isolation, par des matériaux légers, végétaux (chênevotte...), ou minéraux en cas de risques d'humidification (argile expansée...).

## BS en Réhab : le bois en structure

### . Solution « bois béton »



Plancher collaborant bois/béton



547

## BS en Réhab : le bois en menuiserie extérieure



### . En plus de leur pertinence environnementale...



les menuiseries extérieures bois séduisent souvent pour leur esthétique, particulièrement en projets patrimoniaux



La solution « double fenêtre » peut représenter une alternative, particulièrement avec des grandes baies de caractère



Les solutions « bois-alu » additionnent aux avantages du bois l'extrême durabilité de l'al.

Ici présentation de la fenêtre caméléwood, fenêtre passive entièrement démontable

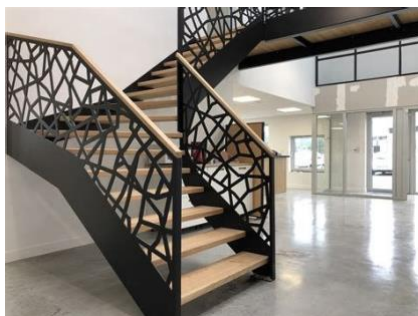
548



## BS en Réhab : le bois en menuiserie intérieure



Porte de récupération ou portes neuves, la présence de menuiseries intérieures en bois signe une ambiance particulière



... comme celle d'un escalier, sachant que le bois peut se marier avec le métal, le béton...



Exemple de boiserie

549

## BS en Réhab : le bois en parement intérieur



Lambris intérieur



Plancher bois



Intérieur « tout bois »

550

## , d'autres BS en parements intérieurs



Linoléum



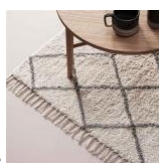
Jonc de mer



Bambou



Tapisserie



Tapis



Alcove



551

## BS en sous-couche, en matériau acoustique



De très nombreuses sous-couches, généralement à base de bois ou liège



Panneau acoustique Panterre®, seul ou accompagné d'un panneau support de finition



Panneau « fibragglo »\*, simple ou composite, utilisé en parement ou en support d'enduit

552

\* D'après la normalisation (NF EN 13168+A), ce sont ces matériaux qui correspondent à la dénomination « laine de bois », symbolisé WW



**En plus de ces solutions en panneaux, existent des solutions vrac ou chape humide qui ont entre autres rôles de rattraper les niveaux.** (A base de chènevotte bitumée ou de copeaux de bois, tel l'Agrestih®)



L'agrestih® (photos) permet la réalisation de chapes, de panneaux acoustiques extérieurs...

### BS en sous-couche, en matériau acoustique



De très nombreuses sous-couches, généralement à base de bois ou liège



Panneau acoustique Panterre®, seul ou accompagné d'un panneau support de finition



Panneau fibrage®, simple ou composite, utilisé en parement ou en support d'enduit

61

553

## BS en Réhab : le bois en extérieur



Terrasse bois



Bardage extérieur.  
Moderne,  
traditionnel, plein,  
ajouré...



Garde corps, traditionnel ou moderne, avec acier, verre...

554

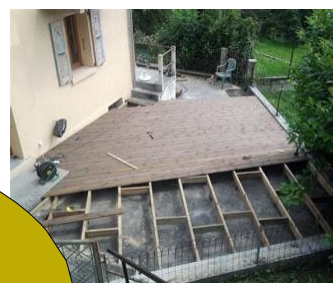


## BS en Réhab : le bois en extérieur



*Bois en extérieur :  
ajuster le choix des solutions et  
les détails de mise en œuvre  
pour des solutions pérennes.*

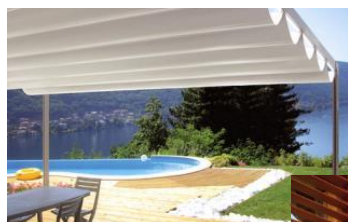
*Terrasses bois : veillez à ce que  
ce ne soient pas de véritables  
patinoires en hiver !*



Terrasse bois

555

## BS en Réhab : en protections solaires



556



Les exemples sont potentiellement très nombreux, en protection mobile, fixe, voire saisonnière, où là nous pourrions composer directement avec le végétal à feuille caduque qui, en plus de son ombrage, rafraîchit l'espace du fait de l'évapo-transpiration !



BS en Réhab : en protections solaires



63

557



## Des enduits isolants utilisant des BS

**Diathonite Evolution® (Diasen®)**

Enduit chaux +  
liège + argile +  
silice  
 $\lambda = 0,045$   
 $\mu = 4$



**Haga biotherm®**

Enduit chaux +  
granulés de  
liège  
 $\lambda = 0,07$   
 $\mu = \text{de } 5 \text{ à } 8$



**+ Parnatur® (ParexLanco®)**

Enduit chaux +  
chènevotte

$\lambda = 0,066 \text{ W/mK}$   
 $\mu < 5$



Sur les 9 enduits isolants proposés en France, 3 comportent des biosourcées

558

# L'intégration de végétaux dans des enduits



Enduits chanvre chaux



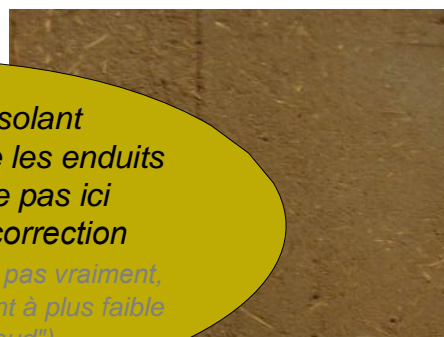
Intégration de végétaux dans des enduits terre, chaux

559

# L'intégration de végétaux dans des enduits



Enduits chanvre chaux



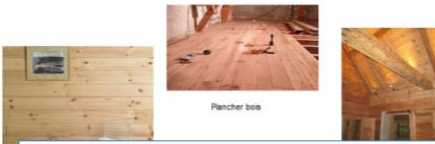
Intégration de végétaux dans des enduits terre, chaux

*Avec un pouvoir isolant 3 à 10 fois moindre que les enduits isolants, on ne parle pas ici d'isolation mais de "correction thermiques". (Ils n'isolent pas vraiment, mais permettent un parement à plus faible effusivité, plus "chaud")*

560



### BS en Réhab : le bois en parement intérieur



### , d'autres BS en parements intérieurs



### L'intégration de végétaux dans des enduits



63



**BS en parements intérieurs (sols, boiseries...) : on enlève la possibilité d'une inertie thermique intérieure au profit de parements à faible effusivité.**

**→ Ce choix doit être estimé pertinent, car il fait perdre de la capacité à profiter du captage solaire (pièces exposées au sud), et de la robustesse quant aux risques de surchauffes !**



561

## ANNEXES



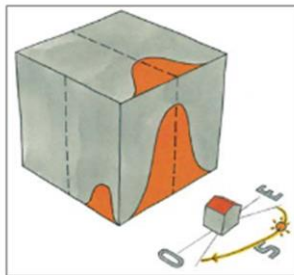
- Et si je ne peux pas isoler ?
- Le mur ancien
- L'audit énergétique
- Règlementation thermique (RTE et décret embarquement de travaux)
- Points d'attention pour réussir pleinement une réno énergétique
- Approche acoustique
- Qualité de l'air intérieur
- Murs sensibles à l'eau, suite et fin
- Parois chauffantes / rafraichissantes
- Le fonctionnement du bâti ancien
- Spécificités du tertiaire ?
- Biosourcés : il n'y a pas que les isolants
- Et le mur sud ?**

562



### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?



144

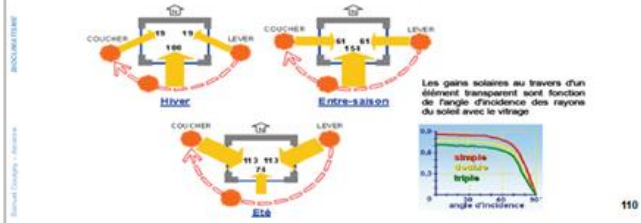
563



### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

#### Une Conception ajustée

Le vitrage sud, premier équipement de chauffage de toute construction bioclimatique



110

122

565



## L'inertie thermique



Deux grandeurs pour comprendre/expliquer l'inertie thermique :

- l'inertie intérieure (ou capacité thermique intérieure)
- **l'inertie de transmission** (ou capacité thermique totale)

180

566

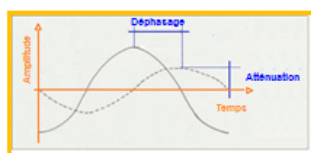


## 2. L'inertie thermique de transmission

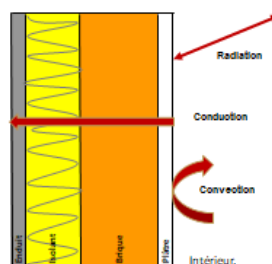


(ou capacité thermique totale)

La CTT fait référence à la quantité de calories pouvant être stockée par  $1\text{m}^2$  de paroi. (En  $\text{Wh/m}^2\cdot\text{K}$ , elle dépend de la masse volumique, de l'épaisseur et de la chaleur spécifique des matériaux)



L'inertie de transmission permet de calculer le **déphasage** (h) d'un flux de chaleur, et l'**atténuation** de son amplitude (%)

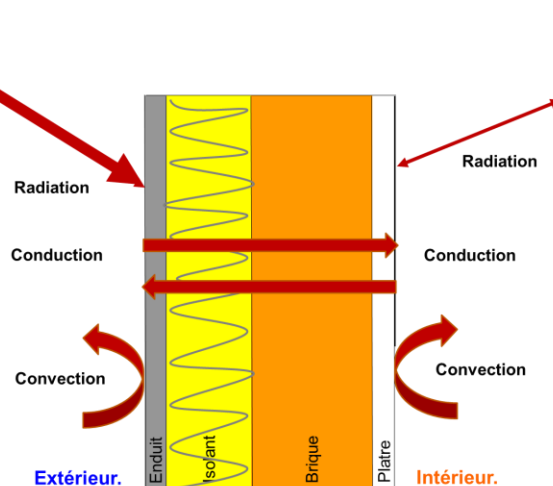


181

567



**Mais la réalité est plus complexe, car les flux thermiques ne sont pas toujours orientés dans le même sens !!!**



568

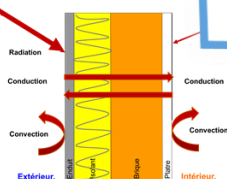


**Composer avec l'inertie de transmission sert entre autres à comprendre le fonctionnement des parois opaques recevant le soleil, particulièrement le mur sud.**

**C'est par exemple une des clefs permettant de comprendre pourquoi le patrimoine ancien n'est pas si déperditif que ce que nous en dit la thermique statique (type DPE, calcul RT...).**

**On parle alors non pas de U, mais de  $U_{\text{dynamique}}$  (OU  $U_{24h}$ ...)**

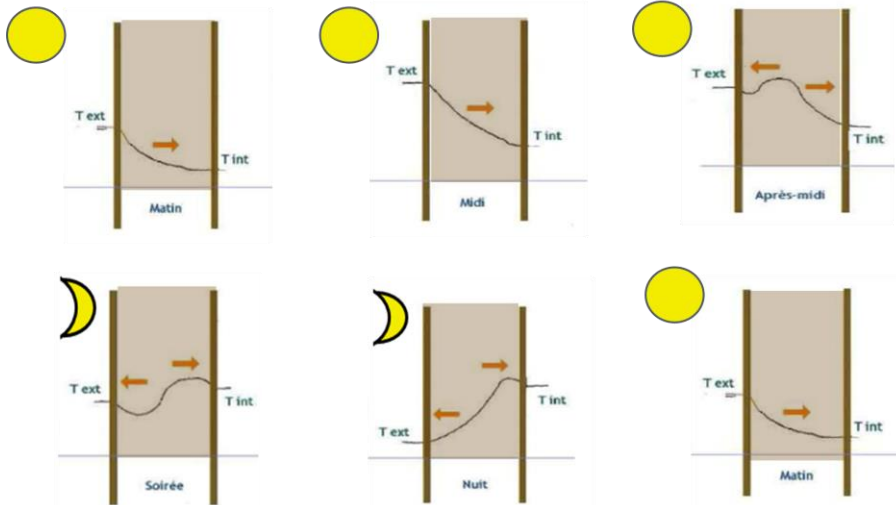
*Mais la réalité est plus complexe, car les flux thermiques ne sont pas toujours orientés dans le même sens !!!*



538

569

## L'inertie de transmission, pour comprendre le fonctionnement du mur massif



570

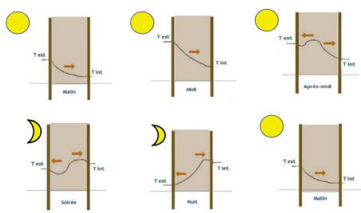


Ce fonctionnement est particulièrement impactant en hiver et en aux entre-saisons pour :

- le mur sud (→ Paroi devenant potentiellement plus caprice que déperditive en hiver)
- les autres parois recevant le soleil (→ Parois devenant moins déperditives)

Et en été pour comprendre pourquoi il ne fait pas si chaud derrière un mur maçonné épais, ou un mur en bois massif.

L'inertie de transmission, pour comprendre le fonctionnement du mur massif



539

571



Ce fonctionnement, décrit entre autres dans un article de Jean-Pierre Moya ([lien](#)), est encore augmenté avec la terre crue, matériau hygroscopique.

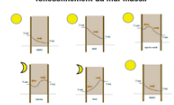
Néanmoins, cette reconnaissance du bilan réel des murs massifs ne remet pas en question la pertinence de les isoler, excepté éventuellement certains murs sud.

Ce fonctionnement est particulièrement impactant en hiver et en aux entre-saisons pour :

- le mur sud (→ Paroi devenant potentielle caprice sur la saison de chauffe)
- les autres parois recevant le soleil (Parois devenant moins déperditives)

Et en été pour comprendre pourquoi ne fait pas si chaud derrière un mur maçonné épais, ou un mur en bois massif.

L'inertie de transmission, pour comprendre le fonctionnement du mur massif



540

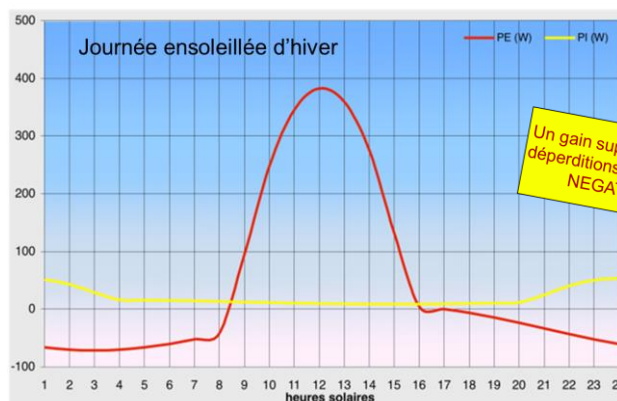
581

## FUNCTIONNEM.<sup>T</sup> DU MUR MASSIF SUD



... Comprendre le fonctionnem.<sup>t</sup> du mur sud massif.

Lors d'une journée ensoleillée d'hiver, certains murs sud protégés du vent peuvent apporter plus de calories qu'ils n'en perdent



Calcul réalisé par Jean-Pierre MOYA, d'après JF CAMIA

582





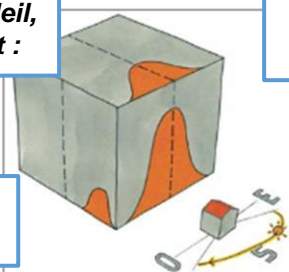
**Rappel**

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

*Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?*

Ouverture au soleil,  
mais également :

Isolant  
translucide ?



Serre  
Bioclimatique ?

Mur capteur ?

144

583



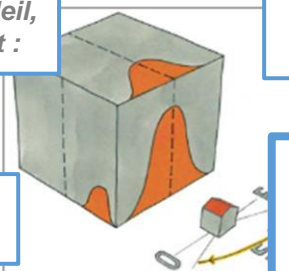
**Rappel**

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

*Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?*

Ouverture au soleil,  
mais également :

Isolant  
translucide ?



Serre  
Bioclimatique ?

**Mur  
capteur ?**

144

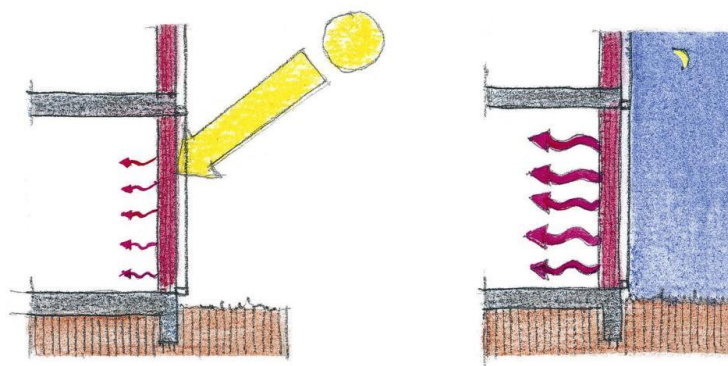
584

3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Le Mur Capteur



Dessin : Guillaume Berteaud, la conception bioclimatique

585

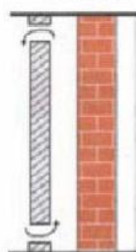
3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

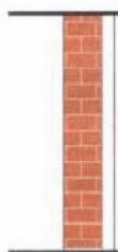


## Le Mur Capteur

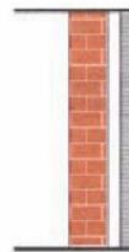
Avec un simple vitrage et thermocirculation de l'air dans une contre-cloison intérieure

51 kWh/m<sup>2</sup>/an

Avec double vitrage anti-émissif

76 kWh/m<sup>2</sup>/an

Avec un isolant transparent de 5 cm

118 kWh/m<sup>2</sup>/an

Comparatif des gains apportés par différents murs capteurs<sup>(1)</sup> sur un lotissement dans les Ardennes.

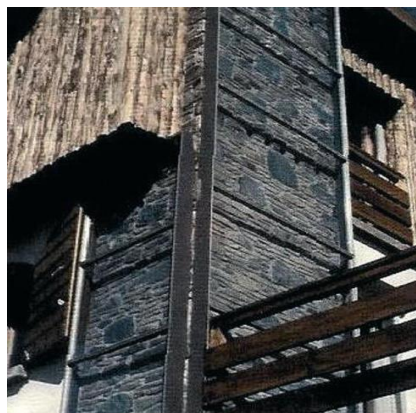
586

3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Le Mur Capteur



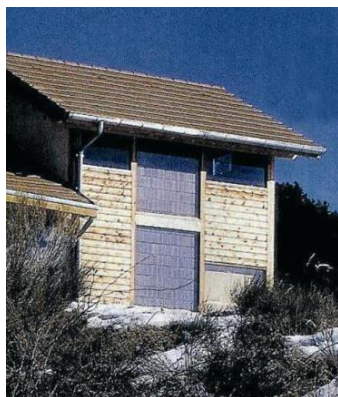
587

3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Le Mur Capteur



Architecte R. Marlin



Conception : JP.Oliva

588

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Le Mur Capteur



Architecte JM Haquette



Mur capteur avec la "brique solaire" (Brique Moya®)

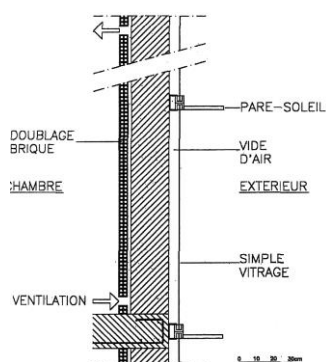
589

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Le Mur Capteur

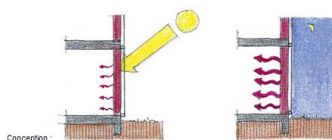


590



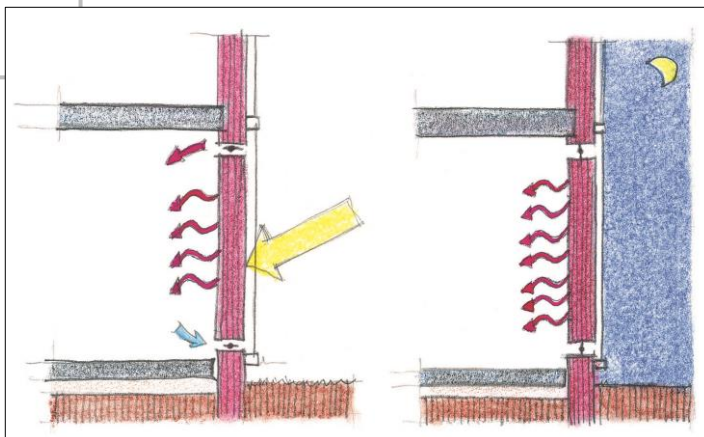
### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

#### Le Mur Capteur



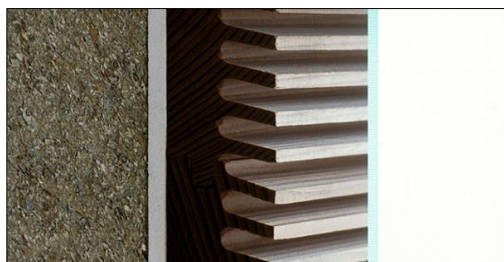
**Le mur Trombe** (de Felix Trombe son inventeur) propose, grâce à des entrées d'air basses et hautes, une possibilité d'échanges convectifs. (en fait c'est un mur capteur que l'on peut court-circuiter)

#### Le Mur Trombe



Dessin : Guillaume Berteaud, la conception bioclimatique

591



Ouate. Plâtre. Bois massif. Vitrage

Le mur **Lucido®** additionne à un parement extérieur capteur une paroi isolante.

Cette approche qui révolutionne le mur capteur peut le rendre « capteur » sur les 4 façades.

#### Le Mur Lucido®



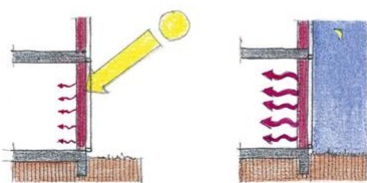
592



Selon le climat, le bâtiment et le type de mur capteur, ce dernier peut apporter entre 10 et 60 % des besoins de chaleur.

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les

#### Le Mur Capteur



Dessin : Guillaume Berteaud, la conception bioclimatique

545

593



### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

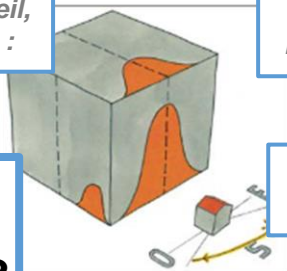
Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?

Ouverture au soleil,  
mais également :

Serre  
Bioclimatique ?

**Isolant  
translucide ?**

Mur  
capteur ?



144

594

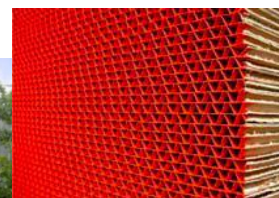


3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Isolant trans lucide, entre ITE et mur capteur



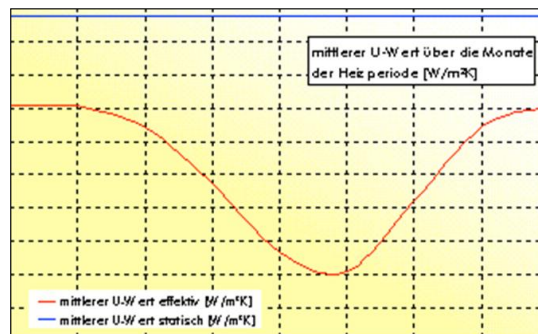
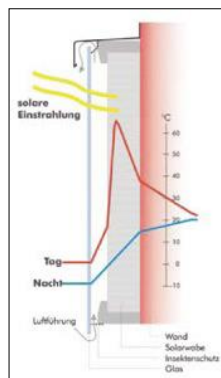
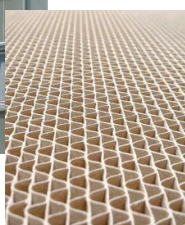
595

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## Isolant trans lucide, entre ITE et mur capteur



596

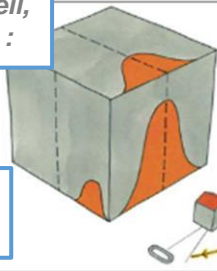


### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

Le mur sud, faut-il l'isoler ou le vouloir capteur ?

Ouverture au soleil, mais également :

Isolant trans lucide ?



Serre bioclimatique ?

Mur capteur ?

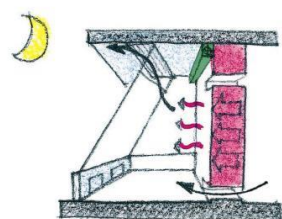
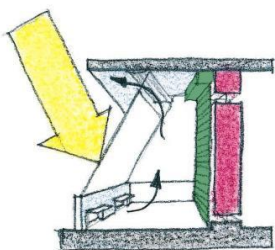
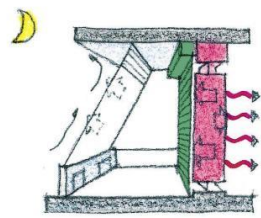
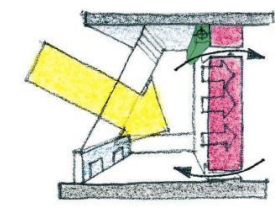
144



### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

#### La serre bioclimatique

Egalement appelée "serre solaire", c'est un espace tampon vitré, orienté entre SE et SO, dont on cherche à optimiser l'aspect capteur. (Une serre bioclimatique ne comporte jamais de chauffage)



Dessin : Guillaume Berteaud, la conception bioclimatique

3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



### La serre bioclimatique



Une tradition datant  
du XIX<sup>e</sup> siècle ?



3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



### La serre bioclimatique

... Avec en système  
voisin les oriel (ou  
bow-window)



600



3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



Approche vernaculaire :  
de la loggia à la serre



601

3.

## Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



### La serre bioclimatique



602

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## La serre bioclimatique



Conception J-P Oliva et Tiez Breiz



Conception : Yves Baret

603

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## La serre bioclimatique



Conception : Olivier Sidler

604



3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



## La serre bioclimatique



Réhabilitation facteur 10



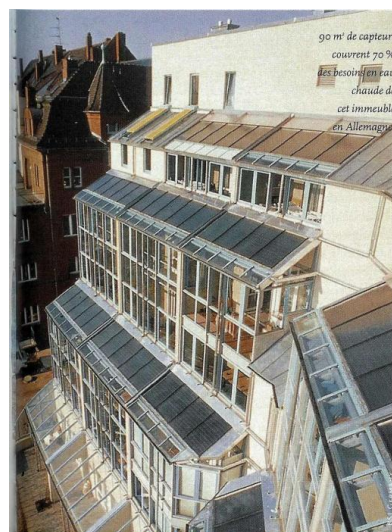
605

3.

# Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports

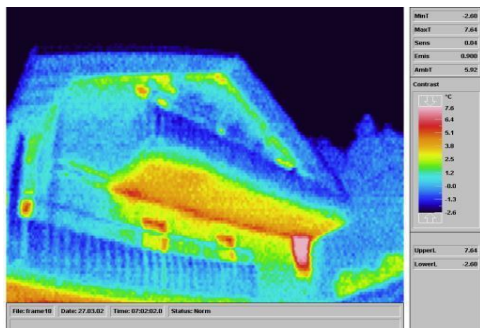


## La serre bioclimatique

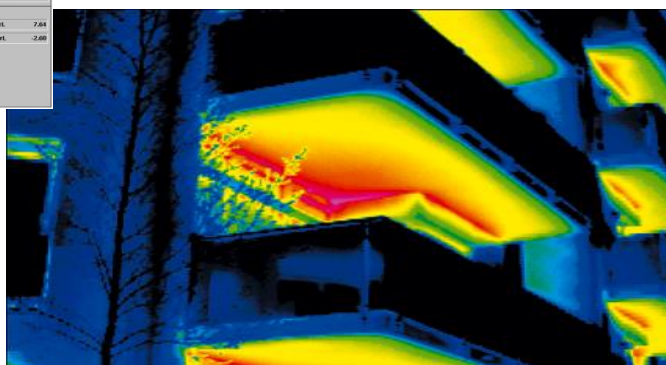


606





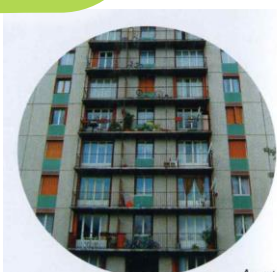
Les balcons, véritables ailettes de refroidissement en hiver !



607

3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports



La serre bioclimatique en  
habillage de balcon



Architecte de la rénovation : Serge Jauré



608



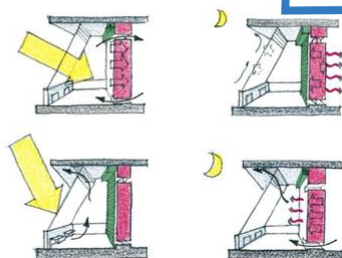
**Selon le climat, le bâtiment et le type de serre bioclimatique, cette dernière peut apporter entre 10 et 50 % des besoins de chaleur.**

### 3. Agir sur l'enveloppe pour augmenter les

#### La serre bioclimatique

Egalement appelée "serre solaire", c'est un espace tampon vitré, orienté entre SE et SO, dont on cherche à optimiser l'aspect capteur. (Une serre bioclimatique ne comporte jamais de chauffage)

Dessin : Guillaume Berteaud, la conception bioclimatique.



558



609