



Noria & Compagnie

“ Réhabilitation énergétique des bâtiments ”

Jour 2 de 2



Samuel COURGEY
Référént technique – Formateur

Sommaire.

- . **Posons le sujet**
- . **Réhab. BBC, on change d'univers**
- . **Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant**
- . **Complémentarité des options de base**
- . **En guise de conclusion**
- . **Ressources**



Sommaire.

. Posons le sujet

- . Réhab. BBC, on change d'univers
- . Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
- . Complémentarité des options de base
- . En guise de conclusion
- . Ressources

La réhabilitation pour...

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

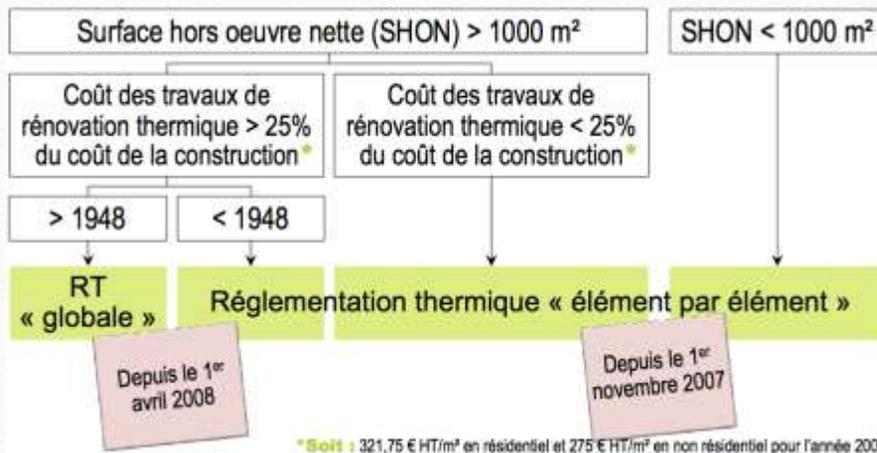
... Sachant qu'il existe des exigences thermiques réglementaires

Les textes réglementaires :

RTex (pour existant)



www.rt-batiment.fr

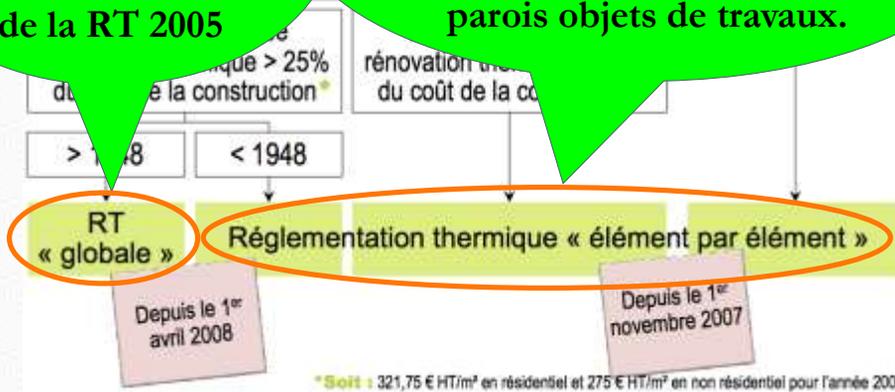


Les textes réglementaires



RT globale :
Approche et niveau d'exigence proches de celles de la RT 2005

RT «élém.^t par élém.^t» :
Liste de valeurs minimum à atteindre (gardes fous) pour les éléments remplacés & les parois objets de travaux.



RTex : 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 »)

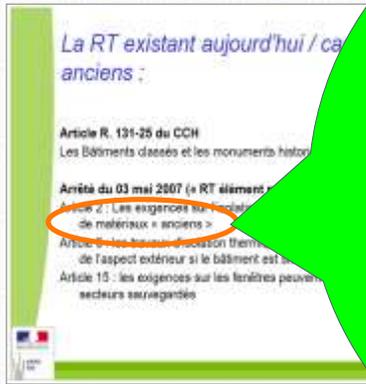
Article 2 : Les exigences sur l'isolation ne s'appliquent pas aux parois composées de matériaux « anciens »

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



RTex : Cas des bâtiments anciens



Pour les bâtiments dont la date l'achèvement de la construction est antérieure au 1er janvier 1948, seules sont concernées par des travaux d'isolation thermique les parois suivantes :

- murs composés de briques industrielles, blocs béton industriels, béton banché et bardages métalliques ;
- planchers bas composés de terre cuite ou de béton ;
- tous types de toiture.

Le parc français.

33 millions de logements (\approx 3 Mds de m²),
et **900 millions** de m² de tertiaire,
qu'il faut entretenir, restaurer,
réaffecter...



Photo Laurent Boiteux

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

Les nouveaux enjeux du bâtiment sont environnementaux

- 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...

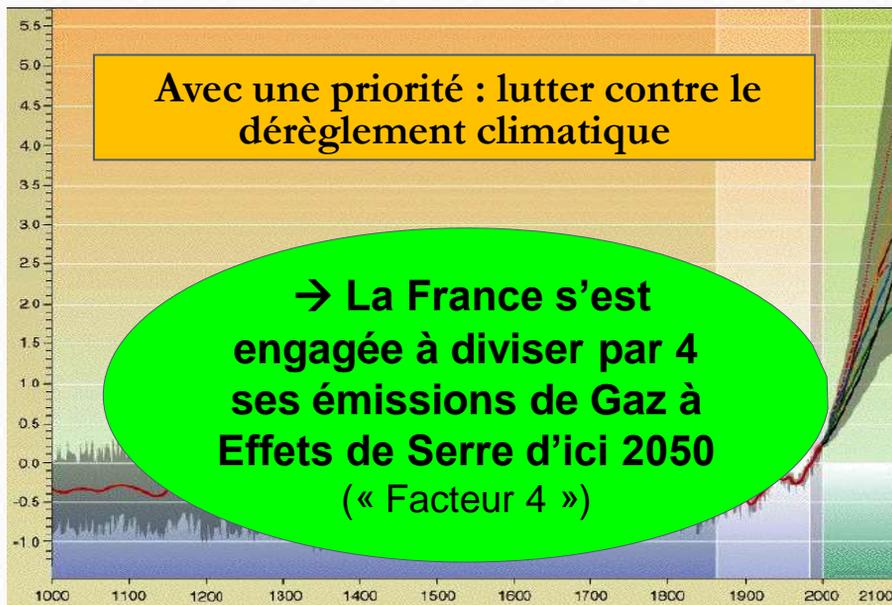
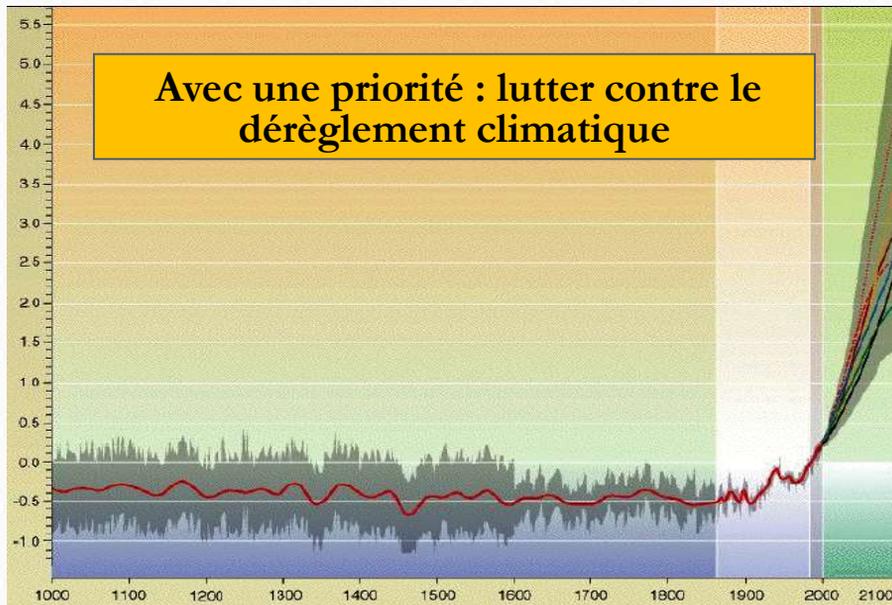
Le bâtiment représente plus de 30% des émissions de GES...

Pluies acides, couche d'ozone...

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

Les nouveaux enjeux du bâtiment sont environnementaux

Il nous faut produire le confort auquel la majorité aspire par des moyens radicalement plus performants d'un point de vue environnemental !





- Pour y arriver, il faut entre autre :**
- **réhabiliter l'ensemble du parc au niveau BBC ;**
 - **ne construire que des bâtiments de type passif.**

Le parc français.

33 millions de logements (≈ 3 Mds de m^2),
et **900 millions** de m^2 de tertiaire,
qu'il faut entretenir, restaurer, réaffecter...

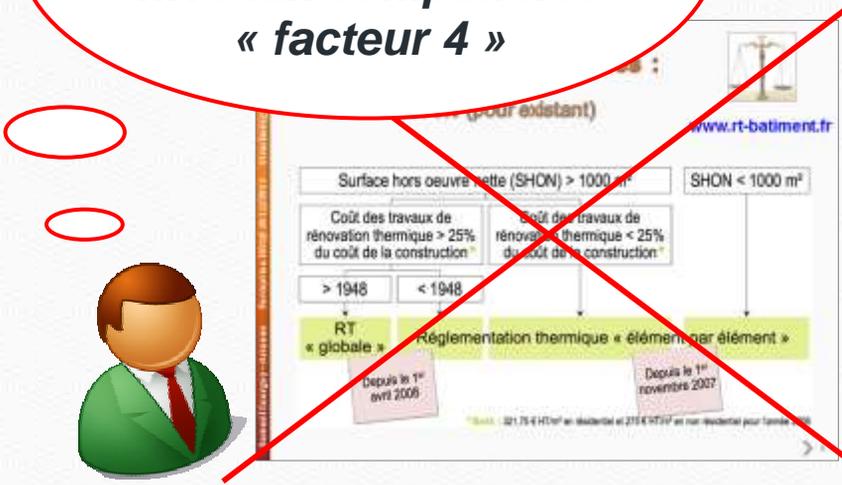
et amener à terme en moyenne au niveau BBC !



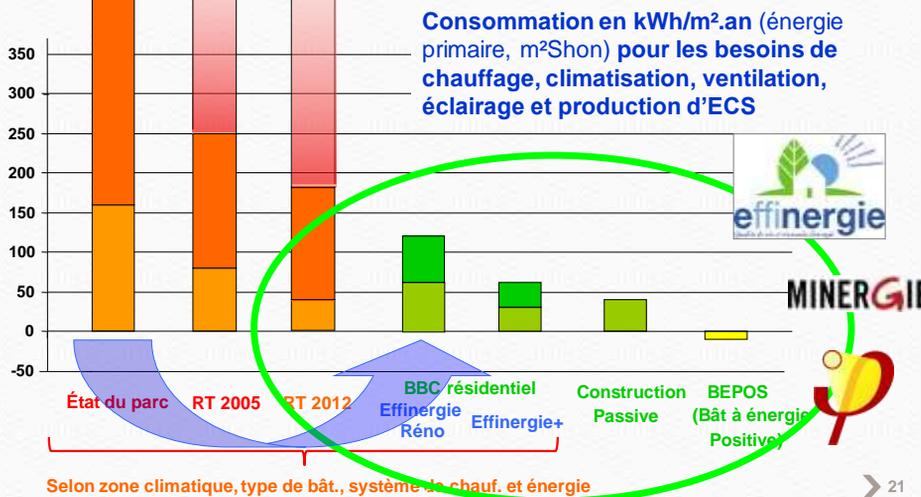
Photos Laurent Boiteux



**On oublie la RTEx.
pour s'intéresser aux
niveaux compatibles
« facteur 4 »**



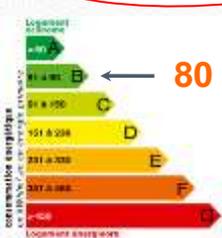
→ Vers des bâtiments performants !



Repère de la performance énergétique dans l'existant en France.

→ le niveau "basse consommation" (label BBC rénovation & certification Effinergie)

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



80 kWh/m². an x



Niveau	Coût moyen
≤ 40 kWh/m²	0.1
> 40 et ≤ 65 kWh/m²	0.2
> 65 kWh/m²	0.3



Consommation conventionnelle pour le chauffage, la climatisation, la ventilation, l'éclairage, les auxiliaires et la production d'ECS. En énergie primaire par m² de surface hors oeuvre nette

Comment faire ??

Le parc français.

33 millions de logements et 900 millions de m² tertiaire, qu'il faut entretenir, rénover, réaffecter et amener à terme en moyenne au niveau BBC !



Sommaire.

- . Posons le sujet
- . **Réhab. BBC, on change d'univers**
- . Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
- . Complémentarité des options de base
- . En guise de conclusion
- . Ressources

➔ **Vers des bâtiments performants :**

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 maîtrisant la ventilation
- **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

→ Vers des bâtiments performants :

On change d'univers !

A partir d'aujourd'hui ...

- Les ponts thermiques prennent le pas sur l'isolation des parties courantes / Les déperditions par défauts d'étanchéité sont supérieures à celles du système de ventilation
- Les épaisseurs prévues pour les isolants disqualifient les produits demandant beaucoup d'énergie à être produits
- 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 supérieures aux conso de chauffage
- Le potentiel des ENR est supérieur aux consommations
- Les conso peuvent être multipliées du fait de comportements ou réglages non adaptés

→ Vers des bâtiments performants :

On change d'univers !

→ Il va falloir penser global ...

- **Approche intégrée**
 - Energie + Confort + Qualité de l'air
 - Climat + Bâtiments/Systèmes + Occupants/Gestionnaires
 - Coûts des investissements + Coûts de fonctionnement
- **Conception architecturale**
 - Forme et orientation du bâti
 - Conception des espaces
 - Insertion dans le site
- **Enveloppe et systèmes réactifs**
 - A l'environnement extérieur et aux occupants

Sommaire.

- . Posons le sujet
- . Réhab. BBC, on change d'univers
- . **Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant**
- . Complémentarité des options de base
- . En guise de conclusion
- . Ressources

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



... *Vis à vis des parois et systèmes ?*

→ Vers des bâtiments performants :

Aucune solution imposée mais tout de même des tendances, des invitations !

→ Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/(m².K)	Isolant (cm)
Hier	Non isolé		
Aujourd'hui	Isolé	0,40	10
Demain	MURS :	≈ 0,25 à 0,15	15 à 30
	TOITURE	U en W/(m².K)	Isolant (cm)
Hier	Non isolé		
Aujourd'hui	Isolé	< 0,20	20 à 30
Demain	TOITURES :	≈ 0,12 à 0,08	30 à 50
	SOLS	U en W/(m².K)	Isolant (cm)
Hier	Non isolé		
Aujourd'hui	Isolé	0,60	4 à 6
Demain	SOLS :	≈ 0,30 à 0,15	10 à 25

→ Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances lourdes !

	Baies vitrées	Ponts thermiques	Ventilation et Perméabilité à l'air
Hier	Simple vitrage Uw ≈ 4 W/m ² K Cadre bois, alu, acier	PT nombreux mais faibles	Ouverture des fenêtres + perméabilité non maîtrisée
Aujourd'hui	Double vitrage à IR Uw ≈ 1,7 W/m ² K Bois, PVC, ou alu avec RT	PT souvent importants	VMC hygro, qq. fois DF à RC, perméabilité courante
Demain	Double ou triple VIR Uw < 1,1 W/m²K Bois ou PVC avec RT Volet et protections solaires estivales	PT faibles à très faibles	Moteur TBC, Simple ou double flux hygrorèglable + perméabilité maîtrisée

➤ 32

→ Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances lourdes !

	Chauffage	Installation de chauffage	Production d'ECS
Hier	Vieille chaudière	Radiateur à eau chaude, simple vanne	Ballon électrique ou sur chaudière
Aujourd'hui	Chaudière basse température ou à condensation	Isolation des conduits (Cl.3), pompes assujetties, vannes thermostatiques...	ECS solaire, isolation des conduits (classe 3)
Demain	PAC sur énergie récupérée, réseau de chaleur... voire cogé: nération gaz ou bois...	Sur-isolation des pompes, conduits..., vanne électro- thermique, boucles, Tbt° ou chauffage par air...	Robinetterie économe, tuyaux limités et sur-isolés, ECS solaire ou PAC sur énergie récupérée...

➤ 33

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



... Les principes ?

Les principes de base

- ❖ **Enregistrer les besoins... mais également les envies...**
- ❖ **Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts**
- ❖ **Evaluer les enjeux (énergétiques...)**
- ❖ **Repérer les solutions techniques, financières... possibles**
- ❖ **Assainir le bâtiment s'il ne l'est pas**
- ❖ **Fixer un ensemble de solutions (conceptuelles et techniques) complémentaires**
- ❖ **Réaliser les travaux en respectant la qualité de mise en oeuvre nécessaire**
- ❖ **et puis : ajuster les équipements, réceptionner, suivre les consos... et réajuster de nouveau.**

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... ?

Les principes de base (2 de 2)

- 1. Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les atouts**
- 2. Optimiser l'utilisation de l'espace, ajuster l'aménagement et la conception**
- 3. Agir sur l'enveloppe pour :**
 - Réduire les pertes
 - Augmenter les apports
- 4. Optimiser les installations, choisir des équipements adaptés... et faire le choix d'énergies à faibles impacts environnementaux.**



Etape n°1.

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

Le diagnostic.

De nombreuses méthodes proposées pour :

- *Connaître l'histoire du bâtiment*
- *Le situer dans son environnement*
- *Évaluer sa vétusté*
- *Comprendre le fonctionnement du bâti*
- *Repérer les éventuels désordres*
- *Inventorier les faiblesses, les contraintes... mais également les opportunités*
- *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 normes 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.*

> 38

Le diagnostic.

De nombreuses méthodes proposées pour :

- *Connaître l'histoire du bâtiment*
- *Le situer dans son environnement*
- *Évaluer sa vétusté*
- *Comprendre le fonctionnement du bâti*
- *Repérer les éventuels désordres*
- *Inventorier les faiblesses, les contraintes... mais également les opportunités*
- *Evaluer les enjeux énergétiques...*

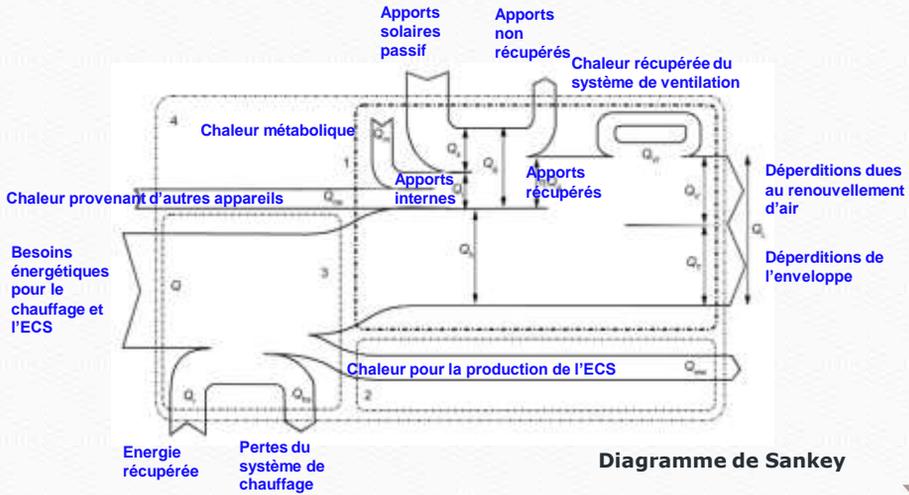


** Dans le présent document, le terme diagnostic est utilisé dans son sens large "diagnostic/état des lieux" et non pas selon le sens de la normes NF X 60-010 (Maintenance – Vocabulaire de maintenance et de gestion des biens durables) qui fait référence à la recherche de causes de défaillances ou dégradations.*

> 39

Le diagnostic.

Repérer / évaluer les enjeux énergétiques ?

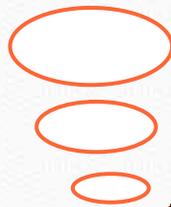


Le diagnostic.

Repérer / évaluer les enjeux énergétiques ?



Pour les bâtiments "simples", nous pouvons penser que nous aurons assez vite des méthodes nous permettant d'entrevoir des « solutions type* » (sans besoin de véritable diagnostic énergétique).



** Approche également connue avec la terminologie "Solution Technique de Référence" ou STR
→ voir réflexions du BET ENERTECH : www.enertech.fr*

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



... Les leviers possibles ?

Cinq leviers possibles,

que l'on actionnera +/- selon le type de bâtiment, les opportunités... et les compétences en place.

Conception.
Optimisation des espaces, création de zones spécifiques, ajustement des façades et abords, ouverture au soleil...

Limitation des déperditions
Isolation, étanchéité à l'air, gestion des PT, baies isolantes...

Augmentation des apports
Baies vitrées + inertie int., espaces tampons +/- actifs (atrium, serre...), murs capteurs...

Les équipements
Optimisation de l'éclairage et des installations de ventilation, chauffage, ECS et traitement de l'air...

Comportement et entretien
Adaptation des comportements, suivi des consommations, ajustement des installations, entretien régulier...

Cinq leviers possibles,
que l'on actionnera +/- selon le type de bâtiment, les opportunités... et les compétences en place.

Levier n°1.

**Optimiser l'utilisation de l'espace,
ajuster l'aménagement et la
conception.**

... Attention à ne pas faire trop grand !

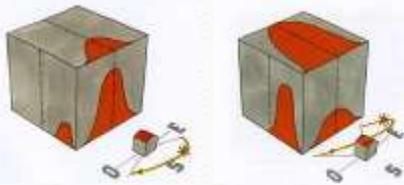
Optimiser l'utilisation de l'espace, ajuster l'aménagement et la conception

- ❖ **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** (capteurs ou isolants) ?
- ❖ **L'ensemble des volumes sera t'il chauffé ?** (Penser aux utilisations plus saisonnières, à l'approche évolutive, proposer différents zonages...)
- ❖ **Une mutualisation est-elle possible** (chaufferie, buanderie, studio d'amis, garages...)



➤ 46

Optimiser l'utilisation de l'espace, ajuster l'aménagement et la conception

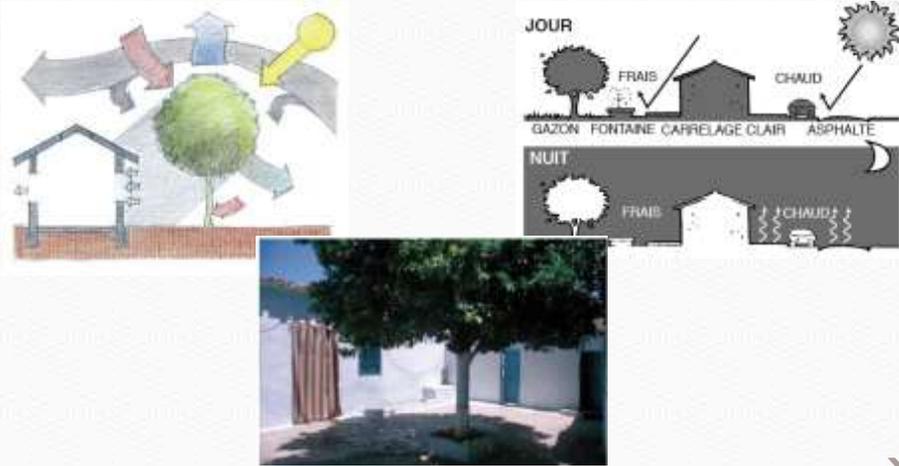


- ❖ **Ajuster les pièces... et les baies vitrées en fonction de la courbe du soleil et des besoins de chaleur & de lumière**



➤ 47

Optimiser l'espace, ajuster l'aménagement... également à l'extérieur (façades, parcelle)



Optimiser l'espace, ajuster l'aménagement... également à l'extérieur (façades, parcelle)

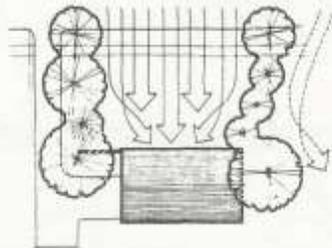
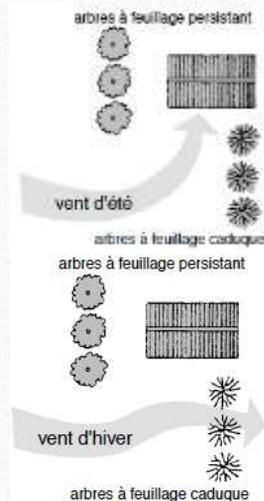


Fig. 8.1.B: Entonnoirs à vent. La plantation des arbres peut permettre de canaliser le vent, et même d'augmenter sa vitesse, afin d'augmenter la ventilation naturelle du bâtiment.





Levier n°2.

Agir sur l'enveloppe pour réduire les pertes.

Agir sur l'enveloppe / 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 de U ? Quelle valeur future ? (0,15... à 0.10 W/m²K ?)**
- **Quelle technique d'isolation ?** (peut-on isoler par le dessus ?...)
- **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 ?...**

Agir sur l'enveloppe / 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 ? (0,30... À 0.12 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 choisir ?**
- **Y-a-t-il des contraintes esthétiques, réglementaires ? De places ?**
- **Quelles connaissances / compétences ont les entreprises locales?...**

Agir sur l'enveloppe / Réduire les pertes



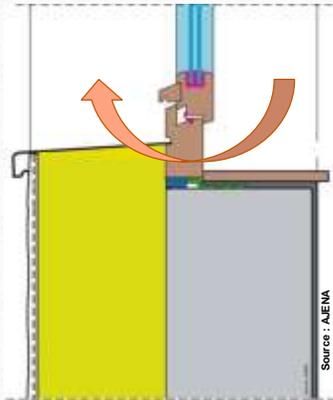
Isolation thermique des sols

- **Quel type de sol, de plancher** (dalle lourde, plancher bois ...) ?
- **Est-il sain ? Humide ? Isolé ?**
- **Quel est l'état du revêtement ?**
- **Est-il possible de déposer les anciens sols, de creuser, de surélever ?**
- **Quelle valeur initiale du U ? Quelle valeur future ? (0,40... À 0.15 W/m²K ?)**
- **Quel type d'isolation thermique ? Quel(s) matériau(x) choisir ?**
- **Comment optimiser le captage solaire ?** (sol sombre, lourd, très lourd ?...)
- **Y-a-t-il possibilité / opportunité d'un plancher chauffant ?**
- **Si l'on ne peut isoler le sol, peut on isoler sa périphérie ?**
- **Quelles connaissances/ compétences ont les entreprises locales ?...**

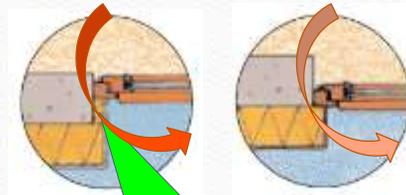
Agir sur l'enveloppe / Réduire les pertes



Traitement des ponts thermiques (exemples ITE)



Source : AJEVA



Super isolants ?
(Aérogel ou isolant sous vite)



Source : Energies vertes du Bourbonnais

← : PT de limité à très limité

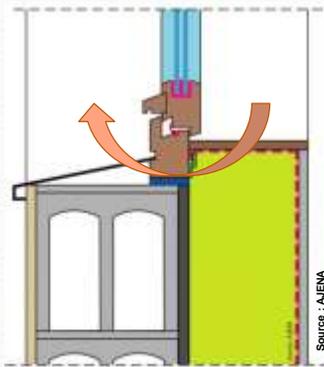
Exemple de bas de murs →

Source : L'isolation thermique écologique

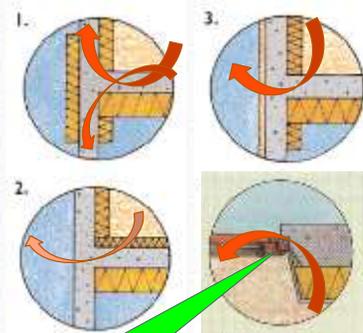
Agir sur l'enveloppe / Réduire les pertes



Traitement des ponts thermiques (exemples ITI)



Source : AJEVA



Super isolants ?

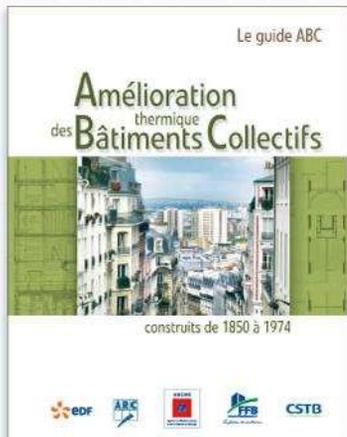
← : PT de limité à très limité

Source : L'isolation thermique écologique

Agir sur l'enveloppe / Réduire les pertes



Traitement des ponts thermiques (réf.)



Façade		Plancher	Mansard		Mansard		Mansard	
			10 ans	15 ans	10 ans	15 ans	10 ans	15 ans
Pierres	Brique	Brique	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$
			0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$
	Mauve	Mauve	0,09 et $R_{si} = 1,03$					
			0,09 et $R_{si} = 1,03$					
Brique	Brique	Brique	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$	0,10 et $R_{si} = 1,02$ et $R_{se} = 1,12$
			0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$	0,04 et $R_{si} = 2,04$ et $R_{se} = 2,07$
	Mauve	Mauve	0,09 et $R_{si} = 1,03$					
			0,09 et $R_{si} = 1,03$					

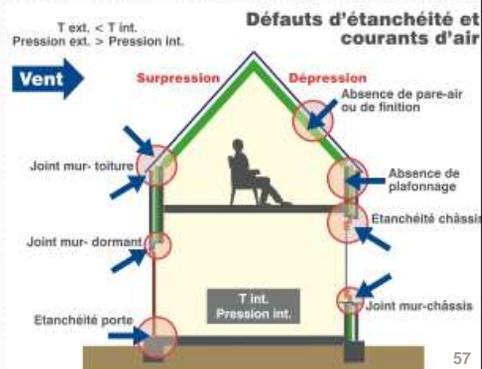
← Ouvrage de référence sur la réhabilitation thermique. Avec 70 pages consacrées aux ponts thermiques

Agir sur l'enveloppe / Réduire les pertes



Étanchéité à l'air des bâtiments

- Où se trouvent les fuites d'air parasites ?
- Lesquelles peuvent être traitées par une 1^{ère} 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 ?...



Agir sur l'enveloppe / 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...
- Quelle stratégie pour le confort d'été ? (surventilation des parements...)
- Y a t'il des agencements à préserver / restaurer ?
- S'inspirer des solutions / traditions locales...
- Profiter de ces protections pour animer / habiller les façades...
- Quels matériaux et technique choisir ? ...



58

Agir sur l'enveloppe / 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 ? ($0.90 < U_{jn} < 1,50 \text{ Wh/m}^2.K$)
- Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappe spécifique...)
- Y-a-t-il des contraintes esthétiques, réglementaires ?
- Quelles connaissances/compétences ...



45 %



63 %



69 %



73 %



78 %



82 %





Levier n°3.

Agir sur l'enveloppe pour augmenter les apports.

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

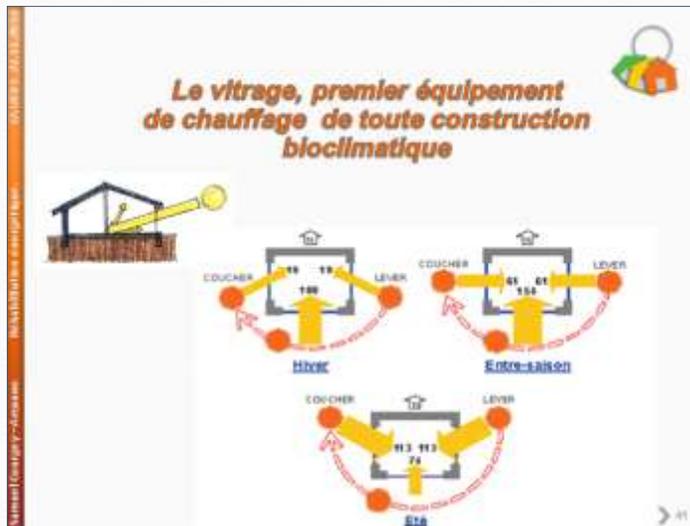
Optimiser l'utilisation de l'espace, ajuster l'aménagement et la conception



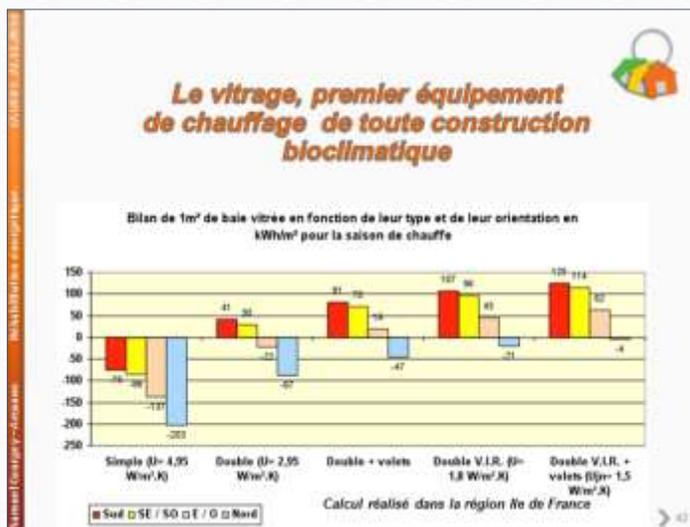
✦ **Ajuster les pièces... et les baies vitrées en fonction de la courbe du soleil et des besoins de chaleur & de lumière**



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



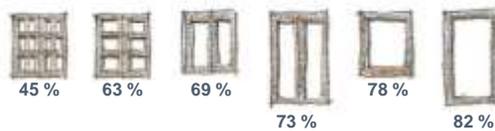
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Agir sur l'enveloppe / 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 ? (0.90 < Ujn < 1,50 Wh/m².K)*
- *Stratégie pour le confort d'été (OB et/ou trappe spécifique...)*
- *Y-a-t-il des contraintes esthétiques, réglementaires ?*
- *Quelles connaissances/compétences ...*



Agir sur l'enveloppe / 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

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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



Architecte : O. Le Monnier
Consultant : JP. Oliva
Maître d'ouvrage & thermique :
Jérôme Couston



• Réhabilitation 12 kWh/m².an

➤ 68

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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



Conception : Yves Jautard



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

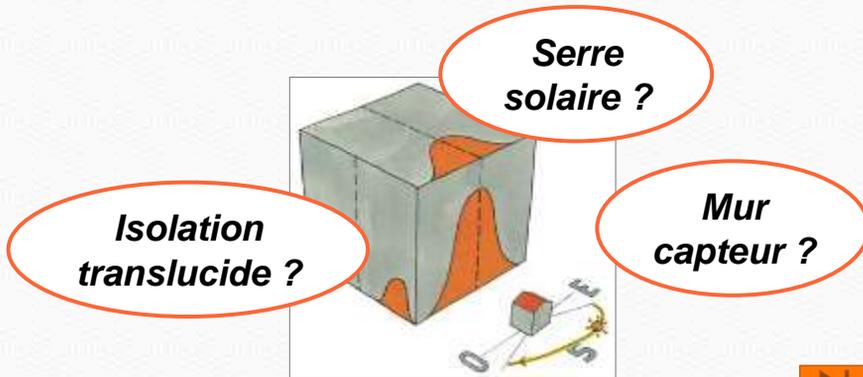
Façades SE à SO : s'ouvrir au soleil par la création de nouvelles ouvertures ?



Conception : Yves Baret

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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





Levier n°4.

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

> 74

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

Le chauffage



> 75

. Le chauffage

Pour une installation performante :

- **Ajuster l'installation aux nouveaux besoins** (diminution.^t du générateur, des pompes...), **ajuster les émetteurs à la configuration des locaux** (ne plus les mettre devant les fenêtre...)
- **Pour les émetteurs, préférer le rayonnement** (dalle ou plancher chauffant, cloison ou mur chauffant...), **et/ou les systèmes très réactifs**. (Et penser mettre des réflecteurs derrière les émetteurs, ne pas mettre de 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, position.t ajusté des sondes, régulateurs à faible différentiel, vannes à moteur électro-thermique...), **la basse ou très basse t°**

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

76

. Le chauffage

Pour une installation performante :

- **Ajuster la complémentarité avec la production d'ECS et/ou la VMC**
- **Étudier la possibilité de mettre en commun la production avec d'autres bâtiments** (micro réseau de chaleur...)
- **Opter pour une énergie renouvelable** (bois avec ballon tampon, pellets, PAC géothermale...), **pour de la récupération** (énergie fatale). **Etudier 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 de réglage, choisir du matériel simple d'utilisation, signer un contrat de maintenance...**

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 →



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

La production d'ECS



. 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** (*contenance des ballons de stockage, réalisation d'un bouclage ? Alimentation des LL et LV ? Installation de chauffe-eaux décentrés...*)
- **Choisir en base l'énergie solaire ou la récupération de calories** (*échangeurs sur eaux usées ? PAC sur air extrait ?...*)
- **Sur-isoler ballon(s) et conduits.** (*Viser la classe 6*)
- **Limitier les traversées d'isolants** (*thermiques et phoniques*)
- **Limitier / vérifier la température de l'eau**
- **Ajuster la complémentarité avec le chauf. et la VMC**
- **Suivre les consos... *et sensibiliser l'utilisateur !***



Système de récupération des calories sur eaux usées

**Mais en a t'on
besoin dans des
bâtiments BBC ?**

Le refroidissement



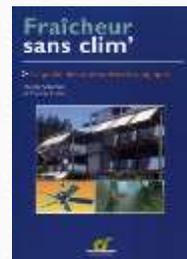
. Le rafraîchissement

Dans les bâtiments performants, les besoins de rafraîchissement n'existent généralement pas, parce que :

- L'enveloppe est bien isolée (isolation conséquente, sans PT, sans inétanchéités à l'air...);
- Des protections solaires efficaces sont installées... et utilisées ;
- Les surfaces vitrées et les apports internes sont limités ;
- Les débits de VMC sont au minimum durant les journées chaudes ;
- Les utilisateurs ajustent leur comportement ;
- Et, si une surventilation nocturne est possible, un ensemble masse inertie / freecooling est proposé.

Et s'il reste des besoins, nombre de systèmes ont un meilleur bilan que la "clim" :

- brasseurs d'air ;
- puits climatique / puits hydraulique ;
- circulation d'eau tempérée ;
- brumisateurs...



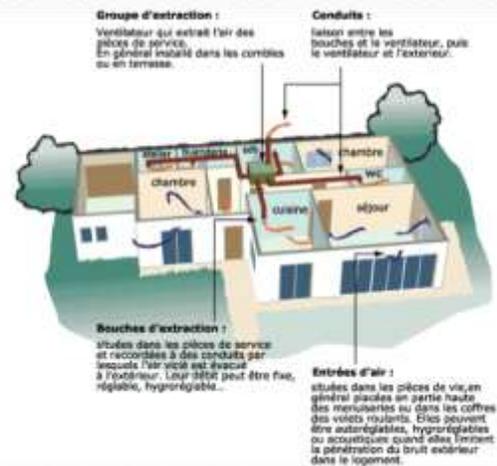
"Petit" livre faisant le tour du sujet

La ventilation

➤ 82

Un système de renouvellement d'air à flux maîtrisés pour :

- ❖ Evacuer l'humidité et les polluants
- ❖ Assurer la pérennité du bâti
- ❖ Renouveler l'oxygène
- ❖ Balayer l'ensemble des espaces intérieurs
- ❖ ... Et ceci sans envoyer trop de calories dehors l'hiver, sans en faire rentrer trop l'été !



➤ 83

VMC “Hygro B” ou “Double flux” ???

Arguments invitant plus à une VMC « Hygro B »	Arguments invitant plus à une VMC « Double Flux »
Faible densité d'occupation	Forte densité d'occupation
Climat chaud ou tempéré	Climat froid. Zone bruyante et/ou polluée
Sources de pollution intérieure limitées	Peu d'attention portée à la pollution int.
Bâtiment peu étanche à l'air	Bâtiment étanche à l'air, ou risque de radon
Recherche de solutions simples (low tech)	Besoin de se raccorder à un puits climatique
Absence de plenum, cheminée, shunt...	Présence de plenum, cheminées, Shunt...

Si la majorité des situations peut se satisfaire de l'un de ces deux systèmes, les marges de progrès les concernant existent encore : conso des ventilateurs, assujettissements aux besoins, facilités d'entretien...

> 84

Ventilation : d'autres systèmes ??

- ❖ **Ventilation naturelle** (à l'ancienne). Elle n'est pas plus adaptée aux exigences actuelles de confort que d'efficacité.
- ❖ **Ventilation naturelle assistée (VNA)* et ventilation par insufflation (VI)**. Si ce n'est en tertiaire, le budget dévolu au lot “ventilation” permet-il des installations efficaces ?
- ❖ **La VMR** (ventilation mécanique répartie, ou “pièce par pièce”). L'économie de conduits justifie t'elle de multiplier les ventilateurs (conso, investissements) ?
- ❖ **Le puits climatique** (puits canadien ou provençal). Ce n'est pas un système de ventilation, mais de traitement de l'air entrant.

* Également appelée “ventilation hybride”, ou simplement “ventilation naturelle”.

> 85

Pour une ventilation efficace et économe :

- **Bien dimensionner l'installation** (débits des bouches, diamètre des conduits, choix de coudes ouverts, puissance des moteurs...)
- **Choisir des ventilateurs économes** ($< 0,10$ à $0,15$ Wh/m³)
- **Pour les doubles-flux, choisir un récupérateur à haut rend.^t** ($> 85\%$)
- **Ne pas obstruer les entrées et sorties d'air, ne pas oublier le détalonnage des portes...**
- **Vérifier la compatibilité avec le chauffage**
- **Choisir des conduits rigides pour les espaces non accessibles, anticiper la gestion des condensats**
- **Limiter les traversées d'isolants et d'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...**

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 la qualité des prestations (type de produit choisi, dimensionnement, qualité de pose, entretien...) qui doit être revue à la hausse.

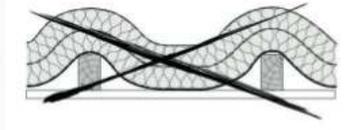
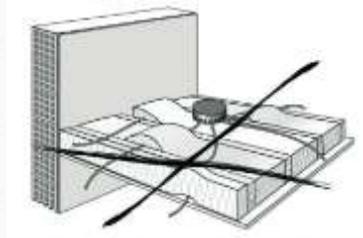


Pour un bâtiment énergétiquement performant ??



La qualité de mise en œuvre

. La qualité de mise en œuvre



Les Règles de l'Art

. La qualité de mise en œuvre

Les principes de...

. Des parois s...

. Une e...

. Le chauffage

. La production d'ECS

Pour une installation performante :

Pour une ventilation efficace et économe :

- Ajuster
- Etudier
- Opter p...
- Penser
- Permis...
- Vérifier la compatibilité avec le chauffage
- Choisir des conduits rigides pour les espaces non accessibles, anticiper la gestion des condensats
- Limiter les traversées d'isolants et d'étanchéité à l'air
- Attention au bruit des moteurs et autres vibrations (règles de lieu et des travaux pour le bloc traité; choix des sections et supports pour les conduits)
- Nettoyer régulièrement les bouches, filtres, conduits...

La réussite d'un projet en plus de prévoir...

... et le coût des prestations ??

une gestion de chantier qui...

Cas de détail extérieur: MINSINPIL

Sommaire.

- . Posons le sujet
- . Réhab. BBC, on change d'univers
- . Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
- . Complémentarité des options de base**
- . En guise de conclusion
- . Ressources

Rappel des (principales) options de base

→ Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances lourdes !

	SEULE	à la fois (1) et (2)	à la fois (1) et (3)
Mer	Walls (end)		
Apprend/fin	Isol	0,80	11
Dernier	MIAM	< 0,24	18 à 90
	Isol		
Mer	Walls (end)		
Apprend/fin	Isol	< 0,25	10 à 37
Dernier	SOLITURES	< 0,18	10 à 30
	Isol		
Mer	Walls (end)		
Apprend/fin	Isol	0,20	4 à 8
Dernier	SOIG	< 0,25	18 à 30

→ Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances lourdes !

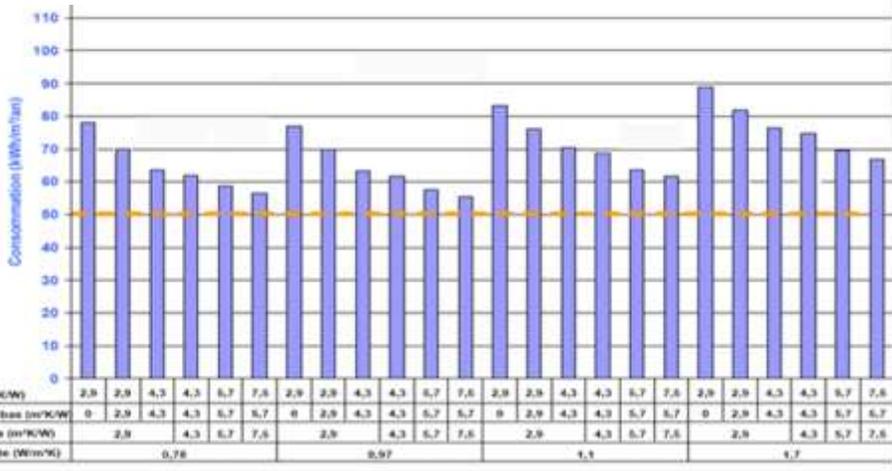
	Solés (1) et (2)	Perfor... (3) et (4)	Ventilation et Perforabilité à l'air
Mer	Simple vitrage Uw = 4,00 W/m²K Cespro, etc. etc.	VT moyenne mais faible	Optimiser des fenêtres + perméabilité des joints
Apprend/fin	Double vitrage à R Uw = 1,7 W/m²K R4i, PVC, ou plus que 90	VT accrue importante	VMC Hygro, ou VMC EF à R4i, perméabilité contrôlée
Dernier	Double ou triple VCR Uw = 1,2 W/m²K Isol de PVC avec RT Isol et protection solutions étanches	VT faible à très faible	Mesure TBC Simple ou double face Hygroglorie + perméabilité maîtrisée

	Chauffage	Installation de chauffage	Production d'EC2
Mer	Walls chauffage	Solaires / à eau chaude, simple corps	Walls chauffage ou per... efficace
Apprend/fin	Thermostat basse température ou à condensation	révision des conduits (ETC), pompes à chaleur, vannes thermostatiques...	EC2 solaires, isolation des conduits (ETC)
Dernier	Coproduction Gaz ou bois, PAC sur énergie renouvelée, réseaux de chaleur...	Sur-sélection des pompes, radiateurs, vannes Macro-Thermiques, boîtes, TRV ou chauffage par ai...	Régulation économique, Vannes limités et sensés, ECR solaires ou PAC sur énergie renouvelée...

Pertinence des solutions de base

Jouer la complémentarité des solutions ...

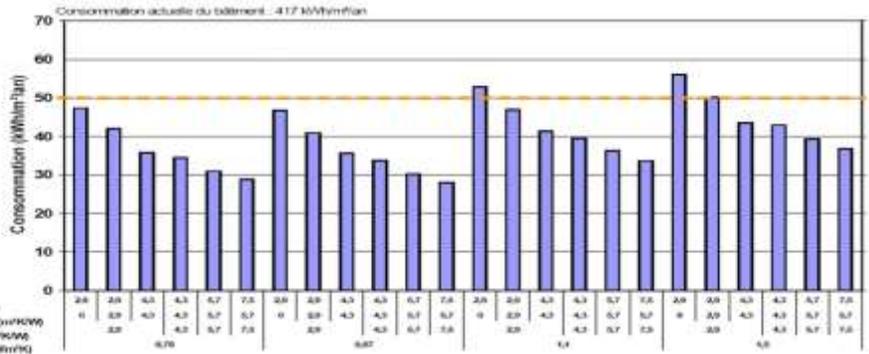
Source : www.enertech.fr "Vosges31" - consommation énergie primaire
Energie GAZ Version sans échangeur



Pertinence des solutions de base

Jouer la complémentarité des solutions ...

Source : www.enertech.fr "Vosges31" - consommation énergie primaire
Energie GAZ Version sans échangeur



Pertinence des solutions de base

Jouer la complémentarité des solutions ...

Source : www.enertech.fr

"Vosges31" - consommation énergie primaire
Energie GAZ Version sans échangeur

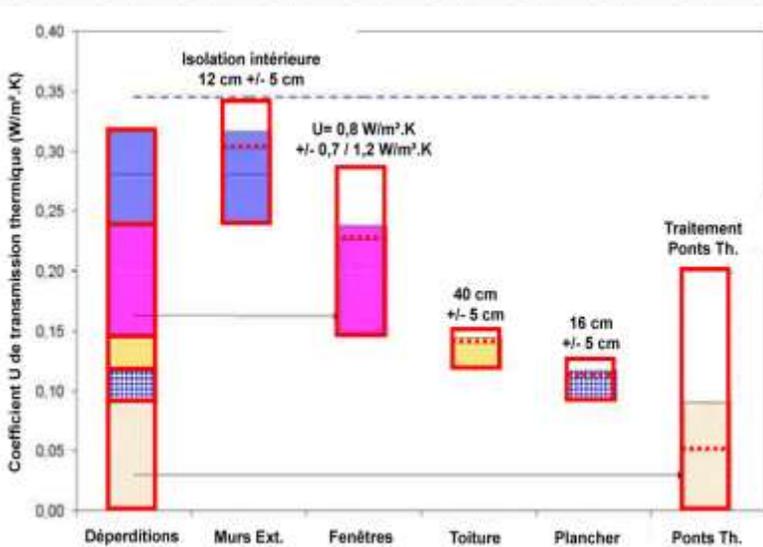
Pour atteindre le niveau BBC, nul besoin de solutions d'excellence... mais il faut :

- 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.



Pertinence des solutions de base

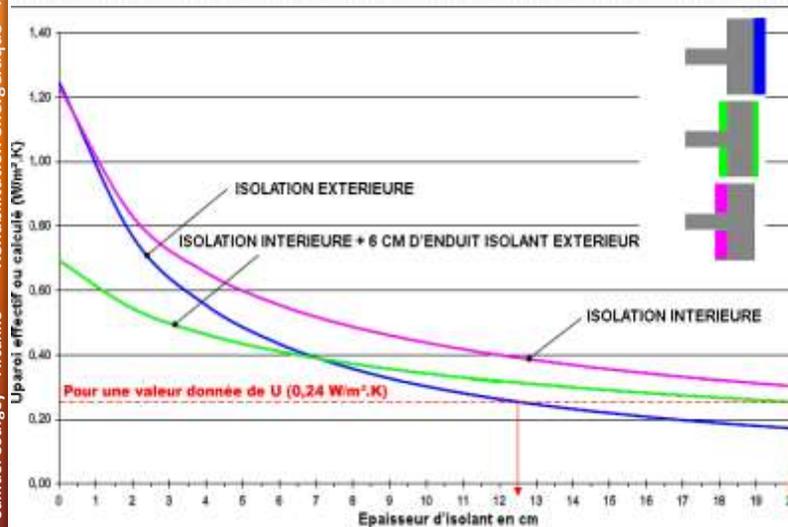
Jouer la complémentarité des solutions ...



Source : <http://projekte.neh-im-bestand.de>

Pertinence des solutions de base

Jouer la complémentarité des solutions ...



Source : <http://projekte.neh-im-bestand.de>

Lambda isolant : 0.035W/mK
Lambda enduit : 0.095W/mK

Sommaire.

- . Posons le sujet
- . Réhab. BBC, on change d'univers
- . Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
- . Complémentarité des options de base
- . **En guise de conclusion**
- . Ressources



→ Vers des bâtiments performants :
On change d'univers !



→ Vers des bâtiments performants :
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 maîtrisant la ventilation
- 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





Vers des bâtiments performants : *On change d'univers !*

A partir d'aujourd'hui ...

- Les ponts thermiques prennent le pas sur l'isolation des parties courantes / Les déperditions par défauts d'étanchéité sont supérieures à celles du système de ventilation
- Les épaisseurs prévues pour les isolants disqualifient les produits demandant beaucoup d'énergie à être produits
- 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 supérieures aux conso de chauffage
- Le potentiel des ENR est supérieur aux consommations
- Les conso peuvent être multipliées du fait de comportements ou réglages non adaptés



➔ Vers des bâtiments performants : *On change d'univers !*

➔ Il va falloir penser global ...

- Approche intégrée
 - Energie + Confort + Qualité de l'air
 - Climat + Bâtiments/Systèmes + Occupants/Gestionnaires
 - Coûts des investissements + Coûts de fonctionnement
- Conception architecturale
 - Forme et orientation du bâti
 - Conception des espaces
 - Insertion dans le site
- Enveloppe et systèmes réactifs
 - A l'environnement extérieur et aux occupants



En guise de conclusion !

- Que sait-on ? Où va t'on ?

1. Il faut réhabiliter à terme l'ensemble du parc.
2. Cet immense chantier est une opportunité économique, climatique, environnementale et sociale.
3. La majorité des acteurs estime que le niveau BBC est un premier repère pertinent.
4. Une réhabilitation par étapes complexifie et hypothèque l'atteinte d'un niveau de performance élevé
5. Le temps et le soin à apporter lors des phases "diagnostic", "conception", "mise en œuvre" et "gestion de chantier" ne correspondent pas aux habitudes actuelles.

En guise de conclusion !

- Q

→ **Nécessité de sensibiliser, former... et donner les moyens aux professionnels d'assurer des prestations de qualité !**

1. Il faut réhabiliter à terme l'ensemble du parc.
2. Cet immense chantier est une opportunité économique, climatique, environnementale et sociale.
3. La majorité des acteurs estime que le niveau BBC est un premier repère pertinent.
4. Une réhabilitation par étapes complexifie et hypothèque l'atteinte d'un niveau de performance élevé
5. Le temps et le soin à apporter lors des phases "diagnostic", "conception", "mise en œuvre" et "gestion de chantier" ne correspondent pas aux habitudes actuelles.



En guise de conclusion !

- Des questionnements subsistent !

- ❖ **Comportement des murs anciens vis à vis :**
 - de leurs performances thermiques réelles ;
 - de l'humidité : quelles précautions ? Pour qu'elles situations?...
- ❖ **Isolation par l'intérieur :**
 - A partir de quand le mur peut-il geler ? Les têtes de poutres pourrir ?...
- ❖ **Règles de l'art / Signes de qualité :** Quels documents suivre en attendant leur réécriture / réajustement ? Et :
 - seront-ils seulement relookés ou réellement réécrits ?
 - resteront-ils ou non un frein à l'innovation et à l'introduction de solutions extra nationales ?...

➤ 106

En guise de conclusion !

. Des pistes (techniques) non encore réellement exploitées !

- ❖ **Composer plus finement avec les parements int. ou ext.**
(surface laissée rugueuse, choix de matériaux hygroscopiques...)
- ❖ **Le potentiel des enduits (vraiment) isolants, des « super » isolants (isolants sous vide et nanogel), des isolants transparents, de la récupération de chaleur...**
- ❖ **Transformer tout ou partie du mur sud en surface caprice**
(mur capteur, serre solaire...)



➤ 107

En guise de conclusion !

. Des pistes (environnementales) non encore réellement exploitées !

- ❖ **Les “éco-matériaux”**. Matériaux “bio-sourcés”, à faible “énergie grise”, “puits de carbone”, matériaux réutilisables, issus de récupération, de filières locales...



- ❖ **Utilisation d'énergies renouvelables ou fatales**. Chauffage bois, PSD, réseau de chaleur sur géothermie profonde, valorisation de la chaleur des eaux usées ...



- ❖ **Production d'énergie ?**
Photovoltaïque, co-génération bois...



108

En guise de conclusion !

. Rénovation du bâti existant !

Nous ne sommes pas au milieu du gué, nous approchons seulement la rivière.

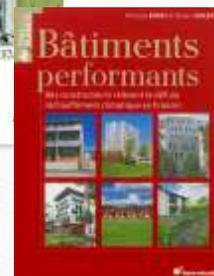
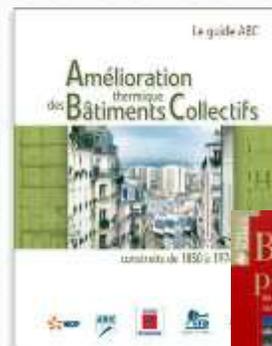
Il faut donc travailler en conséquence, c'est à dire, prudemment (faire preuve de bon sens, comprendre avant de décider, prendre le temps de se former...)

... Mais attention : un cap doit être donné, ...et tenu !

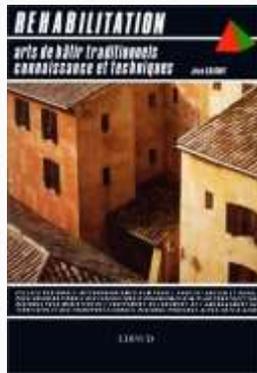
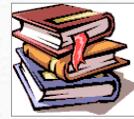
Sommaire.

- . La réalité du parc / Posons le sujet
- . Réhab. BBC, on change d'univers
- . Pour faire atteindre le niveau BBC à un bâtiment existant
- . Complémentarité des options de base
- . Et lorsque l'on ne peut (vraiment) isoler ?
- . En guise de conclusion
- . **Ressources**

. En ouvrages génériques sur la réhabilitation thermique

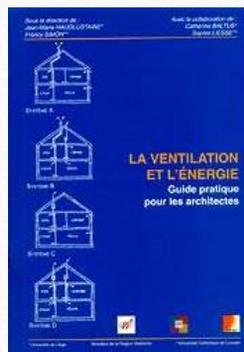


... plus spécifiquement sur les techniques de l'existant



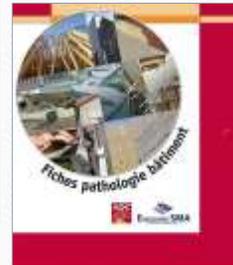
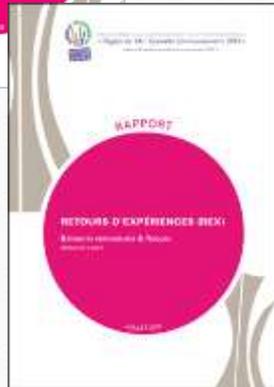
> 112

... et plus sur la ventilation



> 113

... plus sur l'approche « pathologie »

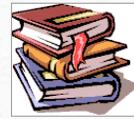


Et plus largement l'ensemble des productions de l'Agence Qualité Construction (AQC).
www.qualiteconstruction.com

... plus sur la qualité de l'air intérieur.



Quelques uns des nombreux sites possibles :



www.ademe.fr
www.air-interieur.org
www.cete-lyon.equipement.gouv.fr
www.cetiat.fr
www.cstb.fr
www.climat.arch.ucl.ac.be
www.costic.com
www.energie.wallonie.be
www.effinergie.org
www.enertech.fr

www.envirobat-med.net
www.qualiteconstruction.com
www.legrenelle-environnement.fr
www.maisonpassive.be
www.developpement-durable.gouv.fr
www.minergie.ch
www.negawatt.fr
www.rt-batiment.fr
www.architectes.org

....

Repères pour des logiciels (de th°, de STD, de QEB...) :

- . <http://www.bourgogne-batiment-durable.fr>
- . apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/

Focus.

Focus n°1. Et lorsque l'on ne peut (vraiment) isoler ?

Focus n°2. Le mur ancien

Focus.

Focus n°1. Et lorsque l'on ne peut (vraiment) isoler ?

Focus n°2. Le mur ancien



Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/(m².K)	Isolant (cm)
Hier	Non isolé		
Aujourd'hui			
Aujourd'hui	Isolé	0,60	4 à 5
Demain	SOLS :	= 0,30 à 0,15	10 à 25

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



Les principes de

1. Réaliser un état des lieux, repérer les contraintes, mais également les opportunités.
2. Optimiser l'utilisation de l'espace, l'aménagement et la conception.
3. Agir sur l'enveloppe pour :
 - Réduire les pertes
 - Augmenter les apports
4. Optimiser les installations, choisir des équipements adaptés... et faire le choix des matériaux les plus performants et les plus adaptés à l'environnement.

Moins on peut isoler et investir dans des équipements, plus il faudra investir dans la conception
 (optimiser les espaces, créer des zones spécifiques, augmenter les apports)



Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

En plus d'optimiser la conception, les équipements, corriger les ponts thermiques et améliorer l'étancher à l'air des parois :

- *Pose d'une isolation de faible épaisseur coté int. et/ou ext. et... lorsque ce n'est pas possible :*
- *Projection d'un enduit (vraiment) isolant coté int. et/ou ext. 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).*

➤ 123

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ *Enduits isolants ($0,045 < \lambda < 0,075$ W/mK)*



Photos : Diathonite Evolution

➤ 124

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ **Enduits isolants** ($0,045 < \lambda < 0,075 \text{ W/mK}$)

- ❖ **Attention, le λ d'un enduit isolant oscille de 0,045 à 0,075 W/mK, ce qui change tout !** (Voire 0.15 et 0.20... mais si leurs promoteurs parlent toujours d'enduits isolants, nous, nous les appelons "correcteurs thermiques")
- ❖ **Avec par exemple 6 cm d'enduit isolant ($\lambda = 0,065$) coté intérieur, on ne fait que de l'ordre de 50 % du chemin pour arriver à la basse consommation... Il faudra donc se « rattraper » ailleurs**
- ❖ **... Oui mais avec ce même enduit, dès 2 cm d'épaisseur, la t° de surface s'élève de 2.6°C minimum, (4.3°C pour 6 cm)**
- ❖ **Un enduit extérieur isolant peut être très efficace en complément d'une isolation intérieure : Ponts thermiques et risques de condensation de moyennement à fortement diminués**

➤ 125

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

Exemples d'enduits isolants à base de chaux...

liste non exhaustive

**Isolteco®
(Edilteco®)**

Enduit chaux +
polystyrène
 $\lambda = 0,051 \text{ W/m}^2.\text{k}$
 $\mu = 12 \text{ à } 13$



**Diathonite
Evolution® (Diasen®)**

Enduit chaux + liège
+ argile + silice
 $\lambda = 0,045 \text{ W/m}^2.\text{k}$
 $\mu = 4$



**UNILIT 20®
(UNILIT/HD System)**

Enduit chaux +
Silice expansé
(volcatite ???)
 $\lambda = 0,066 \text{ W/m}^2.\text{k}$
 $\mu = 10$



**Biotherm®
(Haga®)**

Enduit chaux +
granulés de liège
 $\lambda = 0,07 \text{ W/m}^2.\text{k}$
 $\mu = \text{maxi } 8$



➤ 126

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ Supprimer le rayonnement froid avec un revêtement à faible effusivité



➤ 127

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ Supprimer le rayonnement froid avec un revêtement à 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 ».



➤ 128

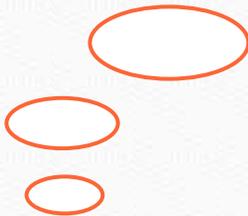
Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ *Supprimer le rayonnement froid avec un revêtement à faible effusivité*



➤ 129

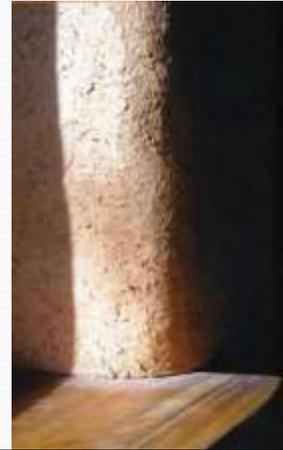
***... Mais il faut choisir.
Car soit nous avons un
parement à faible
effusivité, soit nous
avons un parement
apportant de l'inertie aux
espaces de vie !***



➤ 130

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

...Sachant que les matériaux hygroscopiques atténuent légèrement cette opposition radicale (du fait du changement de phase de l'eau)



Application d'un enduit « chanvre-chaux »

131

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les murs ?

→ Supprimer le rayonnement froid avec un revêtement à faible effusivité

Température de paroi →

... sachant que la t° ressentie est la moyenne de la t° de l'air avec celle des parois !!!

Bretagne, Octobre 2007, pièce non chauffée.
Photo Jean-Pierre OLIVA



132

Lorsque l'on ne peut pas

... Faible épaisseur d'isolation, enduits isolants, et surtout parements « chauds » :

Pour atteindre le niveau BBC avec ces solutions (plus appelées "correction thermique" qu'isolation thermique), il faudra se "rattraper" en étant très performants sur d'autres postes : conception, ventilation, isolation toiture, triple vitrage, captage solaire...

Excepter les ajustements de la conception, ça complique plutôt les choses et ça renchérit généralement les projets !



Vers des bâtiments performants...

Aucune solution imposée mais des tendances !

	MURS	U en W/(m².K)	Isolant (cm)
Hier	Non isolé		
Aujourd'hui	Isolé	0,40	10
Demain	MURS		

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

Calculé à partir de l'isolant habituel avec un lambda d'environ 0,035 W/(m.K) pour les murs et toitures, d'environ 0,025 W/(m.K) pour les sols >

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les sols ?

En plus d'optimiser la conception, les équipements, corriger les ponts thermiques et améliorer l'étancher à l'air des parois :

- **Pose d'une isolation de faible épaisseur.**
et... lorsque ce n'est pas possible :
- **Isolation de la périphérie, par l'extérieur et/ou l'intérieur.**
et... lorsque ce n'est pas possible :
- **Pose d'un sol à faible effusivité** (après avoir vérifié que ça ne fait pas prendre de risques vis à vis du confort d'été).

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les sols ?

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



Les isolant sous vide ($0,004 < \lambda < 0,008$) permettent une isolation conséquente dès 3 à 4 cm.



Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les sols ?

→ Isolation des bas de murs coté intérieur et/ou extérieur



Source : Énergies vertes du Bourbonnais

Exemple d'isolation (PUR) descendant de 30 cm sous niveau du sol

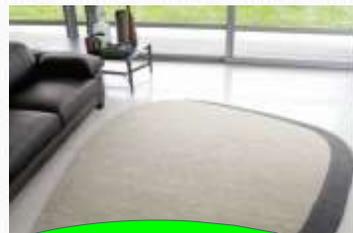


Le verre cellulaire est le seul isolant totalement invulnérable à l'eau

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les sols ?

→ Pose d'un sol à faible effusivité

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



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.

Lorsque l'on ne peut pas vraiment isoler les sols ?

→ Pose d'un sol à faible effusivité

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

Comme pour les murs, le fait de ne pas réellement isoler les sols (c'est à dire rapporter l'équivalent de 10 à 30 cm d'isolant standard), sera un choix « par défaut ».

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.

Focus.

Focus n 1. Et lorsque l'on ne peut (vraiment) isoler ?

Focus n 2. Le mur ancien

Humidité - Le mur ancien

La diversité du parc au regard de son fonctionnement hygrométrique

Fonction^t (hygrométrique) du bâti ancien



Les bâtiments anciens sont conçus comme des systèmes « ouverts » à l'humidité (« perspirants* » et capillaires).

**Par analogie à la peau humaine*

L'enveloppe des bâtiments fait écran à la pénétration de l'eau.

Par contre 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 aussitôt que les conditions le permettent.

En revanche 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



14
3

Fonction^t (hygrométrique) du bâti contemporain



Les bâtiments récents sont conçus comme des « boîtes ventilées ».

L'enveloppe des bâtiments est relativement imperméable à l'eau, à l'air,

mais également à la vapeur d'eau.

La ventilation permet un renouvellement régulier de l'air, indépendamment des conditions climatiques.

Les matériaux, généralement non capillaires, empêchent les remontées capillaires...

mais également l'évacuation des éventuelles eaux contenues dans les parois.



144

Fonction¹ (hygrométrique) du bâti contemporain



Les bâtiments récents sont conçus comme des « boîtes ventilées ».

Source : D'après le guide ANAH / Prévention et lutte contre les mères

L'envelo... est
relati...
l'ea...
n...



Les techniques conçues pour le bâtiment "contemporain" ne sont peut être pas toujours adaptées au bâti traditionnel.

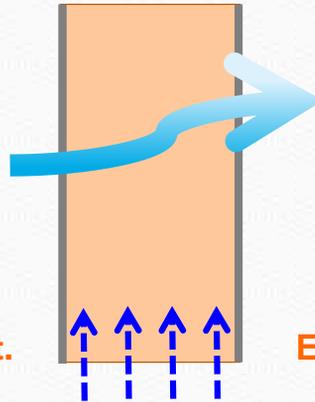
mais... des
éventuelles...
dans les parois.



Humidité / Le mur ancien

Principe de fonctionnement d'un mur ancien :

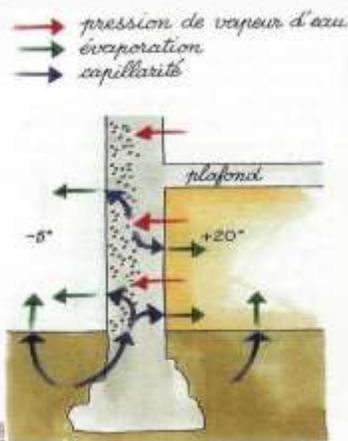
Vapeur d'eau



Remontées capillaires

> 147

Principe de fonctionnement d'un mur ancien :



Les murs anciens sont conçus comme des systèmes « ouverts » à l'humidité (perspirants et capillaires).

Mais également :

- L'air intérieur est fortement renouvelé
- Les vitrages, simples, représentent une première zone de condensation
- Les parois opaques sont relativement étanches à l'air
- La protection à la pluie est effective (enduits, débords de toitures, profils "goutte d'eau", drains...)

> 148

Mur ancien. Pour limiter les risques...

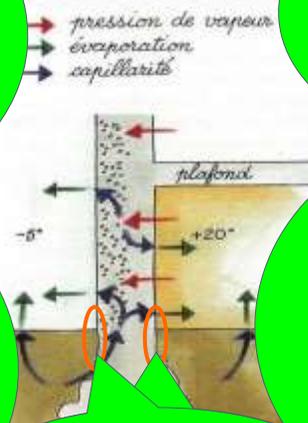
2. Choix de parements ext. imperméables (à la pluie). Dans le cas de parements ventilés : pare-pluie très ouverts à la vapeur d'eau. Dans le cas d'enduits, les choisir perspirants et capillaires.

5. Particulièrement pour les murs "sensibles" (ayant des matériaux putrescibles, gélifs, et/ou de la terre avec un rôle structurel) → un diagnostic complet est nécessaire... et deux pistes séduiront.

4. En pied de murs : choix de matériaux non capillaires et non vulnérables à l'eau.

1. Réalisation d'une étanchéité à l'air coté intérieur & installation d'un système de renouvellement régulier de l'air intérieur.

3. Coté intérieur, choix de matériaux limitant plutôt l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi... mais permettant si besoin son évacuation lorsque les conditions le permettent. (isolants ouverts à la vapeur d'eau, "freins de vapeur", membranes hygro-variables...)



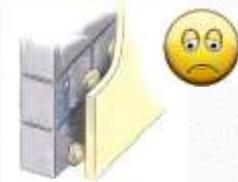
Murs sensibles, 2 pistes séduisantes :

1. Continuité capillaire

2. Contre cloison isolante

Murs sensibles : continuité capillaire.

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

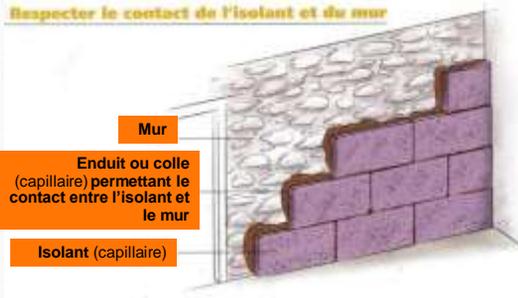


©Multipor®



©Udireco®

Respecter le contact de l'isolant et du mur



Mur

Enduit ou colle (capillaire) permettant le contact entre l'isolant et le mur

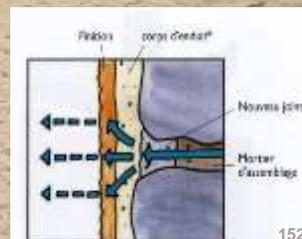
Isolant (capillaire)

> 151

Murs sensibles : continuité capillaire.

Continuité capillaire : pertinence des enduits !

On parle qq. fois de continuité capillaire « par effet de mèche ».



152

Murs sensibles : continuité capillaire.

Plaque d'isolation minérale et panneau de perlite

Isolants **imputrescibles**, **ouverts à la vapeur d'eau** et **capillaires**, leur utilisation est de fait assez séduisante dans de nombreuses situations « à risques ».



Les plaques d'isolation minérale sont également appelées isolant minéral capillaire, mousse minérale, panneau de silicate de calcium...

©Clasitherm® & ©Multipor®



Il existe plusieurs type de panneaux de perlite sur le marché. Certains sont traités pour être non capillaires. Ce ne sont pas ceux qui nous intéressent ici.

©Tectem® de Knauf®

En Allemagne, Suisse et Autriche, l'aspect très capillaire de la ouate de cellulose projetée (humide) séduit même pour certaines situations "à risque"

➤ 153

Murs sensibles, 2 pistes séduisantes :

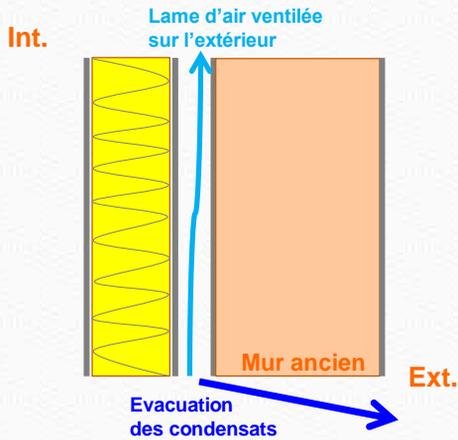
1. Continuité capillaire

2. Contre cloison isolante

➤ 154

Murs sensibles : la double cloison.

ITI : Réalisation d'une contre-cloison isolante.



- . Un (gros) avantage :
- solution limitant tout risque dû aux condensations et au gel.
- . Mais 3 inconvénients repérés :
- perte accrue d'espace habitable.
- perte totale de la contribution inertielle du mur.
- pose complexe du pare-air/pare-vent.

> 155

Murs sensibles :
dernières pistes pour limiter
les risques

> 156

Murs sensibles : pour limiter les risques.

Des enduits isolants en extérieur, en complément d'une isolation intérieure (ITI)



Diathonite Evolution®
(λ corps d'enduit = 0,045W/mK)

Dans l'ancien, lorsqu'une ITE n'est pas possible, 4 à 6 cm d'enduits (vraiment*) isolants coté extérieur permettent de réduire les déperditions thermiques, particulièrement celles dues aux ponts thermiques,

... mais également de diminuer les risques dus à la condensation.

Dans certains cas de murs sensibles, c'est une des interventions qui permet d'entrevoir la pose d'une isolation intérieure sans risque.

* 0,045 < λ < 0,07 W/m.K

➤ 157

Murs sensibles : pour limiter les risques.

Exemples d'enduits isolants à la chaux...

Liste non exhaustive

<p>Isolteco® (Edilteco®)</p> <p>Enduit chaux + polystyrène $\lambda = 0,051 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\mu = 12 \text{ à } 13$</p> 	<p>Diathonite Evolution® (Diasen®)</p> <p>Enduit chaux + liège + argile + silice $\lambda = 0,045 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\mu = 4$</p> 	<p>UNILIT 20® (UNILIT® /HD System)</p> <p>Enduit chaux + Silice expansé (volcatite ???) $\lambda = 0,066 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\mu = 10$</p> 	<p>Biotherm® (Haga®)</p> <p>Enduit chaux + granulés de liège $\lambda = 0,07 \text{ W/m}^2.\text{k}$ $\mu = \text{maxi } 8$</p> 
---	--	--	--

➤ 158

Murs sensibles : pour limiter les risques.

Intervenir en amont pour limiter les remontées capillaires ?

Rappel : l'intervention dans l'ancien nécessite un diagnostic technique et architectural complet.

Ce travail doit entre autre estimer si les remontées capillaires nécessitent une intervention permettant de les atténuer (drainage, réfection des chaussées et/ou sols intérieurs, dépose d'enduits ciments... voire interventions directement dans le mur).

Approches curatives au sein du mur :
injection de résines, siphons atmosphériques, insertion de tôles d'acier inoxydables, procédés par osmose ou électro-phorèse, procédés électroniques ou électromagnétiques...



> 159

Murs sensibles : pour limiter les risques.

Intervenir en amont pour limiter les remontées capillaires ?

Ce type d'intervention est loin d'être le remède miracle que prétendent certains.

De plus, ce ne sont pas les experts des entreprises posant les systèmes qu'il faut questionner quant à leur opportunité.

l'ancien nécessite un diagnostic technique et architectural complet.

estimer si les remontées capillaires nécessitent une intervention permettant de les atténuer (drainage, réfection des chaussées et/ou sols intérieurs, dépose d'enduits ciments... voire interventions directement dans le mur).

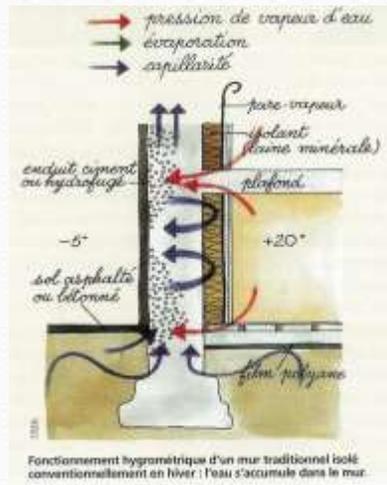
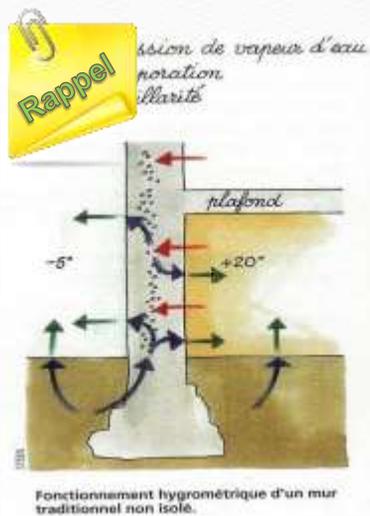
Approches curatives au sein du mur :
injection de résines, siphons atmosphériques, insertion de tôles d'acier inoxydables, procédés par osmose ou électro-phorèse, procédés électroniques ou électromagnétiques...



> 160

... et si des erreurs ont été commises ?

... et si des erreurs ont été commises ?



... et si des erreurs ont été commises ?

Rappel Quelles sont les sources d'humidité ?

1. Pluie
2. Remontées capillaires
3. Eau contenue dans les matériaux
4. Dégâts des eaux
5. Vapeur d'eau

Prévenir l'apparition des moisissures est particulièrement important lors de la réalisation de tout projet de réhabilitation énergétique >

... et si des erreurs ont été commises ?

Rappel Pression de vapeur d'eau

Selon sa sensibilité / fragilité, le mur pourra ou non « accepter » une ou plusieurs interventions contrariant son fonctionnement originel...

Fonctionnement hygrométrique d'un mur traditionnel isolé conventionnellement en hiver: l'eau s'accumule dans le mur.

... et si des erreurs ont été commises ?

Dans certains cas il sera nécessaire de rétablir tout ou partie des conditions d'origine :



Tranchée de sauvetage

... et si des erreurs ont été commises ?

... à moins que ça ne se fasse tout seul !



... et si des erreurs ont été commises ?



... sauf que qq. fois, heureusement moins fréquemment, c'est le mur qui cède !!!

Sont à approcher avec grande précaution les murs comportant des matériaux putrescibles, gélifs, et/ou ayant de la terre (crue) avec un rôle structurel (besoin d'un diagnostic complet ...)



Reportage photos

Type de pierre, type d'appareillage



Mur de pierres appareillées.

← C'est plus le comportement de la pierre qui renseigne le comportement du mur.

Petites pierres, joints larges, enduits "beurrés"



. C'est le comportement du mortier et de l'enduit qui renseignent celui du mur.

➤ 169

Type de pierre, type d'appareillage



← Une réelle diversité de murs peut se trouver sur un même bâtiment.

Conseil général de Haute-Loire (43)



L'existence d'enduits augmente la protection du mur et la surface d'évaporation. →

➤ 170

Compositions des joints de façade



Mur rejointoyé au mortier de ciment.



La partie haute de ce mur ne montre aucun signe de dysfonctionnement.



En bas, les remontées d'eau du sol ont eu raison de joints insuffisamment capillaires.

➤ 171

Compositions des joints de façade



Murs rejointoyés au mortier de ciment.

Même type de pierre, mortier et joints, mais avec des pierres plus petites et des joints plus gros : le mur se "déchausse".

Ruelle en pente, sans caniveau.



Phénomène identique, mais majoritairement dû aux eaux de ruissellements et de rejaillissement.

➤ 172

Compositions des joints de façade

Joints ciment. Gros plan.



La cohésion de la pierre étant moins forte que l'accroche et la cohésion du joint : c'est la pierre qui cède.



Bas de mur carrelé, joints ciment.

Pierre gélive ? Fiables ?
En tout cas plus fragile que les joints.

➤ 173

Joints de façade, peintures, enduits

Mur en blocs de mâchefer / enduit ciment.



Mur pisé, enduit ciment.



Enduits trop peu capillaires, limitant de fait l'évacuation de l'eau du mur. En cas de gel, l'enduit peut finir par se détacher, emportant ou non une partie de son support.

➤ 174

Joint de façade, peintures, enduits



Peintures non capillaires et/ou trop fermées à la vapeur d'eau : le support se dégrade souvent avant que la peinture ne commence à tomber.

➤ 175

Remontées capillaires



... Phénomène traditionnellement passager et n'ayant qu'une incidence visuelle.

➤ 176

Remontées capillaires



Si le phénomène dure, monte plus haut dans le mur, est surtout visible au droit de fissures : le fonctionnement originel est altéré.

➤ 177

Remontées capillaires

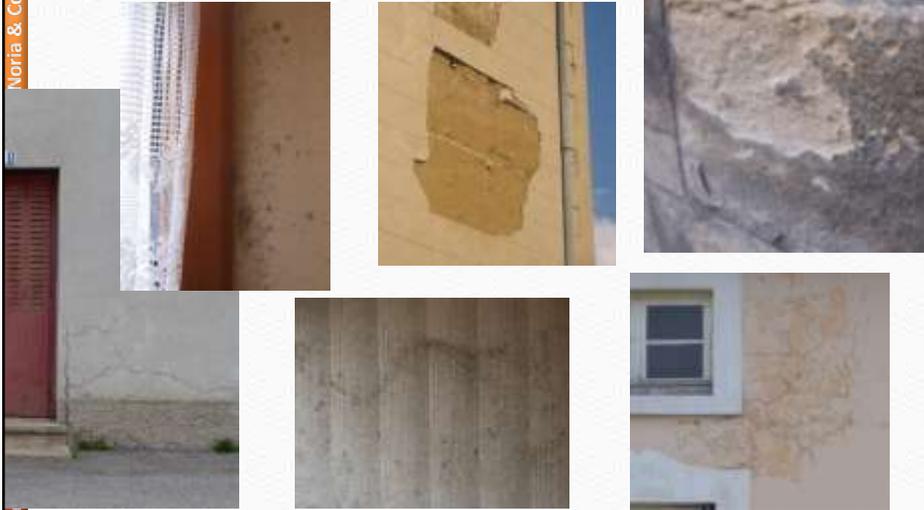


Si la couleur des enduits ou joints évolue, s'ils perdent de leur cohésion, si un dépôt se forme... les remontées d'eau sont sans doute accompagnées de sels.

→ Il faudra chercher à mieux maîtriser les remontées capillaires (drain, adaptation de la chaussée, injection de résines, procédés par osmose...), proposer la réfection des enduits avec un « mortier d'enduits d'assainissement »...

➤ 178

Approche "diagnostic" ?



Fissures, tâches, décollements, desquamations, efflorescences, gonflements, moisissures... autant d'éléments renseignant d'un dysfonctionnement.

Annexes

Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée ▶▶
3. ... Et le mur sud ? ▶▶
4. Le fonctionnement du bâti ancien ▶▶
5. Confort : parois chauffantes/
rafraîchissantes ▶▶
6. Focus « RT Existant » ▶▶



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée
3. ... Et le mur sud ?
4. Le fonctionnement du bâti ancien
5. Confort : parois chauffantes/
rafraîchissantes
6. Focus « RT Existant »

La réhabilitation pour...

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

La réhabilitation pour...

✓ Préserver, mettre en valeur le patrimoine
dégrader...

Sachant que parallèlement à la connaissance des enjeux et des méthodologies il y a :

- le contenu de la commande (le programme) ;
- le budget mobilisable ;

Avec des conséquences directes sur :

- ✓ - la richesse de l'équipe de maîtrise d'œuvre ;
- ✓ - le temps disponible pour les études, le suivi de chantier, le chantier, les étapes de contrôle...

Le marché de la réhabilitation.

	CA annuel (Milliard d'€)	Répartition
Tertiaire - Neuf	22	16 %
Tertiaire - Entretien, amélioration	36	26 %
Résidentiel - Neuf	40	28 %
Résidentiel - Entretien, amélioration	<u>41</u>	<u>30 %</u>
	139	100 %

(Source : Grands agrégats économiques de la construction, 2005 à 2008, MEDDTL)

Entre 2006 et 2008, malgré un ralentissement du secteur :

Hausse de 21% des dépenses touchant à l'amélioration énergétique des logements (13 milliards € HT).

Un gros tiers concerne les systèmes de chauffage et ECS, un gros tiers le remplacement des fenêtres, ¼ l'isolation.

(Source : Enquête de l'observatoire OPEN de 2009)

Le marché de la réhabilitation.

Un marché dynamique et pourtant :

8,2 millions de personnes en **situation de mal-logement** ou de fragilité par rapport au logement, dont **5 millions** de personnes en **situation de précarité énergétique**



Rénover l'ensemble du parc au niveau BBC

ENJEUX / OBJECTIFS GLOBAUX :

- **SOCIAL** : amélioration de la santé, du confort, du pouvoir d'achat... → lutte contre l'insalubrité, la précarité énergétique et l'exclusion.
- **ECONOMIQUE** :
 - Baisse des charges (particuliers, entreprises, État & collectivités...)
 - Amélioration de la balance commerciale
 - Augmentation du CA du bâtiment (jusqu'à 15 à 20%)
 - Création de 200 à 350.000 emplois (résultat 2020)
 - Augmentation de valeur patrimoniale des biens...
- **ENVIRONNEMENTAL** : lutte contre les changements climatiques, lutte contre pollution, préservation des ressources...
- **ENERGETIQUE**. Sécurité énergétique : indépendance & sortie plus envisageable du nucléaire



Attention !

La quasi totalité des investissements qui se font actuellement dans la réhabilitation se fait sans cohérence avec l'objectif (énergétique) final : atteindre le niveau BBC. Dans de nombreux cas, ceci équivaut à « tuer le gisement » d'économie d'énergie. C'est le cas par exemple lorsque les travaux ne font, sur le poste traité (isolation toiture...), qu'une partie de l'amélioration nécessaire à terme. Car la pertinence économique de relancer des travaux pour parfaire les premiers ne s'imposera alors que très rarement.



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. **Humidité. Conclusion développée**
3. ... Et le mur sud ?
4. Le fonctionnement du bâti ancien
5. Confort : parois chauffantes/
rafraîchissantes
6. Focus « RT Existant »

... en attendant que les textes s'harmonisent au niveau européen... ou au moins que les textes français intègrent les connaissances acquises ces dernières années.

Humidité.

Conclusion développée

En guise de conclusion...

. Premières conditions à respecter :

Pour limiter les risques dus à la condensation de vapeur d'eau dans les parois, il faut d'abord et avant tout :

1. Renouveler régulièrement l'air intérieur
2. Avoir une réelle étanchéité à l'air entre l'air intérieur et l'isolant*
3. Avoir des parements extérieurs imperméables à l'eau.

*Certaines fois l'étanchéité à l'air est réalisée par l'isolant, d'autres fois elle se fait dans l'épaisseur de l'isolant (voir règle de 2/3 1/3, et 3/4 1/4 des DTU "Charpente" et "Ossature bois").

→ Ces conditions sont estimées respectées si :

- le système de ventilation assure les renouvellements d'air définis pour le neuf (arrêtés des 24 mars 1982 et 28 octobre 1983), des Règlements Sanitaires Départementaux ou de ceux de la médecine du travail ;
- l'étanchéité à l'air respecte les niveaux définis dans la RT 2012 pour le résidentiel;
- les parements extérieurs sont réalisés en conformité avec les règles de l'art (DTU, CPT...) et sont régulièrement entretenus (toiture, bardage, enduit).

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les parois ossature bois :**

1. Le ou les matériaux séparant l'isolant de l'air extérieur doivent être très ouverts à la vapeur d'eau ($S_{d,cumulé} < \text{env. } 0,20 \text{ à } 0,30\text{m}$). Si c'est un enduit, il lui faut être également capillaire*.

2. Le matériau assurant l'étanchéité à l'air doit limiter également l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi. Que ce soit un panneau ou une membrane, on retiendra un s_d supérieur à 1,5 à 2 mètres.

→ **Textes de référence:** Les DTU Charpente (NF P21-203, ancien DTU 31.1), et MOB (NF P21-204, ancien DTU 31.2) exigent coté extérieur un pare pluie très ouvert ($s_d < 0,18\text{ m}$), et coté int. un pare vapeur ayant un $s_d > 18\text{ m}$: ils respectent donc ces deux conditions.

Note 1 : Ces deux DTU manquent de précisions concernant la face extérieure. Ils imposent une condition d'ouverture à la vapeur au seul pare-pluie alors que, pour respecter les principes de la physique des matériaux, ils devraient l'exiger à l'ensemble des matériaux séparant l'isolant de l'air extérieur.

Note 2. En proposant un matériau assez fermé à la vapeur d'eau coté intérieur ($s_d > 18\text{m}$), le respect de ces deux DTU ne permet pas la réalisation de parois « perspirantes ».

Note 3. Certains complexes de matériaux (panneaux sandwich...) ne respectent pas ces conditions. Dans ce cas, ils doivent être accompagnés d'avis d'experts (ATec, Enquête technique Nouvelle...).

***Attention !!!** L'utilisation d'adjuvants, particulièrement d'hydrofuges, peut réduire l'aspect perspirant comme le comportement capillaire de l'enduit !

➤ 193

En guise de conclusion...

(Principe supplémentaire à respecter pour) **les murs maçonnés type monmur :**

1. Choisir un enduit extérieur ouvert à la migration de vapeur d'eau, et, de plus, relativement capillaire*.

→ **Textes de référence:** Si, sur le bâti ancien, l'enseignement tiré des nombreux sinistres dus à un enduit trop peu capillaire (enduit ciment principalement) a fiabilisé la filière, aucun texte de référence ne semble interdire cette utilisation. Néanmoins, les DTU (particulièrement NF DTU 20.1 et 26.1) et les avis techniques spécifiques aux Monmur définissent les types d'enduits chaque fois adaptés.

***Attention !!!** L'utilisation d'adjuvants, particulièrement d'hydrofuges, peut réduire l'aspect perspirant comme le comportement capillaire de l'enduit !

➤ 194

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les murs isolés par l'extérieur :**

1. Le ou les matériaux séparant l'isolant de l'air ext. doivent être très ouverts à la vapeur d'eau ($s_{d,cumulé} < env. 0,30$) . **Si c'est un enduit, il lui faut être capillaire***.

2. Dans le cas d'une paroi présentant des risques de reprises d'humidité (absence de rupture capillaire en bas de mur...) : **préférer les isolants ouverts à la vapeur d'eau.**

3. Particulièrement en présence de matériaux putrescibles (tête de poutre, colombages...), **ou si de la terre crue garde un rôle structurel** (pisé, bauge, pierres hourdées à la terre...), **la prudence invite à réaliser une étude spécifique. La piste "continuité capillaire" est alors souvent séduisante.**

→ **Textes de référence:** de nombreux textes existent sur les systèmes d'ITE (ou ETICS, pour External Thermal Insulation Composite System), et ont permis de fiabiliser cette technique qui a essuyé de nombreux sinistres dans les années 70-80 : Règles Professionnelles Entretien & rénovation des systèmes ITE (ETICS); Cahiers du CSTB n°1833, n°3204, n°3035...

***Attention !!!** L'utilisation d'adjuvants, particulièrement d'hydrofuges, peut réduire l'aspect perspirant comme le comportement capillaire de l'enduit !

➤ 195

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les murs isolés par l'intérieur (1de2)**

1. En plus d'être imperméable à l'eau, l'enduit extérieur devra être relativement capillaire* et ouvert à la diffusion de vapeur d'eau.

2. Demander au matériau assurant l'étanchéité à l'air de limiter également l'entrée de la vapeur d'eau dans la paroi. Un $s_d > 1,5$ à 5 m semble séduisant.**

** L'étanchéité à l'air peut être assurée par l'isolant, un enduit, une membrane ou un panneau. Dans ces 3 derniers cas il leur faudra protéger la partie froide de l'isolant, soit, être coté chaud de l'isolant. (coté espace de vie ou dans le 1/3 int. de la valeur R totale, voire dans le 1/4 int. si altitude > 800m)

→ **Textes de référence:** Selon les conditions, type de mur et type d'isolant, les règles de l'art demandent à ce que les matériaux coté intérieur (parement + éventuellement l'isolant + éventuelle membrane) limitent la migration de vapeur d'eau (la NF DTU 20.1 propose, selon le cas, des $s_d > 1,5$ à 6m). Les suivre respecte la condition n°2 précisée ci-avant. Par contre, le choix d'un s_d plus élevé, proposé dans certains documents, ne permet pas la réalisation de parois « perspirantes » et limite le potentiel de séchage des murs coté intérieur.

***Attention !!!** L'utilisation d'adjuvants, particulièrement d'hydrofuges, peut réduire l'aspect perspirant comme le comportement capillaire de l'enduit !

➤ 196

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les murs isolés par l'intérieur** (2de2)

- 3. Dans le cas d'une paroi présentant des risques de remontées capillaires :**
- étudier l'opportunité de les diminuer et/ou :
 - choisir pour l'isolant et la couche assurant l'étanchéité à l'air des matériaux relativement ouverts à la vapeur d'eau.

→ On étudiera particulièrement le potentiel des "pare vapeur" peu fermés à la vapeur d'eau (ou "freins de vapeur"), et des membranes hygro-variables.

- 4. En présence de matériaux putrescibles** (nez de poutre, colombages...), **ou si de la terre crue garde un rôle structurel** (pisé, bauge, pierres hourdées à la terre...), la prudence invite à réaliser une étude spécifique. Les pistes "double cloison isolante" ou "continuité capillaire" sont alors souvent séduisantes.

→ *Textes de référence:* Pour l'instant, elles n'abordent pas encore finement ces situations 3 et 4. En tout cas, pas avec les connaissances acquises ces dernières années en physique du bâtiment, particulièrement celles exploitant le caractère potentiellement positif de l'aspect capillaire.

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les toitures terrasses**

→ **Une isolation par dessous une dalle béton** s'apparente à l'isolation d'un mur par l'intérieur... c'est-à-dire une situation à aborder avec grande précaution, surtout que :

Cette solution impose de forts chocs thermiques à la structure, avec risques de dégradations rapides du complexe d'étanchéité voire de la dalle. De fait, elle ne peut être conseillée comme seule isolation thermique d'une toiture terrasse.

→ **En présence d'une lame d'air ventilée entre l'isolant et le complexe d'étanchéité**, la solution s'apparente à une ITE dans le cas d'une dalle maçonnée, à une paroi ossature bois avec parement ventilé dans le cas d'un système bois... avec néanmoins des contraintes spécifiques pour la gestion du complexe d'étanchéité et la ventilation de sa sous-face...

→ **Dans le cas où l'isolant est support d'étanchéité**, la prudence invite à :

- pour les solutions "béton" : choisir un pare vapeur extrêmement fermé (et pérenne), ou du verre cellulaire (seul isolant totalement insensible à l'humidité) ;
- pour les solutions "bois" : une étude s'impose. La solution isolant pouvant stocker l'humidité + membrane hygro-variable peut alors séduire.

En guise de conclusion...

(Principes supplémentaires à respecter pour) **les sols**

→ Une isolation en plafond de sous-sol* ou vide sanitaire* s'apparente à l'isolation d'un mur par l'extérieur.

→ Une isolation sur dalle de sous-sol* ou vide sanitaire* met l'isolant dans un espace relativement confiné à l'humidité. (Généralement entre dalle et chape). Le choix d'un isolant très peu vulnérable à l'humidité** et pouvant être chargé sans déformation correspond aux principaux critères à retenir.

→ Pour un sol sur terre plain, on exigera :

- un isolant non capillaire, très peu vulnérable à l'humidité**, et pouvant être chargé sans déformations ;

- la réalisation, sur le sol naturel, d'un volume limitant les remontées capillaires sans charger les murs adjacents de l'humidité du sol (hérissonnage ventilé à base de pierres et galets ou de hourdis béton spécifiques).

* Volumes devant dans tous les cas être ventilés

** Prévoir l'éventualité d'un dégât des eaux et/ou d'une inondation.

➤ 199



Et n'oublions pas que :

- les invitations proposées dans les Règles de l'Art ont souvent leur logique ;
- les assureurs s'engagent sur le respect des documents de référence (DTU, règles pro...) comme sur les avis d'experts (ATec, DTA, ATEEx, ETN, Pass-innovation...)



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée
3. **... Et le mur sud ?**
4. Le fonctionnement du bâti ancien
5. Confort : parois chauffantes/ rafraîchissantes
6. Focus « RT Existant »

Rappel

sur l'enveloppe / Augmenter les apports

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

The diagram shows a cross-section of a wall. A red arrow points from the sun towards the wall. Three callouts in red ovals are connected to the wall by lines: 'Isolation translucide?' points to the left side of the wall, 'Serre solaire?' points to the top surface, and 'Mur capteur?' points to the right side. A small compass rose is visible at the bottom right of the diagram.



En guise de conclusion !

Des pistes (techniques) non encore réellement exploitées !

- ❖ Composer plus finement avec les parements int. ou ext. (surface laissée rugueuse, choix de matériaux hygroscopiques...)
- ❖ Le potentiel des enduits (vraiment) isolants, des « super » isolants (isolants sous vide et nanogel), des isolants transparents, de la récupération de chaleur...
- ❖ Transformer tout ou partie du mur sud en surface captrice (mur capteur, serre solaire...)



L'inertie thermique

Une approche moins simplifiée nous invite à retenir deux grandeurs pour l'inertie thermique :

- l'inertie intérieure (ou capacité thermique intérieure)
- l'inertie de transmission (ou capacité thermique totale)



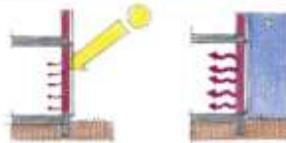
L'inertie thermique

2. L'inertie de transmission (ou capacité thermique totale)

Composer avec l'inertie de transmission (CTT) sert d'abord et avant tout à :

- optimiser les murs capteurs et fonds de serre ;
- comprendre l'incidence des murs sud massifs*.

Fonctionnement type d'un mur capteur →



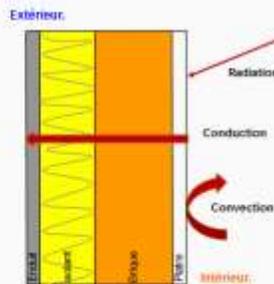
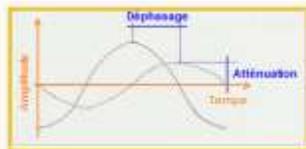
* C'est par ex. une des clés permettant de comprendre pourquoi le patrimoine ancien n'est pas si défectueux que ce que nous en dit le thermique statique (retours de calculs des RT, DPE...)



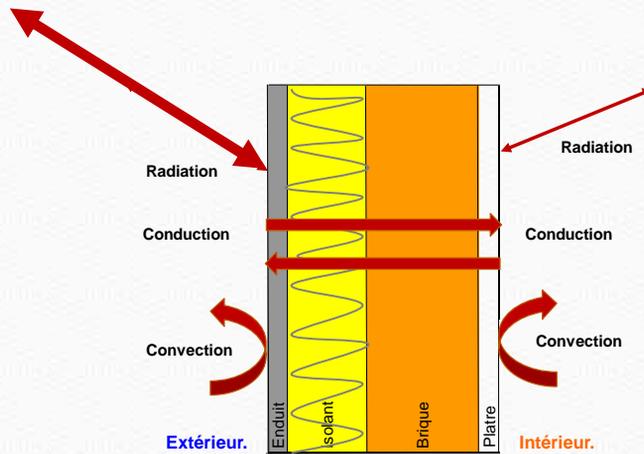
L'inertie thermique

2. L'inertie de transmission (ou capacité thermique totale)

La capacité thermique totale, en wattheure par mètre carré kelvin ($Wh/m^2.K$), permet de calculer le **déphasage** (heure) du flux de chaleur, et l'**atténuation de son amplitude** (%).



Mais la réalité est plus complexe, car les flux thermiques ne sont pas toujours orientés dans le même sens !!!



L'inertie thermique

2. L'inertie de transmission (ou capacité thermique totale)

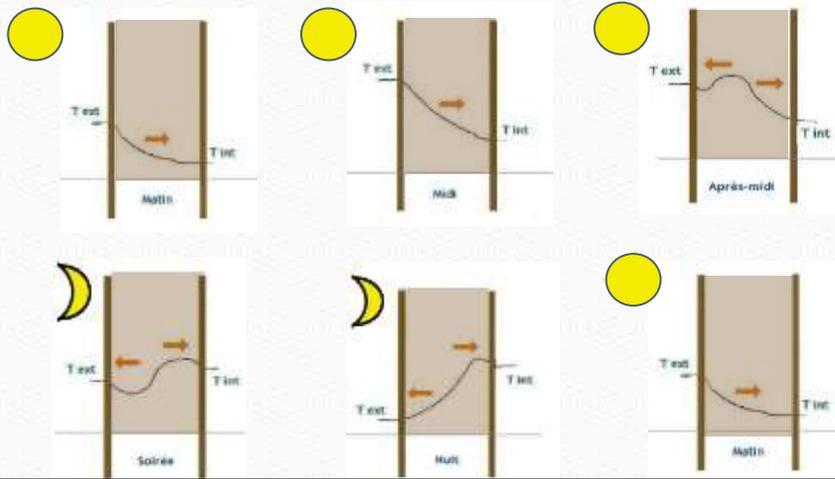
Composer avec l'inertie de transmission sert également à comprendre le fonctionnement des parois opaques recevant le soleil, particulièrement le mur sud.

... 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, RT...).

On parle alors non pas de U , mais de $U_{\text{dynamique}}$ (ou $U_{24h\dots}$)

L'inertie thermique/ l'inertie de transmission

...Pour comprendre le fonctionnem.^t du mur sud massif.



L'inertie thermique/ l'inertie de transmission

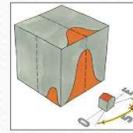
...Pour comprendre le fonctionnem.^t du mur sud massif.

Lors d'une journée ensoleillée d'hiver, certains murs sud protégés du vent peuvent apporter plus de calories qu'ils n'en perdent !

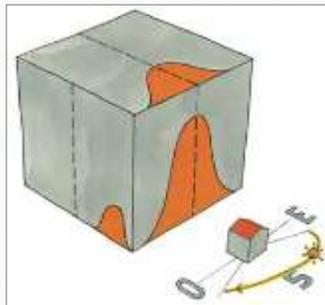


Calcul réalisé par Jean-Pierre Moya Energie consultant, d'après JF CAMIA

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

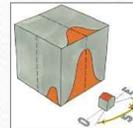


→ Pour augmenter l'aspect capteur du mur sud :

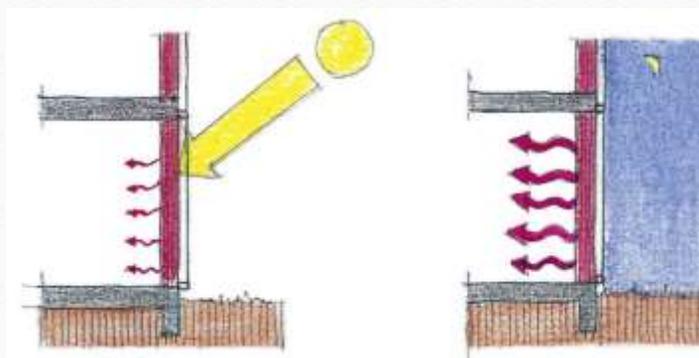


➤ 211

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

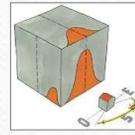


Le mur capteur.



➤ 212

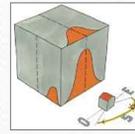
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Le mur capteur.



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Le mur capteur.

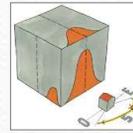


Architecte R. Marlin



Architecte JM Haquette

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

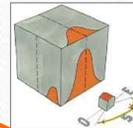


Le mur capteur.



➤ 215

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Selon le climat, le bâtiment et le type de mur capteur, ce dernier peut apporter entre 10 et 60 % des besoins de chaleur

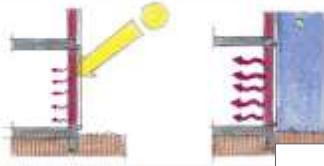


➤ 216

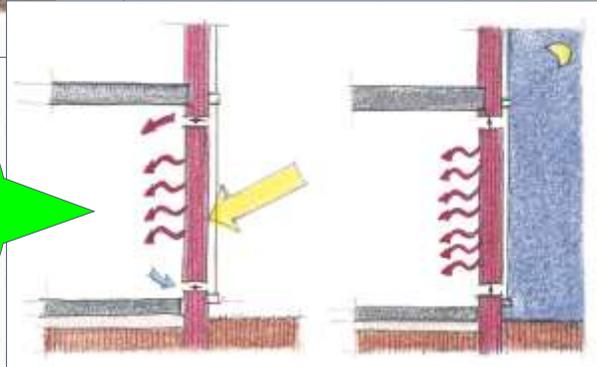
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



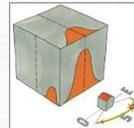
Le mur capteur.



→ Le mur trombe (de Felix Trombe son inventeur) propose, grâce à des entrées d'air basses et haute, une possibilité d'échanges convectifs.



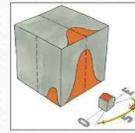
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



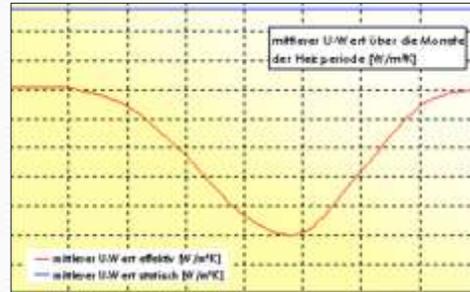
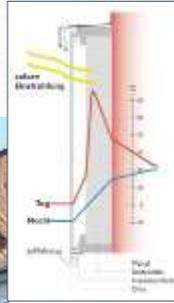
Les isolants translucides : entre ITE et mur capteur.



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

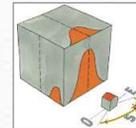


Les isolants translucides : entre ITE et mur capteur.

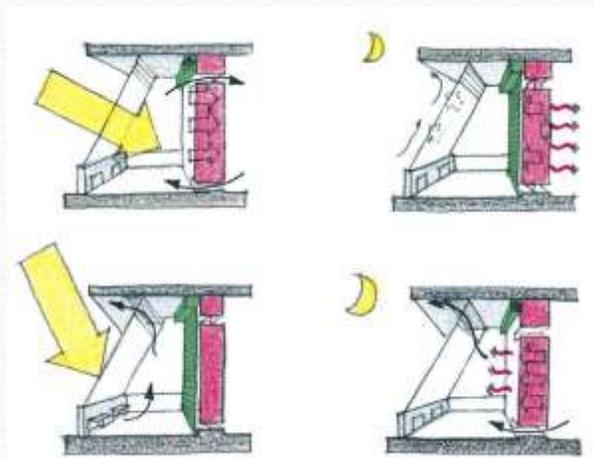


➤ 219

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

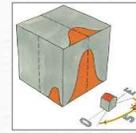


La serre solaire.



➤ 220

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

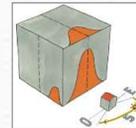


La serre solaire.



➤ 221

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



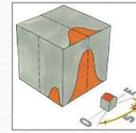
La serre solaire.



architecte J Argaud

➤ 222

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



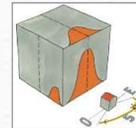
La serre solaire.



Conception JP Oliva et Tiez Breiz

➤ 223

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



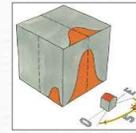
La serre solaire.



Conception : Olivier Sidler

➤ 224

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



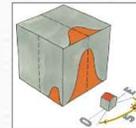
La serre solaire.



... une tradition remontant au XIX^e siècle



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

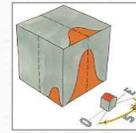


La serre solaire.

Vernaculaire : de la loggia à la serre



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



La serre solaire.

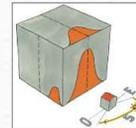


Architecte : F. Stein



➤ 227

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



La serre solaire.

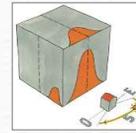


Réhabilitation facteur 10



➤ 228

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

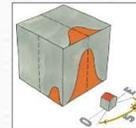


La serre bioclimatique en habillage de balcon



229

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Avant



Après

La serre bioclimatique en habillage de balcon

Architecte : Serge Jauré



230

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



Avant

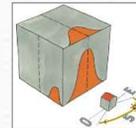


Selon le climat, le bâtiment et le type de serre, cette dernière peut apporter entre 5 et 50 % des besoins de chaleur

Architecte : Serge Jaure



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

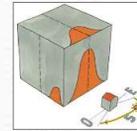


... s'ouvrir grandement au soleil !



Architecte Pingusson

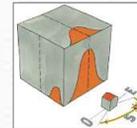
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



... s'ouvrir grandement au soleil !



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

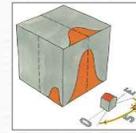


... s'ouvrir grandement au soleil !



Architecte JM. Haquette

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



... s'ouvrir grandement au soleil !



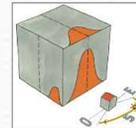
Architecte : O. Le Monnier
Consultant : JP. Oliva
Maître d'ouvrage & thermique :
Jérôme Couston



• Réhabilitation 12 kWh/m².an

➤ 235

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



... s'ouvrir grandement au soleil !

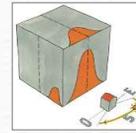


Conception : JP Laborde



Conception & réalisation : J-M. Haquette

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



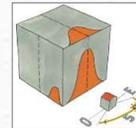
... s'ouvrir grandement au soleil !



Conception : Yves Jautard



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

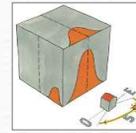


... s'ouvrir grandement au soleil !



Conception : Yves Baret

Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

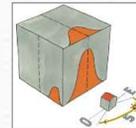


... s'ouvrir grandement au soleil !



Architecte Rougé, thermicien SOLARTE

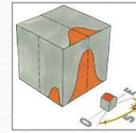
Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



... s'ouvrir grandement au soleil !

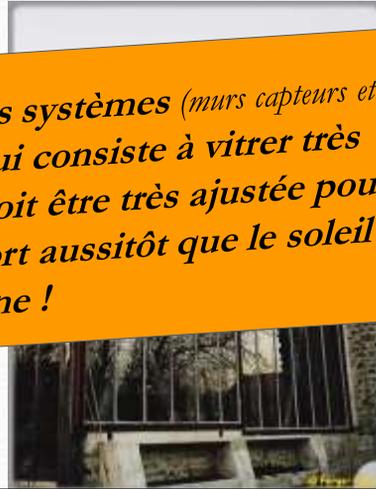


Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports

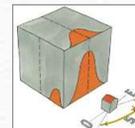


... s'ouvrir grandement au soleil !

Encore plus que les autres systèmes (murs capteurs et serres solaires), la solution qui consiste à vitrer très fortement la façade sud doit être très ajustée pour ne pas créer de l'inconfort aussitôt que le soleil donne !



Agir sur l'enveloppe / Augmenter les apports



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



... La question vaut sans doute souvent la peine d'être posée !



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée
3. ... Et le mur sud ?
4. **Le fonctionnement du bâti ancien**
5. Confort : parois chauffantes/
rafraîchissantes
6. Focus « RT Existant »

***La diversité du parc au regard
des grandes périodes à profils
constructifs spécifiques***

. La diversité du parc.

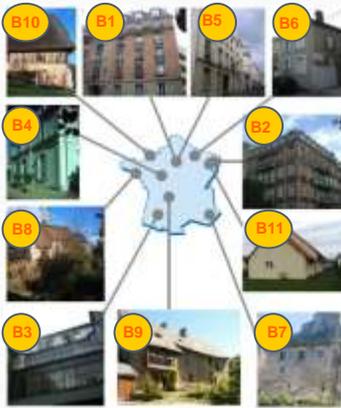


. La diversité du parc.

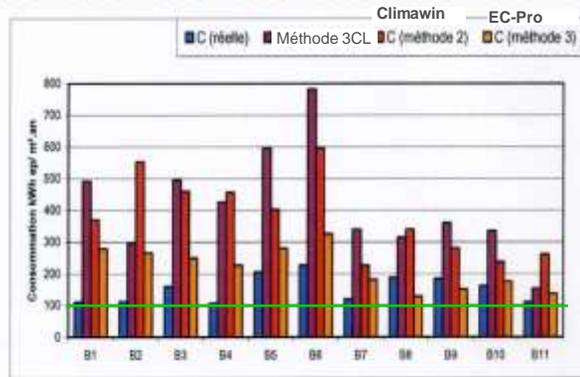


. La diversité du parc.

Il reste encore des questions sur le comportement réel des bâtiments anciens



Source : étude BATAN. Ministère du DD



Les consommations théoriques, obtenues par les moteurs de calcul actuels, surestiment dans un rapport de 2 à 4 la consommation réelle des bâtiments anciens.

247

. La diversité du parc.

Il reste encore des questions sur le comportement réel des bâtiments anciens

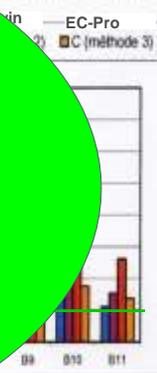


Source : étude BATAN. Ministère du DD

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 les isoler !

... Mais bien entendu : en tenant compte de leur aspect patrimonial, de leur fonctionnement hygrothermique...



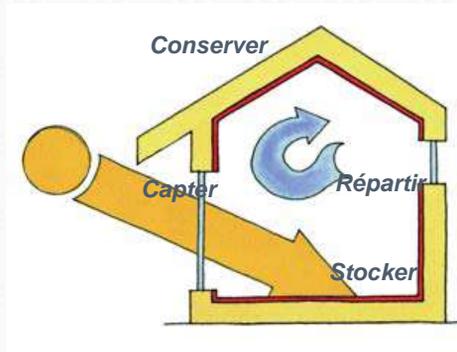
Les consommations théoriques, obtenues par les moteurs de calcul actuels, surestiment dans un rapport de 2 à 4 la consommation réelle des bâtiments anciens.

248

La diversité du parc au regard de son fonctionnement thermique

. Fonctionnement (thermique) du bâti

. Stratégie d'hiver. (Approche actuelle)

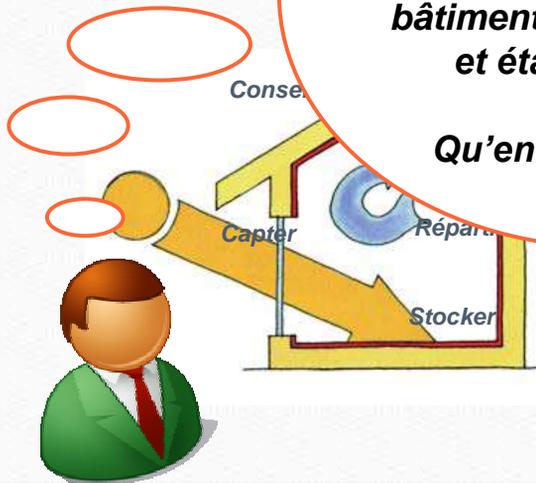


Répartition de l'énergie solaire reçue en hiver, selon l'orientation des façades.

. Fonctionnement
. Stratégie

Mais l'approche actuelle n'est possible que parce que nous savons / pouvons faire des bâtiment fortement isolés et étanches à l'air.

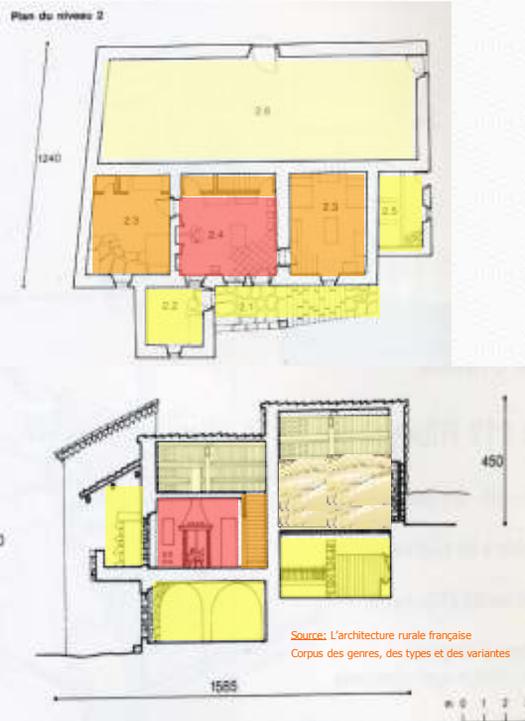
Qu'en était-il avant ?



Exemple d'une ferme provençale



- espaces chauffés
- espaces tempérés
- espaces tampons actifs
- espaces tampons passifs



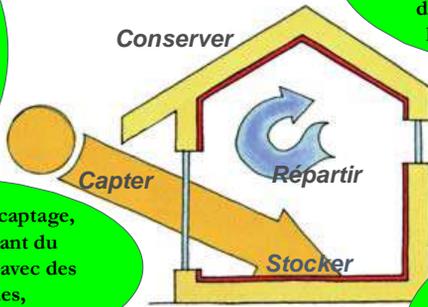
Fonctionnement (thermique) du bâti

Stratégie d'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 le devant du bâtiment (terrasse...) avec des surfaces lourdes, généralement claires

Pour augmenter le captage, on travaille avec des espaces tampons actifs : étable, four à pain, forge...



Pour augmenter la protection au vent, on travaille avec la forme du bâtiment (faire le "gros dos"), des haies, des murets ou murs d'enceinte... En complément de la forme de la rue, du bourg...

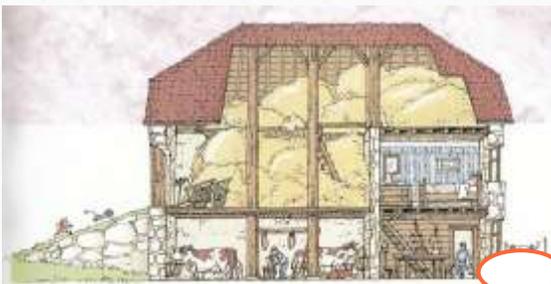
Pour limiter la fuite des calories, on limite les baies vitrées des façades voyant peu le soleil en hiver.

Pour augmenter la "conservation des calories", on compose, excepté au sud, avec des espaces tampons : grenier, atelier, mitoyenneté... voire grange(s) remplie(s) de foin.

Dans les pièces non spécifiquement au soleil, surtout si elles n'ont pas de chauffage, on choisit des matériaux à faible effusivité (bois, tapisseries...)

256

Exemple d'une ferme des plateaux du Jura



Mais faisait-il chaud l'hiver dans nos "vieilles maisons" ?
Oui et non !
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 bouillotte et une grosse couette, voire des draps en flanelle.

Source : Vivre et travailler la montagne jurassienne, Néo éditions

> 257

Exemple d'une ferme des plateaux du Jura ... et de son évolution

De plus, on veut désormais du "confort" dans toutes les pièces... et les espaces tampons sont aménagés en lieux de vie permanents.

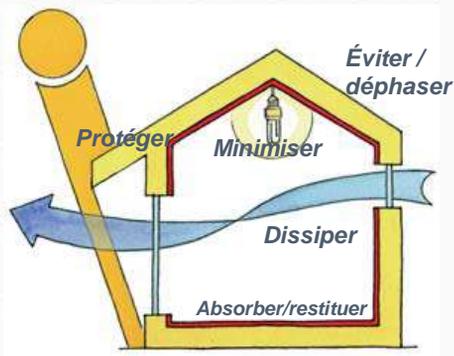
→ La donne a totalement changé !

Source : Vivre et travailler la montagne jurassienne, Néo éditions



. Fonctionnement (thermique) du bâti

. Stratégie d'été. (Approche actuelle)





. Fonctionnement (thermique) du bâti

. Stratégie d'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.

Les 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

Pour augmenter la protection solaire, on compose avec la végétation (arbres, feuilles caduques, treilles, lière...).

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 empêcher le vent d'évacuer la masse inertielle du bâtiment

Les éventuelles tentures ou tapis sont enlevés pour libérer des parements à fortes effusivité

Avec l'évapo-transpiration, on peut également composer avec la végétation alentour, la terre... Voir un plan d'eau.

Éviter / déphaser

Protéger

Minimiser

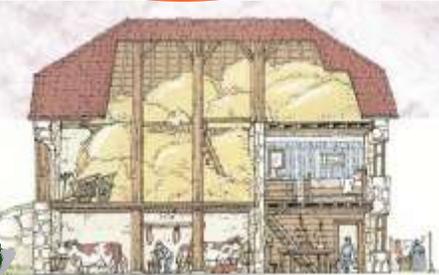
Dissiper

Absorber/restituer



Source L'architecture rurale française
Corpus des genres, des types et des variantes

Par contre ça ne fait aucun doute : en été il faisait bon dans nos "vieilles" maisons !



Source : Vivre et travailler la montagne jurassienne, Néo éditions

Mais connaître le fonctionnement thermique du bâti ancien a t'il encore un intérêt maintenant que nous avons des matériaux empêchant quasiment tout transfert de calories (les isolants), et les moyens d'assurer une étanchéité à l'air réelle des bâtiments ??

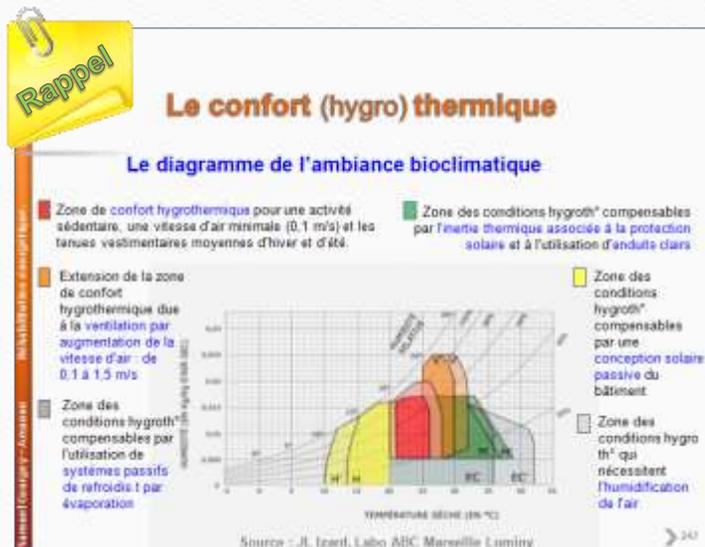
→ **Oui, car en comprenant la logique originelle du bâtiment sur lequel nous intervenons, nous dégageons des marges de manoeuvres supplémentaires pour faire atteindre aux futurs espaces un confort au moindre coût, particulièrement vis à vis du confort d'été.**

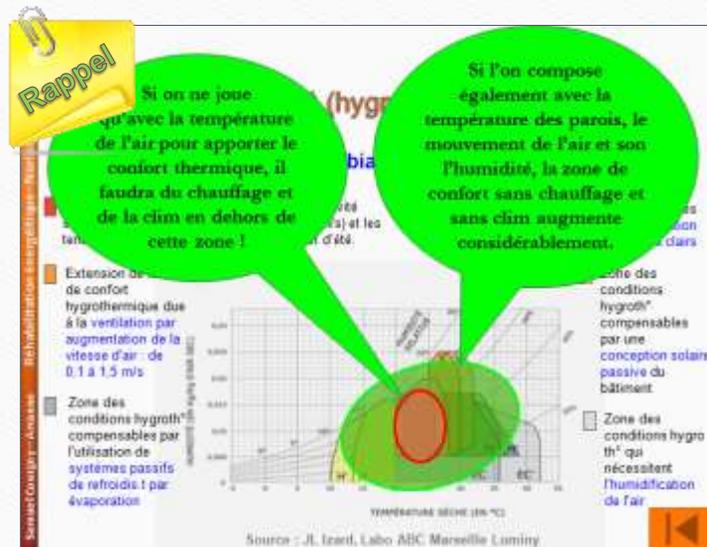
... Et pour ce qui est du confort hivernal, cela peut dans certains cas nous permettre d'atteindre le niveau BBC malgré une impossibilité de sur-isoler l'ensemble des parois de l'enveloppe.



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée
3. ... Et le mur sud ?
4. Le fonctionnement du bâti ancien
5. **Confort : parois chauffantes / rafraîchissantes**
6. Focus « RT Existant »





Le confort thermique

Chauffer les parois ?

Confier les calories aux parois plutôt qu'à l'air
(privilégier le rayonnement par rapport à la convection)

- **Plus économique.** Les calories dans les solides sont plus stables que celles dans les fluides comme l'air (ventilation, défauts d'isolation...)
- **Mieux réparti.** Peu de stratification sur la hauteur
- **Plus sain et plus confortable.** Pas d'ionisation positive de l'air, pas de brassage d'air...

Le confort thermique

Chauffer / Rafraîchir par les sols



... éventuellement le plafond



Le confort thermique

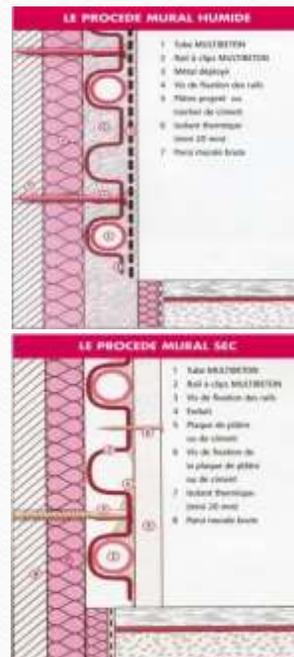
Chauffer / Rafraîchir par les murs ?



➤ 270

Le confort thermique

Chauffer / Rafraîchir par les murs ?



➤ 271

Le confort thermique

Chauffer / Rafraîchir par les murs ?



Claytec ® doc Akterre



Helioterre ®

Le confort thermique

Chauffer / Rafraîchir par les parois

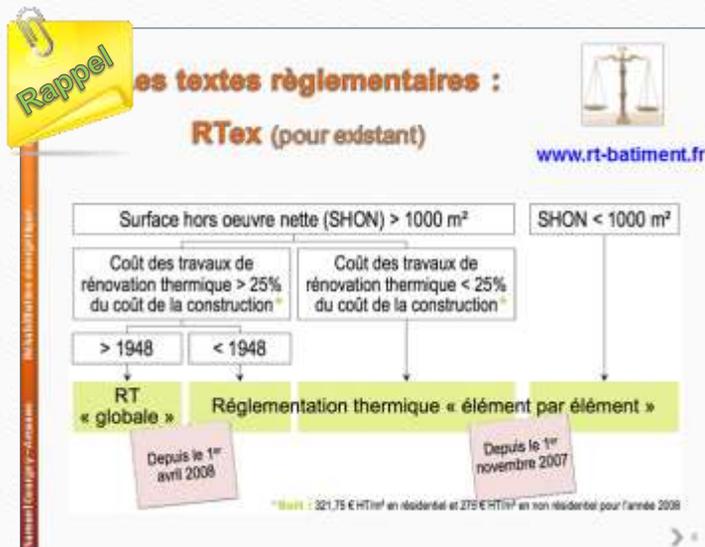


Excepté si l'objet est de chauffer les deux espaces attenants à la paroi chauffante (cloison, dalle intermédiaire...), l'isolation arrière se doit d'être très performante : viser un U de $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (R de $10 \text{ m}^2\text{K/W}$)



Annexes

1. Le marché de la réhabilitation
2. Humidité. Conclusion développée
3. ... Et le mur sud ?
4. Le fonctionnement du bâti ancien
5. Confort : parois chauffantes/ rafraîchissantes
6. Focus « RT Existant »



Rappel

RT globale :
Approche et niveau d'exigence proches de celles de la RT 2005

RT «élém. par élém.» :
Liste de valeurs minimum à atteindre (gardes fous) pour les éléments remplacés & les parois objets de travaux.

RT « globale » (Depuis le 1^{er} avril 2008)

Réglementation thermique « élément par élément » (Depuis le 1^{er} novembre 2007)

RT globale > 25% du coût de la construction

RT «élément par élément» < 1948

RT «élément par élément» > 1948

Depuis le 1^{er} avril 2008

Depuis le 1^{er} novembre 2007

*Méthode : 201,75 € HT/m² en résidentiel et 275 € HT/m² en non résidentiel pour l'année 2008

Les textes réglementaires. RTex « globale »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 13 juin 2008



» La $C_{ep\text{projet}} \leq C_{ep\text{réf}}$

- = Consommation conventionnelle d'énergie chauffage Cch
- + Consommation conventionnelle d'énergie refroidissement Cfr
- + Consommation conventionnelle d'énergie éclairage Cecl
- + Consommation conventionnelle d'énergie eau chaude sanitaire Cecs
- + Consommation conventionnelle d'énergie ventilateurs Cvent
- + Consommation conventionnelle d'énergie auxiliaires Caux
- Fourniture d'énergie photovoltaïque Epv

Projet



$$C_{ep\text{projet}} \leq C_{ep\text{réf}}$$

Bâtiment de référence



Les textes réglementaires. RTex « globale »

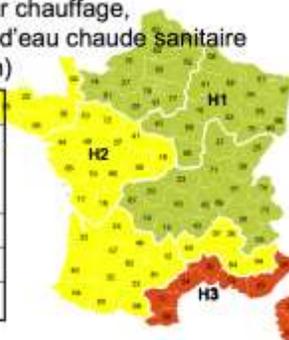
Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 13 juin 2008



+ La $Cep_{\text{projet}} \leq Cep_{\text{max}}$

↳ Consommation maximale pour chauffage, refroidissement et production d'eau chaude sanitaire en résidentiel (en kWh_{EP}/m²an)

Zones climatiques	Énergies de chauffage	
	Combustibles fossiles	Chauffage électrique (dont pompes à chaleur)
H1	130	165
H2	110	145
H3	80	115



➤ 278

Les textes réglementaires. RTex « globale »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 13 juin 2008



Des valeurs gardes-fous

Pour info : ce sont les mêmes que ceux de la feu 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

➤ 279

Les textes règlementaires. R_{Tex} « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» L'isolation des parois opaques :

Plancher de combles perdus
R = 4,5 m².K/W

Rampant < 60°
R = 4,0 m².K/W

Terre cuite ou béton
Plancher bas sur extérieur ou parking
R = 2,3 m².K/W
R = 2,0 m².K/W
Plancher bas sur vide sanitaire
R = 2,0 m².K/W

Toit terrasse
R = 2,5 m².K/W

Béton banché
Blocs béton
Briques industrielles
Bardage métallique
Mur extérieur
R = 2,3 m².K/W
Mur sur local non chauffé
R = 2,0 m².K/W

ACEVMI

NF

CSTBat

» 280

Les textes règlementaires. R_{Tex} « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» L'isolation des parois vitrées :

Fenêtres coulissantes
U_w ≤ 2,6 W/m².K

Un garde fou
U_g ≤ 2,0 W/m².K
Vitrage peu émissif
Vitrage à isolation renforcé
Vitrage certifié TR

Les coffres
U_c ≤ 3,0 W/m².K

Autres type de fenêtres
U_w ≤ 2,3 W/m².K

CEVAL

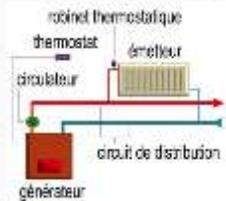
» 281

Les textes règlementaires. R_{Tex} « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» Le chauffage :



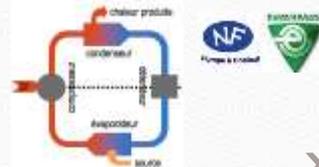
Chaudière Bt° ou à Condensation :

Rendement de 89,0 % à 90,9 % (P_n de 20 à 400 kW)
Rendement 90,9 % (P_n > 400 kW)



Plancher à eau sur LNC :
 $R \geq 1,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Plancher électrique sur LNC :
 $R \geq 2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

PAC :
COP $\geq 3,2$
COP mini = 2,7



» 282

Les textes règlementaires. R_{Tex} « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» 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
 $Q_{pr} \leq 0,22 + 0,057 V^{2/3}$



» 283

Les textes règlementaires. RTex « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» Le rafraîchissement :



Autres climatiseurs :

P > 12 kW
Air-Air EER ≥ 2,8
Eau-Air EER ≥ 3,0
Air-Eau EER ≥ 2,6
Eau-Eau EER ≥ 3,0

Climatiseur domestique :

P ≤ 12 kW, classe B

» 284

Les textes règlementaires. RTex « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» La ventilation :

Consommation des auxiliaires :

- 0,25 Wh/m³ par ventilateur
- 0,40 Wh/m³ par ventilateur si filtre



» 285

Les textes règlementaires. RTex « élem.^t par élem.^t »

Décret n° 2007-363 du 19 mars 2007
Arrêté du 3 mai 2007



» Les énergies renouvelables :

Chaudière à bois :
Rendement de 55 à 62% pour
P < 300 kW



Poêle : Rendement ≥ 65%
Foyer fermé ou poêle à bois
Poêle à granulés P < 50 kW
Poêle à accumulation lente de
chaleur

RTex : Cas des bâtiments anciens



Rappel
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

