

Confort thermique

1-type de transfert

2-Type d'isolation

3-grandeurs nécessaires aux calculs thermiques

4-flux de chaleur

5-besoin en chauffage

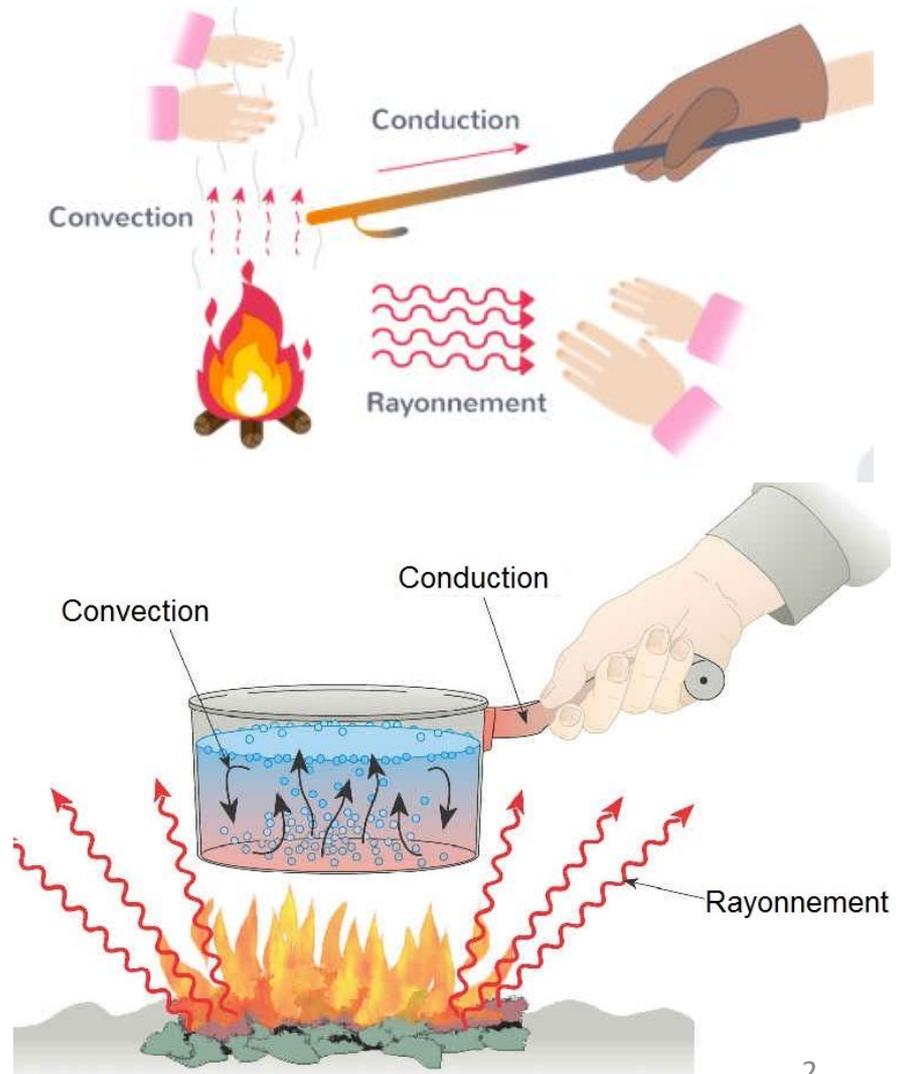
6-critères de choix de l'isolant

7-Aspects réglementaires : RT 2012

1-Types de transfert

On distingue trois types de transferts thermiques :

- Les **transferts par conduction** : il s'agit d'un transfert de chaleur dans un solide, par agitation des molécules. Le type de matériau est donc déterminant dans ce type de transfert.
- Les **transferts par convection** : Il s'agit d'un transfert de chaleur dans un fluide en mouvement : l'air par exemple, qui monte lorsqu'il est chauffé.
- Les **transferts par rayonnement** : il s'agit d'un transfert par ondes électromagnétiques d'un corps chaud à un corps froid.
- **(Vidéo : Classe de 1STI2D - Ne plus confondre CONDUCTION, CONVECTION et RAYONNEMENT)**

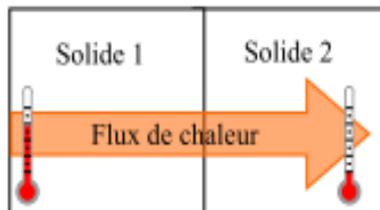


Exemples : La chaleur se propage le long d'une barre métallique dont une des extrémités est soumise à l'action d'une flamme.

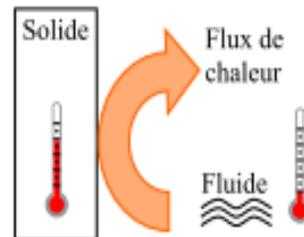
Exemples : L'air chaud s'échappe de l'intérieur vers l'extérieur par un conduit de ventilation. Un convecteur électrique est un radiateur électrique qui chauffe l'air en contact et le fait circuler dans la pièce par convection.

Exemples : La chaleur du Soleil qui arrive sur la Terre. Un radiateur radiant est un appareil chauffant par rayonnement (l'air est immobile et n'est pas chauffé directement) ; ce sont les objets du local (y compris les personnes) qui reçoivent la chaleur puis la communiquent à l'air par convection.

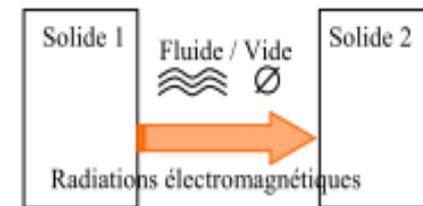
Conduction



Convection



Rayonnement



2-Type d'isolation

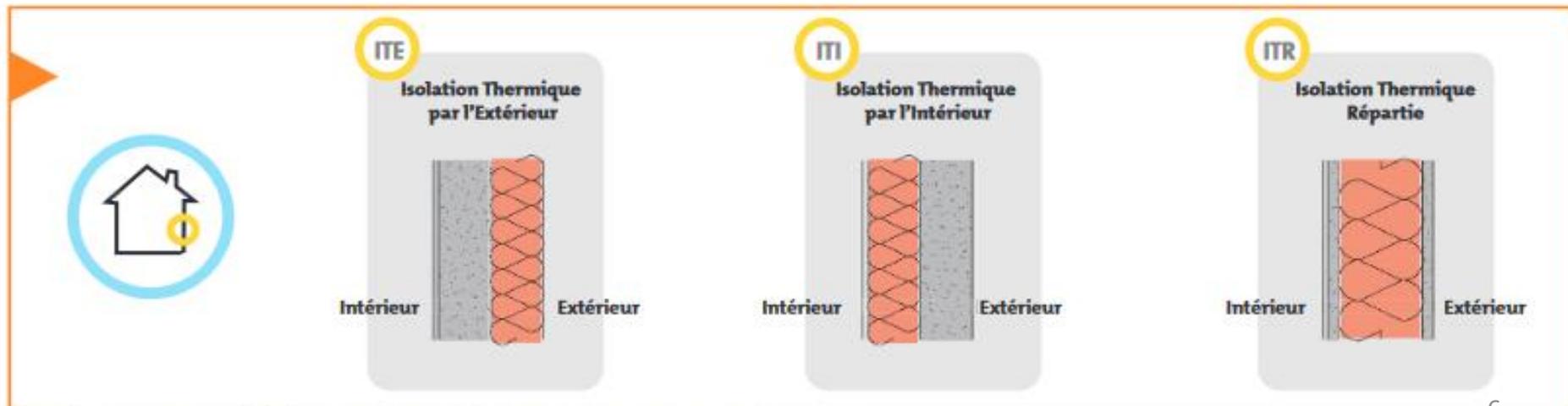
- *Il existe de nombreux isolants sur le marché. En fonction de leur composition, de leur forme et de leur résistance thermique, ils s'adaptent plus ou moins à certains types d'isolation.*
- La **laine de bois** est un isolant fait à partir de fibres de bois traitées pour les rendre résistantes à la vermine.
- La **laine de verre** fait partie des isolants les plus installés en France : elle équipe plus de 75% des foyers.
- La **laine de roche** provient du basalte, un matériau naturel issu de l'activité volcanique. Son élaboration s'effectue par fusion et fibrage. Le **chanvre** est un isolant issu de fibres naturelles
- Le **polystyrène expansé** est un isolant en plastique alvéolaire. Sa fabrication résulte de l'expansion à la vapeur d'eau de billes de polystyrène.
- La **ouate de cellulose** est un isolant fabriqué à partir de papier recyclé ou de boue papetière (journaux recyclés ou coupes de papier neuf d'imprimerie).
- **(Vidéo : Quel est le meilleur isolant pour sa maison ? | Parole d'expert)**

2-Type d'isolation

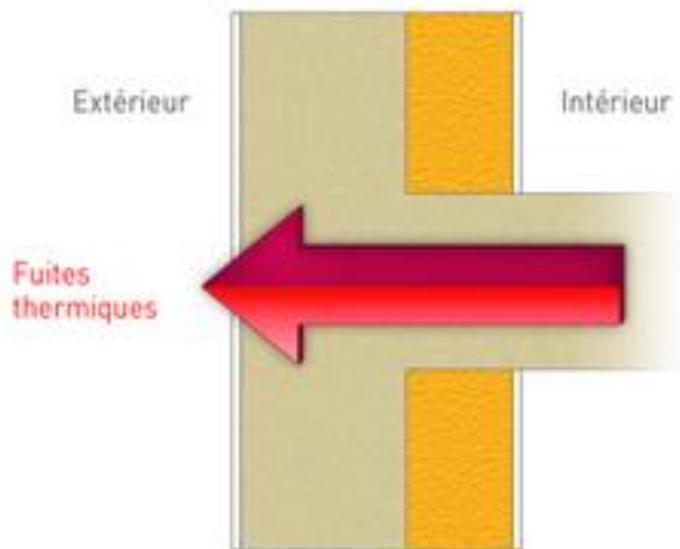
- **Le polyuréthane** : Comme tous les produits d'isolation en plastiques alvéolaires, le **polyuréthane** est d'origine organique. Cet isolant est élaboré à partir de moussage d'un composé de polyols, méthylène diisocyanate, agent gonflant et additifs. Il possède aussi un peu d'aluminium (50 microns) qui assure son étanchéité à l'air et la **durabilité de ses performances thermiques**.
- La laine de **textiles recyclés** est, comme son nom l'indique, élaborée à partir du recyclage de textile. Sa composition est la suivante : environ 70% de coton, 15% de textiles synthétiques (polyamide, polyester, acrylique) et 15% de liant sous forme de fibres polyester.
- La **laine de mouton** peut être brute ou manufacturée. Dans ce dernier cas, 25% de fibres synthétiques sont ajoutées afin d'assurer la cohésion des panneaux ou rouleaux. En effet, les produits isolants d'origine animale ont plus ou moins tendance à absorber l'humidité de l'air.

2-Type d'isolation

- On distingue trois types d'isolation :
 - **L'isolation Thermique Intérieure (ITI)**, qui se situe entre les voiles de la façade et l'intérieur du bâtiment. Ce type d'isolation est ancien, et ne se fait plus que dans des cas particuliers : façade classée ou impossibilité de travailler à l'extérieur.
 - **L'isolation Thermique Extérieure (ITE)** est ce qu'il se fait de mieux pour limiter les déperditions. Elle se pose entre les murs extérieurs et un bardage (parement extérieur non porteur).
 - **L'isolation thermique répartie (ITR)** qui signifie qu'un seul et même matériau fait office de porteur et d'isolant. Par exemple, dans le cas d'une maison individuelle, ou les briques alvéolaires font office de structure porteuse et d'isolant.

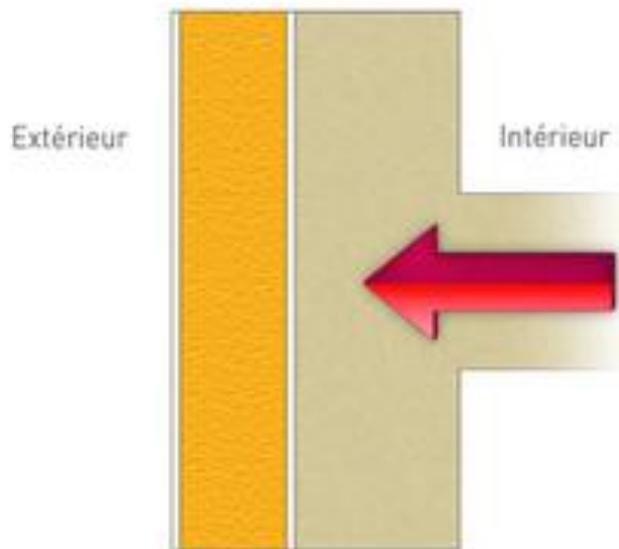


- Dans le cas de déperditions thermiques d'un bâtiment, il faut l'isoler pour éviter les pertes de chaleur l'hiver et les infiltrations l'été. L'isolation se fait donc par l'extérieur afin d'éviter le phénomène de ponts thermiques (perte de chaleur) (vidéo : *Qu'est-ce qu'un pont thermique et comment le traiter ?*)



Isolation par l'intérieur

Il est impossible d'assurer la continuité de l'isolant au niveau du plancher. Le pont thermique entraîne une fuite thermique.

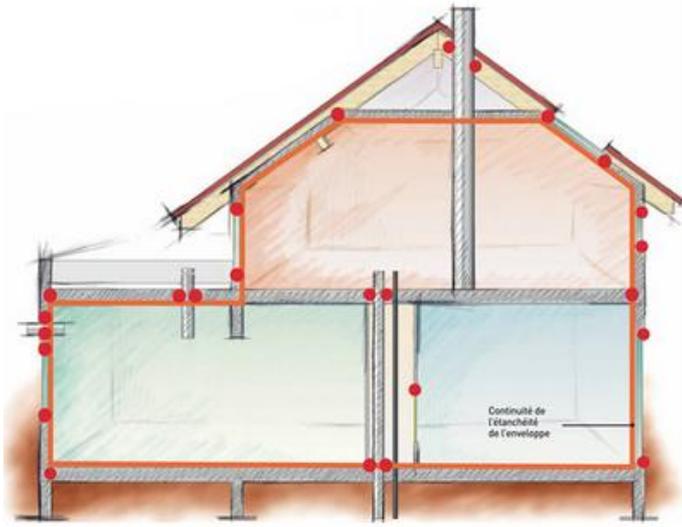


Isolation par l'extérieur

L'isolant est placé à l'extérieur en continu. Le pont thermique est traité.

Connaitre les déperditions par les ponts thermiques (Dep_{PT}) est nécessaire pour faire le bilan énergétique du bâtiment.

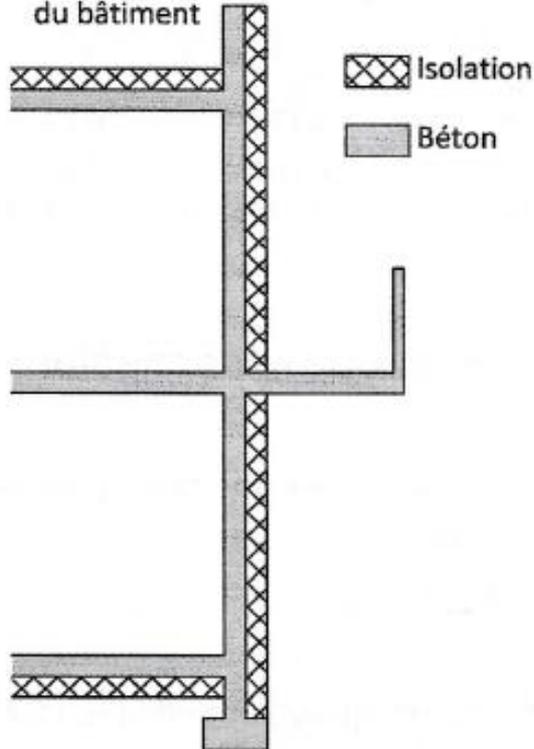
- On constate également que des flux d'air entraînent des pertes de chaleur au niveau des menuiseries essentiellement, dans la réglementation actuelle, on limite ces **déperditions aérauliques (infiltrations d'air, renouvellement d'air)**, ce qui impose une étanchéité à l'air. On note $Dep_{aéro}$ ces déperditions.



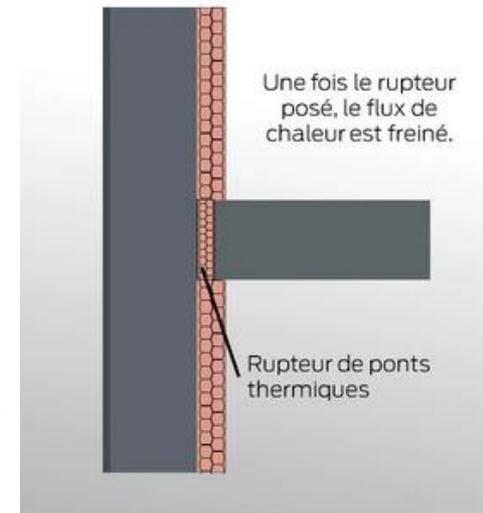
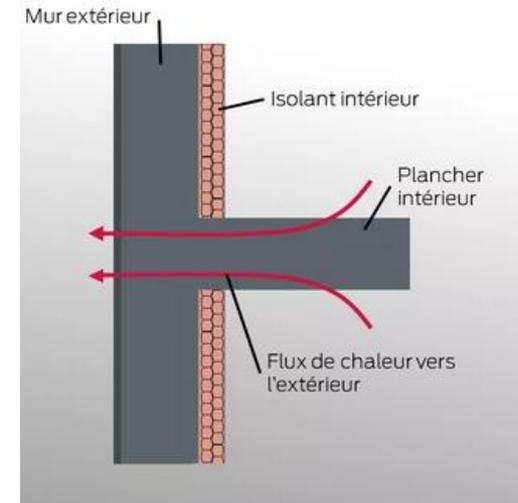
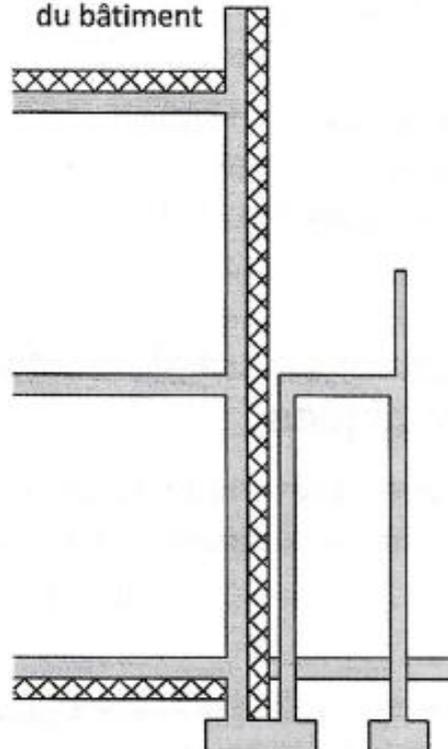
Le plan d'**étanchéité à l'air** est réalisé par exemple par un enduit intérieur ou extérieur avant la pose de l'isolant en mur, et par une membrane pare-vapeur en plafond. Celle-ci est donc à liasonner avec l'enduit.

Afin de limiter les ponts thermiques, les balcons sont maintenant **désolidarisés** du bâtiment, ce qui permet la continuité de l'isolation. Lorsque les balcons sont fixés au bâtiment, des ponts thermiques sont créés au niveau des dalles et des fixations. Il existe néanmoins des **rupteurs de ponts thermiques**.

Balcon solidaire
du bâtiment



Balcon désolidarisé
du bâtiment



3-Résistance totale et coefficient de transmission thermiques

- ✓ La résistance thermique totale ($m^2.K/W$) d'une paroi dépend des matériaux qui la composent

$$R_{\text{totale}} = R_{\text{si}} + \sum R_{\text{élément}} + R_{\text{se}}$$

- On additionne les résistances de chaque couche de paroi + les résistances superficielles (R_{si} et R_{se}).

→ Plus la résistance thermique totale est grande, plus la paroi est isolante.

- ✓ Le coefficient de **transmission thermique U** (en $W/(m^2.k)$) est égale :

$$U = 1/R_{\text{totale}}$$

→ Plus U est faible, plus la paroi est isolante

3-Résistance totale et coefficient de transmission thermiques

- R : il s'agit de la résistance thermique de chaque élément, de chaque couche (en $m^2.k/W$), qui se calcule $R_{\text{élément}} = e / \lambda$
- e : il s'agit de l'épaisseur de chaque couche (en m)
- λ : il s'agit de la conductivité thermique [en $W/(m^2.K)$]. Elle caractérise la capacité de l'élément à transmettre la chaleur. Plus la conductivité thermique est faible, plus le matériau est isolant.
- Lorsque le matériau est **hétérogène**, on utilise la valeur de résistance donnée par le fabricant car il est impossible de la calculer manuellement : Rsi et Rse : Il s'agit des résistances d'échanges thermiques superficiels intérieur et extérieur liés au transfert de chaleur par l'air (en $m^2.K/W$) (Vidéo : *Résistance thermique*)

VALEURS DES RÉISTANCES SUPERFICIELLES ($m^2.K/W$)							
Croquis	Sens du flux	Paroi en contact avec					
		☉ l'extérieur ☼ un passage ouvert ☾ un local couvert			☐ un local non chauffé ☑ un comble ☒ un vide sanitaire		
		R _{si}	R _{se}	R _{si} + R _{se}	R _{si}	R _{se}	R _{si} + R _{se}
	Horizontal	0,13	0,04	0,17	0,13	0,13	0,26
	Ascendant	0,10	0,04	0,14	0,10	0,10	0,20
	Descendant	0,17	0,04	0,21	0,17	0,17	0,34

4-Flux de chaleur

- Le flux de chaleur ϕ représente la quantité d'énergie passant par une paroi (en W), on considère que ϕ représente les flux passant par l'ensemble des parois d'un bâtiment. Il s'agit des déperditions conductives totales.

$$\phi = \Sigma(U*S*\Delta T) = (S* \Delta T)/R = Q/t$$

- U : coefficient de transmission thermique d'une paroi (en W/m².K)
- S : surface de la paroi (en m²)
- ΔT : différence de température entre l'intérieur et l'extérieur (Tint – Text)
- R : Résistance thermique (en m².K/W)
- Q: quantité de chaleur (en Joule)
- t : le temps en seconde

→ Ce flux de chaleur représente donc les déperditions conductives du bâtiment notées Dep_{cond}

5-Densité de flux

- Pour une surface frontière définie, en un point de cette surface, la densité de flux thermique ϕ ou flux thermique surfacique ou densité surfacique de flux thermique, ou encore densité de flux de chaleur – est le flux thermique par unité de surface.

$$\phi = \Phi / S = Q / (t * S)$$

- ϕ : densité de flux thermique (en W/m²)
- S : surface de la paroi (en m²)
- Q: quantité de chaleur (en Joule)
- t : le temps en seconde

7-critères de choix de l'isolant

- **Performance thermique** : si la conductivité thermique est faible (λ), l'épaisseur sera plus petite par rapport à un autre isolant à performances égales
- **Déphasage thermique** : durée durant laquelle l'isolant conserve la chaleur emmagasinée avant de la restituer
- **Régulation hygrométrique** : absorption d'eau par l'isolant et restitution quand l'air est plus sec. Ceci permet de conserver un confort hygrométrique et donc respiratoire.
- **Mise en œuvre** : en sous-face, sous la dalle inférieure du rez-de chaussée, il faut un isolant incompressible pour supporter les charges par exemple.
- **Performance phonique** : si l'isolant possède de bonnes performances acoustiques, cela permet de limiter les couches de l'isolant phonique.
- **Longévité** : certains isolants sont imputrescibles (ne pourrissent pas avec l'humidité)
- **Santé** : l'amiante est un très bon isolant mais est cancérigène
- **Inflammabilité** : il faut privilégier des isolants qui ne propagent pas la feu.
- **Prix**

8- Aspects réglementaires : RT 2012

La réglementation thermique en vigueur impose les éléments suivants :

- $B_{bio_{max}} < B_{bio}$
- $Cep_{max} < Cep$
- Tic_{ref}
- Utilisation d'énergies renouvelables

- Le B_{bio} ou besoin bioclimatique représente la capacité du projet à être performant et confortable. Il se calcule de manière dynamique

- Le Cep représente la consommation en énergies primaires sur cinq postes :
 - Le chauffage (besoins du bâtiment en kwh/an)
 - L'eau chaude sanitaire (besoins en eau chaude en kwh/an)
 - La climatisation (besoins en kwh/an)
 - Les besoins en éclairage (en kwh/an)
 - Les besoins auxiliaires (matériels électriques des installations (ventilateurs, pompes) en kwh/an)

9- Aspects réglementaires : RT 2012

- $$Cep = (B_{CH} + B_{ECS} + B_{CLIM} + B_{AUX} + B_{ECL}) * coef_{EP} / SHON_{RT} - \text{Production photovoltaïque}$$

BCH : Besoin en chauffage du bâtiment (en kwh/an)

BECS : Besoin en eau chaude sanitaire (en Kwh/an)

BCLIM : Besoin en climatisation (en Kwh/an)

BAUX : Besoin Auxiliaire (en Kwh/an) : équipements électriques des installations techniques (ventilateurs, pompes)

BELC : Besoin en éclairage (en Kwh/an)

SHON_{RT} : surface hors œuvre net de la réglementation thermique : surface au sol (en m²)

Production photovoltaïque limité à 12 kwh/(m².an)

Le Cep doit être inférieur au Cep_{max} définit dans la norme

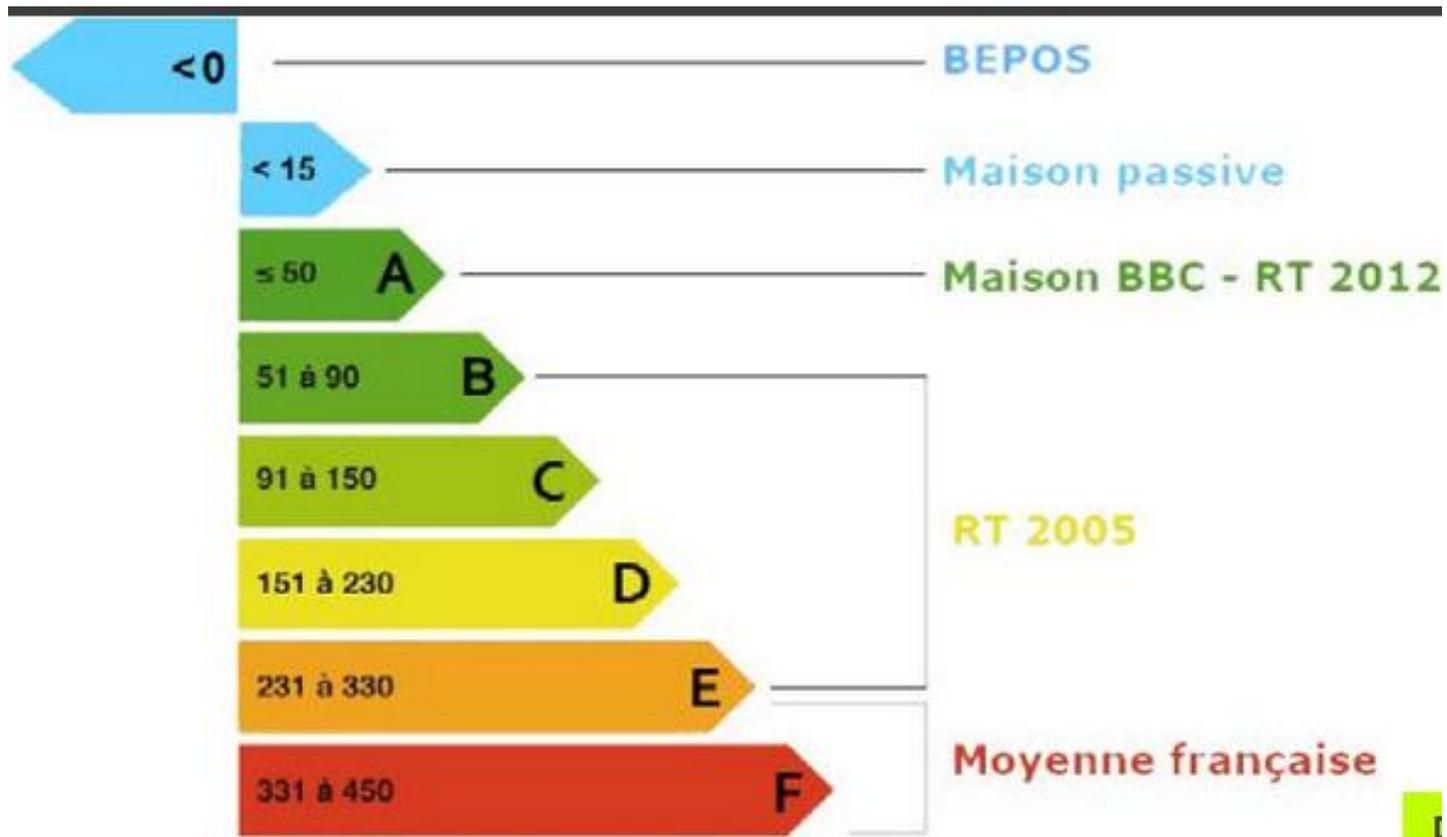
9- Aspects réglementaires : RT 2012

- $$\text{Cepmax} = 50 M C_{\text{type}} \cdot (M C_{\text{géo}} + M_{\text{calt}} + M C_{\text{surf}} + M C_{\text{ges}})$$

Pour le calculer il faut :

- déterminer la zone climatique (coefficient géographique M_{cgeo})
- Déterminer la catégorie M_{ctype} (CE1=1 (pas de climatisation)
CE2=1.2 (climatisation))
- Déterminer le coefficient d'altitude M_{calt}
- Déterminer le coefficient de surface $M_{\text{c surf}}$
- Déterminer le coefficient de gaz à effet de serre $M_{\text{c ges}}$ (chauffage et ECS)

Le diagramme suivant classe les bâtiments en fonction du Cep de celles-ci (les valeurs sont en kwh/m².an)



BATIMENT BASSE CONSOMMATION

Un bâtiment basse consommation (BBC) est un bâtiment dont la consommation en énergie primaire est nettement diminuée de par sa conception, ses performances thermiques. Ceci se répercute sur la production d'eau chaude sanitaire (ECS) et le chauffage, la consommation du système de ventilation (VMC) et l'éclairage. La somme des consommations de ces équipements consommateurs d'énergie primaire doit être inférieure de 80 % à la consommation normale règlementaire (RT 2012).

BATIMENT PASSIF

Un bâtiment passif est un bâtiment à très basse consommation dont la majorité des besoins en chauffage et en électricité est comblée par les apports solaires et les apports internes (habitants + appareils). Le fait de remplacer les besoins en chauffage par des apports solaires gratuits et internes permet de se passer d'un système de chauffage traditionnel. En revanche pour que les apports précédents suffisent à répondre aux besoins en chauffage du bâtiment, il faut que celui-ci soit extrêmement performant thermiquement (isolation). Les équipements de ventilation comme la VMC doivent être de très bonne qualité pour renouveler l'air efficacement sans engendrer de déperditions de chauffage.

BATIMENT POSITIF

Un bâtiment à énergie positive (BEPOS) est un bâtiment qui produit plus d'énergie (chaleur, électricité) qu'il n'en consomme pour son fonctionnement normal. Il s'agit généralement d'un bâtiment passif très performant qui est équipé avec des systèmes de production d'énergie en fonction des ses besoins en énergie. Pour accumuler et restituer de la chaleur ou produire de l'électricité, les éléments comme par exemple le toit ou les murs sont utilisés. La quantité excédentaire en énergie (positive) peut être stockée ou revendue. Pour qu'un bâtiment soit considéré comme positif, les apports gratuits doivent au moins compenser la somme des consommations énergétiques moyennes annuelles du bâtiment sinon plus.

Vidéo youtube : Qu'est ce que le label BEPOS ?

9- Aspects réglementaires : RT 2012

- La $TIC_{Réf}$, ou température inférieure de confort de référence, représente la température à ne pas dépasser l'été pour garantir un certain confort aux usagers

La RT2012 impose aussi :

- des déperditions ponts thermiques $Dep_{pT} < 0,28 \text{ W/m}^2\text{°C}$
- Des déperditions au niveau des planchers intermédiaires $Dep_{pT} < 0,6 \text{ w/m}^2\text{°C}$
 - La somme des surfaces de vitrage soit au moins de la surface habitable
 - La présence d'un système centralisant les estimations de consommation (domotique)
- Des résistances thermiques pour la toiture $R > 8 \text{ m}^2\text{°C/W}$, pour les murs et les sols $R > 4 \text{ m}^2\text{°C/W}$
- Une étanchéité à l'air permettant des pertes aérauliques de $0,6 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ pour une maison individuelle et de $1 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ pour des logements collectifs.

10- Aspects réglementaires : RT 2020

- La nouvelle réglementation environnementale RE 2020 prévue par la [loi ELAN](#) suite au Grenelle de l'environnement succède à la [réglementation thermique RT 2012](#). Elle devait être applicable à l'ensemble des constructions neuves le 1^{er} janvier 2021. Finalement, face aux inquiétudes des professionnels du bâtiment, elle ne sera rendue effective qu'au **1^{er} janvier 2022**.

10- Aspects réglementaires : RT 2020

- La volonté affichée de la RT 2020, c'est non seulement **l'économie de l'énergie mais aussi sa production**. La RT 2020 rassemble plusieurs normes visant à construire des bâtiments à énergie positive et des maisons passives. Concrètement, cela signifie que ces constructions devront produire **autant d'énergie qu'elles en consomment**. Trois normes sont donc impérativement à connaître :
- Consommation de chauffage n'excédant pas 12 kWh_{ep} par m² et par an
- Consommation totale d'énergie primaire inférieure à 100 kWh par m² et par an
- Production d'énergie renouvelable supérieure ou égale aux besoins énergétiques de la maison

10- Aspects réglementaires : RT 2020

	RT 2012	RT 2020
Types de bâtiments	Constructions BBC	Constructions BEPOS
Objectif	Diminuer la consommation d'énergie des équipements	Supprimer le gaspillage énergétique
Pour quels usages ?	<ul style="list-style-type: none">– Chauffage– Eau chaude– Éclairage	<ul style="list-style-type: none">– Les mêmes que la RT 2012– Appareils électroménagers– Empreinte carbone
Procédés	Isolation thermique des bâtiments	<ul style="list-style-type: none">– Isolation thermique des bâtiments– Production d'énergie– Empreinte environnementale