

QUEL ISOLANT CHOISIR ?

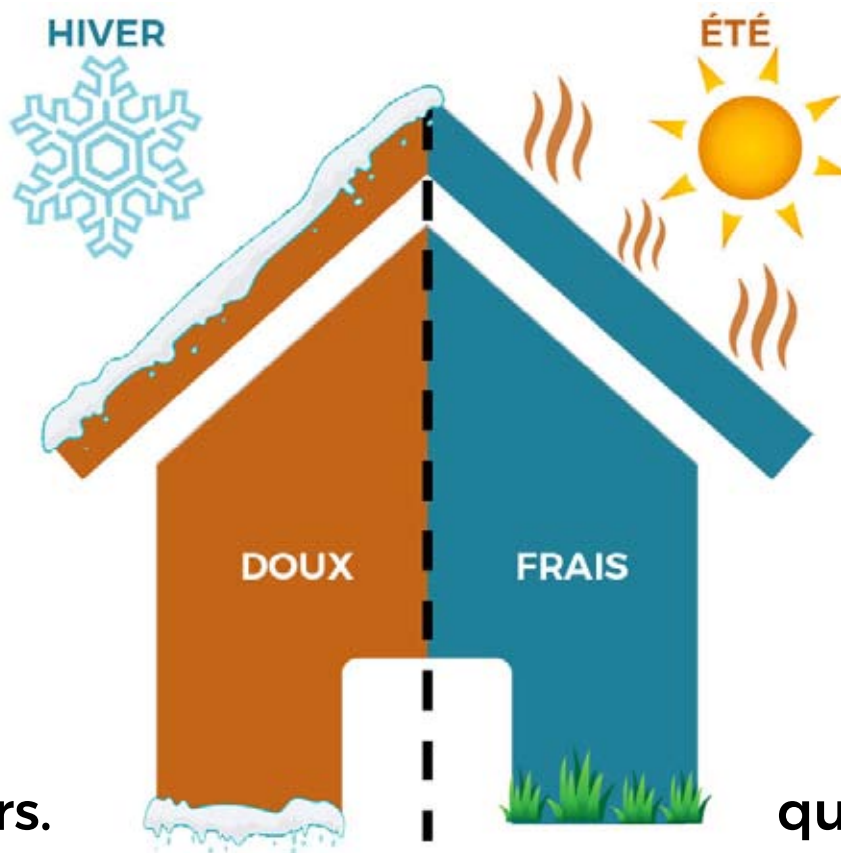


QU'EST-CE QU'UN ISOLANT ?

C'est un matériaux qui isole !!

**Retenir
la chaleur
intérieure**

quand il fait froid dehors.



**Retenir
la chaleur
extérieure**

quand il fait chaud dehors

Illustration atriome

> RÉDUIRE AU MAXIMUM LE TRANSFERT DE CHALEUR

TRANSFERT DE CHALEUR

Les lois physiques tendent à équilibrer les systèmes

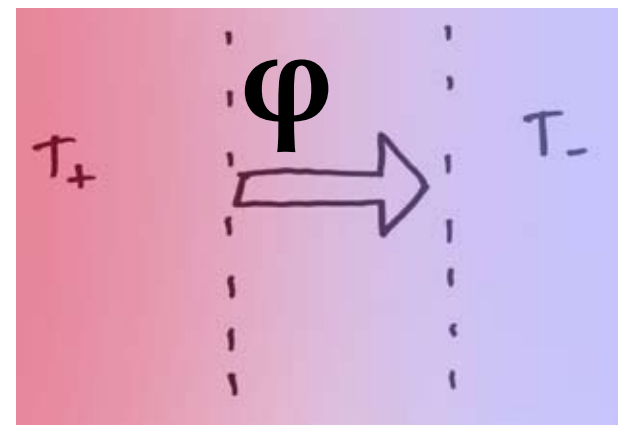
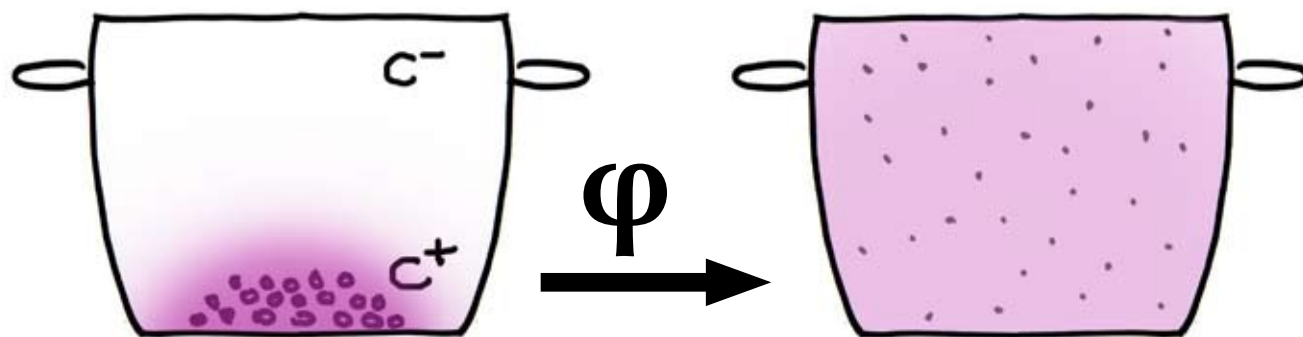
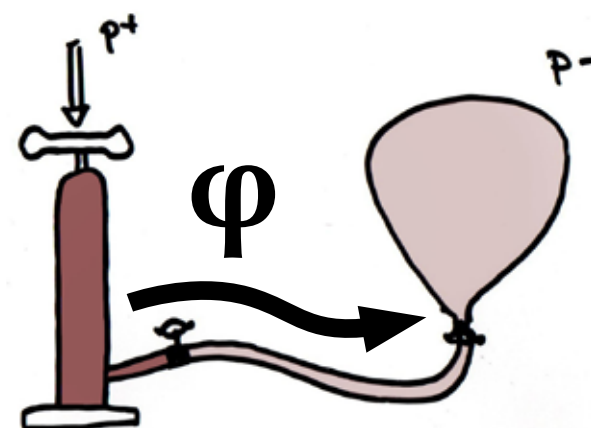
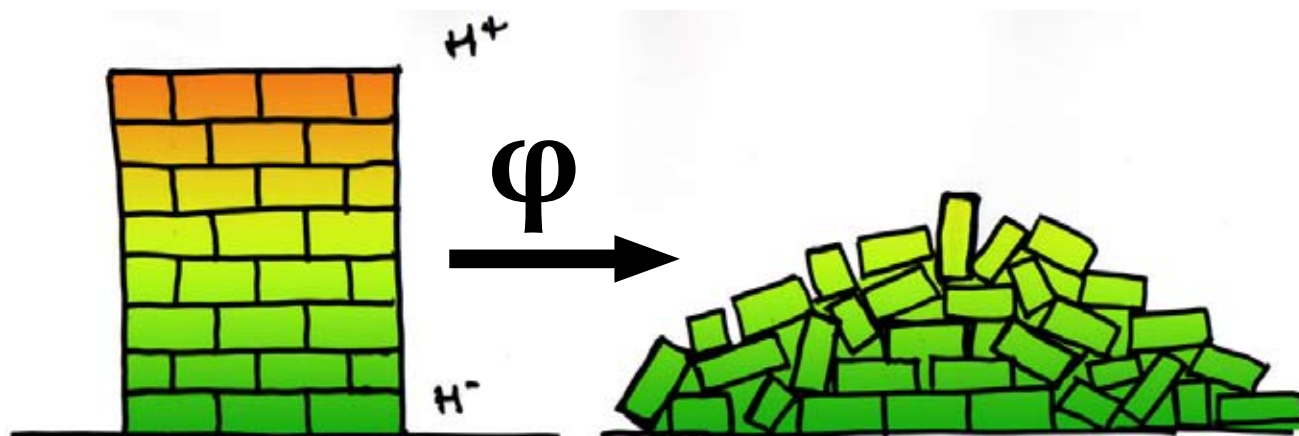


Illustration Alex Céalis

TRANSFERT DE CHALEUR

3 modes de transfert de chaleur

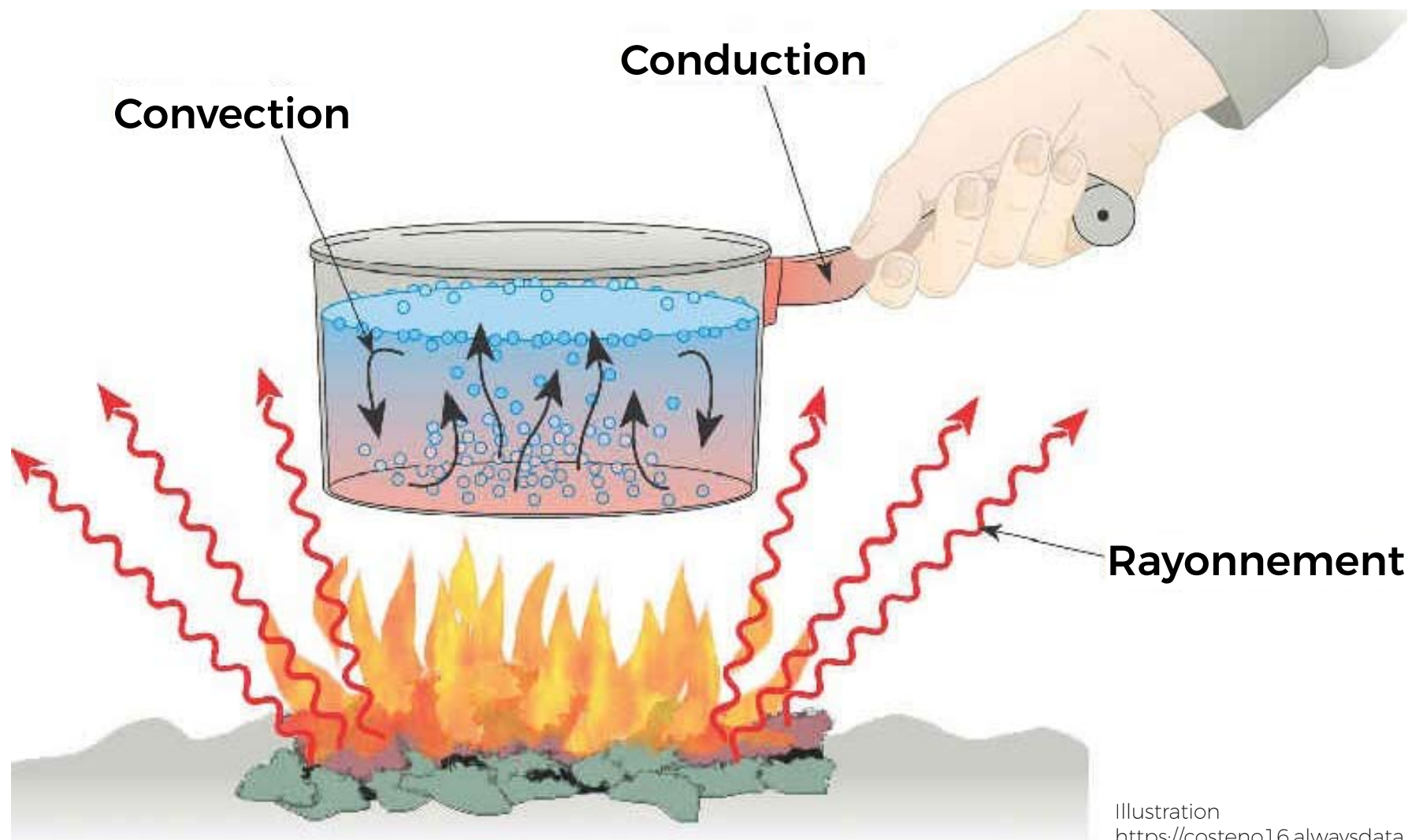
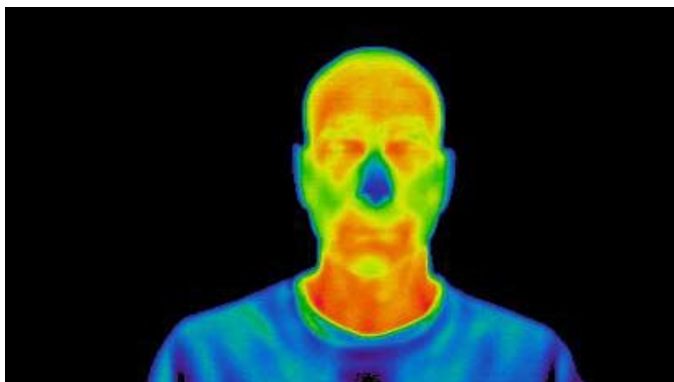
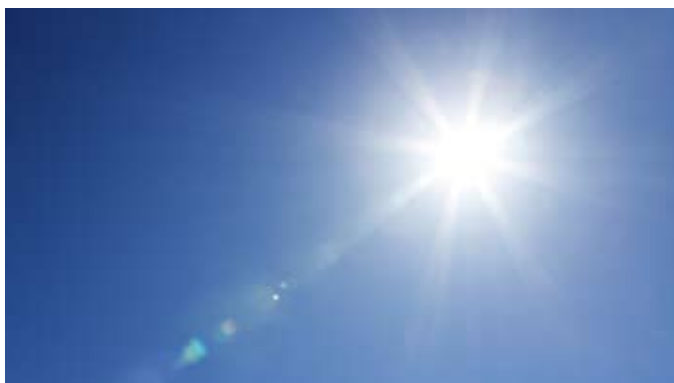
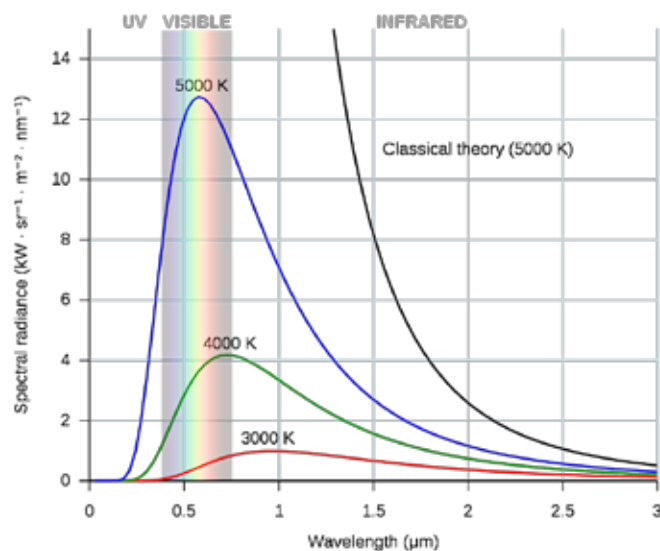


Illustration
<https://costeno16.alwaysdata.net>

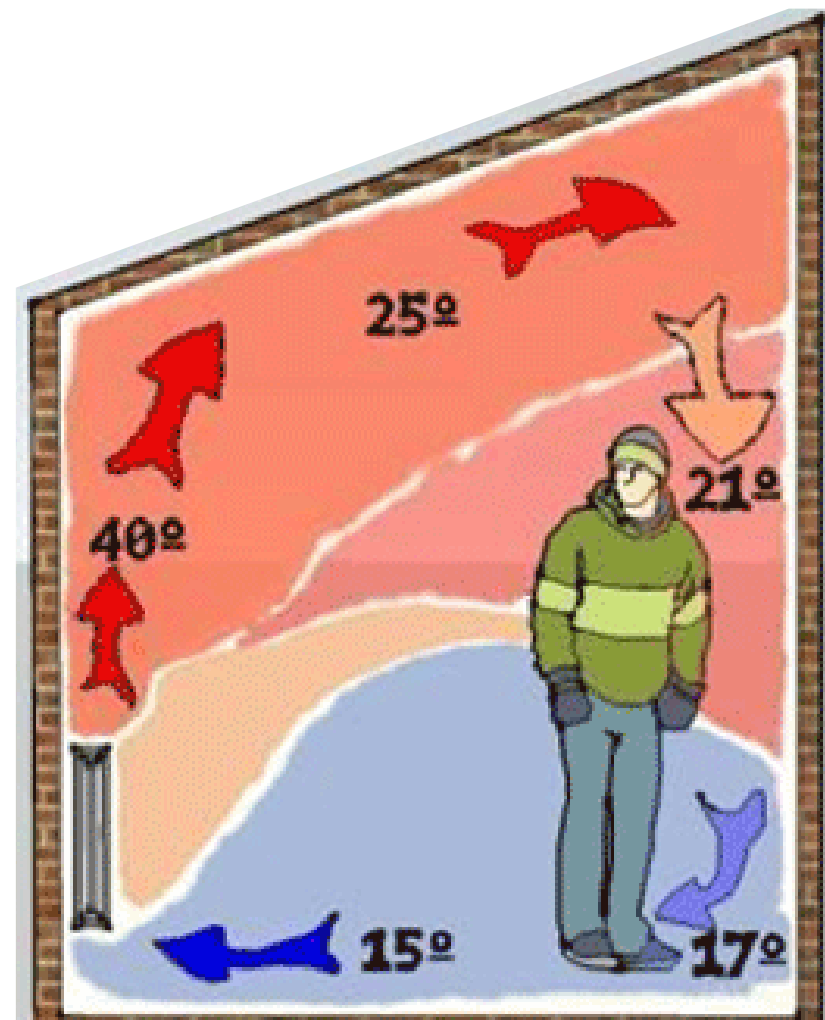
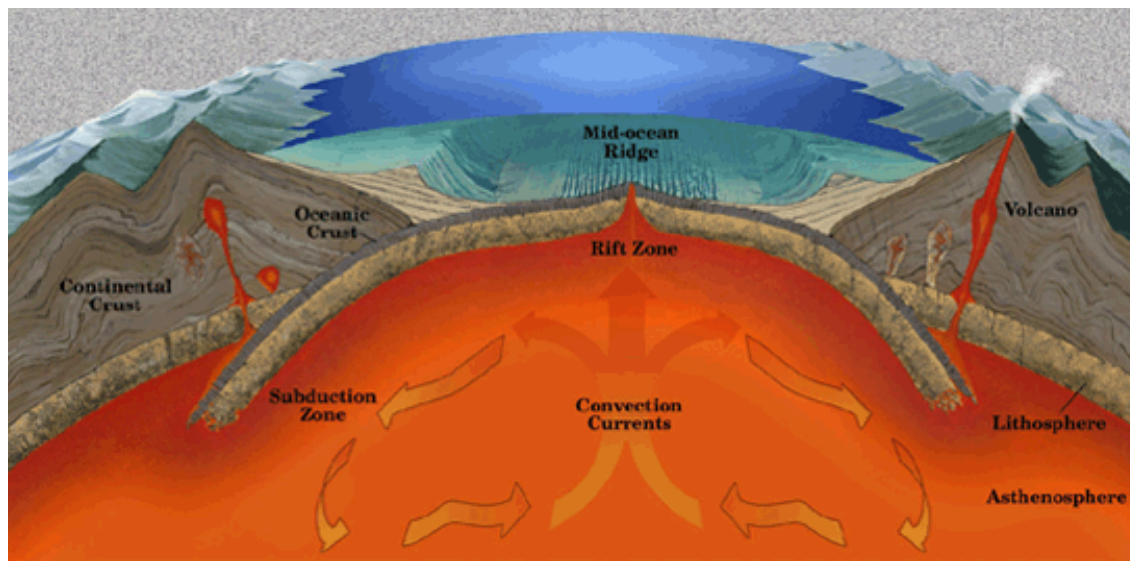
TRANSFERT PAR RAYONNEMENT

Emission de rayonnement électromagnétique lié à la température du corps.



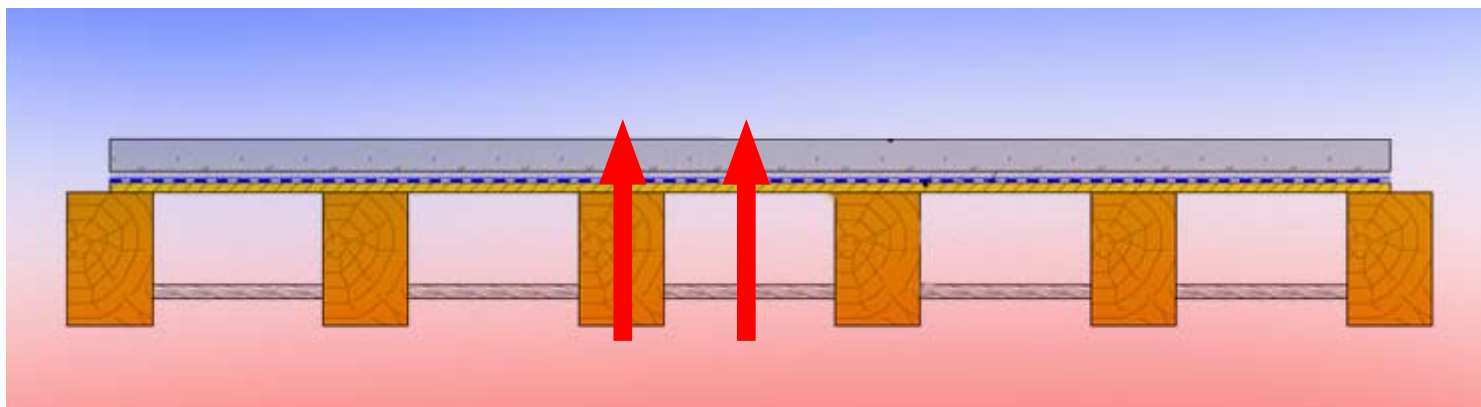
TRANSFERT PAR CONVECTION

Phénomène présent dans les fluides, déplacement de matière.



TRANSFERT PAR CONDUCTION

Agitation moléculaire, transfert de proche en proche.



TRANSFERT DE CHALEUR

Dans l'habitat, les trois modes de transfert co-existent

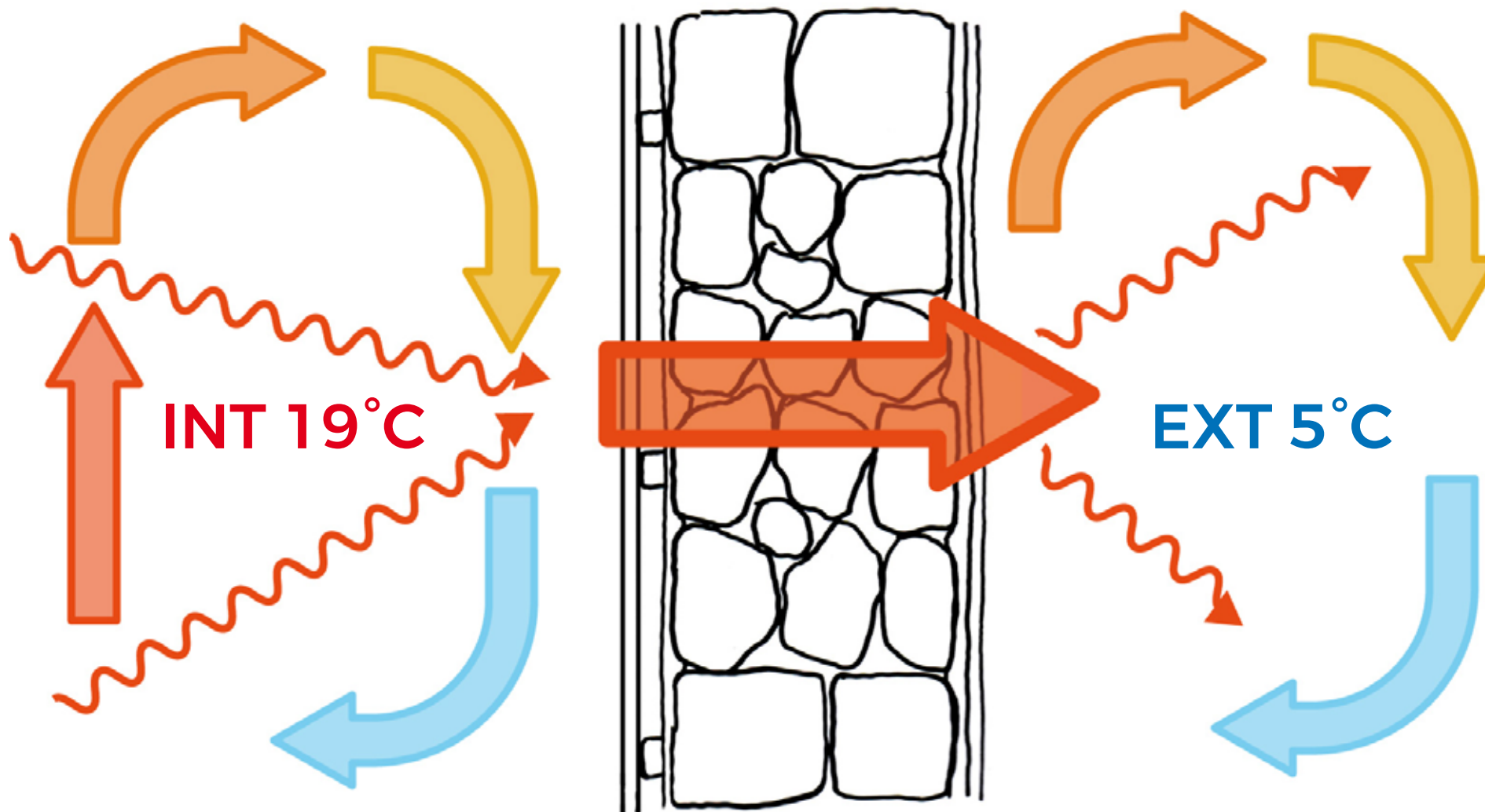


Illustration Alex Céalís

ALORS, UN ISOLANT C'EST QUOI ?

Des petites cellules d'air !

Matériaux légers : Mousses, laines ...

CRITÈRES DE CHOIX ?

Différents critères

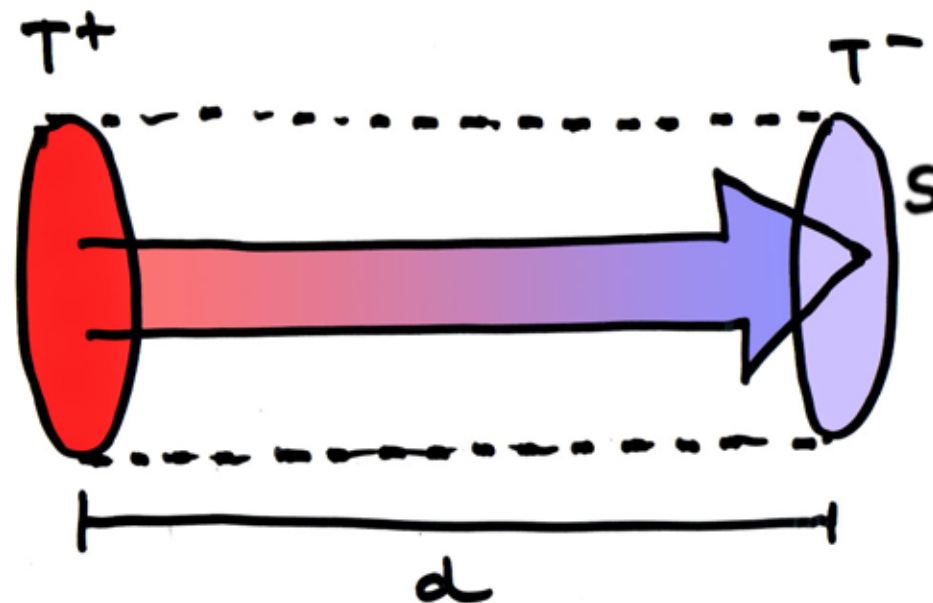
- Pouvoir isolant ;
- Comportement à l'humidité ;
- Sensibilité aux rongeurs ;
- Tenue au feu ;
- Nocivité ;
- Localisation dans la maison ;
- Impact environnemental ;
- Mode constructif et finition souhaitée ;
- Prix.
- ...



LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE

Paramètre physique caractérisant la capacité d'un matériaux à laisser passer un flux de chaleur par conduction à travers les surfaces soumis à une différence de température et espacées d'une certaine distance.

$$[\lambda] = \frac{\text{Énergie / temps}}{\text{m}^2 \cdot \text{K/m}} = \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$



Aérogels : 0,012 - 0,02
 Air immobile : 0,02
 Laines minérales : 0,032 - 0,055
 Liège : 0,036 - 0,042
 Laine de chanvre : 0,039 - 0,045
 Béton de chanvre : 0,09
 Bois : 0,13 - 0,3

Brique : 0,6 - 1
 Argile : 1 - 1,5
 Calcaire : 0,8 - 2,3
 Granit : 2,8
 Marbre : 3,5

Mercur : 8,5

Acier inox : 16

Fonte : 50
 Fer : 80

Aluminium : 237
 Cuivre : 390

Diamant : 1000



SENSIBILITÉ À L'HUMIDITÉ

La plupart des isolants sont sensibles à l'humidité



Développement de moisissures



Alourdissement puis tassement

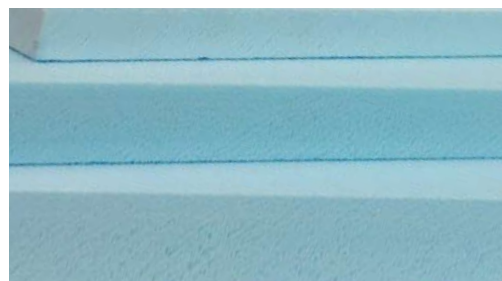
Certains matériaux sont moins sensibles



Liège expansé



Polystyrène expansé ou extrudé



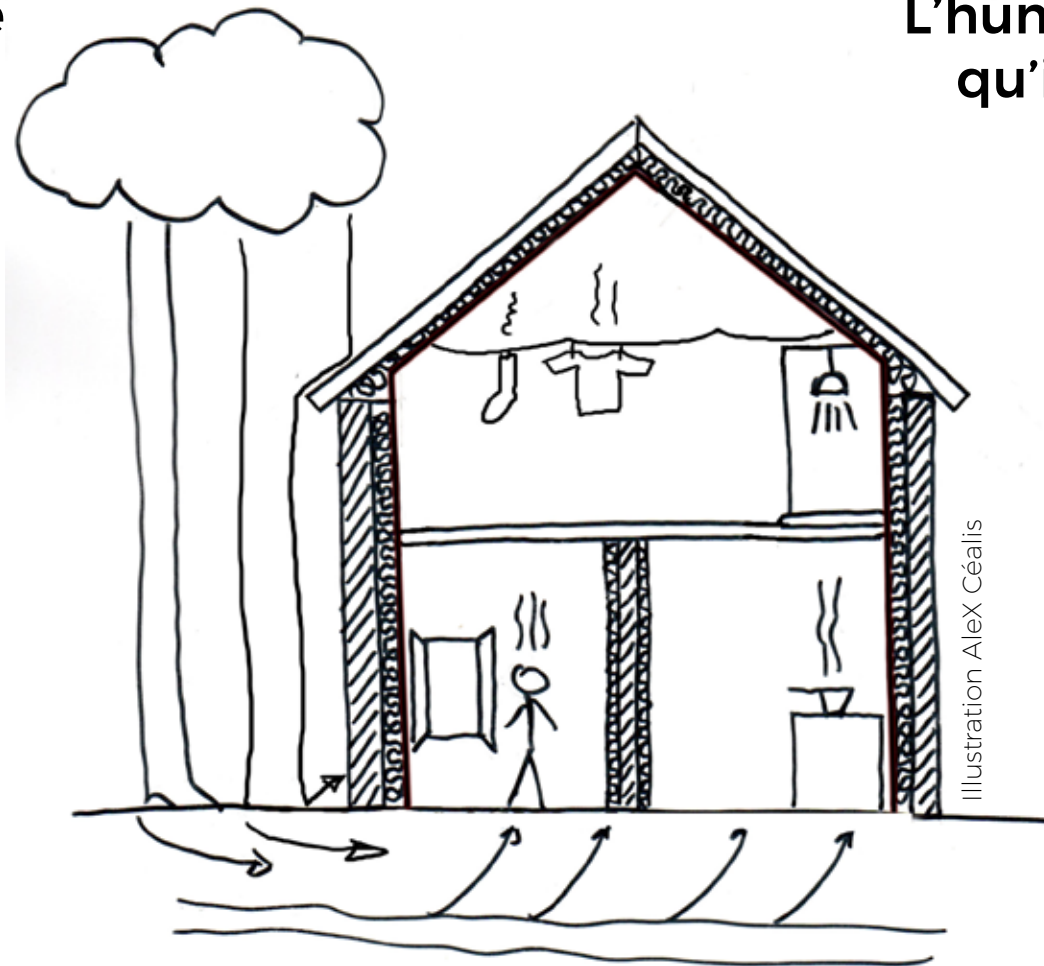
Mousse polyuréthane

SENSIBILITÉ À L'HUMIDITÉ

Il y a 2 sortes d'humidité !!

L'humidité extérieure
dont il faut réduire la
pénétration

L'humidité intérieure
qu'il faut évacuer



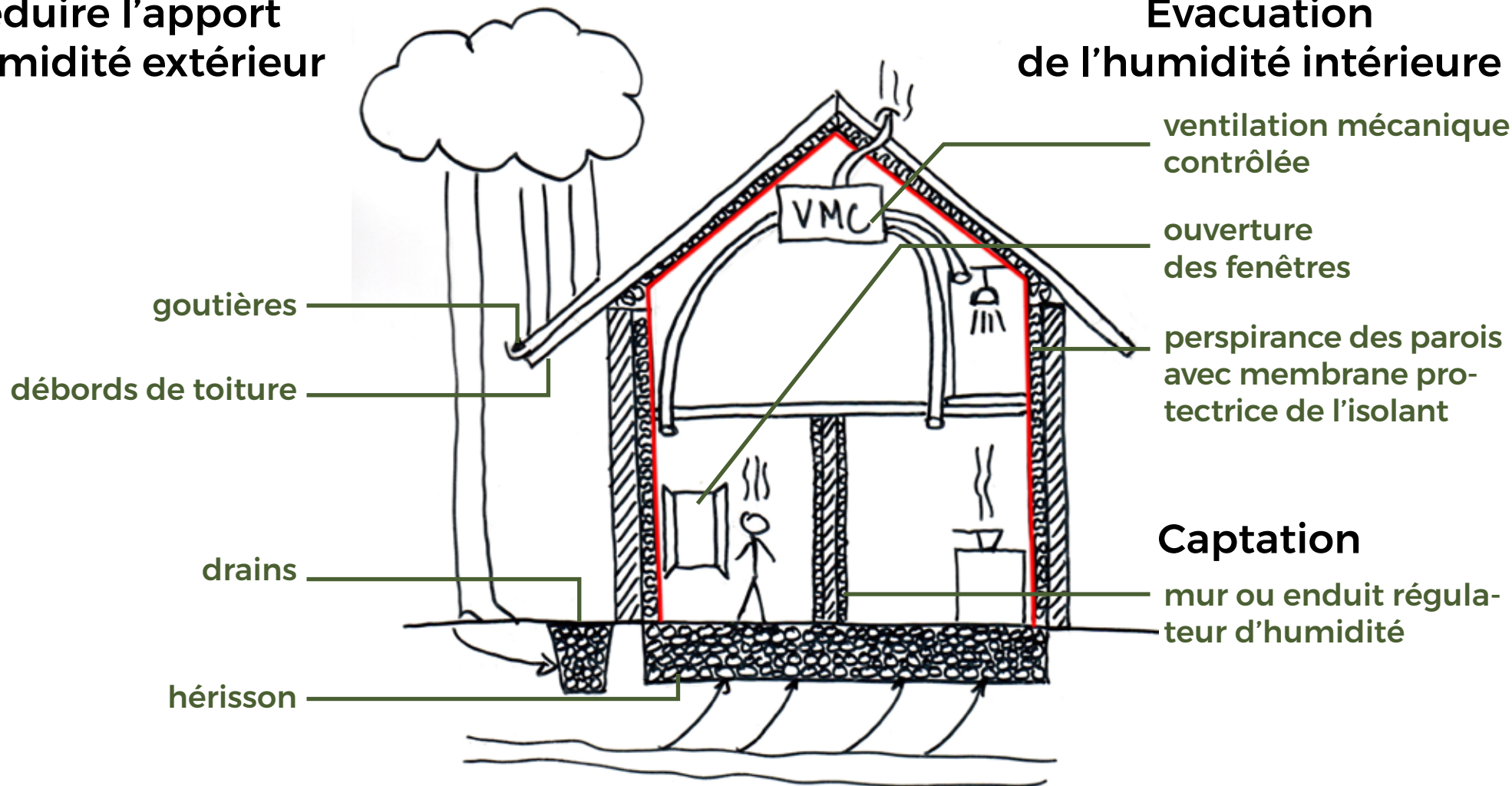
L'étanchéité totale crée d'autres problèmes...

SENSIBILITÉ À L'HUMIDITÉ

Il faut gérer l'humidité en amont

Réduire l'apport
d'humidité extérieur

Evacuation
de l'humidité intérieure



SENSIBILITÉ AUX RONGEURS

Aucun isolant ne resiste



La structure aérée d'un isolant ne résiste pas aux dents d'un rongeur qui cherche à se protéger du froid.

Même l'ajout d'un répulsif chimique n'est pas efficace.

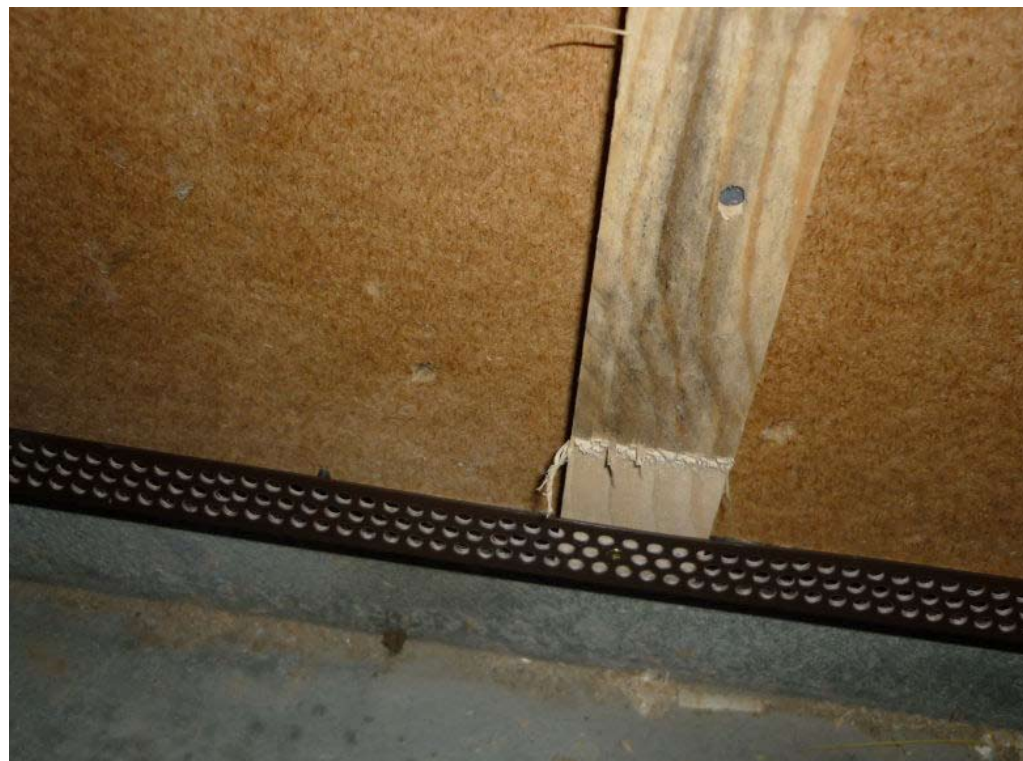


SENSIBILITÉ AUX RONGEURS

La mise en oeuvre doit être appliquée.



Maçonner les accès potentiels pour éviter les trous et les fentes.



Installer des grilles anti-rongeurs au niveau des aérations.

TENUE AU FEU

La plupart des isolants sont sensibles au feu



Propagation de l'incendie



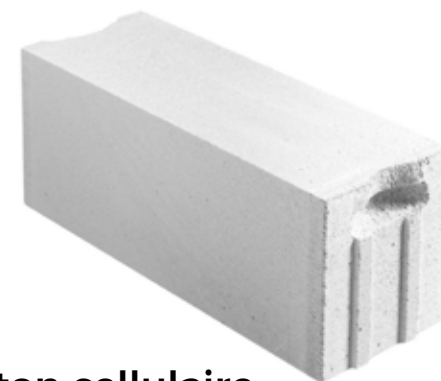
Sources : L'Est républicain 19/05/2015

Dégagement de fumées nocives

**Certains matériaux
sont moins sensibles**



Laine de roche



Béton cellulaire

TENUE AU FEU

Les matériaux doivent-ils être ininflammable ?



TENUE AU FEU

La règle : ralentir le feu

Ralentir la propagation du feu pour permettre aux habitants de sortir des bâtiments et faciliter l'intervention des secours

Utilisation d'isolant insensible



Protection de l'intérieur



Panneaux de gypse ou de plâtre

Parements protecteurs



NOCIVITÉ

Lors de la mise en oeuvre ou du démontage ?



NOCIVITÉ

Une fois en place dans le bâtiment ?



IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Évaluation grâce à l'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

- Consommation de ressources naturelles
- Consommation d'énergie à la production
- Émission de polluants

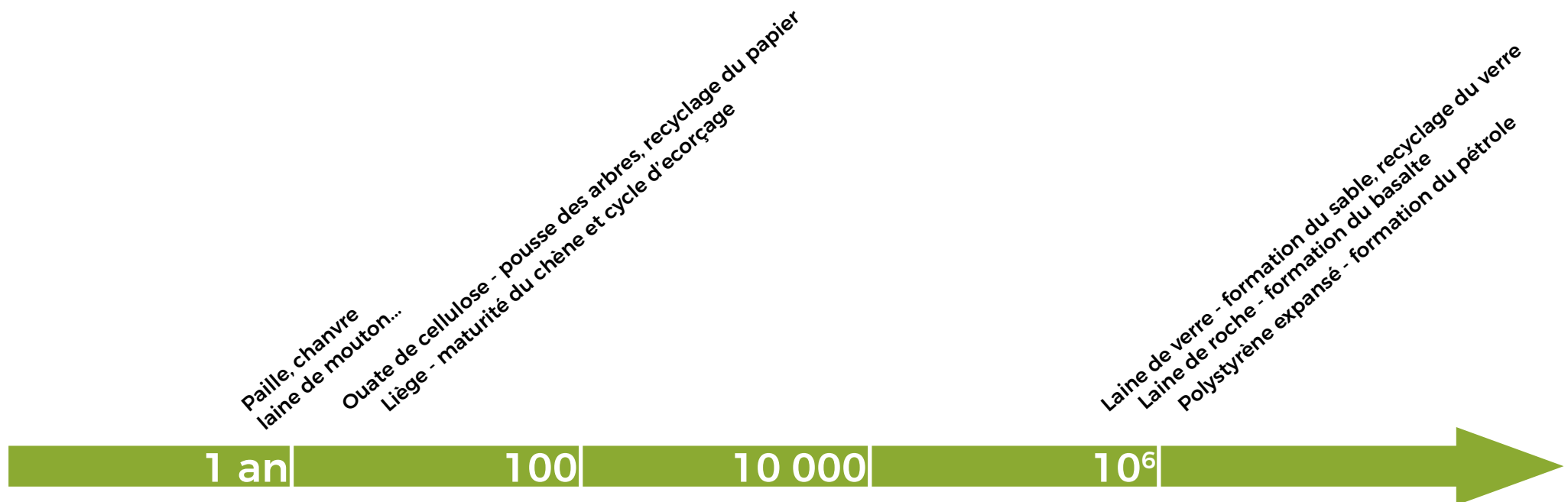
Lors de :

- l'extraction,
- la production/transformation
- les transports
- la mise en oeuvre
- l'utilisation
- le démontage
- le traitement en fin de vie

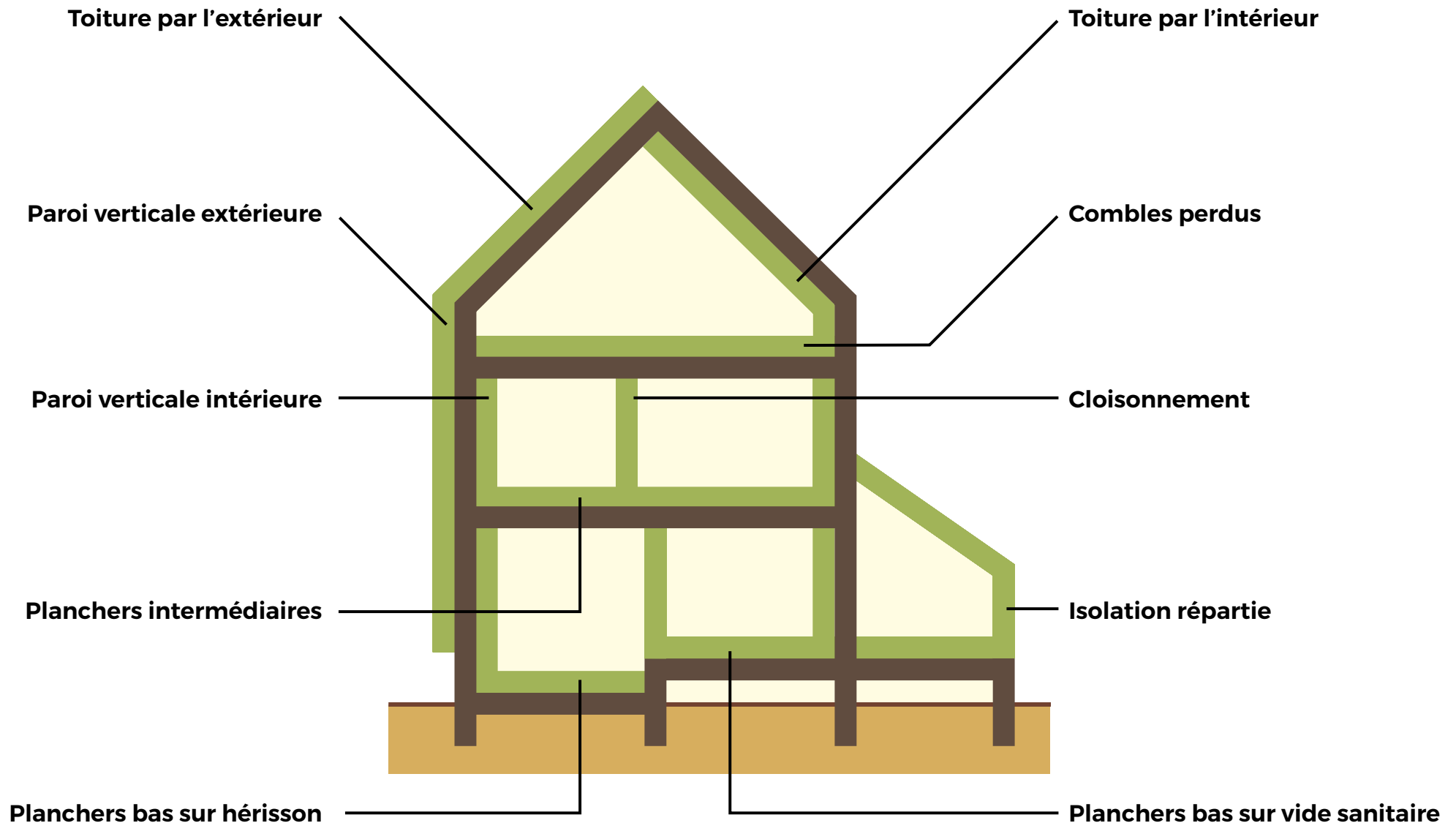


RENOUVELABILITÉ

Tous les matériaux sont renouvelables...
mais pas à la même vitesse !



UTILISATION DANS LE BÂTI

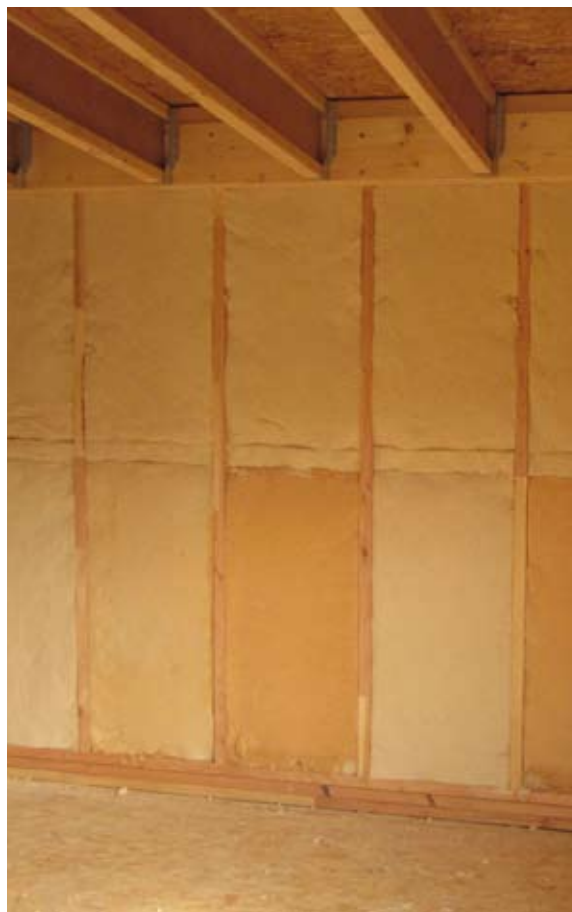


LE PRIX

Plusieurs valeurs possibles



Matériaux seul



**Matériaux
+ mode constructif**

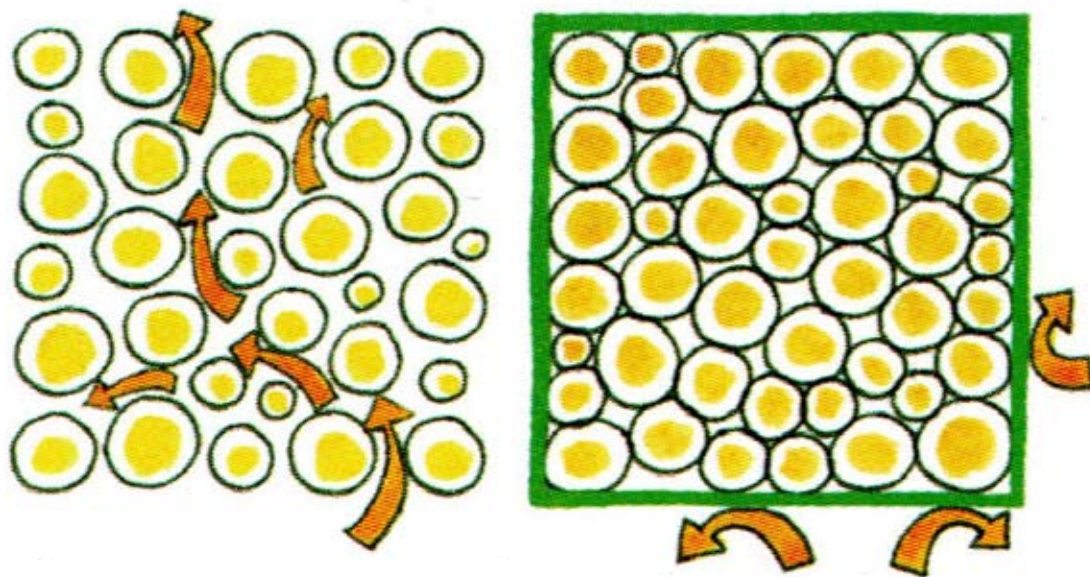


**Matériaux + mode constructif
+ pose**

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

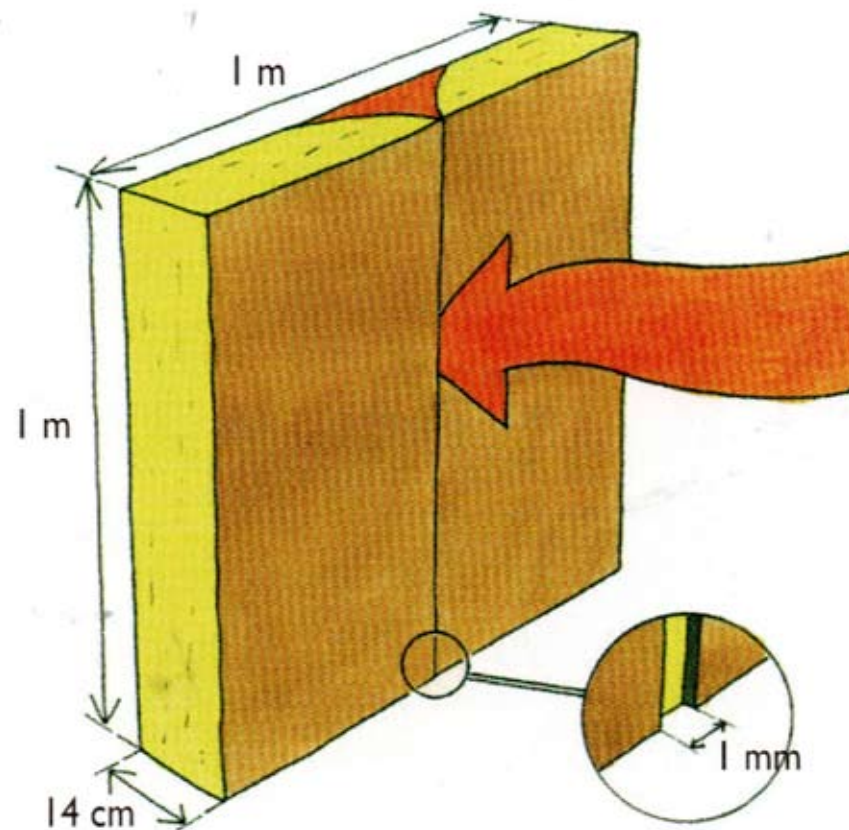
Le complexe et la qualité de la mise en oeuvre prévalent sur le choix de l'isolant

Étanchéité à l'air



avec

sans

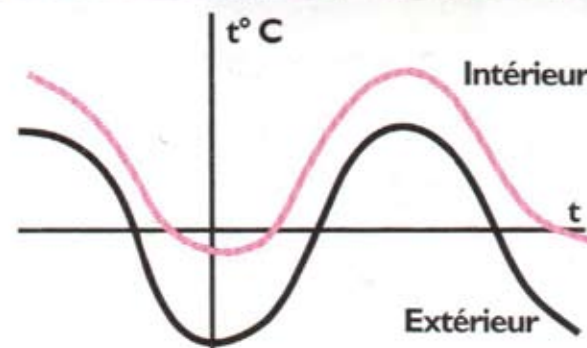
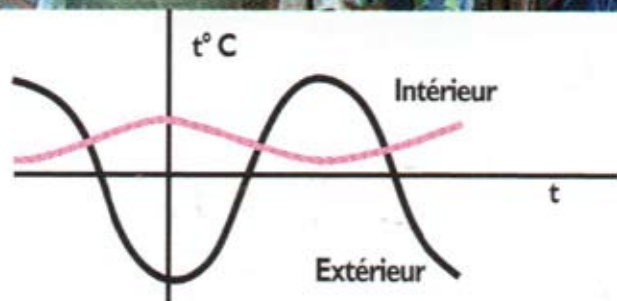


4 x plus de déperdition

Source : L'isolation thermique écologique

INERTIE THERMIQUE

Le confort ne vient pas uniquement de l'isolation



Source : L'isolation thermique écologique

ÉTANCHÉITÉ À L'AIR



TABLEAU COMPARATIF

	Masse volum. (kg/m³)	lambda (W.K ⁻¹ .m ⁻¹)	épaisseur pour R=5 (cm)	Prix TTC pour R=5 (€)	Résistance vapeur d'eau	Chaleur spécifique (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	Énergie grise (kWh/Ep)	Effet de serre (kg CO ₂)	
Polystyrène expansé	10-30	0,032 - 0,038	16-19	14-29	20-100	1450	81 😞	10 😞	p30
Polystyrène extrudé	25-45	0,029 - 0,035	14,5-17,5	25-35	80-200	1300-1500	185 😞	520 😞😞😞	p30
Laine de verre	10-40	0,036 - 0,042	18-21	5-14	1	840-1030	62 😊	10 😞	p31
Laine de roche	30	0,038	19	7-10	1	840-1030	37 😊	9 😞	p32
Béton cellulaire	115	0,045	22,5	70-80	3	1030	34 😊	12 😞	p33
Laine de chanvre	30-70	0,038 - 0,042	19-21	20-40	1-2	1300-1700	52 😊	-1 😊	p34
Brique de chanvre-chaux	300	0,07	35	70-100	1-5	1700	79 😊	3 😊	p35
Bétons de chanvre	250-800	0,06 - 0,170	30-85	30-90	10-13	1500-1700	60 😊	-9 😊	p35
Laine de bois rouleau	35-55	0,036 - 0,039	18-19,5	20-35	1-5	1600-2300	43 😊	-1 😊	p36
Fibre de bois panneau	110-280	0,037-0,058	18,5-24	40-90	3-5	1600-2300	122 😞	-19 😊😊	p37
Liège expansé granulé	70-100	0,040-0,045	20-23	30-40	1-5	1700-2000	35 😊	-22 😊😊	p38
Liège expansé panneau	110-150	0,037-0,042	19-21	60-70	5-30	1700-2000	43 😊	-27 😊😊	p38
Laine de lin	25-35	0,036-0,038	18-19	20-30	1-2	1300-1700	53 😊	2 😊	p40
Paille de blé bottes	80-120	0,040-0,050	20-25	4-6	1-2	1400-2000	5 😊😊	-27 😊😊	p41
Laine de mouton	10-35	0,035-0,045	17-22,5	20-30	1-2	1000-1800	16 😊	0 😊	p42
Textile recyclé	10-30	0,039-0,040	19-20	20-30	2-3	1400	53 😊	2 😊	p43
Ouate de cellulose	40-70	0,038-0,042	19-21	7-15	1-2	1600-2000	21 😊	-10 😊	p44

Source : La Maison écologique, dossier spécial isolants

VRAC OU PANNEAU ?

VRAC

Matériaux moins coûteux
à poids équivalent

Remplir tous les espaces vides

Densité «réglable»



PANNEAU

Matériaux normalisés,
aux dimensions standardisées

Rapidité de mise en œuvre

«se tient tout seul»



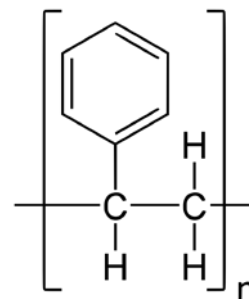
POLYSTYRÈNE

$$\lambda = 0,029 - 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 10-45 \text{ kg/m}^3 - 15-35 \text{ €}$$

Perles de polystyrène cristal + chaleur + vapeur + gaz
-> Expansion 50 fois volume initial.
Extrusion possible pour plus forte densité.



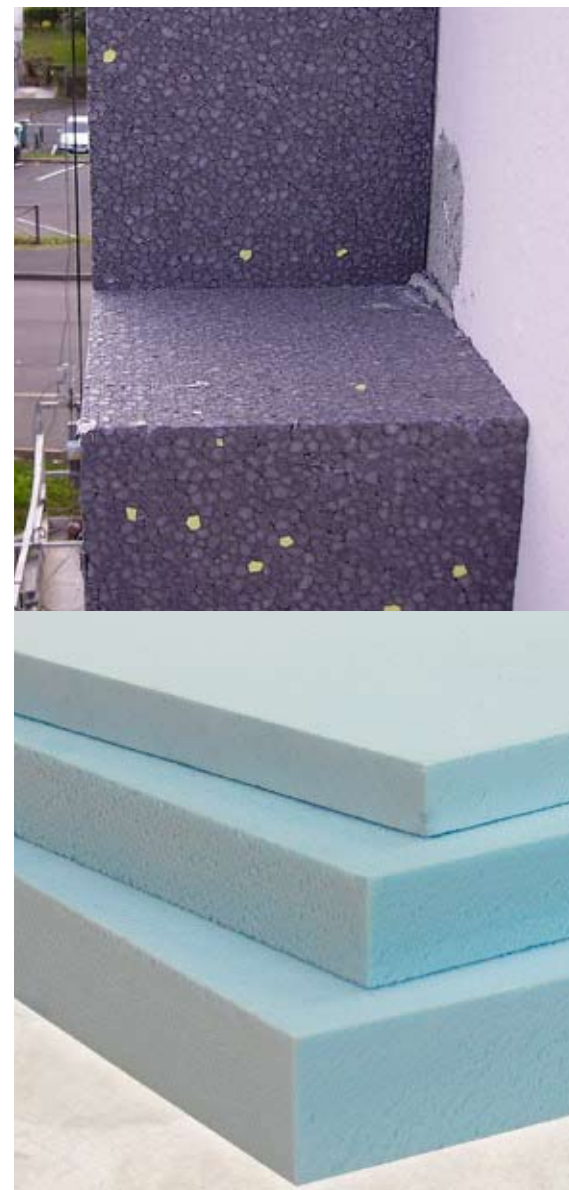
Stable, pas de tassement
Grande étanchéité, imputrescible
Prix modéré



Pas de perspiration,
Dégagement de fumées toxiques
Impact environnemental très mauvais



Expansé : moins dense
Extrudé : plus dense



LAIN DE VERRE

$$\lambda = 0,036 - 0,042 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 10-40 \text{ kg/m}^3 - 5-15 \text{ €}$$

Fusion à 1400°C de sable et de verre recyclé, fiberisation, amalgame par polymérisation d'un liant, napage, découpe



Bon lambda annoncé
Prix très compétitif



Fort tassement à l'humidité
Impact environnemental mauvais
Faible inertie thermique



Utilisation en vrac, panneaux et rouleaux
Best seller !!

LAINES DE ROCHE

$$\lambda = 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho = 30 \text{ kg/m}^3 - 7-10 \text{ €}$$

Processus de fabrication similaire à la laine de verre avec du basalt, de la dolomite et des déchets de combustion de haut fourneau



Très bonne tenue au feu

Prix très compétitif



Densité faible, moins d'inertie, plus de tassement

Impact environnemental important



Utilisation en vrac, panneaux et rouleaux

BÉTON CELLULAIRE

$$\lambda = 0,045 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho = 115 \text{ kg/m}^3 - 70-80 \text{ €}$$

Fabrication d'un mortier moussant composé de sable, chaux, ciment, gypse et pâte d'aluminium. Le durcissement se fait en autoclave à basse température (200°C)



Très bonne tenue au feu

Matériaux isolant ET porteur

Bon support pour enduit

Forte inertie thermique

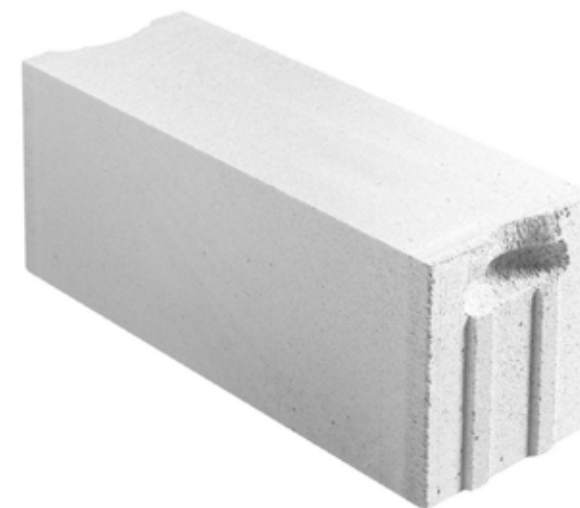
Facilité de mise en oeuvre



Impact environnemental moyen,
consommation de ressources



Prix élevé car double utilisation



LAINÉ DE CHANVRE

$$\lambda = 0,038 - 0,045 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 30-70 \text{ kg/m}^3 - 20-40 \text{ €}$$

Fibre longue issue du défibrage de la tige de chanvre



Produit biosourcé, renouvelabilité courte

Prix modéré

Inertie correct en fonction de la densité

Gros intérêt agronomique



Utilisation en vrac, rouleaux, panneaux



Filières locales en circuit court



BÉTONS DE CHANVRE

$$\lambda = 0,07 - 0,17 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$\rho = 200-800 \text{ kg/m}^3 - 30-100 \text{ €}$$

Mélange de chaux et de chènevotte issue du broyage de la tige de chanvre.



En partie biosourcé (chanvre)

Facilité de pose (brique)

Bon support d'enduit traditionnel

Inertie thermique + régulation d'humidité



Prix élevé (brique ++)

Voie humide > séchage long



Lambda moyen hors de la fourchette «isolant»



Remplacement possible de la chaux par la terre



LAINE DE BOIS

$$\lambda = 0,036 - 0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 35-55 \text{ kg/m}^3 - 20-35 \text{ €}$$

Déchets de bois déchiquetés, étuvés et défibrés.
Panneaux : pressage, découpage, séchage (200 °C).
Ajout de polyester (aspect matelassé).



Produit biosourcé, impact environnemental faible,
gros puit à carbone.
Utilisation de déchets et rémanents.



Filière industrielle en plein essor.
Utilisation en vrac, panneaux



FIBRE DE BOIS HD

$$\lambda = 0,037 - 0,058 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 100-300 \text{ kg/m}^3 - 40-90 \text{ €}$$

Processus similaire à la laine de bois.
Fibre + petite, compression beaucoup + forte.



Très bon puits à carbone
Utilisation en pare-pluie
Forte inertie thermique



Consommation d'énergie importante (chaleur et pression)
Conductivité thermique plus élevée
Prix relativement élevé



Filière industrielle en plein essor

Rebus de la filière bouchon.

Broyage, autoclave, pressage/moulage. Stabilisation à l'eau chaude, séchage à l'air et découpe.



Très bon puits à carbone

~Imputrescible, durabilité excellente

Très bonne tenue au feu

Bonne résistance à la compression

Prix élevé (panneaux ++)



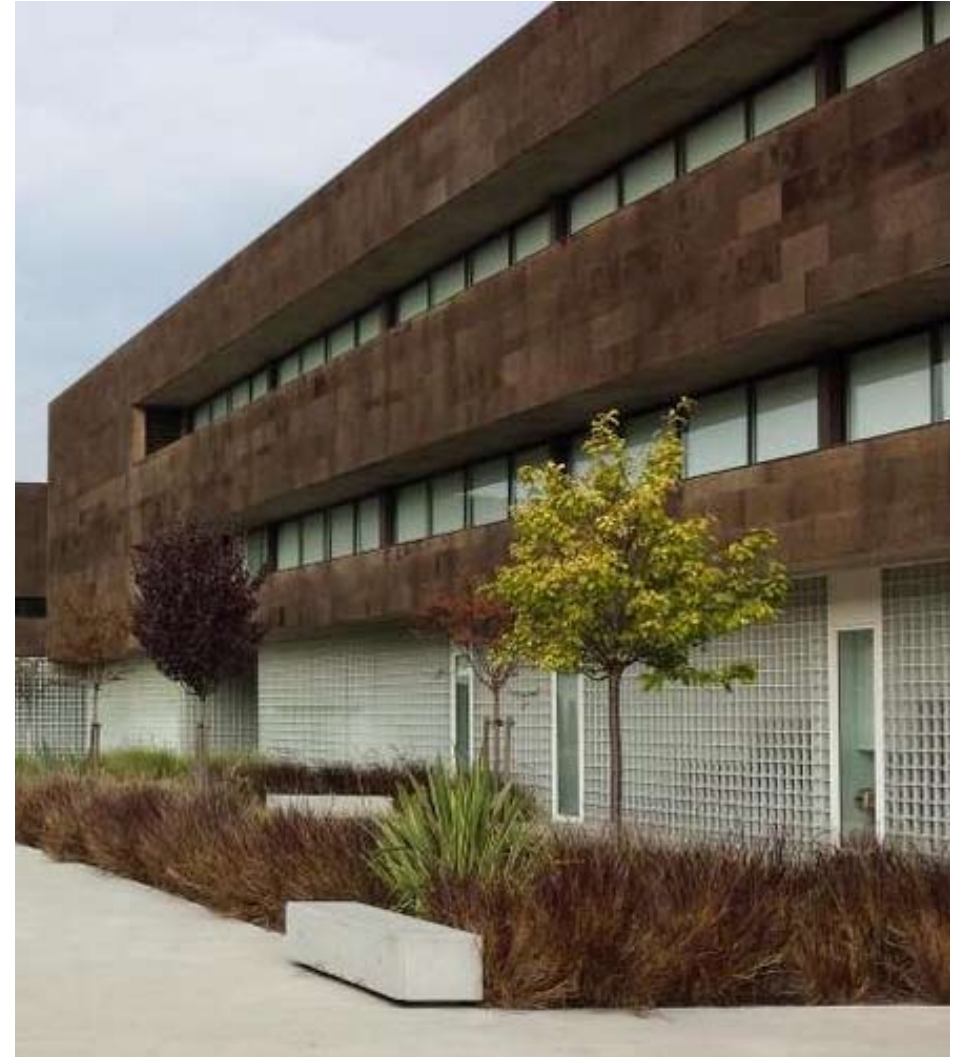
Consommation d'énergie (autoclave)

Fragilisation des suberaies
due à l'augmentation de l'exploitation



Filière de recyclage de bouchons





LAINE DE LIN

$$\lambda = 0,036 - 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 25-35 \text{ kg/m}^3 - 20-30 \text{ €}$$

Processus similaire au chanvre.
Plante cultivée pour sa graine oléagineuse.
Filière textile grandissante.



Produit biosourcé, renouvelabilité courte

Prix modéré

Inertie correct en fonction de la densité



Plusieurs type de produits, filières locales ou industrielles

PAILLE DE BLÉ

$$\lambda = 0,040 - 0,050 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 80-120 \text{ kg/m}^3 - 4-6 \text{ €}$$

Utilisation des ancestrales bottes de paille



Sous produit de la production de blé

Energie grise très faible, fourniture locale partout en France

Prix très attractif

Inertie correct en fonction de la densité



Utilisation essentiellement pour isolation répartie en MOB



Possibilité d'utilisation vrac pour enduits terre-paille

LAINE DE MOUTON

$$\lambda = 0,035 - 0,045 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 10-35 \text{ kg/m}^3 - 20-30 \text{ €}$$

Déchets de tonte annuelle.

Lavage, dégraissage, séchage, cardage, napage, découpage.



Ressource annuelle importante

Valorisation de déchet



Nettoyage couteux en eau et energie. Pas de filière en France

Sensibilité aux mites et à l'humidité. Introduction de répulsif

Densité faible donc inertie thermique faible



Filières alternatives via laine en vrac non lavée

TEXTILE RECYCLÉ

$$\lambda = 0,039 - 0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 10\text{-}30 \text{ kg/m}^3 - 20\text{-}30 \text{ €}$$

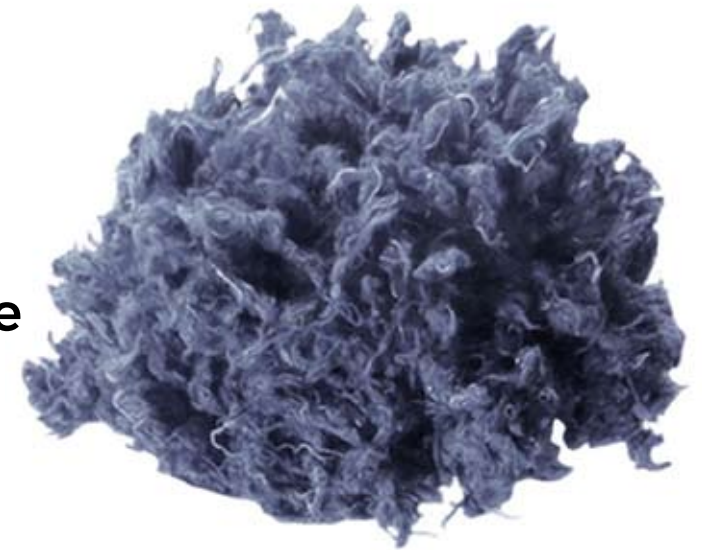
Broyage/défilage des déchets de textiles, napage, découpe.



Recyclage des textiles coton non revalorisable
Produits fabriqués en France



Densité du panneau faible, déphasage médiocre
Ajout de Polyester



Utilisation en vrac ou en panneau

OUATE DE CELLULOSE

$$\lambda = 0,038 - 0,042 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$$
$$\rho = 40-70 \text{ kg/m}^3 - 7-15 \text{ €}$$

Broyage des déchets de journaux et prospectus avec ajout d'adjuvants. Compactage et emballage. Si panneaux ; nappage, liant, découpe.



Ressource importante

Valorisation de déchets

Très bon puits à carbone, très faible énergie grise

Prix très compétitif



Introduction de sels ignifuges (Bore)



Filière industrielle existant en France

Utilisation en vrac ou en panneau



CE QU'IL FAUT RETENIR !

Les questions à se poser

- Quelle paroi dois-je isoler ?
- Ai-je besoin d'inertie thermique ?
- Y a-t-il des traces d'humidité ?
- La paroi est-elle soumise à des contraintes mécaniques ?
- Quel type de finition j'ai choisi ?

➔ **Orientation vers un isolant ET un mode constructif**



Peut-on raisonnablement se passer de prendre en compte les impacts environnementaux ?

Les précautions à prendre

- Je traite au maximum les problèmes d'humidité extérieure en amont
- Je prend garde à soigner la mise en oeuvre du complexe isolant (étanchéité à l'air et régulation de l'humidité intérieure)

Avec tout ça, ma maison est bien isolée !!



Merci pour votre écoute