

environnement

bois

Analyse environnementale bâtiment

*Comparaison de systèmes constructifs
par analyse de cycle de vie*

maco
BOIS
spécialiste de la maison bois

Abibois

Le réseau des professionnels du bois en Bretagne

> Contexte

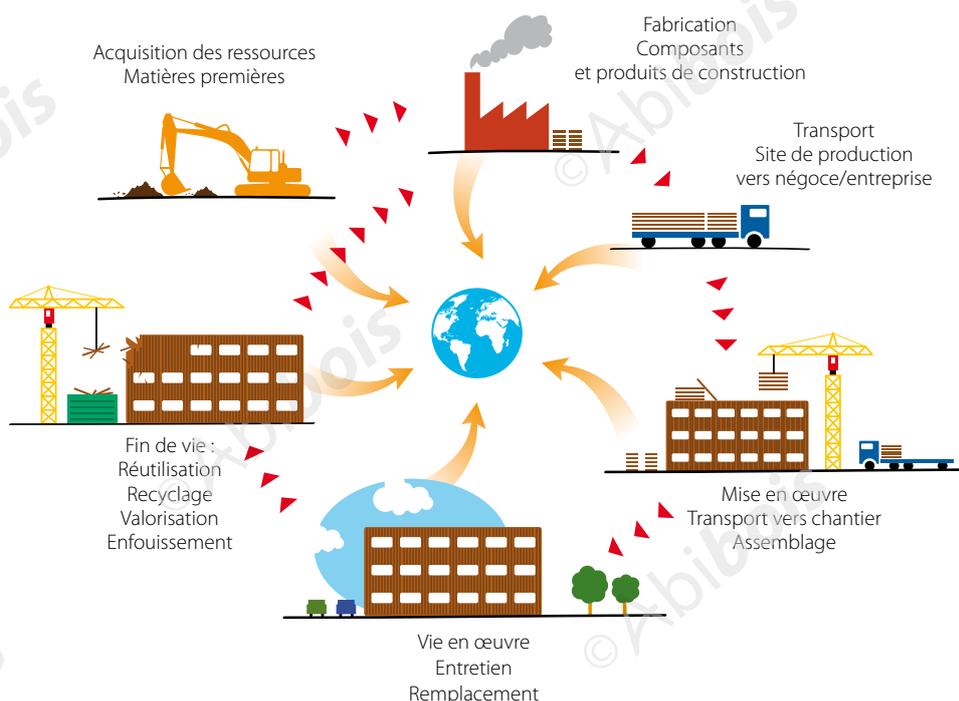
> Une nouvelle notion

La prise de conscience récente des questions environnementales amène les professionnels du bâtiment vers la nécessité de prendre en compte une nouvelle notion : l'analyse de cycle vie (ACV). L'ACV vise à évaluer systématiquement les effets environnementaux et sanitaires d'un produit sur l'ensemble de sa vie ("du berceau à la tombe"). Elle évalue les flux de matières ou d'énergie entrants et sortants depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux déchets ultimes.

L'analyse de cycle de vie est souvent, à tort, confondue avec le Bilan Carbone® conçu pour la France par l'ADEME. L'ACV va largement au delà du simple Bilan Carbone®, en analysant une dizaine d'indicateurs environnementaux¹ différents, tandis que le Bilan Carbone® se limite aux seules émissions de gaz à effet de serre. Dans les deux approches, les émissions de gaz à effet de serre sont exprimées par la même unité (kg équivalent CO₂), mais ne sont pas toujours comptabilisées de la même manière ce qui les rend difficilement comparables. De plus, le Bilan Carbone® est avant tout une démarche liée aux émissions d'une entreprise, alors que l'ACV concerne essentiellement les produits.

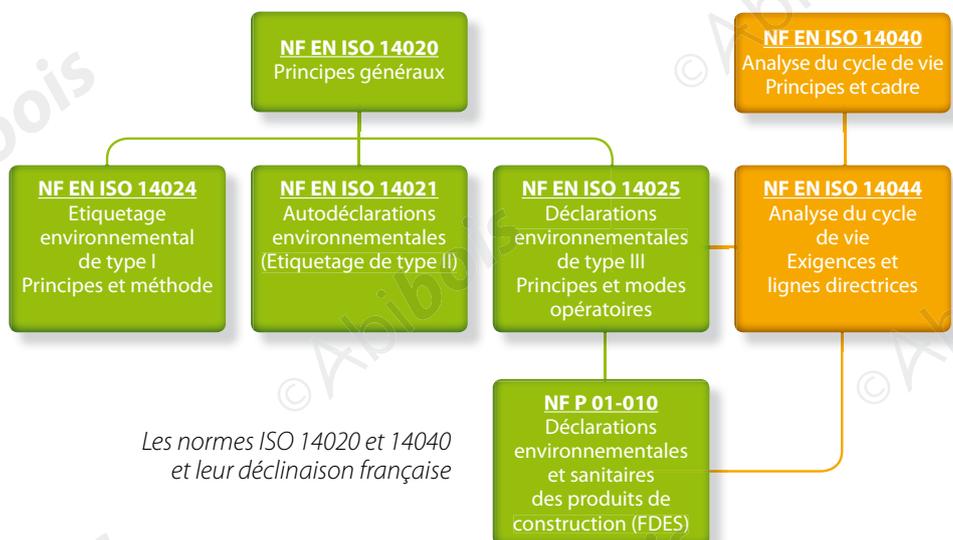
CYCLE DE VIE D'UN PRODUIT

Les différentes étapes du cycle de vie d'un matériau de construction



> Sur le plan international

ÉTIQUETTES ET DÉCLARATIONS ENVIRONNEMENTALES



Les normes ISO 14020 et 14040 et leur déclinaison française

Les ACV sont normalisées, notamment par la famille des normes internationales ISO 14020 et 14040. La famille des ISO 14020 encadre les étiquettes des produits et les déclarations environnementales des fabricants. La norme ISO 14025 fournit les principes et modes opératoires du marquage environnemental basé sur la méthodologie d'analyse de cycle de vie qui est elle-même définie par la famille des normes ISO 14040, et notamment la norme ISO 14044.

Ces normes internationales servent de cadre référent à la norme française NF P 01-010. Cette dernière propose un format de communication des informations quantitatives et qualitatives sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction sur tout leur cycle de vie : **les fiches de déclaration environnementale et sanitaires (FDES)**.

¹ Voir glossaire en dernière page

> Les FDES

Les FDES, à l'initiative de l'AIMCC¹, sont autodéclaratives et fournies par les fabricants (pour un produit unique) ou les syndicats professionnels (pour un type de produit) et regroupées dans la base de données INIES². Environ une FDES sur cinq fait l'objet d'une validation par un tiers expert.

PAS FACILE À EXPLOITER...

Une FDES est un document relativement lourd (de 20 à 40 pages) qui contient de nombreuses informations dont certaines ne sont compréhensibles que par les spécialistes. Elle ne concerne qu'un seul produit tandis

qu'un bâtiment entier est composé par plusieurs centaines de produits.

Afin de rendre ces informations plus facilement exploitables à l'échelle du bâtiment, des logiciels ont été développés, tels que COCON, Elodie et EQUER pour les plus connus.

Aujourd'hui sont répertoriés environ 500 produits, dont un sur trois concerne les isolants. Certaines familles de produits possèdent très peu de FDES, entre autres les équipements techniques. Les matériaux biosourcés³ sont également peu représentés dans la base INIES.

DES DONNÉES TRANSPARENTES ?

Le caractère autodéclaratif des FDES, un cadre d'étude laissé au bon vouloir du commanditaire, une vérification par tiers non systématique et quelques incohérences dans la norme (voir ci-dessous) amènent souvent à s'interroger sur la transparence des FDES⁴. Une normalisation européenne en cours de préparation devrait à l'avenir fiabiliser les valeurs affichées.

Pour les études présentées ici, l'outil COCON a été retenu. Il rend lisible les FDES en offrant la possibilité de comparer, à unité fonctionnelle³

égale, plusieurs produits de construction, des parois ou des bâtiments entiers. COCON intègre environ 900 produits différents dans sa base de données avec pour chaque matériau des caractéristiques physiques, thermiques et environnementales. Ces données, vérifiables, sont issues d'une centaine de sources, dont principalement la base INIES, mais aussi des FDES uniquement disponibles auprès des industriels, des données étrangères ou d'autres moyens d'investigation et d'extrapolation utilisés par ses concepteurs.

> Energie primaire totale...

LA NORME NF P01-010

Elle a été réalisée afin d'adapter la norme ISO aux particularités des produits de la construction et aux spécificités françaises. Cependant, des différences non négligeables apparaissent avec la norme internationale.

LA NORME ISO

Elle distingue par exemple "l'énergie matière" de "l'énergie

procédé". La première définit le pouvoir calorifique de la matière, l'énergie intrinsèque stockée dans le matériau. "L'énergie procédé" correspond, quant à elle, à l'énergie consommée ou brûlée par les procédés (de transformation, de transport, de chauffage, etc.) qui permet l'élaboration du matériau. Ces deux types d'énergies sont soit d'origine renouvelable, soit d'origine non renouvelable. Il existe donc quatre types

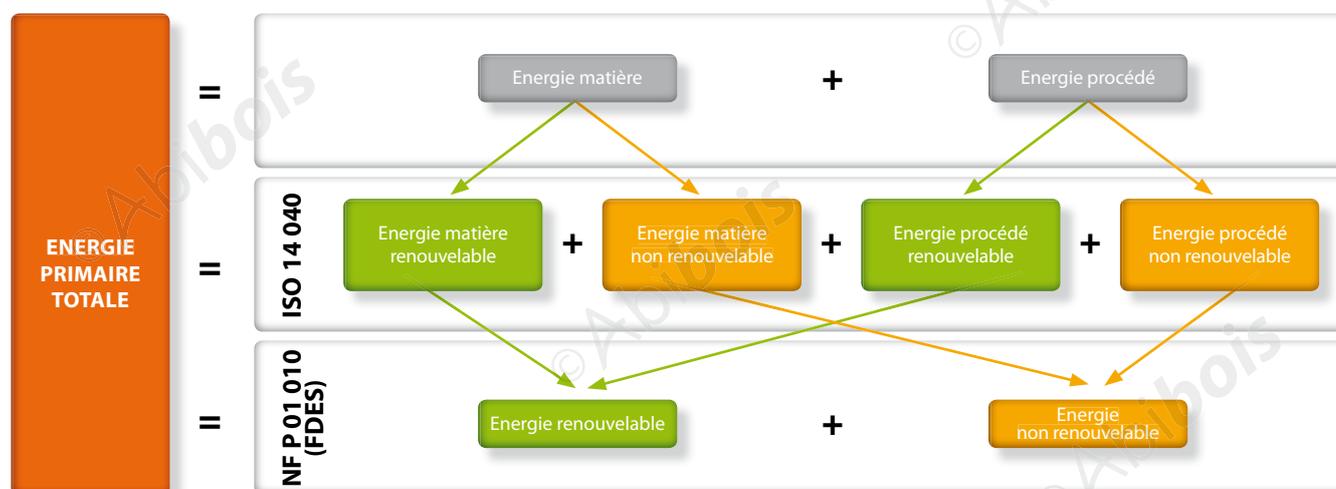
de données énergie, dont la somme correspond à l'énergie primaire totale.

La norme NF P01-010 définit seulement deux types d'énergies :

- "L'énergie non renouvelable", égale à l'addition de "l'énergie procédé non renouvelable" et de "l'énergie matière non renouvelable".

- "L'énergie renouvelable", égale à l'addition de "l'énergie procédé renouvelable" et de "l'énergie matière renouvelable".

La somme des deux est appelée également "énergie primaire totale", c'est-à-dire l'addition de toutes les énergies, qu'elles soient "matière" ou "procédé" et "renouvelable" ou "non renouvelable".



Source : étude Claire Comillier, FCBA³

¹ AIMCC : Association des industries de produits de construction (www.aimcc.org)

² www.inies.fr

³ Voir glossaire en dernière page

⁴ Les phases de transport depuis l'usine de fabrication, le stockage chez les négoce et les différents transports jusqu'au chantier ne sont pas pris en compte. Le scénario de fin de vie est quant à lui laissé au libre choix du maître d'œuvre de la fiche, sous réserve de justification.

...qui pénalise le bois

Ceci conduit à plusieurs incohérences et à un manque de lisibilité des résultats. En effet, un matériau même d'origine non renouvelable mais qui a un fort "contenu énergétique" aura un impact environnemental plus important qu'un matériau sans contenu énergétique qui consommera plus d'énergie

procédé. Pourtant l'énergie intrinsèque du premier matériau pourrait être récupérée en fin de vie. De plus, l'énergie primaire totale, qui est utilisée en priorité dans cette norme, est défavorable à des matériaux comme le bois qui ont une forte part d'énergie matière renouvelable.

L'exemple avec trois types de matière montre l'incohérence de la norme. Dans des études ACV basées sur la norme ISO, l'énergie procédé non renouvelable est l'indicateur prioritaire qui permet de faire la meilleure comparaison des impacts sur les ressources énergétiques entre deux matériaux.

Les données sont fictives et présentées à titre d'exemple.

	Matière à base de pétrole	Matière à base renouvelable	Matière à base minérale
Energie matière renouvelable	0	10	0
Energie matière non renouvelable	8	0	0
Energie procédé renouvelable	0	10	0
Energie procédé non renouvelable	7	2	10
Energie primaire totale	15	22	10
Energie non renouvelable	15	2	10

Source : étude Claire Cornillier, FCBA¹

> Etude comparative de parois



Les études suivantes comparent des parois ou des produits : dalles, murs, couvertures et isolants. Elles ont pour but d'apporter une première aide à la décision sur le choix des matériaux d'un point de vue environnemental,

qu'il convient de croiser avec des critères économiques, mécaniques, acoustiques, esthétiques, d'inertie, etc. Toutes les compositions de parois ont été pensées dans une cohérence de faisabilité technique, de dis-

ponibilité sur le marché, de tendances et de représentativité de la construction régionale mais également de prix.

NB : la liste des parois n'est pas exhaustive.



CHOIX DES IMPACTS DANS LES ÉTUDES SUIVANTES

Le choix de deux impacts - il y en a une dizaine - peut paraître réducteur. Cependant, pour rendre la lecture plus facile nous avons choisi de présenter uniquement les deux impacts jugés les plus importants par rapport au contexte actuel (changement climatique et épuisement des ressources fossiles)².

ENERGIE NON RENOUVELABLE

Dans le cadre des études présentées, nous avons fait le choix de prendre en compte la partie énergie non renouvelable, pour les raisons précitées. Bien qu'encore perfectible car ne différenciant pas l'énergie matière de l'énergie procédé, cet impact paraît plus adapté. Son unité est le kWh_{ep} (ep = énergie primaire¹).

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les activités humaines engendrent des émissions de gaz à effet de serre. L'augmentation de leur concentration dans l'atmosphère terrestre est un facteur soupçonné d'être à l'origine du récent changement climatique. Plusieurs gaz sont concernés mais pour faciliter la lecture, ils sont tous exprimés en kilogramme équivalent CO₂ (kg eq CO₂). L'étude prend en compte l'ensemble des gaz à effet de serre émis directement ou indirectement tout au long du cycle de vie du matériau.



¹ Voir glossaire en dernière page

² Les résultats de l'ensemble des impacts sont disponibles sur demande.

> Les dalles

Unité fonctionnelle¹ : isoler 1 m² de dalle avec un coefficient de transmission thermique² de $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \pm 0,02$ pour 50 ans³ (le calcul de U pour chaque paroi a été réalisé à l'aide du logiciel PHPP⁴).

De par sa nature, la dalle bois stocke plus de carbone qu'elle n'en émet tout au long de son cycle de vie. Comparée aux deux solutions béton, sa consommation d'énergie non renouvelable reste plus faible. Que ce soit pour le changement climatique ou pour l'énergie, la chape - entre 8 et 14 % de l'épaisseur - repré-

sente 20 % de l'impact environnemental des dalles béton. Dans le cas de la dalle sur vide sanitaire, l'entrevous polystyrène représente à lui seul presque 60 % des impacts mais également 60 % de l'épaisseur. Enfin, le sable et le gravier - 40 % de l'épaisseur totale - ne représentent que 10 % de l'ensemble des impacts liés à la

dalle sur terre-plein. Ils subissent en effet très peu de transformation.

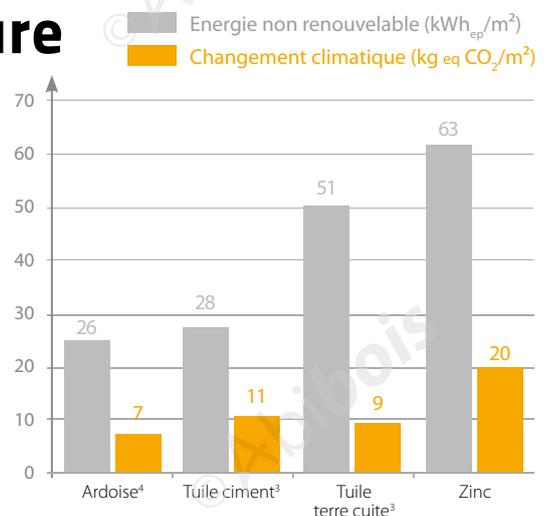
NB : l'excavation du sol n'est pas prise en compte ici, car non disponible. Il conviendrait d'étudier cette phase au cas par cas suivant la nature des sols, leur inclinaison, etc. et de voir son impact par rapport à celui de la paroi.

Dalle bois sur vide sanitaire	Dalle béton sur terre-plein	Dalle béton sur vide sanitaire
<p>Vide sanitaire</p>		<p>Vide sanitaire</p>
① Panneau OSB 9 mm ② Solive bois 75/225 mm, entraxe 400 mm, cellulose insufflée ($\lambda = 0,039$) ③ Pare vapeur 200 μm , $s_d = 80 \text{ m}$ ④ Panneau OSB 16 mm	① Terre-plein stable ② Hérisson 200 mm ③ Lit de sable 50 mm ④ Film polyéthylène 150 μm ⑤ Panneau PSE 90 mm ($\lambda = 0,036$) ⑥ Film polyane 150 μm ⑦ Dalle flottante béton armé 120 mm ⑧ Panneau PSE graphité 61 mm ($\lambda = 0,031$) ⑨ Chape de finition 50 mm	① Poutrelles précontraintes 120 mm de hauteur, entraxe 600 mm, entrevous PSE 220 mm ② Dalle de compression béton armé 50 mm ③ Panneau PSE graphité 36 mm ($\lambda = 0,036$) ④ Chape de finition 50 mm
Épaisseur : 25 cm (hors vide sanitaire) $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Épaisseur : 32 cm (hors sable, hérisson et terre-plein) $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Épaisseur : 36 cm (hors vide sanitaire) $U = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
<p>Les pare vapeur ou frein vapeur ne disposent pas de FDES, mais d'un point de vue technique il semblait essentiel de les présenter dans les compositions.</p>		

> Les matériaux de couverture

Unité fonctionnelle¹ : assurer la protection aux intempéries d'1 m² de toiture pour 50 ans (le remplacement de chaque matériau, suivant sa durée de vie typique¹, est donc pris en compte).

Dans son ensemble, le type de structure d'une toiture diffère peu de celle d'un mur à ossature bois. Une étude de différents types de rampants amènerait à des conclusions similaires à l'étude comparative des murs (pages 6 et 7). Par ailleurs, le matériau de couverture varie suivant des contraintes architecturales, urbanistiques, ou bien par simple choix esthétique. Le zinc, qui est souvent utilisé pour ses qualités de durabilité et d'entretien, est le plus impactant sur l'environnement selon les critères retenus. Comparé à la tuile ciment³, la tuile en terre cuite³ consomme une quantité significative d'énergie non renouvelable.



¹ Voir glossaire en dernière page

² Les légères différences sur les valeurs du coefficient de transmission thermique U, qui fait partie de l'unité fonctionnelle, viennent du fait que certaines épaisseurs d'isolants ne sont pas disponibles sur le marché.

³ Les données de la FDES "tuile ciment" ne sont pas représentatives d'un produit spécifique. Etant issues de valeurs transmises par plusieurs industriels fabricant ce type de produits, elles ont été moyennées. Idem pour la tuile terre cuite.

⁴ Épaisseur : 4,5 mm. Des données existent également pour des épaisseurs de 3,5 mm et 6,85 mm (extrapolation possible).

> Les murs

Unité fonctionnelle¹ : isoler 1m² de mur avec un coefficient de transmission thermique¹ $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ +/- 0,02 pour 50 ans².

D'une façon générale, les résultats montrent que les solutions bois ont un avantage environnemental significatif par rapport aux solutions brique et parpaing.

Par nature, le mur en bois massif contrecollé stocke une quantité importante de carbone. Cependant, il s'agit d'un produit avec un degré de transformation élevé,

expliquant une part d'énergie non renouvelable significative. La fabrication des briques, quant à elle, est assez énergivore et émet une quantité importante de gaz à effet de serre. Le constat est légèrement moindre pour le parpaing.

Dans les murs à ossature bois, le choix de l'isolant est déterminant : la ouate

de cellulose combinée à la fibre de bois paraît le plus avantageux (voir zoom sur les isolants ci-contre). Pour les deux premiers murs, seul le revêtement extérieur change. Il est significatif de constater l'impact CO₂ du seul enduit par rapport au bardage bois (différence de 15 kg_{eq} CO₂/m²).

Des valeurs négatives de CO₂... ça veut dire quoi ?

Certains résultats de l'impact sur le changement climatique sont négatifs. Ceci ne veut pas dire que la solution ou le matériau présentés vont résoudre le problème du climat. Ils stockent juste plus de CO₂ qu'ils en émettent pendant leur fabrication par exemple. De façon simple, si un résultat est de -40 kg eq CO₂, il se peut que ce matériau en stocke 50 mais qu'il en libère tout de même 10 pendant ses phases de transport, fabrication ou fin de vie. De même pour l'énergie, le résultat final est la somme des énergies consommées et de l'énergie qui peut être éventuellement récupérée en fin de vie (valorisation énergétique par exemple).

Mur ossature bois + ouate de cellulose + fibre de bois + bardage bois	Mur ossature bois + ouate de cellulose + fibre de bois + enduit	Mur ossature bois + laine de verre + fibre de bois + bardage bois
<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Tasseau bois 45/45 mm + vide technique ③ Pare vapeur, sd = 20 m ④ Ossature bois 45/145 mm, entraxe 600 mm, cellulose insufflée ($\lambda = 0,039$) ⑤ Panneau OSB 9 mm ⑥ Fibres de bois pare pluie 60 mm ($\lambda = 0,046$) ⑦ Lattage bois 25/45 mm ⑧ Bardage bois 22 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Tasseau bois 45/45 mm + vide technique ③ Pare vapeur, sd = 20 m ④ Ossature bois 45/145 mm, entraxe 600 mm, cellulose insufflée ($\lambda = 0,039$) ⑤ Panneau OSB 9 mm ⑥ Fibres de bois 60 mm ($\lambda = 0,046$) ⑦ Enduit 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Tasseau bois 45/45 mm + vide technique ③ Pare vapeur, sd = 20 m ④ Ossature bois 45/145 mm, entraxe 600 mm, laine de verre 140 mm ($\lambda = 0,039$) ⑤ Panneau OSB 9 mm ⑥ Fibres de bois pare pluie 60 mm ($\lambda = 0,046$) ⑦ Lattage bois 25/45 mm ⑧ Bardage bois 22 mm
Épaisseur : 32 cm $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	Épaisseur : 29 cm $U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$	Épaisseur : 32 cm $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 15px; height: 10px; background-color: gray; margin-right: 5px;"></div> Energie non renouvelable (kWh_{ep}/m²) </div>		
<p>Les pare vapeur ou frein vapeur ne disposent pas de FDES, mais d'un point de vue technique il semblait essentiel de les</p>		

¹ Voir glossaire en dernière page

² Les légères différences sur les valeurs du coefficient de transmission thermique U (le calcul de U pour chaque paroi a été réalisé à l'aide du logiciel PHPP), qui fait partie de l'unité fonctionnelle, viennent du fait que certaines épaisseurs d'isolants ne sont pas disponibles sur le marché.

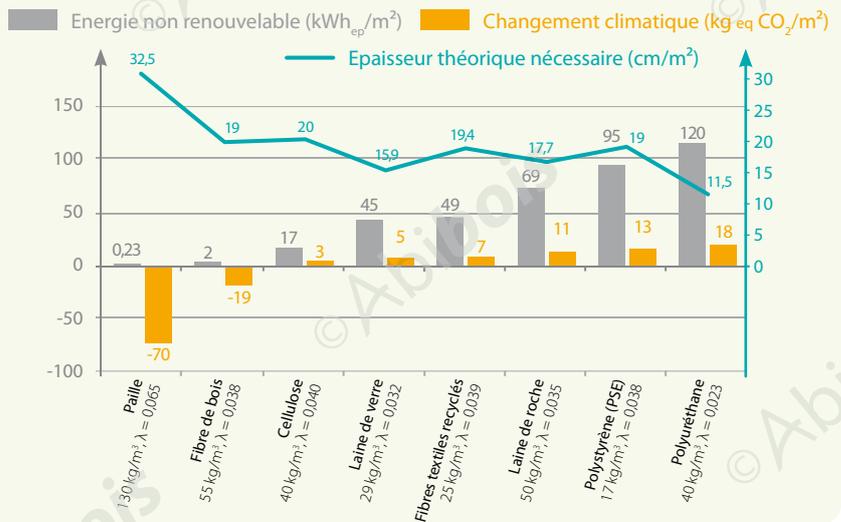
> Zoom sur les isolants

Unité fonctionnelle¹ : isoler 1 m² de parois avec une résistance thermique R = 5 (m².K)/W pour 50 ans.

L'isolant est déterminant pour limiter les consommations énergétiques du bâtiment en œuvre, mais il influence également son caractère environnemental.

Nous présentons les impacts de différents isolants à résistance thermique égale. Attention à certaines idées reçues !

Un large choix de produits dits "classiques" est disponible dans la base FDES, à différentes densités, selon la fonction de l'isolant (thermique, acoustique, etc.). En revanche, aucune donnée n'est disponible aujourd'hui pour les isolants en fibres de bois et cellulose. Les données utilisées proviennent des fabricants². Suivant la nature de l'isolant, l'épaisseur utile pour répondre à la même unité fonctionnelle diffère.



Mur ossature bois + laine de verre + PSE + bardage bois	Mur parpaing + enduit	Mur brique + enduit	Mur bois massif contrecollé
<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Tasseau bois 45/45 mm + vide technique ③ Pare vapeur, sd = 20 m ④ Ossature bois 45/145 mm, entraxe 600 mm, laine de verre 140 mm (λ = 0,035) ⑤ Panneau OSB 9 mm ⑥ PSE 40 mm (λ = 0,038) ⑦ Lattage bois 25/45 mm ⑧ Bardage bois 22 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Rail métallique 48 mm + vide technique ③ Laine de verre 140 mm (λ = 0,032) avec pare vapeur intégré ④ Parpaing béton³ 200 mm ⑤ Enduit 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Rail métallique 48 mm + vide technique ③ Laine de verre 150 mm (λ = 0,038) avec pare vapeur intégré ④ Brique⁴ 200 mm ⑤ Enduit 20 mm 	<ul style="list-style-type: none"> ① Plaque de plâtre 13 mm ② Tasseau bois 45/45 mm + vide technique ③ Bois massif contrecollé 98 mm ④ Ossature bois non porteuse 45/120 mm, entraxe 600 mm, laine de bois (λ = 0,039) ⑤ Fibres de bois pare pluie 60 mm (λ = 0,046) ⑥ Lattage bois 25/45 mm ⑦ Bardage bois 22 mm
Epaisseur : 30 cm U = 0,19 W/(m².K)	Epaisseur : 42 cm U = 0,20 W/(m².K)	Epaisseur : 43 cm U = 0,19 W/(m².K)	Epaisseur : 38,3 cm U = 0,19 W/(m².K)
<p>présenter dans les compositions.</p>			<p>Il n'existe ni de FDES du bois massif contrecollé, ni de données spécifiques dans COCON. La simulation a donc été faite avec du bois massif, qui nous semblait l'élément le plus proche. Les résultats pour cette paroi sont donc à analyser avec précaution.</p>

¹ Voir glossaire en dernière page

² Sources : FDES, Homatherm (fibre de bois), Cellisol (ouate de cellulose) et OFEN (office fédéral suisse de l'énergie - paille)

³ FDES "mur en maçonnerie de blocs en béton", CERIB (2006)

⁴ FDES "brique de 20 rectifiée collée à joint mince", CTMNC (2008)



© Macoretz/Macobois

> Etude de cas

Maison individuelle MACORETZ/MACOBOIS

MACORETZ est une entreprise générale du bâtiment créée en 1986, avec aujourd'hui environ 125 salariés. Installée à Saint-Père en Retz (Loire-Atlantique) sous forme de société coopérative et participative, MACORETZ travaille dans le secteur de la maison individuelle et du petit collectif, avec des systèmes constructifs maçonnés et à ossature bois (MACOBOIS).

ACV : IMPÉRATIF ÉTHIQUE ET ATOUT MARKETING

La société s'est dotée d'un outil de réflexion, d'action et de communication sur l'habitat écologique, ELIOME. Pour aller au-delà de l'empirique, MACORETZ s'est donnée les moyens pour évaluer de manière plus quantitative l'impact environnemental de ses constructions. Celui de l'entreprise sera quantifié dans un deuxième temps.

MÉTHODOLOGIE

L'étude a été basée sur une maison représentative à budget modéré construite par MACORETZ : il s'agit d'un

plain-pied de volume simple et un garage attenant de 18 m². La charpente est en fermette industrielle. La maison a ensuite été déclinée selon deux systèmes constructifs, ossature bois et maçonnerie, et cinq performances thermiques et écologiques. Les maisons ont toutes la même surface habitable de 111 m². La SHON diffère donc selon la performance et les matériaux (isolants) choisis.

Pour chacune des déclinaisons les compositions des murs, toitures et dalles ont été déterminées, ainsi que les types de menuiseries et d'équipements.

Les types et les épaisseurs d'isolation changent selon la déclinaison :

	OSSATURE BOIS THPE SH : 111 m ² SHON : 118 m ² N°1	OSSATURE BOIS BBC SH : 111 m ² SHON : 119 m ² N°2	OSSATURE BOIS BBC avec éco-matériaux SH : 111 m ² SHON : 120 m ² N°3	MAÇONNERIE BBC SH : 111 m ² SHON : 125 m ² N°4	MAÇONNERIE BBC avec éco-matériaux SH : 111 m ² SHON : 126 m ² N°5
ISOLATION MUR	140 mm laine de verre	140 mm laine de verre 40 mm polystyrène	145 mm cellulose 35 mm fibres bois	200 mm brique 150 mm laine de verre	300 mm béton cellulaire 140 mm fibres bois
TOITURE EN FERMETTE INDUSTRIELLE, TUILES TERRE CUITE, PLAQUE DE PLÂTRE	320 mm laine de verre	320 mm laine de verre	340 mm cellulose (tassement inclus)	320 mm laine de verre	430 mm cellulose (tassement inclus)
ISOLATION DALLE BÉTON	72 mm polystyrène sous dalle	60 mm polyuréthane sur dalle 72 mm polystyrène sous dalle	144 mm polystyrène sous dalle	60 mm polyuréthane sur dalle 72 mm polystyrène sous dalle	120 mm fibres bois sur dalle 144 mm polystyrène sous dalle
MENUISERIES	PVC warm edge Alu argon warm edge (coulissants)	Alu argon Alu argon warm edge (coulissants)	Alu argon Alu argon warm edge (coulissants)	Alu argon Alu argon warm edge (coulissants)	Alu argon Alu argon warm edge (coulissants)
EQUIPEMENTS ET USAGES	Electricité	Gaz + plancher chauffant	Poêle bois + eau chaude solaire	Gaz + plancher chauffant	Poêle bois + eau chaude solaire



LIMITES DE L'ÉTUDE

Malgré l'introduction de logiciels facilitant l'exploitation des FDES, des limites d'étude existent : le manque de certains matériaux dans la base données INIES, notamment des produits de finition. C'est pour cette raison qu'ils n'ont pas pu être pris en compte. De même, il existe aujourd'hui

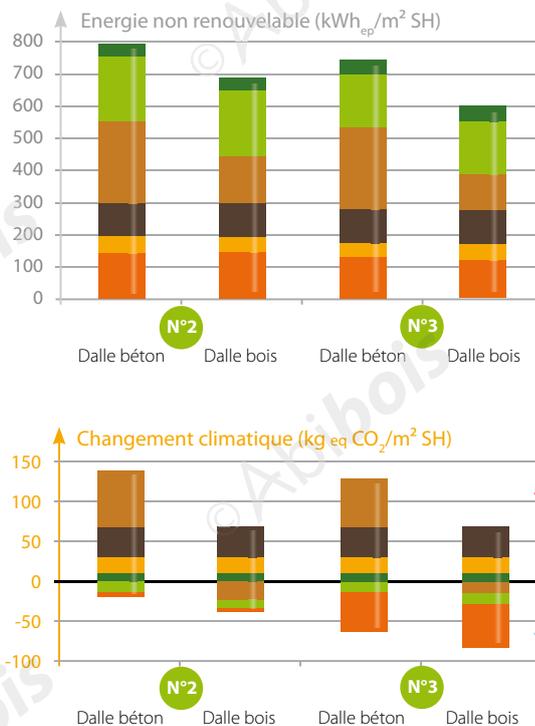
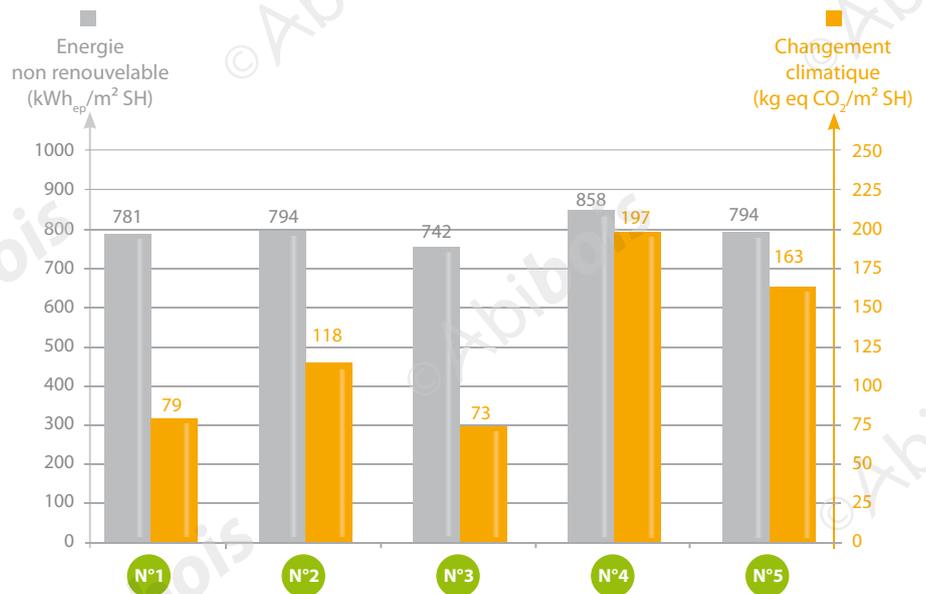
peu d'informations sur les consommations énergétiques et émissions de CO₂ des équipements techniques. Les résultats en chiffres absolus sont alors à prendre avec précaution, il s'agit plutôt d'un outil de comparaison entre différents modes constructifs.

> Quelques résultats (hors finitions)

Les simulations ont été effectuées avec le logiciel COCON sur une durée de vie du bâtiment de 50 ans.

COMPARAISON DE DIFFÉRENTS SYSTÈMES CONSTRUCTIFS

Pour ce type de construction, - maison plain-pied - il s'avère que l'ossature bois est moins impactante que la maçonnerie. Si la différence n'est pas très significative pour l'énergie non renouvelable, elle est très nette pour le changement climatique.



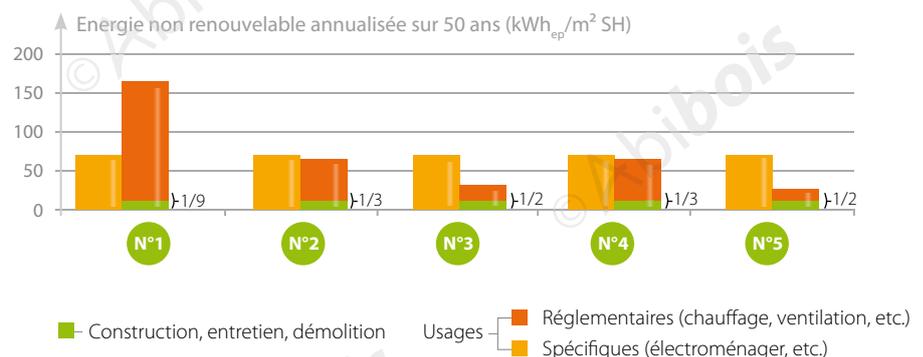
MAISON AVEC DALLE BÉTON COMPARÉE À UNE DALLE BOIS

Pour ce type de construction, la dalle en béton avec son isolation est assez gourmande en énergie non renouvelable, de même pour la toiture en tuiles. Les murs, d'une surface plus importante que la dalle ou la toiture, représentent relativement peu d'énergie non renouvelable.

Une dalle bois a évidemment une influence sur l'inertie du bâtiment : les avantages et inconvénients de l'un par rapport à l'autre sont à évaluer au cas par cas. On pourrait également s'attarder sur l'étude du juste équilibre entre inertie et réactivité thermique.

ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA CONSTRUCTION ET PAR USAGES

Plus les bâtiments deviennent performants plus la partie de l'énergie non renouvelable des matériaux prend de l'importance face aux consommations d'usage réglementaire. Si le ratio est de 1/9 pour une maison THPE, il est de 1/3 ou 1/2 pour une maison BBC ossature bois ou maçonnerie. Les consommations spécifiques, type électroménager, prennent une part relativement importante.





© Véronique Cornillet, architecte DPLG

> Etude de cas

Bâtiment collectif à LANGOUËT (35)

Le bâtiment étudié fait partie d'un lotissement situé à la Pelousière sur la commune de Langouët (35), au nord de Rennes. Réalisé par Habitation Familiale et la commune de Langouët, l'ensemble du projet est conforme aux exigences de la charte ADDOU (approche développement durable des opérations d'urbanisme). Les logements ont été conçus par les architectes Véronique Brégent et Véronique Cornillet. Entouré de 12 maisons, ce bâtiment collectif composé de 6 logements (4 T3 et 2 T2), est entièrement en ossature bois avec bardage en bois naturel et répond aux exigences thermiques du label BBC ($C_{ep} = 53 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$).

MÉTHODOLOGIE

L'étude est basée sur un bâtiment R+2 de 345 m² habitables (SHAB). Les informations sur les consommations proviennent du bureau d'étude thermique en charge de ce bâtiment (HP énergétique). L'eau chaude sanitaire de l'immeuble est fournie par 18 m² de panneaux solaires avec un appoint électrique. L'utilisation du reste des équipements (pompes à chaleur, VMC hygro B, chauffage) est également électrique.

Quatre cas différents ont été étudiés. Le premier est le bâtiment tel qu'il a été construit (NB : l'escalier extérieur en acier galvanisé avec lattage bois n'a pas été simulé). Les cas n°2 et n°3 sont des variantes du bâtiment existant avec des constitutions de dalle et de plancher différentes. Enfin le cas n°4 est une hypothèse du même bâtiment (SHAB identique) avec des matériaux de construction dits "classiques" (laine de verre, polystyrène, huisseries PVC, etc.).

PAROIS	N°1	N°2	N°3	N°4
CLOISONS	Cloisons de distribution Faux plafonds BA13 et laine de verre sur rails métalliques	Idem	Idem	Idem
TOITURE U = 0,12 W/(m ² .K)	Couverture zinc + charpente + isolation ouate (300 mm) et fibre de bois (22 mm) + BA 13	Idem	Idem	Couverture zinc + charpente + isolation laine de verre (300 mm) et polystyrène (20 mm) + BA 13
DALLE ET PLANCHERS	Dalle béton avec chape sur polystyrène. Plancher collaborant en bac acier et dalle de compression	Dalle bois sur vide sanitaire Plancher collaborant en bac acier et dalle de compression	Dalle bois sur vide sanitaire Plancher collaborant en mixte bois béton	Dalle béton avec chape sur polystyrène. Plancher collaborant en bac acier et dalle de compression
FONDACTIONS	Longrines et plots béton	Idem	Idem	Idem
HUISSERIES (53 m ² au sud, 4 m ² au nord et en pignons)	Mixte bois/alu double vitrage au sud Mixte bois/alu triple vitrage au nord et en pignons	Idem	Idem	PVC double vitrage au sud Idem au nord et en pignons
MURS U (murs extérieurs) = 0,18 W/(m ² .K)	Mur ossature bois avec isolation ouate de cellulose (170 mm) et fibre de bois (22 mm) + bardage bois	Idem	Idem	Mur parpaing (200 mm) avec isolation laine de verre (160 mm) + enduit ciment ¹
CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES	100% électrique : - 5,75 kWh _{ep} /m ² /an pour le chauffage - 7,9 kWh _{ep} /m ² /an pour l'ECS - 3,5 kWh _{ep} /m ² /an pour les auxiliaires et l'éclairage - Usages spécifiques : 750 kWh _{ep} /personne/an ²	Idem (en réalité une simulation thermique devrait être refaite)	Idem (en réalité une simulation thermique devrait être refaite)	Idem (en réalité une simulation thermique devrait être refaite)



LIMITES DE L'ÉTUDE

Si l'utilisation des équipements techniques est étudiée au travers des consommations énergétiques, il n'existe pas ou peu de FDES permettant de prendre en compte leur fabrication et l'ensemble de leur cycle de vie. Pour les mêmes raisons, les produits de

finition du type peinture, carrelage, parquet, faïence et équipements ménagers n'ont pas été étudiés.

Ces limites et les pourcentages d'erreurs sur les résultats incitent à une lecture tendancielle et non des valeurs absolues. Il s'agit en effet d'un outil de comparaison et d'aide à la décision.

¹ Les murs extérieurs étant plus épais, la SHON et donc l'emprise sur le terrain augmentent. Dans un projet à SHON fixe, la surface habitable (SHAB) diminuerait, ce qui n'est pas négligeable.
² L'INSEE donne une valeur moyenne de 1000 kWh_{ep}/personne/an dans le résidentiel.

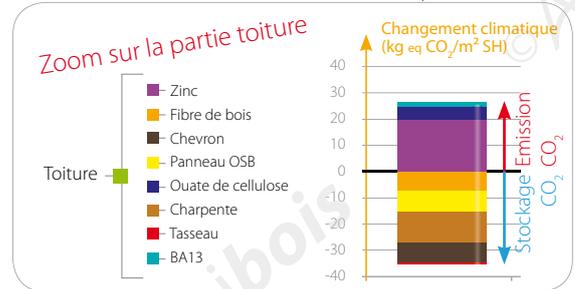
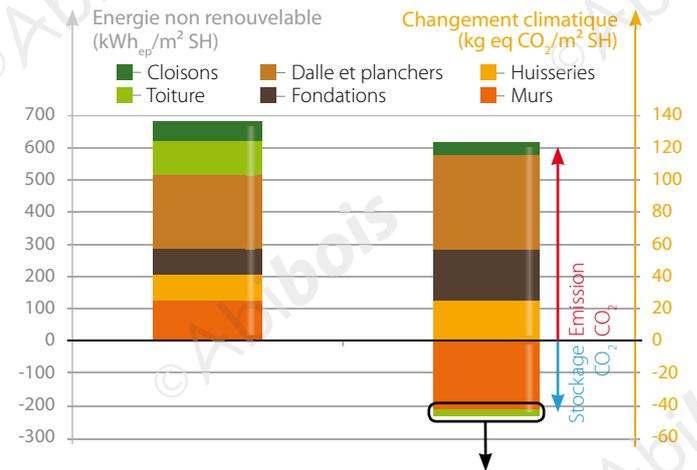
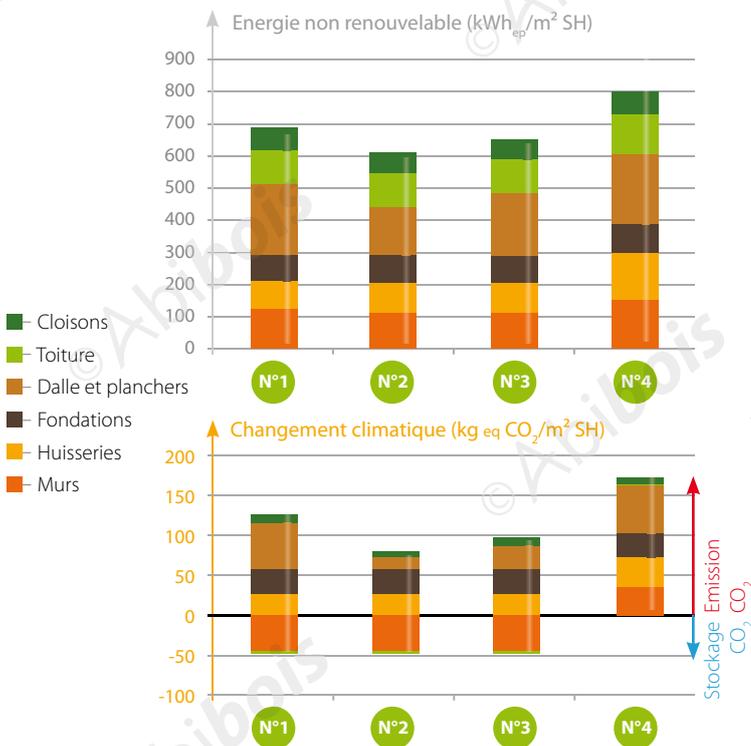
> Quelques résultats (hors équipements et finitions)

Les simulations ont été effectuées avec le logiciel COCON sur une durée de vie du bâtiment de 50 ans.

ÉTUDE DU CAS N°1 : CONSTRUCTION - ENTRETIEN - DÉMOLITION

Dans un bâtiment à étages, la dalle, les planchers, les cloisons et les murs constituent une part importante du volume. Il n'est donc pas étonnant que ces parois représentent 60% de la consommation en énergie non renouvelable du bâtiment (hors usages). Concernant le réchauffement climatique, la dalle et les planchers sont les parois les plus émettrices en CO₂. Cependant, les fondations et les huisseries représentent une part non négligeable des émissions globales du

bâtiment (hors usages). Notons que les "murs" et la "toiture" ont une contribution négative en CO₂. En effet, leur fort volume de bois permet un stockage plus important que les émissions liées à leur fabrication et leur fin de vie. Ce "crédit" carbone équivaut à 35 % des émissions liées aux autres parois. Un zoom sur la partie toiture permet de voir que sa faible contribution est due à une addition de valeurs positives et négatives en CO₂ des différents matériaux la constituant.



COMPARAISON DES VARIANTES DU BÂTIMENT

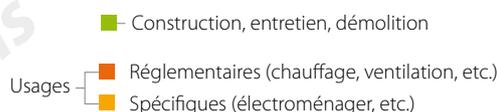
Dans le cas n°2, la seule modification d'une dalle béton vers une dalle bois permet de réduire de 10 % la consommation d'énergie non renouvelable nécessaire à la construction, l'entretien et la démolition du bâtiment. Elle permet également "d'économiser" 35 % des émissions de gaz à effet de serre de l'ensemble du bâtiment. A l'inverse, le passage vers un plancher collaborant mixte bois/béton amène une augmentation de 5 %

sur l'énergie non renouvelable entre le cas n°2 et le cas n°3. De plus, l'absence de prise en compte du stockage du carbone par le bois dans la FDES de ce produit augmente de 15% la part des émissions de gaz à effet de serre. Enfin, le bâtiment composé de matériaux dits "classiques" aurait consommé 15 % d'énergie non renouvelable de plus et émis 40 % de gaz à effet de serre de plus que le bâtiment tel qu'il a été construit (hors usages).

ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LA CONSTRUCTION ET PAR USAGES

Ramenée aux 50 ans de vie du bâtiment, la part "construction, entretien et démolition" du bâtiment représente à peu près 1/3 de la part "usages réglementaires". Le comportement de l'utilisateur, exprimé au travers

des "usages spécifiques", est prépondérant dans la consommation en énergie non renouvelable. Dans un tel contexte, la sensibilisation vers le grand public devient un enjeu majeur.



> Vocabulaire Analyse de Cycle de Vie

• IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Les impacts environnementaux retenus dans la norme NF P 01-010 sont les suivants :

- | | |
|---|---|
| 1. Consommation de ressources énergétiques, exprimée en énergie primaire totale, somme des énergies renouvelables et des énergies non renouvelables | 5. Changement climatique |
| 2. Epuisement de ressources | 6. Acidification atmosphérique |
| 3. Consommation d'eau totale | 7. Pollution de l'air |
| 4. Déchets solides, dont déchets valorisés et déchets éliminés | 8. Pollution de l'eau |
| | 9. Destruction de la couche d'ozone stratosphérique |
| | 10. Formation d'ozone photochimique |

Parmi les nombreux indicateurs disponibles, celui sur l'énergie primaire peut apparaître ambiguë (voir pages 2 et 3). L'indicateur relatif au changement climatique est quant à lui essentiel dans le contexte environnemental actuel.

• ENERGIE PRIMAIRE

L'énergie primaire est la somme de toutes les énergies (renouvelables et non renouvelables) quelles que soient leur forme (énergie procédé et matière) (selon NF P01-010). Le terme primaire évoque le caractère non transformé de l'énergie, en opposition à l'énergie finale (dite également "énergie compteur").

• ENERGIE RENOUVELABLE

Ressource énergétique qui est soit cultivée soit naturellement renouvelée ou régénérée, à une vitesse qui excède la vitesse d'épuisement de cette ressource, et cela, moyennant une gestion correcte de la ressource (selon NF P 01-010).

• ENERGIE NON RENOUVELABLE

Ressource qui existe en quantité finie en différents points de la croûte terrestre et qui ne peut être renouvelée sur une échelle de temps humaine (selon NF P 01-010).

• ENERGIE GRISE

La notion d'énergie grise est très utilisée dans la littérature professionnelle. Pourtant il n'existe pas de définition précise et normée de ce terme. Elle est souvent utilisée pour désigner l'énergie consommée sur l'ensemble du cycle de vie d'un matériau ou d'un bâtiment (énergie procédé).

• UNITÉ FONCTIONNELLE (UF)

L'unité fonctionnelle est l'unité de référence dans une analyse de cycle de vie. Elle comporte trois valeurs : la quantité (par exemple 1 m²), la fonction (par exemple la résistance thermique) et le temps, aussi appelé la durée de vie typique (DVT, par exemple 50 ans). Exemple d'unité fonctionnelle : assurer une résistance thermique de 5 (m².K)/W de 1 m² de parois pour 50 ans.

• DURÉE DE VIE TYPIQUE (DVT)

La durée de vie typique est la durée de vie estimée d'un matériau ou d'un bâtiment. Chaque classe de matériau suivant sa nature a une durée de vie spécifique. Les isolants ont par exemple une DVT de 50 ans. Si on étudie un bâtiment avec une DVT estimée à 100 ans, les impacts liés aux isolants mis en œuvre seront ainsi comptés deux fois.

• MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

Matériaux d'origine végétale ou animale.

> Plus d'infos sur COCON[®]

www.eosphere.fr Onglet logiciel "QEB Cocon" avec aide en ligne, tutoriel et vidéo explicative disponibles sur le site.
Auteur du logiciel : Luc Floissac, conseiller environnemental et enseignant chercheur à l'école d'architecture de Toulouse.

> Quelques notions de thermique

• U [W/(m².K)]

Le coefficient de transmission thermique est noté "U" et caractérise la puissance calorifique traversant une paroi stabilisée, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi. La quantité annuelle d'énergie perdue au travers de la paroi est directement proportionnelle à cette valeur U.

• λ [W/(m.K)]

La conductivité thermique d'un matériau notée "λ" (lambda) est sa capacité intrinsèque à conduire un flux de chaleur en son sein.

• R [(m².K)/W]

La résistance thermique est notée "R" et caractérise la résistance d'un élément au passage d'un flux thermique. Il est l'inverse de U (R=1/U), le coefficient de transmission thermique et est égale à "e/λ" (e : épaisseur de l'élément). Plus R est élevé et plus la paroi sera isolée.

• PHPP

Passive House Planning Package. Logiciel de dimensionnement thermique des bâtiments passifs selon le Passivhaus Institut Darmstadt (www.lamaisonpassive.fr).

> Quelques ressources

www.inies.fr

www.reseau-ecobatir.org

www.fcbainfo.fr

Base de données contenant les FDES

Revue critique des FDES/ACV disponible en cliquant sur "résistance et discernement"

C. Cornillier, E. Vial, "l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) appliquée aux produits bois",

IX^{ème} Colloque Sciences et Industries du Bois, 2008.

Disponible dans l'onglet : "retrouver un article", thème "environnement".

Cette plaquette a été réalisée par Thomas Brisset (animateur environnement – Abibois) et Bettina Horsch (consultante)

En collaboration avec :

Abibois

macoretz
SCOP

maco
BOIS

Atlanbois
le bois à sa source

Cette plaquette a été réalisée grâce au soutien de :



Prix TTC : 15 euros

Contact :
environnement@abibois.com
www.abibois.com