



Dans les bâtiments faiblement isolés, la consommation de chauffage est à l'évidence l'impact environnemental prépondérant.

Dans les bâtiments fortement isolés, cet impact énergétique est plus faible, et les impacts environnementaux liés au choix des matériaux acquièrent une place relative plus importante. Ce qui est vrai pour le bâtiment dans son ensemble l'est aussi pour ses composants, et en particulier les menuiseries extérieures. Une étude sur l'impact environnemental des menuiseries extérieures a donc été réalisée par l'Ecole Nationale d'Ingénieur de Saint Etienne, avec l'appui méthodologique du Pôle Eco-conception et de la CCI de Saint-Etienne Montbrison.

**Cette étude, issue d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) simplifiée (logiciel Bilan Produit de l'ADEME) a été conduite sur 4 types de menuiseries :**

- Menuiseries en bois
- Menuiseries mixtes en bois-aluminium (structure bois protégée par un capotage extérieur en aluminium)
- Menuiseries en PVC
- Menuiseries en aluminium

#### **Menuiserie en bois :**

**L'étude montre clairement que les menuiseries en bois sont les moins impactantes pour l'ensemble des indicateurs environnementaux : changement climatique, énergie grise\*, impacts sur l'air et sur l'eau...**

- Le bois possède la particularité de stocker du gaz

carbonique (CO<sub>2</sub>) durant sa croissance, et contribue à la lutte contre le changement climatique.

- La quantité de CO<sub>2</sub> stockée dans la menuiserie en bois est plus importante que la quantité de CO<sub>2</sub> émise pour produire tous les matériaux qui composent la fenêtre (y compris les vitrages).
- La menuiserie en bois, issue d'un matériau renouvelable est la plus économe en énergie grise\* pour sa transformation.
- Le bois, de part ses caractéristiques naturelles, n'a pas d'impact significatif sur l'air et sur l'eau.

#### **Menuiserie mixte en bois-aluminium :**

- La menuiserie mixte possède la plupart des atouts cités précédemment de la menuiserie en bois.
- La menuiserie mixte se situe juste après la menuiserie en bois, aussi bien en termes de changement climatique que d'énergie grise.
- L'habillage aluminium reste un bon compromis pour répondre au problème d'entretien.

## Performance environnementale ou performance thermique ?

Depuis plusieurs années, et en particulier depuis le Grenelle de l'environnement, la performance thermique des bâtiments est devenu le critère majeur d'évaluation environnementale de la construction.

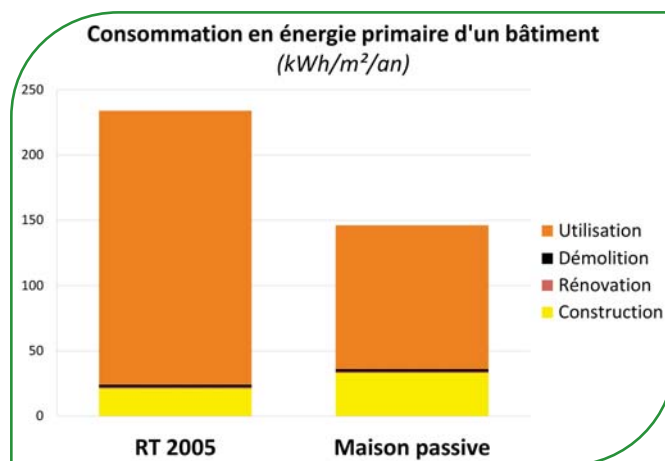
Il faut toutefois relativiser cette affirmation pour les bâtiments très performants. Le graphique ci-dessous présente la consommation en énergie primaire\* d'un bâtiment ramené à 1 m<sup>2</sup> de surface habitable et à une année, concernant : sa construction, son utilisation, sa rénovation, sa démolition.

L'énergie «construction» représente l'énergie nécessaire à l'extraction, au transport et à la transformation des matériaux de construction (divisée par la durée de vie du bâtiment pour ramener à une année).

L'énergie «utilisation» représente celle qui est nécessaire au chauffage et aux autres consommations énergétiques du bâtiment.

Le graphique met clairement en évidence les points suivants :

- il est tout à fait logique de s'attaquer prioritairement aux consommations énergétiques liées à l'utilisation (chauffage principalement) pour un bâtiment moyennement isolé (RT2005). Ces consommations (pavé orange) représentent en effet 90% de l'ensemble de la consommation.
- par contre, pour un bâtiment bien isolé (maison passive), la part liée au choix des matériaux (pavé jaune) est loin d'être négligeable et peut représenter 30% de l'ensemble des consommations.
- le critère «Démolition» et «Rénovation» apparaît très faible.



La réglementation conduisant à des bâtiments de plus en plus performants thermiquement (BBC/Effinergie\* en 2012, bâtiment passif\* en 2020), il deviendra de plus en plus important de se préoccuper du choix des matériaux de construction et en particulier de l'énergie nécessaire à leur production.

Plusieurs pays européens intègrent d'ores et déjà la notion d'«énergie grise» dans leur cahier des charges pour conditionner les aides (exemple : Eco-pass au Vorarlberg – Autriche).

## Les principaux résultats de l'étude

### 1- Les fenêtres étudiées

L'étude a porté sur 4 familles de fenêtres :

- Menuiseries en bois (carrelet de pin)
- Menuiseries mixtes en bois-aluminium (structure bois, avec un capotage extérieur en aluminium protégeant le bois)
- Menuiseries PVC
- Menuiseries aluminium

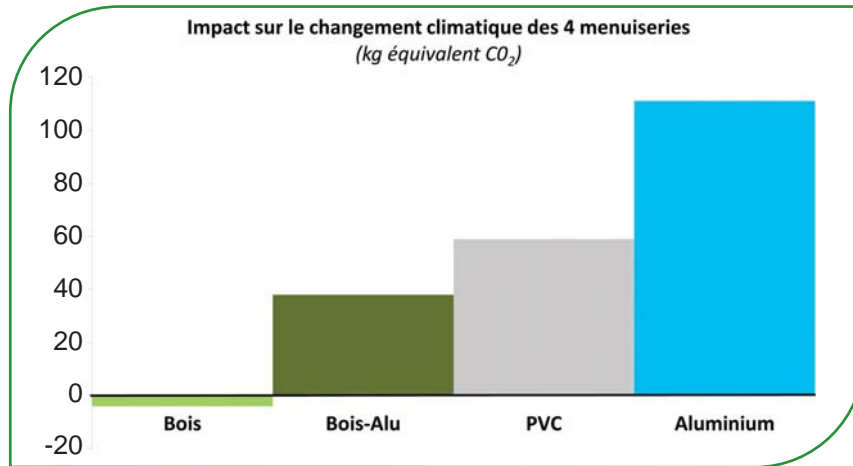
Pour rendre les choses comparables :

- des fenêtres offrant des surfaces de vitrages et des performances thermiques identiques ( $U_w=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ont été choisies (l'impact lié aux déperditions énergétiques de ces différentes fenêtres est donc identique)
- tous les résultats sont ramenés à 1m<sup>2</sup> de vitrage
- l'étude a été conduite sur une Durée de Vie Typique (DVT) de 30 ans
- pour la menuiserie en bois : la phase «utilisation» a été modélisée par l'application d'une peinture tous les 5 ans. Le puits de carbone à été pris en compte dans les calculs (cf page 6)

L'unité fonctionnelle retenue correspond à 1 m<sup>2</sup> de surface vitrée d'un bâtiment, fermé par un seul vantail standard, avec les hypothèses suivantes :

- assurer une performance thermique de la menuiserie  $U_w = 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- un vantail de dimension normée 123x148 cm ramené au mètre carré de vitrage.
- vitrage avec des éléments verriers « 4/16/4 », avec couche faible émissivité et lame d'argon

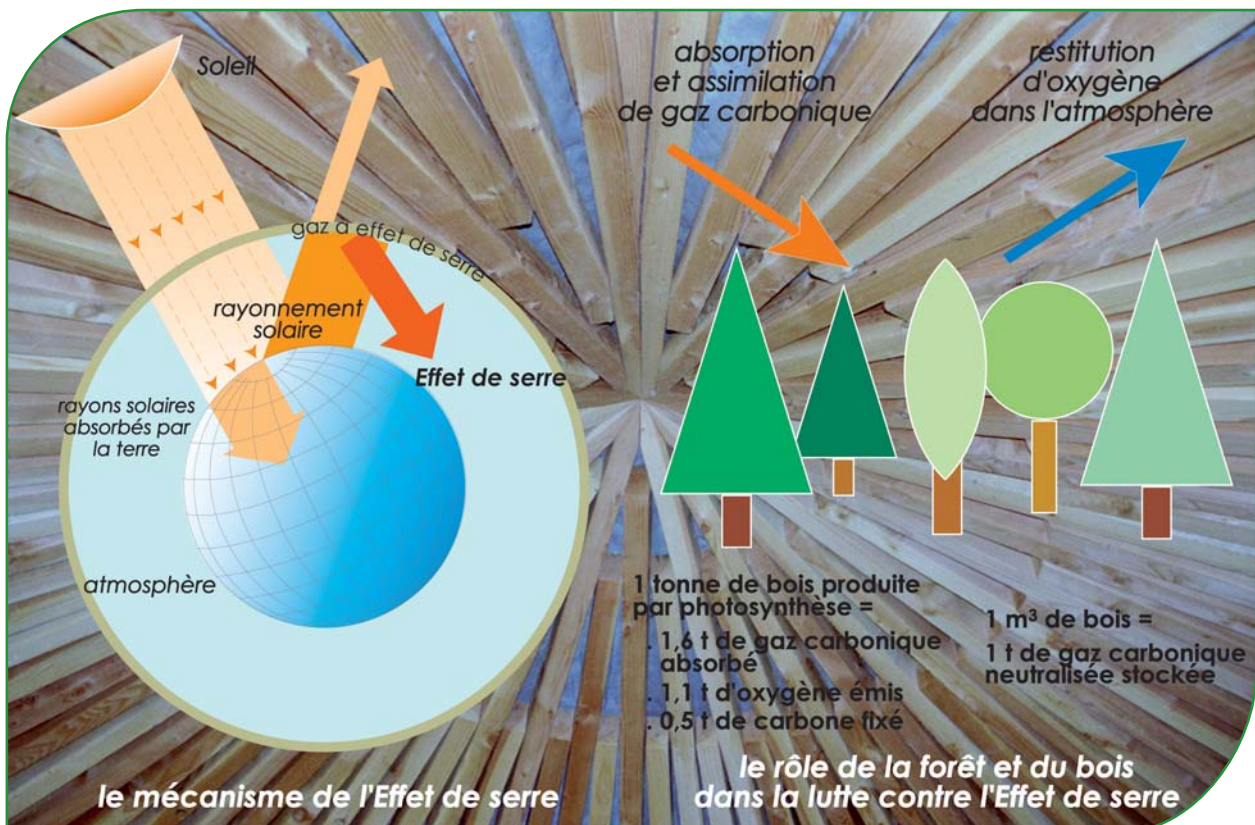
## 2- L'impact sur le changement climatique (effet de serre)



**Indicateur d'impact :** l'impact sur le changement climatique est lié aux émissions de gaz à effet de serre générées par l'extraction, le transport, la transformation, la mise en œuvre de l'ensemble des matériaux qui composent la fenêtre (y compris le vitrage). Cet impact se mesure en «kg équivalent CO<sub>2</sub>».

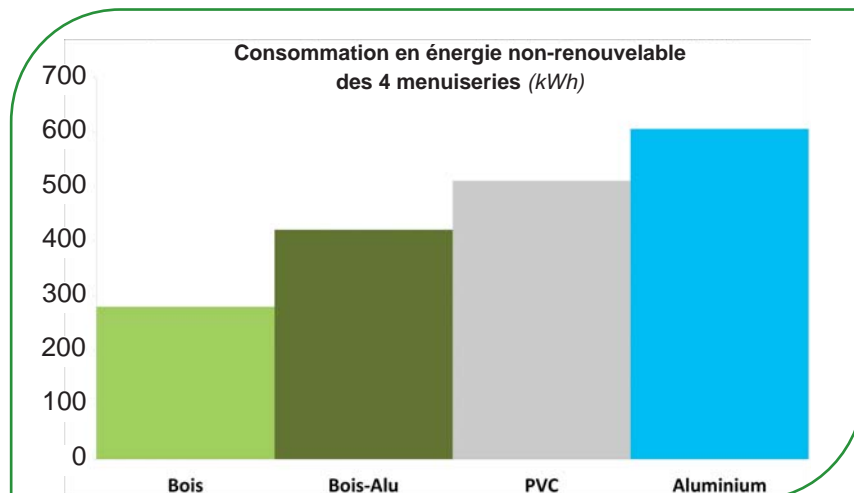
### Les conclusions :

- **Menuiserie en bois :** le graphique montre que la menuiserie en bois est particulièrement performante en matière de lutte contre le changement climatique : la quantité de CO<sub>2</sub> stockée dans le bois (durant sa croissance) est plus importante que la quantité de CO<sub>2</sub> émise pour produire tous les matériaux qui composent la fenêtre (y compris le vitrage), conduisant à un indicateur d'impact négatif (chaque m<sup>2</sup> de fenêtre en bois stocke 4 kg de CO<sub>2</sub>)
- **Menuiserie mixte bois-aluminium :** alors qu'une menuiserie tout aluminium émet 111 kg de CO<sub>2</sub> par m<sup>2</sup>, une menuiserie PVC 58 kg, la menuiserie mixte bois-aluminium émet «uniquement» 34 kg de CO<sub>2</sub>. Ceci s'explique par une quantité relativement faible d'aluminium compensée en partie par l'effet «stockeur» du matériau bois.





## 3- La « consommation » d'énergie non-renouvelable ou « énergie grise »



**Indicateur d'impact :** le terme de « consommation d'énergie non renouvelable » fait référence à l'énergie primaire\* nécessaire à l'extraction, au transport, à la transformation, à la mise en œuvre de l'ensemble des matériaux qui composent la fenêtre (y compris le vitrage). On utilise parfois le terme d'« énergie grise ». Seule la fraction non renouvelable de l'énergie utilisée (énergie fossile) génère un impact environnemental et apparaît dans cet indicateur.

A l'inverse, la fraction d'énergie renouvelable qui entre dans la composition de la fenêtre, (l'énergie solaire qui a servi à faire pousser le bois par exemple), ne génère pas d'impact environnemental.

*Nota Bene :* L'indicateur « consommation d'énergie non renouvelable » ne doit pas être confondu avec la consommation d'énergie liée aux déperditions à travers la menuiserie lorsqu'elle est mise en œuvre dans un bâtiment : les 4 menuiseries sont choisies avec la même performance thermique, donc les mêmes déperditions.

#### Les conclusions :

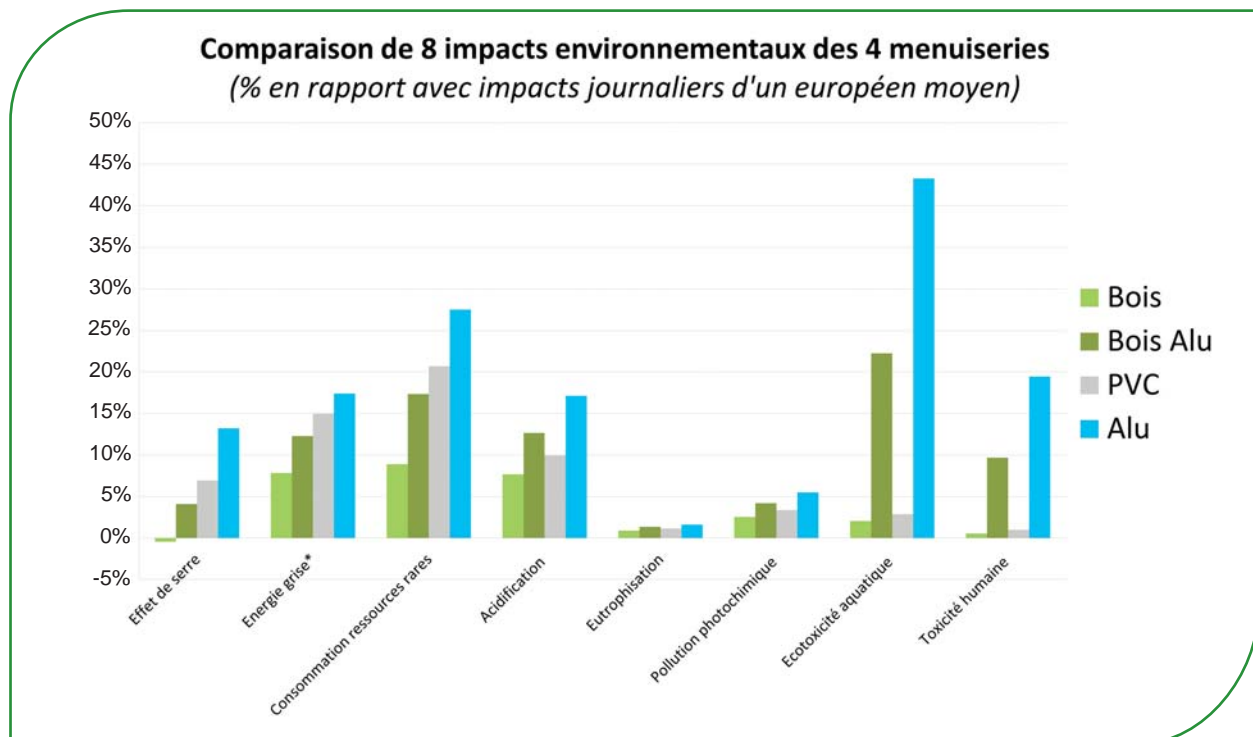
- **Menuiserie en bois :** la fenêtre bois est celle qui a consommé le moins d'énergie non renouvelable pour sa production : 274 kWh pour 1m<sup>2</sup> de menuiserie. En effet, contrairement au PVC et à l'aluminium, l'énergie « matière » du bois est une énergie renouvelable (donc non comptabilisée), et le bois nécessite assez peu d'énergie pour être transformé. L'analyse détaillée des résultats montre par ailleurs que l'impact environnemental lié à l'entretien (peinture tous les 5 ans) est négligeable.
- **Menuiserie mixte bois-aluminium :** alors qu'une menuiserie tout aluminium nécessite 609 kWh d'énergie non renouvelable pour 1m<sup>2</sup> et qu'une menuiserie PVC consomme 523 kWh, la menuiserie mixte bois-aluminium consomme 430 kWh. Là encore, le bois permet un bon compromis entre le positionnement environnemental de la menuiserie bois-aluminium et l'atout technique de l'absence d'entretien.



## 4- Les autres indicateurs environnementaux

Le logiciel utilisé (Bilan Produit) propose une analyse environnementale à l'aide de 8 indicateurs. Outre les deux indicateurs les plus souvent utilisés et présentés précédemment (impact sur le changement climatique et consommation d'énergie non renouvelable ou «énergie grise»), les 6 autres indicateurs sont les suivants :

- **Consommation de ressources rares** : cet indicateur exprime la quantité de matières « rares » consommée sur tout le cycle de vie du produit. Les ressources énergétiques fossiles ne sont pas comptabilisées dans cet indicateur puisqu'elles sont comptabilisées dans l'indicateur : «consommation d'énergie non renouvelable».
- **Acidification** : cet indicateur exprime le potentiel d'acidification qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'acidification recouvre le problème des «pluies acides» qui modifient à la baisse la productivité des écosystèmes naturels (forêts...) ou artificiels (cultures...).
- **Eutrophisation** : cet indicateur exprime le potentiel d'enrichissement des eaux en nutriments qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'excès de nutriments provoque une diminution de la diversité biologique des zones humides, une baisse de la qualité de l'eau et un engorgement des lacs (problème des «algues vertes» par exemple)
- **Pollution photochimique** : cet indicateur exprime le potentiel de formation d'ozone troposphérique (au niveau du sol) qu'engendre le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie. L'ozone troposphérique engendre des problèmes sur la santé humaine notamment des difficultés respiratoires.
- **Ecotoxicité aquatique** : cet indicateur exprime les effets de substances toxiques sur les écosystèmes aquatiques (non marins) que génère le produit considéré sur l'ensemble de son cycle de vie.
- **Toxicité humaine** : cet indicateur exprime les effets de substances toxiques sur l'homme pour un horizon de temps de 100 ans, généré par le produit sur l'ensemble de son cycle de vie.



**Indicateur d'impact** : chacun de ces indicateurs se mesure dans une unité qui lui est propre (effet de serre en «kg équivalent CO<sub>2</sub>», énergie non renouvelable en «kWh», etc...), ce qui ne permet pas la comparaison directe ou la hiérarchisation des indicateurs entre eux.

Pour pouvoir les comparer, il est nécessaire de ramener tous les indicateurs à une unité commune. C'est ce qui est fait dans le graphique ci-dessus en retenant comme unité commune «l'impact journalier d'un européen moyen».

Le schéma ci-dessus montre clairement que la menuiserie bois est celle qui présente l'impact le plus faible sur l'ensemble de chacun des 8 indicateurs.

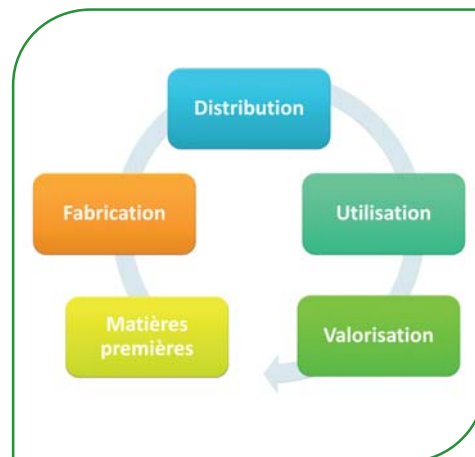
## Quelques points clés de la méthodologie

### 1- L'Analyse du Cycle de Vie (ACV)

L'Analyse du Cycle de Vie est un outil permettant de quantifier les impacts d'un « produit » (d'un bien, d'un service ou d'un procédé), depuis l'extraction des matières premières qui le composent jusqu'à son élimination en fin de vie, en passant par les phases de distribution et d'utilisation (« du berceau à la tombe »).

Les flux de matières et d'énergies sont ainsi transformés en impacts environnementaux quantifiés.

On trouvera des indicateurs d'impact environnementaux comme la consommation de ressources énergétiques (en MJ) ou le changement climatique (en kg équivalent CO<sub>2</sub>), des indicateurs d'impact sanitaires, de confort comme la qualité de l'air intérieur, etc.

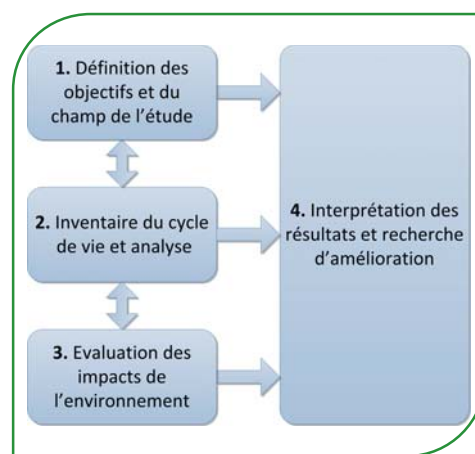


Une ACV est intéressante lorsqu'il s'agit :

- de comparer deux processus de fabrication du même produit en termes d'utilisation des ressources et d'émissions
- d'identifier les points sur lesquels un produit peut être amélioré et de viser à prévenir les impacts néfastes
- de connaître les contributions relatives des différentes étapes du cycle de vie de ce produit aux émissions totales et les moyens de les réduire.

La réalisation d'une ACV est encadrée par la norme ISO 14040 qui comprend 4 phases :

1. définition des objectifs : détermination de l'unité fonctionnelle, définition des limites du système et des scénarios de base.
2. inventaire des émissions et des extractions : quantifie les émissions polluantes dans l'air, l'eau et le sol ainsi que les extractions des matières premières renouvelables ou non renouvelables
3. analyse de l'impact
4. interprétation des résultats et évaluation des incertitudes



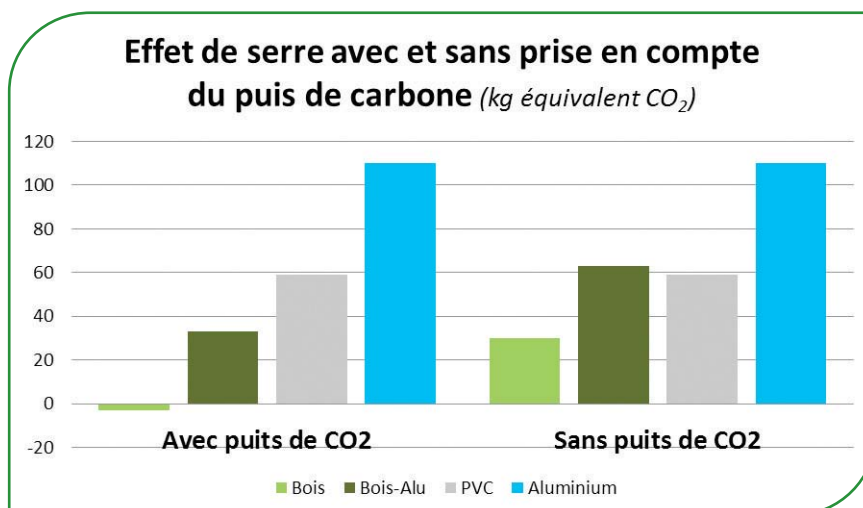


## 2- La prise en compte du puits de carbone

Un puits de carbone (ou puits CO<sub>2</sub>) désigne un «réservoir» qui séquestre le carbone de l'atmosphère. La forêt en formation constitue l'un des principaux puits de carbone, par le mécanisme naturel de photosynthèse.

Ce stockage du carbone par le bois a fait l'objet d'une norme NF BP X30-323 précisant qu'un mètre cube de bois pouvait stocker 815 kg équivalent de CO<sub>2</sub> au bout de 26 ans.

Il est donc primordial de prendre en compte ce puits de carbone dans la réalisation d'ACV et de calculs d'impacts environnementaux. C'est ce qui justifie des valeurs négatives concernant le bois, lorsque l'on s'intéresse à l'impact sur le changement climatique (effet de serre) induit par les quatre menuiseries de l'étude (qui ont une durée de vie estimée à 30 ans).



## 3- Le logiciel Bilan Produit

«Bilan Produit» est un outil d'ACV simplifié réalisé par l'université de Cergy-Pontoise. Il utilise la base de données environnementale Ecoinvent Centre (300 modules regroupés dans 4 catégories) qui est la plus complète des bases de données pour les ACV. Elle est utilisée par plus de 2500 clients dans 40 pays. Elle combine différentes bases de données d'inventaire existantes et les enrichit afin d'obtenir un ensemble unifié et générique, valable pour la Suisse et les pays d'Europe Occidentale.

«Bilan Produit» peut modéliser un produit de manière simple, en prenant en compte les principales étapes de son cycle de vie : les matériaux qui le composent, les procédés de fabrication, les moyens de transport, les sources d'énergie.

L'estimation des impacts porte sur huit indicateurs permettant d'analyser et de comparer différentes simulations pour un même produit.

«Bilan Produit» est un logiciel diffusé par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

## 4- Les Fiches de Déclarations Environnementales et Sanitaires (FDES)

Ces fiches, regroupées sur le site internet : <http://www.inies.fr>, sont réalisées à l'initiative des fabricants ou syndicats professionnels. Elles sont élaborées à partir d'une ACV, et doivent respecter la norme NFP01-010.

Quelques FDES concernant les menuiseries extérieures existent (menuiseries en pin sylvestre, menuiseries PVC). Ces FDES n'ont pas pu être utilisées directement dans l'étude synthétisée dans ce document. En effet, elles ne sont pas comparables entre elles car chaque fabricant utilise une unité fonctionnelle qui lui est propre (dans le cas des menuiseries, les différentes FDES ne font pas référence à la même surface de menuiserie). Par ailleurs, ces FDES ne prennent pour l'instant pas en compte le stockage du carbone lié au matériau bois. Les FDES ont donc uniquement été utilisées ici pour valider la cohérence des indicateurs d'impacts obtenus par le logiciel «Bilan Produit».



## En savoir plus

**Bâtiment BBC/Effinergie** : bâtiment dont la consommation ne dépasse pas 50 kWh/m<sup>2</sup>.an pour le chauffage, la climatisation, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage et les auxiliaires de chauffage et de ventilation. Ce chiffre est à pondérer en fonction de la zone climatique et de l'altitude (pour plus de détails, voir fiche technique n°1 d'IFB42 : «BBC/Effinergie et construction bois»)

**Bâtiment passif** : bâtiment dont les besoins de chauffage ne dépassent pas 15 kWh/m<sup>2</sup>.an. Ces besoins très réduits permettent de se passer d'un système de chauffage conventionnel. La chaleur peut-être distribuée dans le bâtiment via le système de ventilation.

**Energie primaire** : c'est l'énergie prélevée dans la nature, intégrant les pertes de production, transformation, distribution. On la calcule à partir de l'énergie finale (les kWh achetés au fournisseur d'énergie) multiplié par un coefficient : 1 pour le gaz et le fuel domestique, 2,58 pour l'électricité.

**Energie grise** : il n'existe pas de définition «officielle». Il est cependant généralement admis que l'énergie grise représente la somme de toutes les énergies nécessaires à la production et à la fabrication des matériaux de construction.

**Impact environnemental** : ensemble des modifications qualitatives, quantitatives et fonctionnelles de l'environnement (négatives ou positives) engendrées par un produit, de sa conception à sa «fin de vie».

**L'unité fonctionnelle (UF)** : représente une quantification de la fonction. C'est une unité qui se doit d'être précise, mesurable et additive. C'est à partir de celle-ci qu'il sera possible de comparer des scénarios, des produits différents :

- sur la base de la même fonction
- avec la même unité fonctionnelle

### Légende des photos

**Page 1** : Menuiserie Béal, Saint-Priest-en-Jarez (42)  
Sapin blanc - Massif du Pilat (42)

**Page 4** : Sapin blanc - Massif du Haut Forez (42)

**Page 7** : Cantine scolaire, Saint Appolinard (42). Architecte : Atelier 3A  
Centre handicapés, Les Salles (42). Architecte : A. Duverger, D. Molard.

### Crédits photos

Philippe Hervouet ; IFB42 ; CRPF

### Crédits texte

Laurent Tendille, Ingénieur Génie Civil ENISE

Avec le soutien financier de



Financé avec  
l'aide de l'Union  
européenne  
FEDER

### Inter Forêt-Bois 42

Espace Fauriel – BP 78  
35 rue Ponchardier  
42010 Saint Etienne Cedex 02

Tél. 04 77 49 25 60  
contact@ifb42.com

**Inter  
Forêt-Bois 42**