

# **Classification de différents matériaux d'isolation d'un point de vue écologique, économique et énergétique Application à un cas pratique à Berlin**

Ing A. DE MOOR  
D. PUESCHEL  
Ir C. CHARLIER  
GRAMME – Liège

*Ce travail consiste en une analyse de différents types de matériaux d'isolation d'un point de vue écologique, économique et énergétique, appliquée à un cas pratique à Berlin. Tout d'abord, la Déclaration Environnementale de Produit (EPD) est définie, afin de comprendre son utilisation dans une telle comparaison. Ensuite, un fichier Excel est conçu afin d'être utilisable pour différents projets et/ou différents matériaux, en vue de comparaisons d'un point de vue écologique, économique et énergétique. Enfin, ce fichier est utilisé dans un projet qui est actuellement en cours de réalisation à Lichterfelde Süd, Berlin. Des résultats intéressants et inattendus sont issus de la comparaison des cinq matériaux d'isolation analysés dans ce projet.*

*Mots-clefs : normes de qualité, isolation, rénovation, classement de matériaux, renouvelable, environnement*

*This work consists of the analysis of different insulation materials from an ecological, economic and energy point of view, applied to a Berlin practical case. It first defines what an Environmental Product Declaration (EPD) is, to understand how it can be used for such a comparison. An Excel calculation chart has been created in order to be used for different projects and/or different materials, to compare them in an ecological, economic and energy way. Finally, the chart is applied to a project that is currently being realised in Lichterfelde Süd, Berlin. Some interesting and even surprising results will issue from the comparison of the five insulation materials analysed for this project.*

*Keywords: quality standards, insulation, renovation, material ranking, sustainable, environment*

## **1. Introduction**

### **1.1. Contexte**

Ce travail a été proposé et suivi par l'institut allemand SUSTAINUM qui est spécialisé en projets durables.

Afin de comprendre au mieux ce travail, les objectifs européens pour 2020 seront décrits ci-après. En effet, le secteur de la construction est influencé par des nouvelles lois "durables". Les buts à atteindre pour 2020 ne se limitent non seulement au secteur de la durabilité mais s'appliquent aussi dans des secteurs tels que le secteur de l'emploi, de l'éducation, etc.

Ce travail étant en relation directe avec les lois de durabilité, seules celles-ci seront reprises. Les trois buts de durabilité sont :

- réduire les gaz à effet de serre de 20% comparé à 1990,
- produire 20% de l'énergie à partir de ressource renouvelable,
- accroître de 20% l'efficacité énergétique.

En 2012, les prévisions pour atteindre ces objectifs en Allemagne sont bonnes, exceptée la réduction de gaz à effet de serre qui devra évoluer plus vite qu'entre 2005 et 2012.

### **1.2. But de ce travail**

Trois sujets sont abordés lors de ce travail. Premièrement, les Déclarations Environnementales de Produits ou EPD sont décrites et expliquées. Ensuite, une feuille de calcul Excel est créée afin de comparer des matériaux isolants selon leur aspect énergétique, écologique et économique. Enfin, cette feuille de calcul est appliquée à un projet réel à Berlin afin de déterminer théoriquement le meilleur isolant à appliquer à ce projet.

## **2. Déclaration Environnementale de Produit (EPD)**

### **2.1. Définitions**

#### *Types de déclaration*

Afin de cerner l'impact environnemental des produits, trois types de déclarations ont été proposés dans les normes ISO, à savoir :

- Type I : Etiquetages environnementaux de type I (ISO 14024)
- Type II : Auto déclarations environnementales (ISO 14021)
- Type III : Déclarations Environnementales de Produit (ISO 14025)

Le tableau suivant apporte quelques détails supplémentaires :

	<b>TYPE I</b>	<b>TYPE II</b>	<b>TYPE III</b>
<b>INFORMATION</b>	Qualitative	Qualitative/ Quantitative	Quantitative
<b>GAMME</b>	Produits spéciaux	Tous les produits et services	Tous les produits et services
<b>CONTRÔLE QUALITÉ</b>	Vérification par des sociétés de labelling écologique	Non vérifié	Vérification par un tiers
<b>DESTINATAIRE</b>	Consommateur	Consommateur ou Professionnel	Professionnel (compréhensible pour consommateur)

*Tableau 1 : Comparaison des types de déclaration ISO*

#### **ISO 14025 – EN 150804**

Ces deux normes sont la base des EPDs. L'ISO 14025 a été créée en 2006 et est constituée des objectifs des déclarations de Type III (voir tableau ci-dessus), la procédure de création, les personnes impliquées et le contenu obligatoire. L'EN 15804 est une norme sur les EPDs spécifiques au domaine de la construction. Elle explique quelle partie du cycle de vie est considérée (production, construction, utilisation et/ou fin de vie) et quelle unité utiliser.

#### **Règles de Catégorie de Produit (PCR)**

« Ensemble de règles spécifiques et directives établies afin de mettre au point un document de Type III pour une ou plusieurs catégories de produits. » [4]

#### **Analyse de Cycle de Vie (LCA)**

« Compilation et évaluation des entrées, sorties et impacts environnementaux potentiels d'un produit le long de son cycle de vie. » [5]

#### **Déclaration Environnementale de Produit**

Une Déclaration Environnementale de Produit (Environmental Product Declaration ou EPD) est un rapport harmonisé internationalement basé sur l'ISO 14025 – « Type III déclarations environnementales » et l'EN 15804 – « Déclaration Environnementale de Produit ». Il mesure les impacts potentiels d'un produit sur l'environnement. C'est un document résumé, basé sur des données quantifiables rassemblées venant d'une Analyse de Cycle de Vie (LCA), des Règles de Catégorie de Produit (PCR) et d'information environnementale supplémentaire. Ces informations supplémentaires contiennent le Potentiel du Réchauffement Climatique (GWP), la déplétion d'ozone, l'acidification, l'eutrophication et le

smog. Le document EPD est une certification durable d'un produit qui doit être transparent, comparable, compréhensif et vérifié par un tiers parti.

## 2.2. Procédure pour créer un EPD

Lorsqu'une entreprise décide de certifier un produit ou un service selon les règles des EPDs, cinq étapes doivent être franchies:

- utiliser ou établir un document nommé : « Règles de Catégorie de Produit » (PCR), afin d'uniformiser les différents documents d'une même gamme de produit.
- Mener et vérifier une Analyse de Cycle de vie (LCA), afin de cerner tous les impacts qu'un produit provoque de sa création jusqu'à sa fin de vie.
- Créer la Déclaration Environnementale d'un Produit (EPD)
- Faire vérifier la déclaration par un tiers parti, afin d'avoir un document transparent et comparable.
- Enregistrer l'EPD dans les bases de données internationales, afin qu'il soit reconnu et disponible pour tout le monde.

Le prix total pour enregistrer un EPD varie entre 600€ et 2000€, selon le pays dans lequel il est créé.

## 2.3. Passé et prévisions pour le futur des EPDs

La règle ISO 14025 fut publiée en 2006. Certains pays dont la Suède et l'Italie devançant cette date et publient leurs premiers EPDs avant cette année-là. L'uniformisation et l'augmentation exponentielle des publications européennes commencent en 2008.

Bien que certains EPDs aient été publiés dans d'autres secteurs, ils s'utilisent principalement dans le domaine de la construction, et deviennent obligatoires dans certains pays tel que l'Allemagne.

Un facteur important dans le développement des EPDs dans le secteur de la construction est l'intégration de ces déclarations dans les certifications environnementales LEED<sup>1</sup>, BREAM<sup>2</sup> et DGNB<sup>3</sup>, qui sont toutes les trois reconnues à l'internationale.

Dans le futur, une augmentation du nombre de déclarations publiées est prévue au vu du grand nombre de matériaux de construction non certifiés dans les pays

---

<sup>1</sup> LEED : Leadership in Energy and Environmental Design

<sup>2</sup> BREAM : BRE Environmental Assessment Method

<sup>3</sup> DGNB : Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

porteurs de cette réglementation. Il n'est pas exclu qu'un autre secteur développe l'utilisation de ces déclarations (alimentaire, etc.).

### **3. Création de la feuille de calcul pour l'analyse d'un bâtiment sur son cycle de vie**

#### **3.1. Contexte et but de la feuille de calcul**

Le contexte actuel du réchauffement climatique incite les autorités et la population à se soucier plus de l'environnement. Diverses normes ont déjà été publiées afin de réduire l'impact de l'humain sur l'environnement. En Europe, des restrictions et des objectifs ont été mis en place dans le secteur de la construction. Afin d'aider à atteindre ces objectifs, la feuille de calcul créée aide à choisir un isolant qui prend en compte non seulement le prix de l'isolant, mais aussi l'énergie utilisée tout au long de son cycle de vie et son impact sur l'environnement.

#### **3.2. Contenu et hypothèses de la feuille de calcul**

##### ***Information générale sur l'isolation thermique***

« L'isolation thermique peut se définir comme un matériau ou un ensemble de matériaux qui retarde le flux de chaleur par conduction, convection et radiation, quand il est appliqué correctement. » [12]

Il existe trois types d'isolation :

- minérale, dont les plus connues sont la laine de verre, la laine de roche et le verre cellulaire.
- Synthétique, dont les plus connues sont le polyuréthane (PUR), le polystyrène extrudé (XPS) et le polystyrène expansé (EPS).
- Naturelle, dont les plus connues sont les fibres de bois, les fibres de chanvre, la paille, la cellulose et la laine de bois.

En 2012, le marché européen de l'isolation thermique se divisait comme suit : 39,4% de laine de verre, 17,9% de laine de roche, 25,2% d'EPS, 9,6% de PUR, 6,2% de XPS et les 1,7% restant sont des résines phénoliques et des isolants naturels.

##### ***Hypothèses***

Afin de créer une feuille de calcul claire, plusieurs hypothèses sont nécessaires et justifiées ci-après.

- Un code couleur est utilisé afin de différencier les différentes isolations et les cases à remplir ou les cases de résultat.

- La durée de vie d'une construction est souvent fixée à 50 ans. Bien que cette valeur peut varier selon les pays.
- Les étapes de cycle de vie doivent être déterminées. L'idéal serait d'avoir les informations le long de tout le cycle de vie du matériau (production, construction, application et fin de vie). Cependant, ces informations sont difficiles à obtenir pour certains matériaux d'isolation. Il est fondamental de considérer les étapes de production et d'utilisation afin d'obtenir des résultats comparables.
- Le facteur de comparaison choisi pour calculer l'isolation thermique de l'habitation est la valeur U. *Cette valeur est la mesure du flux de chaleur qui traverse l'isolation ou autre matériau de construction.* Plus la valeur U est faible, meilleure est la capacité d'isolation.
- Un facteur de priorité peut être choisi entre l'économie, l'énergie et l'environnement, bien que l'idée initiale soit de garder l'égalité entre ces trois facteurs.

### ***Informations sur les isolants***

Trois valeurs doivent être connues pour comparer différents isolants : la durée de vie, la masse volumique et la conductivité thermique. D'une part, la durée de vie [an] permet de calculer un prix correct. En effet, si un matériau a une durée de 20 ans et l'autre de 40 ans, il faudra remplacer le premier deux fois plus souvent. La durée de vie est une valeur assez complexe à déterminer, vu qu'elle varie en fonction de la mise en place et de l'environnement dans laquelle elle se situe. D'autre part, la masse volumique [kg/m<sup>3</sup>] et la conductivité thermique [W/(mK)] sont deux valeurs primordiales pour les comparaisons économique, énergétique et environnementale. On retrouve ces valeurs dans l'EPD, dénomination expliquée dans le chapitre 2 *Déclaration Environnementale de Produit (EPD)*.

### ***Point de vue économique***

Il est important de considérer les dépenses tout au long du cycle de vie. Ceci comprend les dépenses pour l'achat et la pose de l'isolant, le remplacement de l'isolant si sa durée de vie est plus faible que celle de l'habitation et le prix en fin de vie pour le recycler. Les prix sont disponibles chez un marchand de matériaux, chez un constructeur ou sur internet.

### ***Point de vue énergétique***

Tout comme le prix, l'énergie est considérée tout au long du cycle de vie. L'énergie grise, l'énergie opérationnelle et l'énergie de fin de vie sont séparées pour différencier les diverses étapes. L'énergie grise est un terme de plus en plus utilisé pour comparer des habitations. Elle représente l'énergie utilisée pour extraire les matières premières, les travailler et les transporter entre les différentes usines. Elle représente l'énergie de base utile. L'énergie opérationnelle est celle que les habitants utilisent lorsqu'ils habitent dans la maison. Elle varie en fonction

du mode de vie de ceux-ci. Enfin, l'énergie de fin de vie est l'énergie que l'on peut récupérer ou rejeter lors du traitement final du matériau. Par exemple, lors de l'incinération on va récupérer de l'énergie qui était « stockée » dans le matériau. Ces données peuvent se trouver dans les EPDs ou dans des bases de données telles que « ökobaudat ». Dans le cas de la feuille de calcul, une séparation sera établie entre la part d'énergie renouvelable et celle non-renouvelable.

#### ***Point de vue écologique***

Comme référence pour le point de vue écologique, le Potentiel de Réchauffement Climatique (GWP) est considéré. Il représente l'impact que le matériau a sur le changement climatique tout au long de son cycle de vie. Pour des matériaux isolants, ce sont les étapes de production et de remplacement qui auront de l'impact. Ces données peuvent se trouver dans les EPDs ou dans des bases de données telles que « ökobaudat ».

#### ***Surfaces considérées***

Deux surfaces sont importantes. D'une part la surface couverte par l'isolant, d'autre part la surface de l'habitation. La surface couverte par l'isolant va aider à déterminer le prix total à payer. La surface de l'habitation peut être utilisée pour comparer deux maisons de tailles différentes en travaillant avec des [€/m<sup>2</sup>], des [kWh/m<sup>2</sup>] et des [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>].

#### ***Conclusion***

La feuille de calcul a été vérifiée et approuvée par l'entreprise. Il reste encore quelques points d'amélioration tels que la considération de plusieurs facteurs écologiques pour l'analyse et le bien-être des personnes dans l'habitation.

## **4. Utilisation de la feuille de calcul dans un projet**

### **4.1. Description du projet**

A partir du moment où la feuille de calcul est créée et validée, elle est directement utilisée afin de comparer différents isolants et dans le cadre d'un projet étudié qui se situe à Berlin.

L'objectif de ce projet est de rénover tout un quartier (43 bâtiments incluant 851 unités résidentielles) sans augmenter significativement le prix du loyer (augmentation de moins de 10%). Ceci en compensant l'augmentation du prix de l'appartement par une diminution des prix des charges.

Afin d'atteindre cet objectif, les bâtiments sont rénovés, des panneaux photovoltaïques et solaires thermiques sont installés, le système de chauffage est

remplacé par une pompe à chaleur, et une batterie de stockage d'électricité est placée.

#### 4.2. Partie étudiée

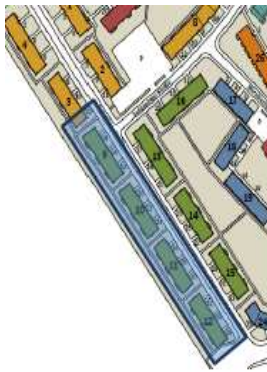


Figure 1 : Partie étudiée

Quatre maisons identiquement les mêmes, c'est-à-dire même disposition, même apport solaire et même division interne, vont faire l'objet d'une étude approfondie. Cette étude consiste à appliquer quatre isolants différents à chacune des maisons. La feuille de calcul Excel sera utilisée afin d'avoir une première idée théorique de quel matériau est le plus adéquat. Ensuite, quand les matériaux seront placés, différents tests, tel qu'un test confort vont être mis en place pour définir quel matériau est le « meilleur ».

Les isolants analysés seront : l'EPS, la laine de roche, le chanvre et la fibre de bois. Le PUR a été ajouté à cette liste car il fait partie des isolants les plus utilisés en Allemagne et possède de bonnes performances en termes d'isolation.

#### 4.3. Hypothèses

D'une part, la cave, l'étage supérieur et les balcons ne sont pas repris dans l'analyse car ils sont identiques pour les quatre habitations. D'autre part, d'un point de vue économique, seule l'isolation et non les ancrages seront considérés.

#### 4.4. L'information collectée

La partie la plus difficile d'un projet est la collecte des données. En effet, plusieurs semaines se sont écoulées avant l'obtention des informations correctes des architectes afin de commencer l'analyse.

Pour la partie économique, les prix allemands ont été collectés sur le site internet « Dämmstoff ». Ces prix seront référencés en tant que « plage de valeurs » dans les paragraphes suivants. D'autres prix ont été délivrés par le fabricant des matériaux de construction (principalement CAPAROL dans cette étude). Ces prix n'incluent pas les accessoires de l'isolant ni les fixations.



**Polystyrène Expandé (EPS)**

L'EPS représente plus de 25% du marché de l'isolation allemande. Celui choisi par les architectes est le « CAPATECT-Dalmatiner-fassadendämmplatten160 » de chez CAPAROL. Le tableau suivant propose ses caractéristiques techniques.

EPS	Fiche technique
$\lambda$ [W/(mK)]	0,035
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	15,5
d [m]	0,14

Tableau 2 : Fiche Technique EPS

Les informations sur l'énergie et les impacts sur l'environnement se retrouvent dans l'EPD-**DAY-2011431-D**, qui est spécifique à ce matériau mais dont la date de validité est expirée. Les données datent de l'année 2008. Certaines difficultés de lecture et de compréhension de cet EPD sont survenues lors de son analyse. Le tableau suivant reprend ces données.

EPS	Energie [MJ]		Impact écologique [CO <sub>2</sub> equ.]
	Non-Ren.	Ren.	
Production [m <sup>3</sup> ]	1310	8,33	45,57
Construction [m <sup>3</sup> ]	10,78	0,01	0,77
Utilisation [m <sup>3</sup> ]	/	/	/
Fin de vie [m <sup>3</sup> ]	/	/	/
Récupération [m <sup>3</sup> ]	-467,58	-6,07	18,43

Tableau 3 : Impacts énergétique et écologique de l'EPS

Le prix est de **70 €/m<sup>3</sup>** selon les données de CAPAROL. L'ordre de grandeur pour l'EPS se situe entre **40€/m<sup>3</sup> et 70€/m<sup>3</sup>**

En fin de vie, selon l'EPD, 90% du matériau est incinéré et 10% est transportée vers un site de dépôt. A ce jour, il existe d'autres types de traitement tels que la réutilisation dans des nouveaux matériaux isolants EPS, la transformation en pots de fleur ou autres, et le mélange avec du béton pour concevoir du béton léger isolant. D'autres techniques de recyclage sont en voie de développement.

**Laine de roche**

Les laines minérales représentent plus de 50% du marché allemand en 2013. La laine de roche choisie par les architectes est la « CAPATECT-Fassadendämmplatte 149 Extra ».

Laine de roche	Fiche technique
$\lambda$ [W/(mK)]	0,035
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	120
d [m]	0,14

Tableau 4 : Fiche Technique laine de roche

Les informations sur l'énergie et les impacts sur l'environnement se retrouvent dans l'EPD-DRW-2012131-EN créé par la société allemande ROCKWOOL en 2012.

Laine de roche	Energie [MJ]		Impact écologique [CO <sub>2</sub> equ.]
	Non-Ren.	Ren.	
Production [/m <sup>3</sup> ]	1512	197	105,50
Construction [/m <sup>3</sup> ]	7,37	0,05	14,18
Utilisation [/m <sup>3</sup> ]	/	/	/
Fin de vie [/m <sup>3</sup> ]	29,49	1,37	9,82
Récupération [/m <sup>3</sup> ]	-126,93	-4,71	-7,56

Tableau 5 : Impacts énergétique et écologique de la laine de roche

Le prix est de **135€/m<sup>3</sup>** chez CAPAROL ce qui est légèrement plus cher que l'ordre de grandeur trouvé sur le site de « Dämmstoff » qui se situe entre **50€/m<sup>3</sup>** et **120€/m<sup>3</sup>**.

En fin de vie, selon l'EPD, l'entièreté de l'isolant est emmenée vers un site de dépôt. Cependant, aujourd'hui, il est considéré que 90% d'un isolant utilisé pourrait être recyclé en l'utilisant dans la production de nouvelle laine de roche.

### Chanvre

Un nouveau matériau a été choisi pour un isolant à base de chanvre. Les architectes ont choisi le « **NAPORO WALL** » qui est fabriqué par CAPAROL en coopération avec l'entreprise NAPORO. Cet isolant a reçu le prix autrichien pour la protection du climat en 2013. Un gros avantage de ce matériau est qu'il protège non seulement thermiquement mais aussi acoustiquement.

Chanvre	Fiche technique
$\lambda$ [W/(mK)]	0,039
$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	100
d [m]	0,16

Tableau 6 : Fiche Technique Chanvre

Dû au développement récent de ce matériau, aucun EPD n'est disponible. Les valeurs du tableau suivant ont été trouvées sur le site autrichien « BAUBOOK » et

par hypothèse à l'aide des sites « Nachhaltiges Bauen » et « Hanfasser Uckermark ».

Chanvre	Energie [MJ]		Impact écologique [CO <sub>2</sub> equ.]
	Non-Ren.	Ren.	
<b>Production</b> [/m <sup>3</sup> ]	14,70	0	-0.674
<b>Construction</b> [/m <sup>3</sup> ]	/	/	
<b>Utilisation</b> [/m <sup>3</sup> ]	/	/	
<b>Fin de vie</b> [/m <sup>3</sup> ]	/	/	
<b>Récupération</b> [/m <sup>3</sup> ]	14,79	/	

Tableau 7 : Impacts énergétique et écologique du chanvre

Le prix donné par CAPAROL est de **230€/m<sup>3</sup>** alors que l'ordre de grandeur pour les isolants en chanvre se situe entre **130€/m<sup>3</sup> et 180€/m<sup>3</sup>**. La différence vient probablement des propriétés différentes de ce nouveau matériau.

En fin de vie, aucune information explicite n'a été fournie par NAPORO. Cependant, vu que le matériau est entièrement biologique, on peut considérer qu'il serait recyclable à 100%.

#### ***Fibre de bois***

Les isolants naturels sont de plus en plus utilisés car ils ont la capacité d'être recyclés en fin de vie. Les architectes ont fait le choix d'utiliser la fibre de bois « INTHERMO HFD-Exterior Compact ».

Fibre de bois	Fiche technique
<b>λ</b> [W/(mK)]	0,042
<b>ρ</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	140
<b>d</b> [m]	0,16

Tableau 8 : Fiche Technique Fibre de bois

Les informations sur l'énergie et les impacts sur l'environnement se retrouvent dans l'**EPD-GTX-20140222-IBC2-DE** créé par l'entreprise GUTEX.

Fibre de bois	Energie [MJ]		Impact écologique [CO <sub>2</sub> equ.]
	Non-Ren.	Ren.	
<b>Production</b> [/m <sup>3</sup> ]	1683	2703	-133
<b>Construction</b> [/m <sup>3</sup> ]	/	/	/
<b>Utilisation</b> [/m <sup>3</sup> ]	/	/	/
<b>Fin de vie</b> [/m <sup>3</sup> ]	0	0	219
<b>Récupération</b> [/m <sup>3</sup> ]	-2598	-408	-183

Tableau 9 : Impacts énergétique et écologique de la fibre de bois

Le prix donné par CAPAROL est de **190 €/m<sup>3</sup>** et se situe dans l'ordre de grandeur qui est entre **160 €/m<sup>3</sup> et 300 €/m<sup>3</sup>**

En fin de vie, 100% du matériau est incinéré.

#### **Polyuréthane (PUR)**

Suite à une étude du marché en Europe, le Polyuréthane choisi est le « RECTICEL Eurowall WD WLS02 » car il est le plus approprié dans le cas d'une rénovation de façade plate.

PUR	Fiche technique
<b>λ</b> [W/(mK)]	0,024
<b>ρ</b> [kg/m <sup>3</sup> ]	31
<b>d</b> [m]	0,12

Tableau 10 : Fiche Technique PU

Les informations sur l'énergie et les impacts sur l'environnement se retrouvent dans l'**EPD-IVP-20140207-IBE1-DE** créé par l'association des producteurs allemands d'isolation en polyuréthane.

PUR	Energie [MJ]		Impact écologique [CO <sub>2</sub> equ.]
	Non-Ren.	Ren.	
<b>Production</b> [/m <sup>2</sup> ]	312	22,40	15
<b>Construction</b> [/m <sup>2</sup> ]	4,23	0,17	0,60
<b>Utilisation</b> [/m <sup>2</sup> ]	/	/	/
<b>Fin de vie</b> [/m <sup>2</sup> ]	4,98	0,47	8,83
<b>Récupération</b> [/m <sup>2</sup> ]	-100	-16,60	-6,75

Tableau 11 : Impacts énergétique et écologique du PU

Le prix donné par RECTICEL est de **213 €/m<sup>3</sup>** et se situe dans l'ordre de grandeur qui est entre **160 €/m<sup>3</sup> et 400 €/m<sup>3</sup>**

En fin de vie, selon l'EPD, le polyuréthane est entièrement incinéré et les couches d'aluminium sont recyclées. Aujourd'hui, des études pour recycler le PUR se mettent de plus en plus en place. Une des méthodes les plus prometteuses est la glycolyse.

#### 4.5. Résultats et interprétation

##### *D'un point de vue économique*

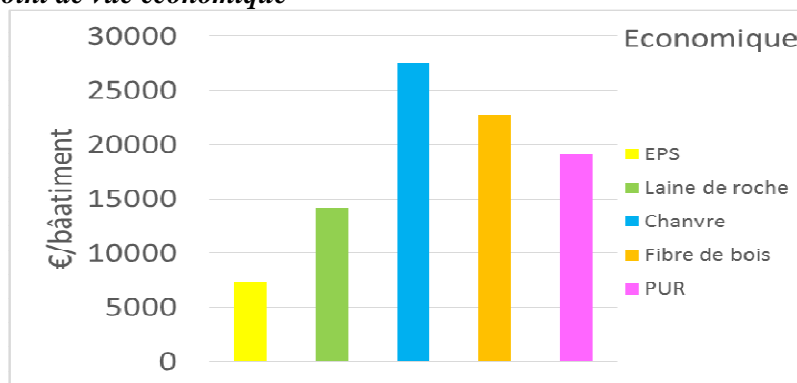
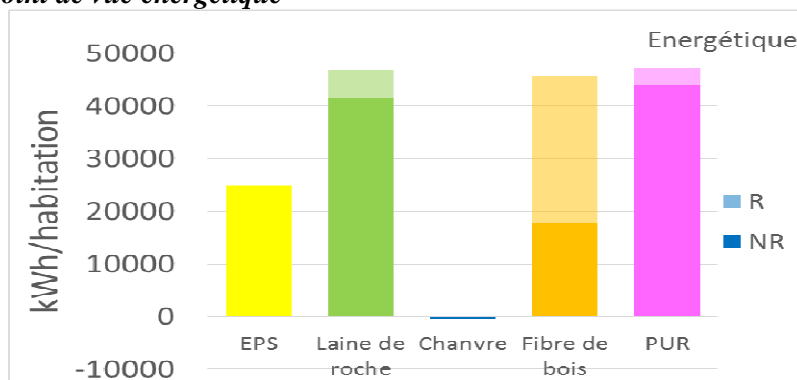


Tableau 12 : Résultats économiques

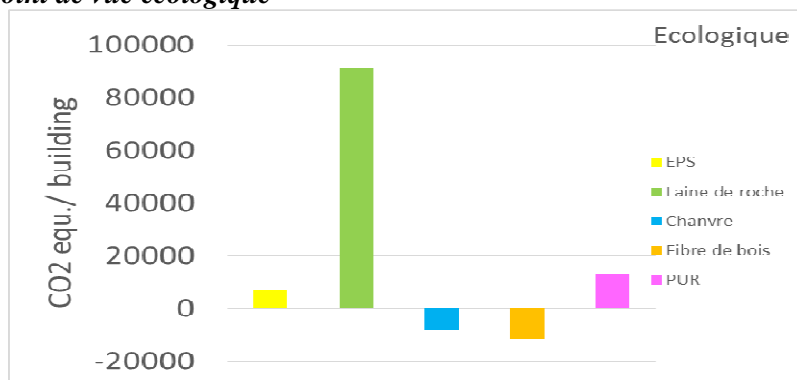
D'un point de vue économique, seul le prix pour la fabrication du matériau d'isolation est considéré. On voit dans le graphique ci-dessus que l'EPS est l'isolant le moins cher suivi de la laine de roche et du polyuréthane, les deux isolants naturels sont les plus chers. Le prix à payer ou recevoir en fin de vie n'est pas repris car il est difficilement estimable. De plus, après discussion avec le vendeur de chez CAPAROL, il a été défini que pour la mise en place des isolants, l'EPS et le PUR coûteraient moins chers car ils sont plus faciles à manipuler et installer. On peut donc en déduire que l'ordre serait plus ou moins pareil si la mise en œuvre avait été considérée.

***D'un point de vue énergétique******Tableau 13 : Résultats énergétiques***

Le graphe précédent montre que si l'on considère une étude *cradle-to-grave* (du berceau au tombeau), le chanvre est celui qui consomme le moins d'énergie, suivi par l'EPS, alors que les trois autres isolants sont plus ou moins équivalents.

L'EPD sur lequel se base les résultats de l'EPS devrait être vérifié car ses valeurs ne correspondent pas à d'autres valeurs trouvées dans la littérature. +

On remarque que la fibre de bois consomme principalement de l'énergie renouvelable, celle-ci représente l'énergie solaire nécessaire à la croissance des arbres.

***D'un point de vue écologique******Tableau 14 : Résultats écologiques***

Dans le tableau ci-dessus représentant l'impact sur le potentiel du réchauffement climatique de chaque matériau, on voit que les isolants naturels (chanvre et fibre de bois) ont un taux négatif alors que la laine de roche rejette beaucoup de CO<sub>2</sub> équivalent.

Ces résultats s'expliquent d'une part, par la valeur élevée lors du processus de fonte des minéraux pour la fabrication de la laine de roche. D'autre part, par le fait que le taux de CO<sub>2</sub> nécessaire à la croissance du bois et du chanvre est plus grand que celui émis lors de la production des matériaux isolants respectifs.

### *D'un point de vue général*

Le tableau ci-dessous reprend le résultat global de l'analyse effectuée à l'aide du tableau Excel. Quatre résultats sont proposés, afin de s'adapter au désir d'un client potentiel.

- Le premier client accorde autant d'importance aux trois catégories.
- Le second client accorde plus d'importance à l'aspect financier.
- Le troisième client accorde plus d'importance à l'aspect énergétique.
- Le quatrième client accorde plus d'importance à l'aspect écologique.

Priorité			1	2	3	4	5
€	kWh	CO <sub>2</sub>					
33%	33%	33%	EPS	Fibre de bois	Chanvre	Laine de roche	PUR
50%	25%	25%	EPS	Fibre de bois	Laine de roche	Chanvre	PUR
25%	50%	25%	EPS	Chanvre	Fibre de bois	Laine de roche	PUR
25%	25%	50%	Fibre de bois	EPS	Chanvre	Laine de roche	PUR

*Tableau 14 : Résultats généraux*

Ces résultats montrent que si les valeurs données dans l'EPD du EPS sont correctes, ce dernier devrait être utilisé dans quasi tous les cas. Il est suivi par les isolants en fibre de bois et en chanvre qui sont plus ou moins équivalents. La laine de roche n'est pas conseillée et l'isolant en PUR devrait être évité dans tous les cas. C'est aussi le matériau le plus complexe chimiquement et il se fait essentiellement par synthèse.

## **5. Conclusion**

A la fin de ce travail, il est permis de conclure que les EPDs sont des documents qui auront probablement une grande importance dans le secteur de la construction. Il existe cependant encore une différence entre l'aspect transparent, comparable et compréhensif décrit dans la théorie et les cas pratiques comme par exemple celui du EPS.

Ensuite, pour compléter la feuille Excel, il faut reconnaître que toutes les informations n'ont pas été trouvées. Par exemple, le prix à payer ou recevoir lors de la fin de vie du matériau n'a pas été défini, ni l'EPD spécifique à chacun des matériaux. Ceci indique que de nouveaux EPDs doivent encore être créés afin que la procédure de sélection soit la plus correcte possible. Il est tout de même important de signaler que dans le cadre de cette étude, les valeurs utilisées lors de l'analyse devraient être assez ou très proches de la réalité.

La conclusion pour l'analyse des isolants sur un cas pratique indique que, si les résultats donnés dans l'EPD du EPS sont corrects voire acceptés, alors ce dernier doit être envisagé, alors que le PUR doit être évité dans tous les cas.

En guise de conclusion ultime, le plus important est d'avoir des données correctes et récentes des différents systèmes d'isolation. Si toutes les entreprises créent des EPDs fiables pour chacun de leur matériau, qui seront utiles pour les certifications BREEAM, LEED et DGNB, alors la feuille de calcul Excel se remplit facilement et les résultats ne seront pas discutables.

## 6. Sources

- [1] BAUER M, MÖSLE P., SCHWARTZ M., *Green Building Guidebook for Sustainable Architecture*, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2010.
- [2] CHARLIER C., *Chimie Industrielle Durable – Introduction et procédés*, HELMo Gramme, 2013.
- [3] EN 15804:2012, *Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products*.
- [4] ISO 14025:2006, *Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures*.
- [5] ISO 14040:2006, *Environmental management – Life Cycle Assessment – Principles & Framework*.
- [6] THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM, *Costs and Fees*,  
[http://www.environdec.com/en/Creating-EPD/Costs-and-fees/#.VU99\\_CHtmko](http://www.environdec.com/en/Creating-EPD/Costs-and-fees/#.VU99_CHtmko)
- [7] THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM, *General Programme Instructions for the International EPD® System*, version 2.5. Draft for Open Consultation, 2015.



- [8] THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM, *General Programme Instructions for the International EPD® System*, version 2.5. Draft for Open Consultation, 2015.
- [9] THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM, *Registration & Publication*,  
<http://www.environdec.com/en/Creating-EPD/The-EPD-process/Registration-and-publication/#.VOcKki70W7Q>
- [10] THE INTERNATIONAL EPD® SYSTEM, *what is an EPD®*,  
<http://www.environdec.com/en/What-is-an-EPD/#.VU9YYiHtmko>
- [11] ZABALZA BRIBIAN I., VALERO CAPILLA A., ARANDA USÓN A., *Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential*, Center of Research for Energy Resources and Consumptions, Zaragoza, 2011.
- [12] <http://www.dictionarofconstruction.com>